

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME YÜKSEK BİNALARIN**  
**DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ**  
**İLE DEPREM PERFORMANSLARININ**  
**BELİRLENMESİ**

**Emirhan SARAL**

**Aralık, 2015**  
**İZMİR**

**BETONARME YÜKSEK BİNALARIN  
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ  
İLE DEPREM PERFORMANSLARININ  
BELİRLENMESİ**

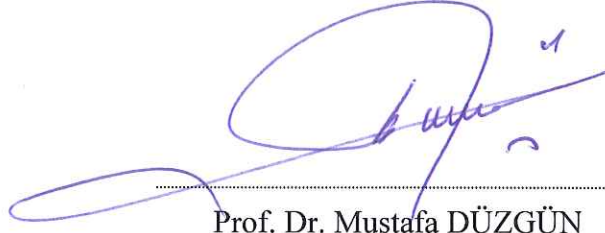
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı**

**Emirhan Saral**

**Aralık, 2015  
İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMİRHAN SARAL, tarafından PROF. DR. MUSTAFA DÜZGÜN yönetiminde hazırlanan “BETONARME YÜKSEK BİNALARIN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



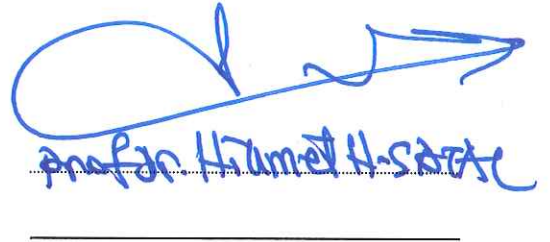
Prof. Dr. Mustafa DÜZGÜN

Yönetici



Prof. Dr. Atilla Orbay

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Hümmet H. Söğüt

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bana mesleğimi sevdiren, lisans yıllarımdan bu yana gerek mesleki bilgilerinden gerekse hayat tecrübelerinden faydalandığım, tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen çok değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa DÜZGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İnşaat mühendisi olarak mezun olduğum günden bu yana bana çok emeği geçen, her zaman yanımda olan, beni destekleyen, yetiştiren, kendisiyle her türlü sıkıntıyı paylaşabildiğim, mesleki bilgisine ve ahlakına hayran olduğum çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Lisans yıllarımdan itibaren birlikte çalışma fırsatı bulduğum, bana her konuda yardımcı olan ve yol gösteren, tez çalışmamın şekillenmesinde büyük emeği geçen, kendisinden çok şey öğrendiğim çok değerli hocam Sayın Özgür BOZDAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecim boyunca bana hep destek olan Özge Bozkaya'ya en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Çok sevgili arkadaşlarım, her zaman yanımda olan dostlarım ve değerli müzisyen arkadaşlarım A. Tuna Sözer , Alican Özliyen, Berkay Küçükero, Emre Biçici ve Ramazan Aytaç'a çalışmalarım sırasındaki yardımları ve gösterdikleri sabır için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, maddi ve manevi desteklerini hiç bir zaman esirgemeyen annem Kübra SARAL, babam Saim SARAL ve ablam Meleksima SARAL'a canı gönülden teşekkür ederim.

Emirhan SARAL

**BETONARME YÜKSEK BİNALARIN  
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ  
İLE DEPREM PERFORMANSLARININ  
BELİRLENMESİ**

**ÖZ**

Dünyada ki gelişmiş ülkelerdeki eğilime paralel olarak ülkemizde de yüksek binaların yapımı hızla artmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar göstermiştir ki bu tip binalar yatay yükler altında az katlı binalara göre farklı bir davranış göstermektedir. Yüksek yapıların davranışlarını daha doğru tahmin edebilmek için dünyada ve ülkemizde bu tip binaların tasarımında kullanılmak üzere yönetmelikler çıkarılmıştır. Bu yönetmelikler genel olarak kuvvet esaslı tasarım yerine yer değiştirme esaslı tasarım yaklaşımını kabul etmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında ülkemizde ve dünyada bu alanda yazılmış yönetmelikler incelenmiş ve yer değiştirme esaslı analiz yöntemlerinden statik artımsal itme analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçların, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlara yakınlığı araştırılmıştır. Bu amaçla İzmir’de yapımı amaçlanan 31 katlı, toplam yüksekliği 110 metre olan betonarme yüksek bir bina ele alınmış ve bu binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ve statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiş ve analizlerden elde edilen yapısal büyüklükler birbirleriyle karşılaştırılarak, statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliği irdelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Zaman tanım alanında analiz, artımsal itme analizi, depreme dayanıklı yapı tasarımı, performans analizi

# EVALUTION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE HIGH BUILDINGS WITH NONLINEAR ANALYSIS METHODS

## ABSTRACT

Construction of high-rise building in Turkey is increasing rapidly in parallel with the tendency of world's developed countries. Researches have shown that this type of buildings have a different behavior when we compare it with the low-rise building under lateral loads. In the world and in our country, some codes were issued for using in the design of this type of buildings to be able to predict the behavior of high-rise building more accurately. In general, these codes have been adopted displacement-based design approach instead of the force-based design approach.

Within the scope of this thesis, earthquake codes were written in our country and the world that were examined. Also, obtained results with one of the displacement-based analysis method that is static pushover analysis methods are compared with obtained results with nonlinear time history analysis method. For this purpose, the intended high-rise reinforced concrete in Izmir which has 31 storey and totally 110 meters height is handled. In addition to, nonlinear static analysis and nonlinear time history analysis were conducted of the building and obtained structural extent from these analyses are compared with eachother. Then, the validity of static pushover analysis are researched.

**Keywords:** Time history, pushover analysis, earthquake resisting building, performance analysis

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|  |      |
|--|------|
| YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ..... | ii   |
| TEŞEKKÜR.....                              | iii  |
| ÖZ .....                                   | iv   |
| ABSTRACT.....                              | v    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                     | ix   |
| TABLolar LİSTESİ.....                      | xiii |

### **BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....** 1

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Çalışmanın Amacı .....                               | 4  |
| 1.2 Çalışmanın Yöntemi.....                              | 4  |
| 1.3 Çalışmanın Kapsamı.....                              | 5  |
| 1.4 Literatürde Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar..... | 6  |
| 1.5 Yüksek Binalar ile İlgili Çıkarılan Dökümanlar ..... | 15 |

### **BÖLÜM İKİ – DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE KULLANILAN YÜKSEK YAPI YÖNETMELİKLERİ.....** 17

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Giriş .....   | 17 |
| 2.2 Dünyada Kullanılan Yüksek Yapı Yönetmelikleri.....  | 18 |
| 2.2.1 Yönetmelikte Yer Alan Dayanım ve Rijitlik Özellikleri.....  | 18 |
| 2.2.2 Yönetmelikte Yer Alan Beton Malzeme Modelleri .....   | 20 |
| 2.2.3 Yönetmelikte Yer Alan Çelik Malzeme Modeli.....   | 20 |
| 2.2.4 Yönetmelikte Yer Alan Plastik Mafsallık Uzunluğu.....   | 21 |
| 2.3 İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı(İYBDY) .....   | 21 |
| 2.4 İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler(İZYBY) ..... | 22 |
| 2.4.1 Yönetmelikte Yer Alan Deprem Düzeyleri .....  | 22 |
| 2.4.2 Yönetmelikte Yer Alan Tasarım Deprem İvme Spektrumu .....   | 23 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.3 Yüksek Binalar için Tanımlanan Performans Düzeyleri, Performans Bölgeleri ve Performans Hedefleri.....                           | 25 |
| 2.4.3.1 Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım (MH / KK) Performans Düzeyi.....   | 25 |
| 2.4.3.2 Kontrollü Hasar / Can Güvenliği (KH / CG) Performans Düzeyi.....   | 25 |
| 2.4.3.3 İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği (İH / GG) Performans Düzeyi.....   | 26 |
| 2.4.4 Yönetmelikte Yer Alan Performans Bölgeleri .....   | 26 |
| 2.4.5 Yüksek Binalar için Öngörülen Minimum Performans Hedefleri .....   | 27 |
| 2.4.6 Yüksek Binalar İçin Analiz ve Tasarım Yöntemleri.....  | 28 |
| 2.4.7 Analiz Modellerine İlişkin Kural ve Koşullar .....   | 28 |
| 2.4.8 Yüksek Binalarda Performansa Göre Tasarım Aşamaları .....  | 30 |
| 2.4.8.1 Tasarım Aşaması (I-A): Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Analiz ile Ön Tasarım (Boyutlama) ..... | 30 |
| 2.4.8.2 Tasarım Aşaması (I – B): Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Olmayan Analiz ile Tasarım.....       | 32 |
| 2.4.8.3 Tasarım Aşaması (II): Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Hedef Performansı için Doğrusal Analiz ile Gerçekleme .....          | 33 |
| 2.4.8.4 Tasarım Aşaması (III): İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Olmayan Analiz ile Gerçekleme .....     | 34 |

## **BÖLÜM ÜÇ – DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ..... 37**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Giriş .....   | 37 |
| 3.2 Artımsal İtme Analizi.....  | 39 |
| 3.3 Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi .....   | 42 |
| 3.3.1 Zaman Tanım Alanı Analizlerinde Kullanılacak Deprem Kayıtlarının Seçilmesi..... | 43 |

## **BÖLÜM DÖRT – İNCELENEN YÜKSEK BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ İÇİN YAPILAN ANALİZLER..... 46**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Giriş .....                                     | 46 |
| 4.2 İncelenen Yüksek Binanın Genel Özellikleri..... | 46 |



|  |            |
|--|------------|
| 4.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz ve Artımsal İtme Analizlerinde Kullanılan Yapısal Modelin Oluşturulması .....   | 55         |
| 4.3.1 Beton ve Donatı Çeliği için Malzeme Modelleri.....   | 56         |
| 4.3.2 Kesitlerin Moment-Eğrilik ve Karşılıklı Etkileşim Diyagramlarının Belirlenmesi.....  | 58         |
| 4.3.3 En kesitlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin SAP2000 Bilgisayar Programına Tanımlanması.....  | 63         |
| 4.3.4 Çatlamış Kesit Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi.....  | 66         |
| 4.3.5 Perdelerin SAP2000 Bilgisayar Programında Modellenmesi .....   | 66         |
| 4.3.6 Modelleme ve Çözümleme Aşamasında Yapılan Kabuller.....  | 69         |
| 4.3.7 İncelenen Yüksek Binanın analizlerinde Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Seçilmesi .....   | 70         |
| 4.3.8 İncelenen Yüksek Binanın SAP2000 Bilgisayar Programı ile Yapılan Doğrusal Olmayan Analizlerde Kullanılan Yükleme Durumlarının Oluşturulması.....                                   | 76         |
| 4.4 İncelenen Yüksek Binanın Zaman Tanım Alanında ve Artımsal İtme Analizi ile Yapılan Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılmasında Dikkate Alınan Yapısal Büyüklükler..... | 80         |
| 4.4.1 İncelenen Yüksek Binanın Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi .....  | 81         |
| <b>BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>   | <b>93</b>  |
| 5.1 Sonuçlar.....  | 93         |
| 5.2 Öneriler.....  | 98         |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>   | <b>99</b>  |
| <b>EKLER.....</b>  | <b>105</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1 Beton malzeme modeli .....  | 20    |
| Şekil 2.2 Donatı çeliği malzeme modeli .....  | 21    |
| Şekil 2.3 Deprem ivme spektrumu.....  | 25    |
| Şekil 2.4 Performans bölgeleri.....   | 26    |
| Şekil 2.5 Moment-eğrilik ilişkisi .....   | 29    |
| Şekil 3.1 İtme analizi yükleme şekilleri.....   | 39    |
| Şekil 3.2 Yapıya ait kapasite eğrisinin elde edilmesi.....  | 40    |
| Şekil 3.3 Deprem hareketleri için uyulması gereken hususlar.....  | 44    |
| Şekil 4.1 İncelenen binanın 3, 2 ve 1. bodrum kat tavanı kalıp planı .....  | 48    |
| Şekil 4.2 İncelenen binanın zemin kat tavanı kalıp planı.....   | 49    |
| Şekil 4.3 İncelenen binanın 1, 2, 3, 4 ve 5. kat tavanı kalıp planı.....  | 50    |
| Şekil 4.4 İncelenen binanın 6-27. kat tavanı kalıp planı .....  | 51    |
| Şekil 4.5 DBYBHY 2007’de Z3 türü zemin için tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumunu ve azaltılmış elastik tasarım ivme spektrumunu..... | 53    |
| Şekil 4.6 İncelenen Binanın Sap2000 modelinin üç boyutlu görünüşü. ....   | 56    |
| Şekil 4.7 Sargısız betonun arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi. ....  | 57    |
| Şekil 4.8 Örnek kolon için sargılı betonun arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi. ....  | 58    |
| Şekil 4.9 Çelik donatı için arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.....  | 58    |
| Şekil 4.10 Sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin XTRACT programına tanımlanması. ....                                    | 59    |
| Şekil 4.11 Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin XTRACT programına tanımlanması. ....                                    | 59    |
| Şekil 4.12 Örnek kolon kesitinin XTRACT programında oluşturulması. ....   | 60    |
| Şekil 4.13 Örnek kolon kesiti için moment-eğrilik ilişkisi tanımlanması.....  | 60    |
| Şekil 4.14 Örnek kolon kesiti için karşılıklı etkileşim diyagramı tanımlanması .....  | 61    |
| Şekil 4.15 Kiriş donatılarının excel tablosunda gösterimi.....  | 62    |
| Şekil 4.16 Tabla genişliklerinin excel tablosunda gösterimi... ..   | 62    |
| Şekil 4.17 SAP2000 kolon kesitleri için plastik mafsalları tanımlanması. ....   | 63    |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.18 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı için karşılıklı etkileşim diyagramlarının tanımlanması.....        | 64 |
| Şekil 4.19 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı normal kuvvet tanımlanması.....                                    | 65 |
| Şekil 4.20 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı için moment-dönme ve hasar sınırı değerleri tanımlanması.....      | 65 |
| Şekil 4.21 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için sargısız beton modeli tanımlanması.....                  | 67 |
| Şekil 4.22 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için sargılı beton modeli tanımlanması.....                   | 67 |
| Şekil 4.23 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için örnek perde kesiti.....                                  | 68 |
| Şekil 4.24 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için kesit özelliklerinin tanımlanması.....                   | 68 |
| Şekil 4.25 Analizlerde kullanılan 1979 Imperial Valley depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....     | 71 |
| Şekil 4.26 Analizlerde kullanılan 1979 Imperial Valley depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı..... | 71 |
| Şekil 4.27 Analizlerde kullanılan 1992 Landers depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....             | 72 |
| Şekil 4.28 Analizlerde kullanılan 1992 Landers depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....         | 72 |
| Şekil 4.29 Analizlerde kullanılan 1999 Hector Mine depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....         | 72 |
| Şekil 4.30 Analizlerde kullanılan 1999 Hector Mine depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....     | 73 |
| Şekil 4.31 Analizlerde kullanılan 1999 Chi Chi depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....             | 73 |
| Şekil 4.32 Analizlerde kullanılan 1999 Chi Chi depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....         | 73 |
| Şekil 4.33 Analizlerde kullanılan 1999 Kocaeli depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....             | 74 |
| Şekil 4.34 Analizlerde kullanılan 1999 Kocaeli depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....         | 74 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.35 Analizlerde kullanılan 1987 Superstition Hills depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....   | 74 |
| Şekil 4.36 Analizlerde kullanılan 1987 Superstition Hills depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....   | 75 |
| Şekil 4.37 Analizlerde kullanılan 1999 Düzce depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.....  | 75 |
| Şekil 4.38 Analizlerde kullanılan 1999 Düzce depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.....  | 75 |
| Şekil 4.39 Analizlerde kullanılan depremlere %5 sönümlü elastik ivme tepki spektrumları, ortalama elastik ivme tepki spektrumu, 1. derece deprem bölgesi için Z3 elastik tasarım ivme spektrumu..... | 76 |
| Şekil 4.40 NLDUSEY analiz durumunun tanımlanması.....  | 77 |
| Şekil 4.41 Deprem kayıtları için veri girişi.....  | 78 |
| Şekil 4.42 Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.....  | 78 |
| Şekil 4.43 Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.....  | 79 |
| Şekil 4.44 X-X yönü yüklemesinde görelî kat ötelemesi, kat yatay yer değiştirmesi, kat kesme kuvveti ve en büyük kat kiriş plastik dönmesi değerleri karşılaştırılması.....                          | 82 |
| Şekil 4.45 X-X yönü yüklemesinde P37 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.....   | 83 |
| Şekil 4.46 X-X yönü yüklemesinde P38 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.....   | 84 |
| Şekil 4.47 X-X yönü yüklemesinde P52 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.....   | 85 |
| Şekil 4.48 X-X yönü yüklemesinde P54 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.....   | 86 |
| Şekil 4.49 X-X yönü yüklemesinde 1, 2 ve 3 numaralı bağ kirişlerinde oluşan plastik dönme değerlerinin karşılaştırılması.....  | 87 |
| Şekil 4.50 Y-Y yönü yüklemesinde görelî kat ötelemesi, kat yatay yer değiştirmesi, kat kesme kuvveti ve en büyük kat kiriş plastik dönmesi değerleri karşılaştırılması.....                          | 88 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.51 Y-Y yönü yüklemesinde P51 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması..... | 89 |
| Şekil 4.52 Y-Y yönü yüklemesinde P52 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması..... | 90 |
| Şekil 4.53 Y-Y yönü yüklemesinde P54 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması..... | 91 |
| Şekil 4.54 Y-Y yönü yüklemesinde P56 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması..... | 92 |



## TABLULAR LİSTESİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Tablo 2.1 Tasarım aşamaları .....  | 18           |
| Tablo 2.2 Malzeme dayanım katsayıları .....  | 19           |
| Tablo 2.3 Yapısal elemanların rijitlik azaltma katsayıları .....                       | 19           |
| Tablo 2.4 Deprem düzeyleri.....  | 23           |
| Tablo 2.5 Kısa periyod zemin katsayısı $F_a$ .....                                     | 24           |
| Tablo 2.6 1.0 s periyodu zemin katsayısı $F_v$ .....                                   | 24           |
| Tablo 2.7 Yüksek binalar için hedeflenen minimum performans bölgeleri.....             | 27           |
| Tablo 2.8 Tasarım aşamaları. ....  | 35           |
| Tablo 4.1 Bina özellikleri ve hesaplarda kullanılan veriler .....                      | 52           |
| Tablo 4.2 Kullanılan yük birleşimleri .....  | 53           |
| Tablo 4.3 Sta4cad ile oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları..... | 54           |
| Tablo 4.4 Kolonların en kesit boyutları ve donatıları .....                            | 54           |
| Tablo 4.5 Perdelerin en kesit boyutları ve donatıları. ....                            | 54           |
| Tablo 4.6 Analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının özellikleri.....                | 71           |

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

Son 25 yılda dünyada meydana gelen ve ciddi miktarda can ve mal kayıplarına yol açan yıkıcı depremler (Loma Prieta - 1989, Norridge – 1994, Kobe – 1995, Kocaeli – 1999, Hindistan – 2001, Pakistan - 2005, Şili - 2010) araştırmacıları yapıların deprem esnasındaki davranışlarının daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve daha güvenli tasarım kuralları oluşturulması adına yeni yöntemler geliştirmeye zorlamıştır. Dünyada meydana gelen bu depremlerde ve ülkemizde yaşanan 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım Düzce depremlerinde binaların hasar görmesinin en önemli nedeni binaların yapıldığı dönemdeki yönetmeliklerde yer alan çözüm yöntemlerinin ve tasarım kurallarının depreme dayanıklı yapı tasarımı için yeterli seviyede olmamasıdır. Ülkemizde yaşanan bu depremler sonucunda mevcut bina stoğunun yapısal durumunun belirlenmesi ve yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak tasarlanması için yeni analiz yöntemlerinin geliştirilmesi amacına yönelik çalışmalara hız verilmiştir.

Kolay anlaşılabilir ve pratik bir yöntem olduğu için ülkemizde de yeni yapılacak betonarme binaların deprem tasarımında tercih edilen analiz yöntemi kuvvet esaslı bir yöntemdir. Kuvvet esaslı hesap yönteminin ana prensibi, binaya etkimesi beklenen yatay eşdeğer deprem kuvvetleri altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak iç kuvvetlerin, bu elemanlar tarafından karşılanıp karşılanmadığını kontrol etmektir. Kuvvet esaslı hesap yöntemi binanın elastik ötesi davranışlarını yansıtamadığı için deprem sırasında taşıyıcı elemanlarda oluşabilecek hasar büyüklükleri ve tipleri hakkında net sonuçlar ortaya koyamamaktadır. Hızlı ve pratik bir yöntem olduğu için mevcut binaların deprem performansının belirlenmesinde ve yeni yapılacak binaların tasarımında kuvvet esaslı hesap yöntemi tercih edilmektedir.

Özellikle son yıllarda meydana gelen yıkıcı depremlerden sonra binaların deprem performansının belirlenmesi deprem mühendisliğindeki önemli konulardan birisi haline gelmiştir. Kuvvet esaslı doğrusal elastik analiz yöntemleri ile gerçekleştirilen hesaplar sonucunda binanın taşıyıcı sistem elemanlarının

kapasitelerine ulaştıktan sonraki davranışları ve göçme mekanizmasının nasıl olacağı ile ilgili sonuçlara ulaşamaması nedeniyle, binaların deprem sırasındaki davranışını daha gerçekçi belirlemek üzere, binanın elastik ötesi davranışlarını dikkate alan analiz yöntemleri ortaya konulmuştur. Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan yöntem yer değiştirme esaslı analiz yöntemleridir. Bu yöntemlerde temel prensip, deprem sırasında taşıyıcı sistemde meydana gelecek şekil değiştirmeleri esas alarak, taşıyıcı sistemin deprem performansının belirlenmesidir.

Yapı ve deprem mühendisliğinde, yer değiştirme esaslı analiz yöntemleri içinde deprem davranışını en gerçekçi bir şekilde ortaya koyan yöntem olarak zaman tanım alanında analiz yöntemi kabul edilmektedir. Ancak bu yöntemde, analizlerde kullanılacak uygun deprem ivme kaydının seçilmesi, analiz süresinin uzunluğu ve çıkan sonuçların yorumlanmasının zorluğu gibi olumsuzluklardan ötürü bu yöntem özel ve yüksek binalar haricinde çok fazla tercih edilmemektedir. Bu nedenle, binanın elastik ötesi davranışını daha kolay bir şekilde tahmin etmek üzere daha basit ve daha kısa sürede çözümler sunan doğrusal olmayan artımsal itme analiz yöntemleri geliştirilmiştir.

Doğrusal olmayan statik artımsal itme analiz yöntemleri genellikle birinci mod hakimiyeti yüksek olan, planda ve düşeyde düzenli olan binalarda daha güvenli sonuçlar vermektedir. Düzensiz yapılarda ise yüksek mod etkileri analiz sonuçları üzerinde daha etkili olduğundan dolayı bu yüksek mod etkilerinde dikkate alındığı çok modlu statik artımsal itme analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Artımsal itme analiz yöntemlerinde genel prensip, bina ağırlığını temsil eden sabit düşey yük etkileri ve adım adım arttırılan yatay yüklerin etkileri altında binanın kapasite eğrisi olarak adlandırılan taban kesme kuvveti – tepe noktası yer değiştirmesi grafiğinin elde edilmesidir. Bu grafiğe bağlı olarak elde edilen binanın yatay yer değiştirme kapasitesi, tasarımda kullanılacak elastik tasarım ivme spektrumunu kullanılarak hesaplanan deprem yer değiştirme talebi ile kıyaslanarak binanın bu deprem etkisi altında göçüp göçmediğine karar verilebilmektedir. Ayrıca yapının yer değiştirme kapasitesi yeterli ise yapı deprem yer değiştirme talebine kadar itilip taşıyıcı sistem



elemanlarında oluşacak birim şekil değiştirmelere göre binanın deprem performansına karar verilmektedir.

Dünyadaki gelişmiş ülkelerdeki eğilime paralel olarak ülkemizde de yüksek binaların yapımının hızla artması ve gelişen bilgisayar teknolojisiyle bu tür yapı sistemlerinin analizlerinde yer değiştirme esaslı analiz yöntemlerinin kullanımı hızla artmaktadır. Yüksek binaların tasarımına yönelik olarak, örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council tarafından yayımlanan "An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region" (Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council, 2014), ülkemiz de "İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı" (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2008) ve "İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler" (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2011) gibi yönetmelikler bulunmaktadır. Bu yönetmeliklerde yeni yapılacak yüksek binaların tasarımında dikkate alınacak tasarım aşamaları, hesap yöntemleri, malzeme katsayıları gibi kavramlar açıklanmıştır.

Bu yönetmelikler temel ilke olarak performansa göre tasarımı esas alır. Yönetmeliklerdeki bu tasarım yaklaşımında, farklı aşılma olasılıklarına göre tanımlanan yeterli sayıdaki deprem yer hareketleri altında, yüksek binaların taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar, sayısal olarak tahmin edilir ve bu hasarın her bir elemanda kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, farklı deprem düzeylerinde bina için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır. Burada eleman düzeyinde hesaplanan deprem hasarı, şiddetli deprem düzeyinde genel olarak doğrusal elastik sınırlar ötesinde nonlineer deformasyonlara karşı geldiğinden performansa göre tasarım yaklaşımı, yer değiştirme esaslı doğrusal olmayan (nonlineer) analiz yöntemleri ile doğrudan ilişkilidir. Yönetmeliklerde, hasarın sınırlı olmasının öngörüldüğü performans hedefleri için, geleneksel kuvvet esaslı tasarım ilkesine göre doğrusal (lineer) analiz yöntemlerinin kullanılmasına da izin verilmektedir.

## 1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması kapsamında betonarme binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan statik artımsal itme analiz yöntemlerinin, betonarme yüksek binaların deprem performansının belirlenmesinde geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla İzmir’de yapımı amaçlanan DBYBHY 2007 ve İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar için Uyulması Gereken Teknik Önermeler’ de yer alan tasarım ilkelerine göre tasarımı yapılmış bir bina incelenmiştir. 3 bodrum, 1 zemin ve 27 normal kattan oluşan 31 katlı, toplam yüksekliği 110 metre olan betonarme yüksek bir bina ele alınmış ve bu binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ve statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiş ve analizlerden elde edilen iç kuvvetler, taban kesme kuvveti, plastik dönmeler, kat yer değiştirmeleri gibi sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak, statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliği irdelenmiştir. Analizlerde kullanılan artımsal itme analiz yönteminde literatürde yer alan iki farklı yükleme tipi kullanılmıştır.

## 1.2 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında betonarme yüksek binaların deprem performansının belirlenmesinde artımsal itme analizi yönteminin sonuçlarının geçerliliğini incelemek üzere, daha önce DBYBHY 2007 ve TS500 (2000)’e uygun olarak Sta4cad v13.1 paket programı ile tasarlanmış toplam 31 katlı örnek bir betonarme yapı sisteminin verileri ele alınmıştır. Bu veriler kullanılarak, binanın doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi ve artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesinde SAP2000 v16.0.2 yazılımı kullanılmıştır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizlerinde toplam 7 adet depreme ait gerçek zemin ivme kaydı kullanılarak 14 adet analiz gerçekleştirilmiştir. Yapının doğrusal olmayan statik itme analizlerinde ise yükleme tipi olarak birinci mod şekli ile uyumlu ve kat kütleleriyle uyumlu uniform yükleme tipleri kullanılmıştır.

Binanın hem zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri hem de statik artımsal itme analiz modelinde, kiriş ve kolonlar için yığılı plastisite teorisi esas

alınarak hasar oluşması muhtemel eleman uç bölgelerinde en kesit özelliklerine bağlı olarak plastik mafsallar tanımlanmıştır. Perde elemanlar ise kabuk eleman özelliği gösterdiğinden bu elemanlarda yayılı plastisite teorisi esas alınarak doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk eleman olarak tanımlanmıştır.

Kiriş ve kolonların uçlarında tanımlanan plastik mafsalların moment-dönme ve hasar sınırlarının belirlenmesinde XTRACT kesit analiz programı kullanılmıştır. Perdeler için kullanılan doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanlar ise SAP 2000 v16.0.2'de yer alan yerleşik model kullanılmıştır. Bu modelde beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri DBYBHY 2007'de verilen gerilme – birim şekil değiştirme grafiklerine uygun olarak tanımlanmıştır.

Ele alınan betonarme yüksek binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ve statik artımsal itme analizleri sonucunda elde edilen perde kesme kuvveti ve momentleri, binanın kat kesme kuvveti, perdelerin toplam dönmeleri, kirişlerin plastik dönmeleri, kat yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, gibi sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak, statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliği irdelenmiştir.

### **1.3 Çalışmanın Kapsamı**

Tez beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin amacı, yöntemi ve kapsamı açıklanmış ve konu ile ilgili daha önce yapılan literatür çalışmaları özetlenmiştir.

İkinci bölümde, yüksek yapıların tasarımında kullanılmak üzere dünyada ve ülkemizde yayınlanmış olan teknik önermeler kısaca anlatılmış ve bu teknik önermelerden İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler' in detaylı incelemesi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan analiz yöntemleri açıklanmış ve bu yöntemler kullanılırken yapılan kabuller açıklanarak hesap adımları temel olarak anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, yüksek binaların analizinde statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliğini irdelemek üzere ele alınan betonarme yüksek bina üzerinde; birinci mod şekli ile uyumlu ve kat kütleleriyle uyumlu uniform yüklemeli artımsal itme analiz yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmış ve yukarıda tanımlanan sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise tez kapsamında ele alınan betonarme yüksek bir bina için zaman tanım alanında analiz ve artımsal itme analizi yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve irdelemesi yapılarak statik artımsal itme analizi yönteminin betonarme yüksek binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılabilmesiyle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

#### **1.4 Literatürde Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Yer değiştirme esaslı tasarımın amacı, önceden öngörülen bir deprem etkisine göre binaların istenen bir deprem performans seviyesini sağlayacak şekilde tasarlanmasıdır. Yer değiştirme esaslı tasarımda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz veya mühendislik pratiğinde daha yaygın olarak tercih edilen artımsal itme analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından konu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Aydınoğlu (2003a), özellikle planda düzensizlikleri bulunan ve çok katlı yapıların deprem performansının belirlenmesinde tek moda dayalı artımsal itme analiz yöntemlerinin kullanılamaması nedeni ile yüksek mod etkilerini de dikkate alan “Artımsal Spektrum Analizi” (ARSA) yöntemini geliştirmiştir (Aydınoğlu, 2003).

Aydınoğlu (2003b), diğer bir çalışmada “Artımsal Spektrum Analizi” (ARSA) yönteminin esaslarını açıklayarak 9 katlı, çelik “SAC” binasının söz konusu yöntem

ile analizini yapmıştır. Elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları ile karşılaştırılarak, yöntem ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Baker, Korista ve Novak (2007) tarafından gerçekleştirilen “Burj Dubai: Engineering The World’s Tallest Building” isimli çalışmada Burj Dubai binasının yapısal özellikleri, sistemin bilgisayar analizlerinin detayları, temel sisteminin özellikleri ve rüzgar analizleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Dünyanın en yüksek binası olma özelliğine sahip olan Burj Dubai binasının tasarımında karşılaşılabilecek sorunlar üzerinde durulmuştur (Baker, Korista, ve Novak, 2007).

Berahman (2013) tarafından hazırlanmış olan “Performance-based Seismic Evaluation Of The Icon Hotel In Dubai, United Arab Emirates” başlıklı çalışmada Dubai’de yer alan ve mimari yapısıyla dikkat çeken 160 m yüksekliğindeki otel olarak kullanılan binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen farklı deprem kayıtlarına göre yapılan zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilen veriler yorumlanmıştır (Berahman, 2013).

Bozdağ (2010) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında, yapıların deprem performansının belirlenmesinde yüksek mod etkilerini dikkate almak amacıyla yönlü modal birleştirme ve enerji esaslı yeni bir artımsal itme analiz yöntemi geliştirilmiştir. Yöntemde, yapının deprem sırasındaki davranışının daha gerçekçi belirlenmesi için yapının elastik ötesi davranışa geçtikten sonra her bir ardışık plastik mafsallarda oluşum adımında, plastik mafsallarda tüketilen plastik enerjilerin toplanması ile hesaplanan yapının toplam plastik enerjisi dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda, yapının deprem performansının belirlenmesinde kullanılacak yapı plastik enerji kapasite eğrisinin oluşturulması amaçlanmıştır. Seçilen örnek betonarme yapıların, klasik artımsal itme analizi yöntemleri ve geliştirilen yöntemle analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında analiz sonuçları ile karşılaştırılarak geliştirilen yöntem ile ilgili irdellemeler yapılmıştır (Bozdağ, 2010).

Carpenter ve diğer. (2011) tarafından hazırlanmış olan “Performance of tall buildings in Vina del Mar in the 27 February 2010 Offshore Maule, Chile Earthquake” başlıklı çalışmada 2010 yılında Şili’de meydana gelen depremde hasarlanan yüksek binalarda hasarların oluştukları yerler ve oluşma nedenleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda onarım ve güçlendirme örneklerinde bulunulmuştur (Carpenter ve diğer., 2011).

Epackachi, Mirghaderi, Esmaili, Behbahani, ve Vahdani (2012) tarafından hazırlanmış olan “Seismic Evaluation of a 56-Storey Residential Reinforced Concrete High-Rise Building Based on Nonlinear Dynamic Time-History Analysis” başlıklı çalışmada Tahran’da yer alan 56 katlı Tehran Tower binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen yedi farklı deprem kaydına göre yapılan zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilen veriler yorumlanmıştır (Epackachi, Mirghaderi, Esmaili, Behbahani ve Vahdani, 2012).

Harries ve Mcneice (2006) tarafından birbirine bağlı tüp perdelerin ve bu perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerinin davranışlarını incelemek için yapılan çalışmada öncelikle tüp perdeler ve bağ kirişleri için tasarım kuralları üzerinde durulmuştur. Örnek olarak seçilen 30 katlı karşılıklı iki tüp perdeden oluşan sistemin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve bu analizler sonucunda perdelerin ve bağ kirişlerinin davranışı incelenmiştir (Harries ve Mcneice, 2006).

Hasan, Xu ve Grierson (2002), yapı sistemlerinin performans bazlı tasarımında gerekli olan doğrusal olmayan statik itme analizi için, bilgisayar destekli bir yöntem geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem, örnek olarak seçilen 3 katlı 4 açıklıklı ve 9 katlı 5 açıklıklı düzlem çerçeve sistemlere uygulanmış ve oluşan plastik kesitlerin durumuna göre performans bölgeleri belirlenmiştir. Uygulanan statik itme analizinde, sabit düşey yükler altında artan yatay yükler için hesap yapılmaktadır (Hasan, Xu, ve Grierson, 2002).

Kilar ve Fajfar (1997), planda simetrik olmayan yapıların doğrusal olmayan statik analizi için bir yöntem geliştirmişlerdir. Farklı mimariye sahip 7 ve 21 katlı iki örnek yapı sistemi seçilmiş ve seçilen yapı sistemleri bu yöntem kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan analizlerde meydana gelen burulma hareketlerinin yapı davranışına etkileri de tartışılmıştır (Kilar ve Fajfar, 1997).

Klemencic, Fry ve Hooper (2006) tarafından yapıların “Performance-Based Design Of Tall Reinforced Concrete Ductile Core Wall Systems” adlı çalışmada tüp perdeye sahip bir yüksek yapının seçilen 3 farklı tekerrür aralığına göre seçilen deprem seviyeleri için analizleri gerçekleştirilmiş bağ kirişleri ve perde betonarme detayları için önerilerde bulunmuştur. (Klemencic, Fry, ve Hooper, 2006).

Korkmaz (2006), “Çok Katlı Betonarme Çerçeve Yapıların Artımsal İtme Analizleri” adını taşıyan çalışmada 10, 12, 14 katlı ve 16 katlı betonarme yapılar ele alınmış ve bu yapılar için yapılan artımsal itme analizlerinin doğrulukları üzerinde çalışılmıştır. İncelenen betonarme çerçeve yapılara uygulanacak artımsal itme analizi için dikdörtgen ve üçgen yük dağılımları uygulanmıştır. Yapılan artımsal itme analizlerinin sonuçları zaman tanım alanında dinamik analizlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçların incelenmesiyle artımsal itme analizi sonuçları ile zaman tanım alanında dinamik analizinden elde edilen sonuçlar birebir örtüşmediği görülmüştür. Özellikle kat yüksekliği arttıkça sonuçların farklılığı büyümektedir. Dolayısıyla çok katlı yapıların performansa bağlı deprem değerlendirme yöntemlerinde doğrusal olmayan itme analizlerinin kullanılabilirliğinin sorgulanması gerektiği sonucu bu çalışma neticesinde varılan önemli bir noktadır (Korkmaz, 2006).

Korkmaz ve Düzgün (2006), yapılan çalışmada betonarme yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinin, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırılarak değerlendirilmesidir. Bu amaçla çalışmada periyotları farklı, üç açıklıklı, 3, 5, 8 ve 15 katlı dört betonarme çerçeve yapı ele alınmış ve bu çerçeve yapılar için dikdörtgen, üçgen (IBC,  $k=1$ ) ve parabol (IBC,  $k=2$ ) yük etkileri altında

doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri yapılmıştır. Statik artımsal itme analizleri, farklı 50 deprem verisi ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Statik artımsal itme analizlerindeki dikdörtgen yük dağılımına bağlı statik artımsal itme eğrileri, diğer yük dağılımlarından elde edilen statik artımsal itme eğrilerine göre, dinamik analiz sonuçlarına daha çok yaklaşmaktadır. Ancak kat adedi fazla olan yapılarda statik artımsal itme eğrilerinin zaman tanım alanında analiz sonuçlarından oldukça farklı olduğu da görülmektedir (Korkmaz & Düzgün, 2006).

Lagos ve diğer (2012) tarafından hazırlanmış olan “Seismic Performance of High-Rise Concrete Buildings in Chile” başlıklı çalışmada Şili’de yer alan yüksek katlı binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Lagos ve diğer., 2012).

Lee, Han ve Kim (2014) tarafından hazırlanmış olan “Seismic Performance Evaluation of Apartment Buildings with Central Core” başlıklı çalışmada çekirdek perde sistemine ve Y şeklinde bir oturma planına sahip bir binanın analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Lee, Han ve Kim, 2014).

Li (1996) tarafından hazırlanmış olan “Nonlinear Time History and Push Over Analysis for Seismic Design and Evaluation” başlıklı doktora tezinde artımsal itme analizleri ve zaman tanım alanında analizlerle çok katlı yapıların sismik analizinde kullanılan artımsal itme ve zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir. IDARC ve DRAIN programlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır (Li, 1996).

Liu ve diğer (2012) tarafından hazırlanmış olan “The Structural Design of Tianjin Goldin Finance 117 Tower” başlıklı çalışmada Çin’de yer alan Tianjin Goldin



Finance 117 Tower" binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Liu ve diğer., 2012).

Lu, Su ve Zhou (2013) tarafından hazırlanmış olan "Nonlinear Time History Analysis Of A Supertall Building With Setback in Elevation" başlıklı çalışmada Shanghai'de yer alan 260 m yüksekliğindeki otel ofis olarak kullanılan bir binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen farklı deprem kayıtlarına göre yapılan zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilen veriler yorumlanmıştır (Lu, Su ve Zhou, 2013).

Marzban, Banazadeh ve Azarbakht (2014) tarafından hazırlanmış olan "Seismic Performance of Reinforced Concrete Shear Wall Frames Considering Soil-Foundation-Structure Interaction" başlıklı çalışmada Shanghai'de yer alan China Pavilion binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Marzban, Banazadeh ve Azarbakht, 2014).

Merter (2008) tarafından yapılan tez çalışması kapsamında kullanılan hesap yöntemiyle, yapıları doğrusal olmayan yöntemlerle analiz etmeden sadece enerji esaslı yöntem ile tasarlayarak, hedeflenen yer değiştirmenin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle enerji esaslı performans analizi ile tasarlanan örnek yapıların hedeflenen performansı sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesi amacıyla, yapılara doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi uygulanmıştır. Yapılara ait kapasite eğrilerinin elde edilmesinin ardından, yapı performansının belirlenmesinde kullanılan Kapasite Spektrumu yöntemi ile yapıya ait performans noktası belirlenmiştir. Yapılar, belirlenen bu performans noktasına kadar itilmiş ve yapıya ait görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Elde edilen görelî yer değiştirme değerleri ile çalışmanın esasını oluşturan enerji esaslı performans analizi yöntemiyle tasarımda

hedeflenen yer değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuş ve irdelenmiştir (Merter, 2008).

Moehle (2005) tarafından hazırlanmış olan çalışmada, yapıların performans bazlı tasarımında kullanılan doğrusal olmayan analizler için, doğrusal olmayan modelin oluşturulması, zemin ivme kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi, analizler sonucunda elde edilen sonuçların yorumlanması gibi konular üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada yüksek yapıların analizlerinde dikkat edilmesi gereken noktalar üzerinde durulmuştur (Moehle, 2005).

Moehle (2006) tarafından yüksek yapıların analiz ve tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar üzerine bir çalışma yapılmıştır. Analizlerde kullanılan özelliklerin yanında betonarme perde ve bu perdeleri birbirine bağlayan kirişlerin betonarme tasarımında dikkat edilmesi gereken konular üzerinde durulmuştur. (Moehle, 2006).

Mortezaei ve Ronagh (2013) tarafından hazırlanmış olan “Plastic Hinge Length Of Reinforced Concrete Columns Subjected to Both Far-Faya And Near-Faya Ground Motions Having Forward Directivity” başlıklı çalışmada depremlerde binalarda oluşması beklenen plastik mafsalların oluşacağı yerlerin tahmini için yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir.. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Mortezaei ve Ronagh, 2013).

Mwafy ve Elnashai (2001), diğer doğrusal olmayan analiz yöntemlerine göre daha pratik bir yöntem olan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizinin sonuçlarının geçerliliğini incelemek üzere, kapasite eğrisine benzer olarak, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizden elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe noktası yerdeğiştirme değerlerini grafik olarak ifade etmiş ve her iki yöntemin sonuçlarının karşılaştırmasını yapmıştır. Seçilen üç farklı mimariye sahip örnek yapılar için gerçekleştirilen analizler sonucunda, statik artımsal itme analizinden elde edilen kapasite eğrisinin dinamik analizden elde edilen eğri ile uyumlu olduğu belirtilmiştir (Mwafy ve Elnashai, 2001).

Naeim ve diğeri (2011) tarafından hazırlanmış olan “Performance of Tall Buildings in Santiago, Chile During The 27 February 2010 Offshore Maule, Chile Earthquake” başlıklı çalışmada 2010 yılında Şili’de meydana gelen depremde hasarlanan yüksek binalarda hasarların oluştukları yerler ve oluşma nedenleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda onarım ve güçlendirme örneklerinde bulunulmuştur (Naeim ve diğeri., 2011).

Nakai, Koshika, Hirakawa, ve Wada (2012) tarafından hazırlanmış olan “Performance-Based Seismic Design for High-Rise Buildings in Japan” başlıklı çalışmada biri 100m yüksekliğinde betonarme diğeri ise 300m yüksekliğinde çelik iki binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Nakai, Koshika, Kawano, Hirakawa ve Wada, 2012).

Nateghi-A ve Rezaei-Tabrizi (2013) tarafından hazırlanmış olan “Nonlinear Dynamic Response of Tall Buildings Considering Structure–Soil–Structure Effects” başlıklı çalışmada 15 ve 30 katlı iki binanın yapı zemin ilişkileri modellenerek oluşturulan sonlu elemanlar modeli seçilen farklı deprem kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Nateghi-A ve Rezaei-Tabrizi, 2013).

Oh ve Jeon (2014) tarafından hazırlanmış olan “A Study on Optimum Distribution of Story Shear Force Coefficient for Seismic Design of Multi-story Structure” başlıklı çalışmada Shanghai’de yer alan China Pavilion binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Oh ve Jeon, 2014).

Rojas ve diğeri (2011) tarafından hazırlanmış olan “Performance Of Tall Buildings in Concepcion During The 27 February 2010 Moment Magnitude 8.8 Offshore

Maule, Chile Earthquake” başlıklı çalışmada 2010 yılında Şili’de meydana gelen depremde hasarlanan yüksek binalarda hasarların oluştukları yerler ve oluşma nedenleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda onarım ve güçlendirme örneklerinde bulunulmuştur (Rojas ve diğer., 2011).

Türker ve İrtem (2007) Çalışmada, binaların deprem etkileri altındaki doğrusal olmayan davranışının belirlenmesi için çok modlu uyarlamalı bir yük artımı yöntemi sunulmuştur. Yöntemde yığılı plastisite yaklaşımı kullanılmaktadır. Oluşan ardışık plastik kesitler arasındaki bölgelerde, sistemin geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranışı (ikinci mertebe etkileri) ve bileşik eğilme etkisindeki kesitlerde akma koşulları doğrusallaştırılmakta ve bu bölgelerde geleneksel davranış spektrumu analizi esaslarından yararlanılarak yüksek mod etkileri göz önüne alınmaktadır. Yapılan doğrusallaştırmalarla, plastik kesitlerin oluşumu için gerekli yük artımları, ardışık yaklaşıma veya adım-adım analize gerek kalmadan direkt olarak belirlenebilmektedir. Çalışmada, modal yatay yüklerin hesabı için yeni bir yaklaşım da önerilmektedir. Yöntem çok katlı betonarme bir bina çerçevesi üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar, gerçek bir deprem yer hareketi için yapılan Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz (DODA) sonuçları referans alınarak çeşitli parametreler için değerlendirilmiştir (Türker ve İrtem, 2007).

Youssef ve diğer. (2011) tarafından hazırlanmış olan “Performance of the Torre Bosquemar and Olas Buildings in San Pedro de la Paz and the Pedro de Valdivia Building in Concepcion in the 27 February 2010 Offshore Maule, Chile Earthquake” başlıklı çalışmada 27 şubat 2010’da Şili’de meydana gelen 8.8 büyüklüğündeki deprem sonucunda Torre Bosquemar, Olas ve The Pedro de Valdivia binalarında oluşan hasar bölgeleri ve dereceleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda aşırı eksenel yük altında perdelerde hasarlar olduğu görülmüştür. (Youssef ve diğer., 2011).

Yousuf ve Bahchi (2010) tarafından hazırlanmış olan “Seismic Performance of A 20-Storey Steel-Frame Building in Canada” başlıklı çalışmada Canada’da yer alan 20 katlı çelik binanın doğrusal olmayan statik itme analizi gerçekleştirilmiş DRAIN

programından elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Yousuf ve Bagchi, 2010).

Wu, Sun, Lu ve Qian (2014) tarafından hazırlanmış olan “Nonlinear Time History Analysis Of China Pavilion for Expo 2010 Shanghai China” başlıklı çalışmada Shanghai’de yer alan China Pavilion binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır (Wu, Sun, Lu ve Qian, 2014)

### **1.5 Yüksek Binalar ile İlgili Çıkarılan Dökümanlar**

Yer değiştirme esaslı tasarımda kullanılan bu analiz yöntemleri ilk olarak Applied Technology Council tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings–ATC 40 dökümanında yayınlanmıştır. (Applied Technology Council [ATC40], 1996) Bu dökümanda yer alan yöntemler daha sonra Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından “NEHRP - Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, FEMA-273/274/356 ve FEMA-440 ön standartlarında geliştirilmiştir. Bu raporlara bağlı olarak yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılacak olan yöntemler ASCE 41-06 yönetmeliğinde standart haline getirilmiştir.

Ülkemizde de mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi için kullanılacak yer değiştirme esaslı analiz yöntemleri ilk olarak DBYBHY-2007 “Bölüm7-Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” başlığı altında yer almıştır. Başlığından da anlaşıldığı üzere bu bölümün asıl amacı mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi olup yeni bina tasarımı için özel bir kısım içermemektedir. Bu sebeple, İstanbul’da yapılacak yüksek binaların depreme dayanıklı tasarımında kullanılmak üzere İYBDY-2008 taslak yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu taslak yönetmelikte yüksek binaların istenilen performans

seviyesini sağlayacak şekilde tasarlanması için üç aşamalı bir hesap yöntemi verilmiştir. Daha sonra İzmir ilinde yüksek binaların yapımının artmasına bağlı olarak İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler çıkarılmıştır. Söz konusu yönetmeliklerle ilgili daha detaylı bilgi ikinci bölümde verilmiştir.



## **BÖLÜM İKİ**

### **DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE KULLANILAN**

### **YÜKSEK YAPI YÖNETMELİKLERİ**

#### **2.1 Giriş**

Dünyadaki gelişmiş ülkelerdeki eğilime paralel olarak ülkemizde de yüksek binaların yapımının hızla artması ve gelişen bilgisayar teknolojisiyle bu tür yapı sistemlerinin analizlerinde yer değiştirme esaslı analiz yöntemlerinin kullanımı hızla artmaktadır. Yüksek binaların tasarımına yönelik olarak, örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde "Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council" tarafından yayınlanan "An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region", ülkemiz de "İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı" ve "İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler" gibi yönetmelikler bulunmaktadır.

Bu yönetmelikler temel ilke olarak performansa göre tasarımı esas alır. Yönetmeliklerdeki bu tasarım yaklaşımında, farklı aşılma olasılıklarına göre tanımlanan yeterli sayıdaki deprem yer hareketleri altında, yüksek binaların taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar, sayısal olarak tahmin edilir ve bu hasarın her bir elemanda kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, farklı deprem düzeylerinde bina için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır. Burada eleman düzeyinde hesaplanan deprem hasarı, şiddetli deprem düzeyinde genel olarak doğrusal elastik sınırlar ötesinde nonlineer deformasyonlara karşı geldiğinden performansa göre tasarım yaklaşımı, yer değiştirme esaslı doğrusal olmayan (nonlineer) analiz yöntemleri ile doğrudan ilişkilidir. Yönetmeliklerde, hasarın sınırlı olmasının öngörüldüğü performans hedefleri için, geleneksel kuvvet esaslı tasarım ilkesine göre doğrusal (lineer) analiz yöntemlerinin kullanılmasına da izin verilmektedir.

## 2.2 Dünyada Kullanılan Yüksek Yapı Yönetmelikleri

Dünyada yüksek yapıların tasarımı ile ilgili yayınlanan yönetmeliklerin incelenmesi sonucunda en geçerli yüksek yapı yönetmeliği, “Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council” tarafından yayınlanan “An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region” dır. Bu çalışmada Los Angeles bölgesinde yapılacak yüksek binaların tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar üzerinde durulmuştur. Genel olarak 3 aşamalı tasarım ilkesini benimseyen raporda ilk aşamada ön boyutların belirlendiği bir kapasite tasarımı, ikinci aşamada 30 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem için lineer veya nonlineer yöntem ile üç boyutlu analiz ve son olarakta zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz ile tasarım aşamasının tamamlanması öngörülmüştür. Bu analizlerde kullanılacak malzeme özellikleri, modelin oluşturulmasında yapılacak kabuller vb. için önerilerde bulunulmuştur. Raporda yer alan tasarım aşamaları Tablo 2.1’ de verilmiştir.

Tablo 2.1 Tasarım aşamaları

| Tasarım Aşaması | Yer Hareketi Şiddeti                      | Analiz Türü Matematiksel Model Türü                     | Malzeme İndirgeme Faktörü ( $\phi$ ) | Malzeme Dayanımı            |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1               | Kapasite Tasarımı                         |   |                                      |                             |
| 2               | 30 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem | Doğrusal veya Doğrusal Olmayan Üç Boyutlu Analiz        | 1,0                                  | Ortalama (Expected) Dayanım |
| 3               | MCE                                       | Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Üç Boyutlu Analiz | 1,0                                  |                             |

### 2.2.1 Yönetmelikte Yer Alan Dayanım ve Rijitlik Özellikleri

Betonarme sistemlerin deprem etkileri altındaki davranışının doğru bir şekilde ele alınmasında kullanılan malzeme özelliklerinin ve elemanların rijitliklerinin gerçeğe yakın bir şekilde ele alınmasının önemi çok büyüktür. Bu nedenle malzeme özellikleri için yerinde olmasının beklenen dayanımların (expected strength) kullanılması gerekmektedir. Kullanılması önerilen malzeme katsayıları Tablo 2.2’de



verilmiştir. Bunun yanında elemanların çatlamış kesit rijitliklerinin doğru bir şekilde modellenmesi için kullanılacak rijitlik azaltma katsayıları elemanlar için Tablo 2.3' te verilmiştir.

Tablo 2.2 Malzeme dayanım katsayıları

| Malzeme                     | Dayanım    |
|-----------------------------|------------|
| ASTM A36/A36M               | 1,5 $F_y$  |
| ASTM A572/A572M             | 1,3 $F_y$  |
| ASTM A992/A992M             | 1,1 $F_y$  |
| Diğer Çelik Sınıfları       | 1,1 $F_y$  |
| ASTM A500, A501, A618, A847 | 1,4 $F_y$  |
| Çelik Boru ASTM A53/A53M    | 1,4 $F_y$  |
| Çelik Plakalar              | 1,1 $F_y$  |
| Donatı Çeliği               | 1,17 $f_y$ |
| Beton                       | 1,3 $f_c$  |

Tablo 2.3 Yapısal Elemanların Rijitlik Azaltma Katsayıları

| Eleman                 | Kullanılabilirlik ve Rüzgar | Doğrusal Olmayan Analizler |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Yapısal Perde Duvarlar | Eğilme – 0,75 $I_g$         | Eğilme – 1,0 $E_c$         |
|                        | Kesme – 1,0 $A_g$           | Kesme – 0,5 $A_g$          |
| Bodrum Perde Duvarları | Eğilme – 1,0 $I_g$          | Eğilme – 0,8 $E_c$         |
|                        | Kesme – 1,0 $A_g$           | Kesme – 0,5 $A_g$          |
| Bağ Kirişleri          | Eğilme – 0,3 $I_g$          | Eğilme – 0,2 $E_c$         |
|                        | Kesme – 1,0 $A_g$           | Kesme – 1,0 $A_g$          |
| Diaphragms             | Eğilme – 0,5 $I_g$          | Eğilme – 0,25 $E_c$        |
|                        | Kesme – 0,8 $A_g$           | Kesme – 0,25 $A_g$         |
| Kirişler               | Eğilme – 0,7 $I_g$          | Eğilme – 0,35 $E_c$        |
|                        | Kesme – 1,0 $A_g$           | Kesme – 1,0 $A_g$          |
| Kolonlar               | Eğilme – 0,9 $I_g$          | Eğilme – 0,7 $E_c$         |
|                        | Kesme – 1,0 $A_g$           | Kesme – 1,0 $A_g$          |

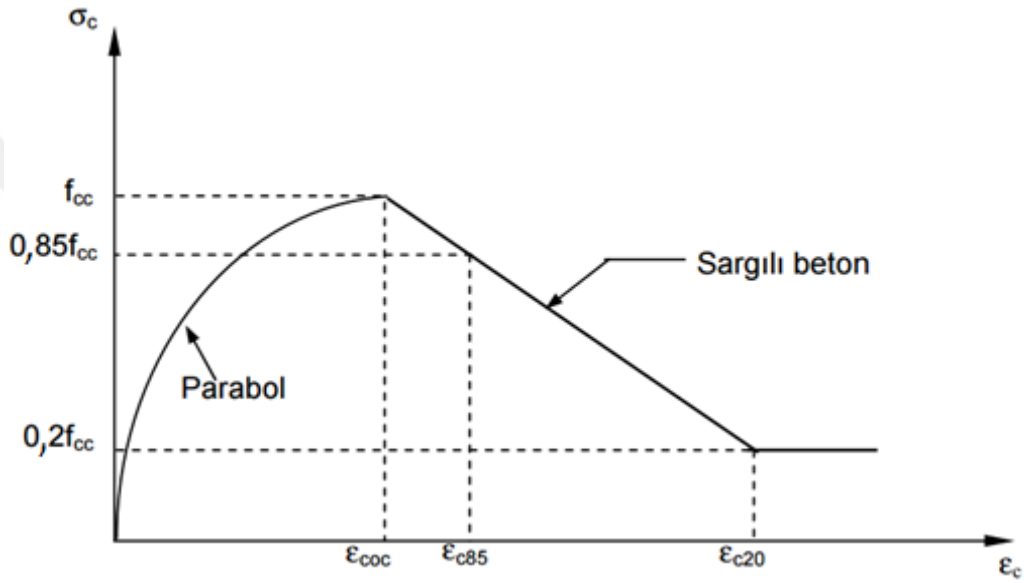
Tablo 2.3' te yer alan elastisite modülü değeri aşağıdaki denklemlerden hesaplanacaktır.

$$f_c' \leq 6000 \text{ psi için } E_c = 57000 \sqrt{f_c'} \quad (2.1)$$

$$f_c' > 6000 \text{ psi için } E_c = 40000 \sqrt{f_c'} + 1 \times 10^6 \quad (2.2)$$

### 2.2.2 Yönetmelikte Yer Alan Beton Malzeme Modelleri

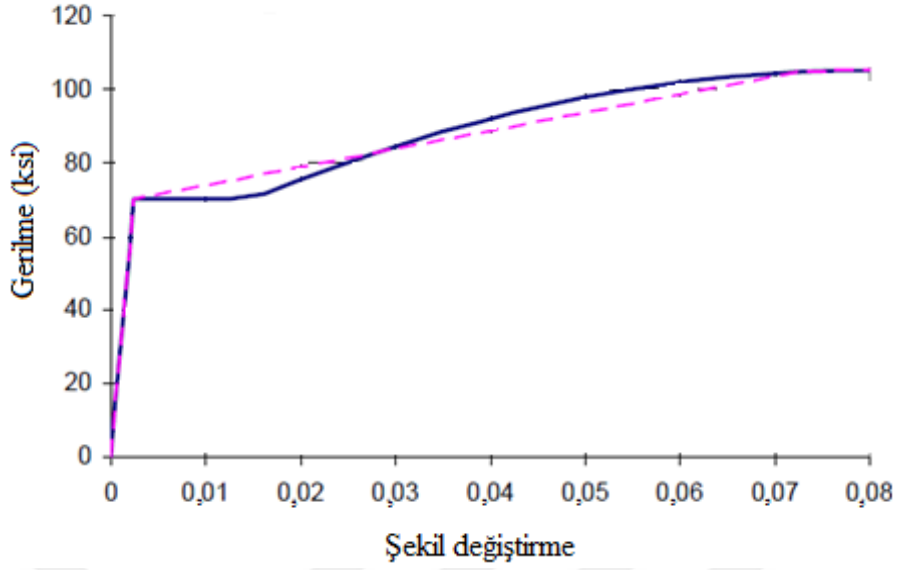
Beton malzemesi için kullanılacak gerilme – şekil değiştirme ilişkisi için farklı malzeme modelleri önerilmiştir. Mander beton modeli (Mander, Priestley, ve Park, 1988), Saatçioğlu-Razvi (Saatçioğlu ve Razvi, 1992) beton modeli kullanılabilir modeller arasındadır. Saatçioğlu-Razvi beton modeli için gerilme – birim şekil değiştirme grafiği Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Beton malzeme modeli

### 2.2.3 Yönetmelikte Yer Alan Çelik Malzeme Modeli

Kullanılması önerilen donatı çeliği modeli için gerilme-şekil değiştirme grafiği ve bu grafiğin bilineer olarak idealleştirilmesi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 Donatı çeliği malzeme modeli

#### 2.2.4 Yönetmelikte Yer Alan Plastik Mafsal Uzunluğu

Perde duvarlar için plastik mafsal uzunluğu ( $l_p$ ) aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir (Paulay & Priestley, 1992):

$$l_p = 0,2l_w + 0,03h_n \text{ yada } l_p = 0,08h_n + 0,15f_y d_b \quad (2.3)$$

burada  $l_w$  perde duvar uzunluğu,  $h_n$  perde duvar yüksekliği,  $d_b$  ise donatı çapıdır.

### 2.3 İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı (İYBDY)

Bu yönetmelik, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde yapılacak yüksek binaların, depreme karşı tasarımı için hazırlanmıştır. Yüksek binalar, tamamı yer altında olan ve binayı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 metre olan binalardır.

Bu yönetmelik üç aşamalı bir tasarım kavramını önermektedir. İlk aşama olarak “Tasarım Aşaması I-A” olarak tanımlanan yapısal elemanların ön boyutlandırmasının yapıldığı mod birleştirme yöntemi ile lineer üç boyutlu analiz,

“Tasarım Aşaması I–B” olarak tanımlanan zaman tanım alanında nonlinear üç boyutlu analiz, “Tasarım Aşaması II” de ise mod birleştirme yöntemi ile lineer üç boyutlu analiz ve son olarak “Tasarım Aşaması III” zaman tanım alanında nonlinear üç boyutlu analiz ile tasarım aşamaları tamamlanmaktadır.

Bu yönetmeliğin ardından çıkan İzmir Yüksek Yapılar Yönetmeliği bu yönetmelikten yola çıkarak hazırlandığı için yönetmelikle ilgili detaylar bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

## **2.4 İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler (İZYBY)**

Bu tasarım yaklaşımında, belirli düzeylerdeki deprem yer hareketleri altında yüksek binaların taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar sayısal olarak tahmin edilir ve bu hasarın her bir elemanda kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır. Eleman düzeyinde hesaplanması öngörülen deprem hasarı, şiddetli depremlerde genel olarak doğrusal elastik sınırlar ötesinde meydana nonlinear deformasyonlara karşı geldiğinden performansa göre tasarım yaklaşımı, doğrusal olmayan (nonlinear) analiz yöntemleri ve şekil değiştirmeye (deformasyona) göre tasarım kavramı ile doğrudan ilişkilidir. Yönetmelikte, hasarın sınırlı olmasının öngörüldüğü performans hedefleri için, geleneksel dayanıma göre tasarım ilkesi çerçevesinde doğrusal (linear) analiz yöntemlerinin kullanılmasına da izin verilmektedir.

### **2.4.1 Yönetmelikte Yer Alan Deprem Düzeyleri**

D1 deprem düzeyi tasarlanacak yüksek binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı en fazla olan, göreceli olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D1) düzeyindeki

depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır.

D2 deprem düzeyi tasarlanacak yüksek binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D2) düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır.

D3 deprem düzeyi tasarlanacak yüksek binaların servis ömürleri boyunca karşılaşılabilecekleri en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. (D3) düzeyindeki bu çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır.

D1, D2, D3 deprem düzeylerine ait aşılma olasılıkları ve buna karşı gelen ortalama dönüş periyodları Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4 Deprem düzeyleri

| Deprem Türü | 50 Yılda Aşılma Olasılığı | Ortalama Dönüş Periyodu |
|-------------|---------------------------|-------------------------|
| D1          | %50                       | 72 Yıl                  |
| D2          | %10                       | 475 Yıl                 |
| D3          | %2                        | 2475 Yıl                |

#### 2.4.2 Yönetmelikte Yer Alan Tasarım Deprem İvme Spektrumu

D1, D2 ve D3 deprem düzeyleri için kısa doğal titreşim periyodu 0,2 saniye ve 1,0 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşı gelen yatay deprem spektral ivme değerleri  $S_S$  ve  $S_1$ , aşağıda verilen denklemler kullanılarak hesaplanacaktır.

$$S_{MS} = F_a \times S_S \quad (2.4)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.5)$$

$F_a$  ve  $F_v$  zemin etkisi parametreleri, sırası ile, Tablo 2.5 ve Tablo 2.6'da tanımlanmıştır.

Tablo 2.5 Kısa periyod zemin katsayısı  $F_a$

| Zemin Sınıfı | Kısa Periyod Spektral İvmesi |             |              |             |                 |
|--------------|------------------------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
|              | $S_s \leq 0,25$              | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| A            | 0,8                          | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8             |
| B            | 1,00                         | 1,00        | 1,00         | 1,00        | 1,00            |
| C            | 1,20                         | 1,20        | 1,10         | 1,00        | 1,00            |
| D            | 1,60                         | 1,40        | 1,20         | 1,10        | 1,00            |
| E            | 2,50                         | 1,70        | 1,20         | 0,90        | 0,90            |
| F            | -                            | -           | -            | -           | -               |

Tablo 2.6 1.0 s periyodu zemin katsayısı  $F_v$

| Zemin Sınıfı | 1,0 sn. Periyodunda Spektral İvme |             |             |             |                |
|--------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|              | $S_s \leq 0,1$                    | $S_s = 0,2$ | $S_s = 0,3$ | $S_s = 0,4$ | $S_s \geq 0,5$ |
| A            | 0,8                               | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8            |
| B            | 1,00                              | 1,00        | 1,00        | 1,00        | 1,00           |
| C            | 1,70                              | 1,60        | 1,50        | 1,40        | 1,30           |
| D            | 2,40                              | 2,00        | 1,80        | 1,60        | 1,50           |
| E            | 3,50                              | 3,20        | 2,80        | 2,40        | 2,40           |
| F            | -                                 | -           | -           | -           | -              |

Yatay deprem için tasarım spektrumları, aşağıdaki şekilde tanımlanacaktır (Şekil 2.3):

$$S_{ae}(T) = 0,4S_{MS} + 0,6S_{MS} * T / T_o (T_o \leq T) \quad (2.6)$$

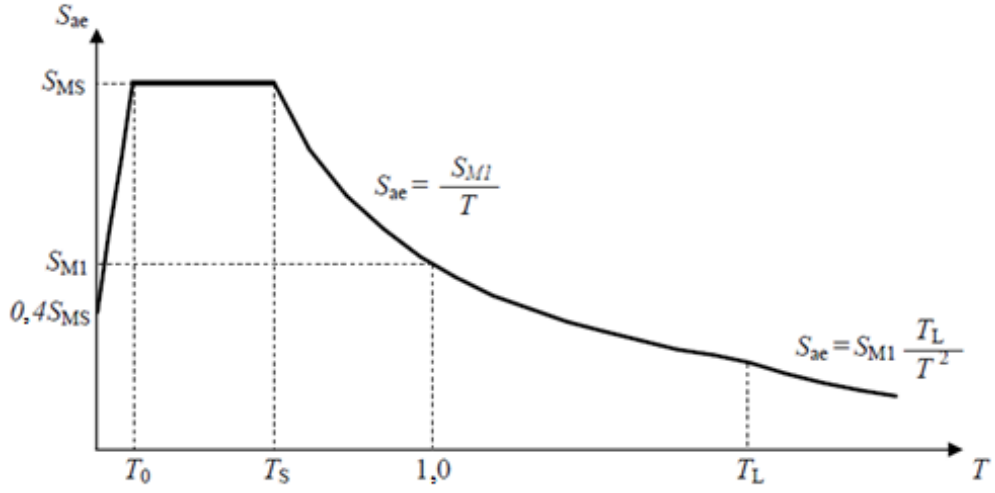
$$S_{ae}(T) = S_{MS} (T_o \leq T \leq T_s) \quad (2.7)$$

$$S_{ae}(T) = S_{M1} / T (T_s \leq T \leq T_L) \quad (2.8)$$

$$S_{ae}(T) = S_{M1} * T_L / T^2 (T_s \leq T \leq T_L) \quad (2.9)$$

Spektrum köşe periyotları  $T_s$  ve  $T_o$  ise aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$T_s = S_{M1} / S_{MS} \quad T_o = 0,2 T_s \quad (2.10)$$



Şekil 2.3 Deprem ivme spektrumu

### 2.4.3 Yüksek Binalar için Tanımlanan Performans Düzeyleri, Performans Bölgeleri ve Performans Hedefleri

Yüksek binaların performans düzeyleri, deprem etkisi altında meydana gelmesi beklenen hasarlara bağlı olarak aşağıda tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri için kabul edilebilir hasar limitleri, her bir yapı tipi veya elemanı için ayrı ayrı ve sayısal olarak tanımlanacaktır.

#### 2.4.3.1 Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım (MH / KK) Performans Düzeyi

Minimum Hasar (Kesintisiz Kullanım) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi ile hiç yapısal ve yapısal olmayan hasar meydana gelmemesi veya meydana gelecek hasarın çok sınırlı düzeyde olması durumunu tanımlayan performans düzeyidir. Bu durumda yüksek bina kesintisiz olarak kullanılmaya devam eder veya meydana gelebilecek aksamalar birkaç gün içinde kolayca giderilebilecek düzeyde kalır.

#### 2.4.3.2 Kontrollü Hasar / Can Güvenliği (KH / CG) Performans Düzeyi

Kontrollü Hasar (Can Güvenliği) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında sınırlı ve onarılabilir düzeyde yapısal ve

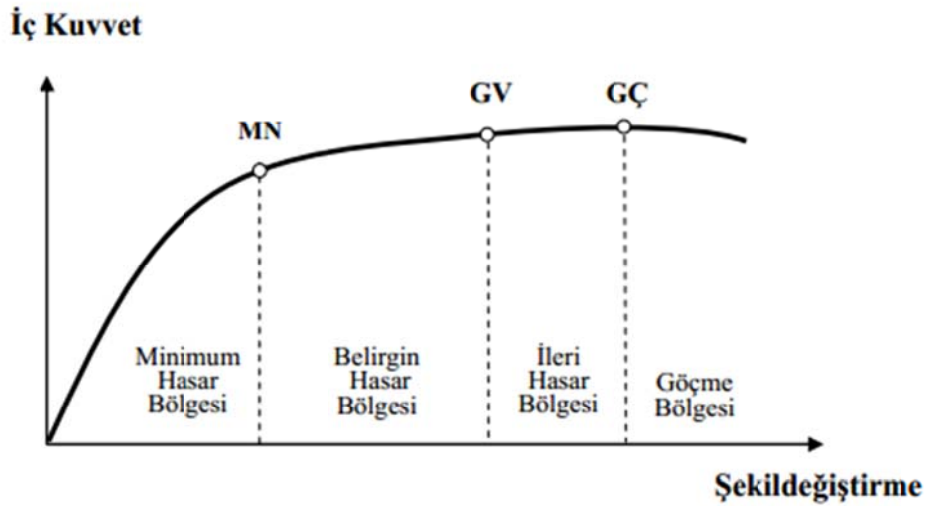
yapısal olmayan hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyi olarak tanımlanır. Bu durumda, yüksek binanın kullanımında kısa süreli (birkaç hafta veya ay) aksamaların meydana gelmesi normaldir.

#### 2.4.3.3 İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği (İH / GG) Performans Düzeyi

İleri Hasar (Göçmeme Güvenliği) Performans Düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında göçme öncesinde meydana gelen ileri derecedeki yaygın hasarı temsil etmektedir. Bu durumda, yüksek binanın kullanımında uzun süreli aksamaların meydana gelmesi, hatta binanın kullanımına son verilmesi mümkündür.

#### 2.4.4 Yönetmelikte Yer Alan Performans Bölgeleri

Yukarıda tanımlanan performans düzeyleri arasında performans bölgeleri tanımlanır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Performans bölgeleri

(MH/KK) Performans Düzeyi' nin altında kalan bölge Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi, (MH/KK) Performans Düzeyi ile (KH/CG) Performans Düzeyi arasında kalan bölge Kontrollü Hasar / Can Güvenliği



Performans Bölgesi, (KH/CG) Performans Düzeyi ile (İH/GG) Performans Düzeyi arasında kalan bölge İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği Performans Bölgesi, ve (İH/GG) Performans Düzeyi' nin üstündeki bölge Göçme Bölgesi olarak tanımlanır.

#### **2.4.5 Yüksek Binalar için Öngörülen Minimum Performans Hedefleri**

Yüksek binalar için öngörülen minimum performans hedefleri, yukarıda tanımlanmış bulunan deprem düzeylerine bağlı olarak aşağıda verilmiştir (Tablo 2.7).

Tablo 2.7 Yüksek binalar için hedeflenen minimum performans bölgeleri

| <b>Kullanım bakımından bina sınıfı</b>                           | <b>(D1) Deprem Düzeyi</b> | <b>(D2) Deprem Düzeyi</b> | <b>(D3) Deprem Düzeyi</b> |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Normal sınıf binalar:<br>Konut, otel, ofis binaları vb.          | MH/KK                     | KH/CG                     | İH/GG                     |
| Özel sınıf binalar:<br>Sağlık, eğitim, kamu yönetim binaları vb. | -                         | MH/KK                     | KH/CG                     |

Kullanım bakımından Normal Sınıf 'a giren yüksek binaların (konut, otel, ofis binaları, vb.) performanslarının (D1) depremi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi'nde, (D2) depremi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi'nde ve (D3) depremi altında İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği Performans Bölgesi'nde olması öngörülmektedir.

Kullanım bakımından Özel Sınıf'a giren yüksek binaların (sağlık, eğitim, kamu yönetim binaları, vb) performanslarının ise, (D2) depremi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi'nde ve (D3) depremi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi'nde olması öngörülmektedir.

Kullanım bakımından Normal Sınıf 'a giren yüksek binaların (konut, otel, ofis binaları, vb.) performansları için, bina sahibinin tercihi doğrultusunda daha üst performans bölgeleri hedeflenebilir.

#### **2.4.6 Yüksek Binalar İçin Analiz ve Tasarım Yöntemleri**

Yüksek binalar için tanımlanan tasarım aşamalarında yapılması öngörülen doğrusal (lineer) elastik analizlerde spektral Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır. Her bir davranış büyüklüğüne ilişkin mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanacaktır.

Yüksek binalar için tanımlanan tasarım aşamalarında yapılması öngörülen doğrusal olmayan (nonlinear) analizlerde, Zaman Tanım Alanında Doğrudan Entegrasyon Yöntemi kullanılacaktır.

Yüksek binaların doğrusal (lineer) veya doğrusal olmayan (nonlinear) analizlerinde sönüm oranı en fazla  $\xi = 0,05$  olarak alınacaktır. Analizlerde ikinci mertebe (P –  $\Delta$ ) etkilerinin göz önüne alınması zorunludur.

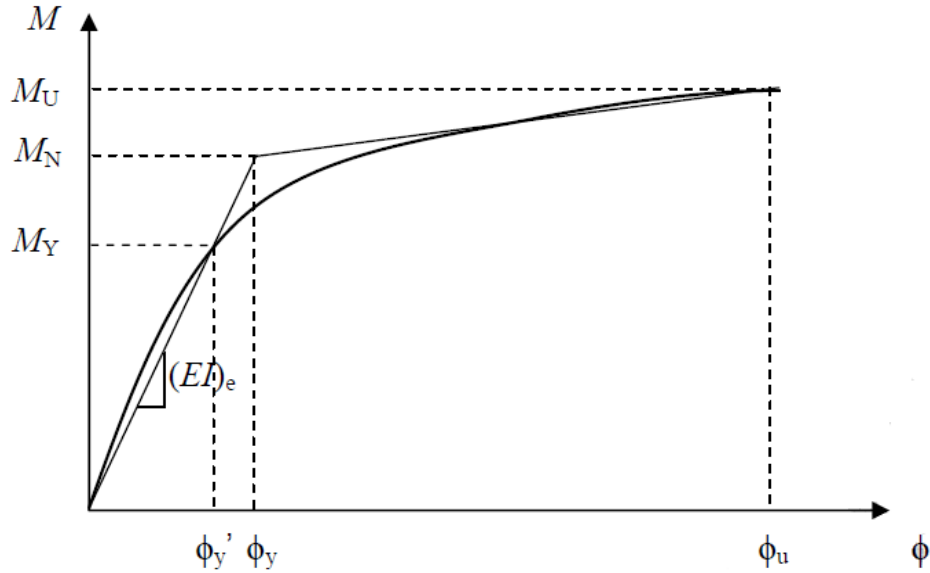
#### **2.4.7 Analiz Modellerine İlişkin Kural ve Koşullar**

Çerçeve elemanlarının modellenmesi, doğrusal (lineer) analizde çubuk sonlu elemanlar ile yapılacaktır. Doğrusal olmayan (nonlinear) analizde ise yığılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde plastik kesitler' in (plastik mafsallar) tanımlandığı çubuk sonlu elemanlar ile veya yayılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde lif (fiber) elemanları ile yapılabilir. Plastik mafsal boyu için ilgili literatürden seçilecek bir amprik bağıntıdan yararlanılabilir. Doğrusal olmayan (nonlinear) analizde, alternatif modelleme yaklaşımları da kullanılabilir. Çelik çerçevelerin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerinde, kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kayma şekil değiştirmeleri uygun biçimde göz önüne alınmalıdır.

Betonarme perde ve perde elemanlarının modellenmesi, doğrusal (lineer) analizde kabuk (shell) sonlu elemanlar ile yapılacaktır. Çubuk elemanlardaki çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ile uyumlu olmak amacı ile, DBYBHY (2007) 7.4.13'de verilen amprik bağıntılar kabuk sonlu elemanların elastiklik modülü (E)' nin azaltılması için de kullanılabilir.

Doğrusal olmayan (nonlinear) analizde betonarme perde elemanlarının modellenmesi için yayılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde lif (fiber) elemanları kullanılabilir. Betonarme perdelerin kayma rijitlikleri uygun biçimde göz önüne alınmalıdır.

Betonarme çubuk olarak idealleştirilen çerçeve elemanlarında çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılacaktır. Ön boyutlama aşamasında DBYBHY (2007) 7.4.13’de verilen amprik bağıntılardan yararlanılabilir. Diğer tasarım ve gerçekleştirme aşamalarında ise etkin eğilme rijitliği, kesitin moment – eğrilik bağıntısından aşağıdaki şekilde elde edilecektir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Moment-eğrilik ilişkisi

$$(EI_e) = \frac{M_y}{\phi_y} = \frac{M_N}{\phi_y} \quad (2.11)$$

Burada  $M_y$ , kesitteki ilk akma durumunu ifade etmektedir. Bu durumdaki eğrilik  $\phi_y$ , betonun birim şekil değiştirmesinin 0,002 değerine veya donatı birim şekil değiştirmesinin akma birim şekil değiştirmesine (hangisi daha önce olursa) erişmesine karşı gelir. Etkin eğrilik  $\phi_y'$ ’ye karşı gelen etkin plastik moment  $M_N$ , beton basınç birim şekil değiştirmesi 0,004 veya donatı birim şekil değiştirmesi 0,015 alınarak (hangisine daha önce erişilirse) hesaplanır. Kolonların moment

dayanımlarının hesabında, sadece düşey yüklerden meydana gelen eksenel kuvvetler kullanılabilir.

Ön boyutlama aşamasında beton, donatı çeliği ve yapı çeliği için tasarım dayanımları ( $f_d$ ), ilgili karakteristik dayanımların ( $f_k$ ) malzeme güvenlik katsayılarına bölünmesi ile tanımlanır. Diğer gerçekleştirme aşamalarında ise, tasarım dayanımı olarak ortalama dayanım (expected strength) – ( $f_e$ ) değerleri kullanılacak, malzeme güvenlik katsayıları göz önüne alınmayacaktır. Ortalama dayanım değerleri ile karakteristik dayanım değerleri arasında aşağıdaki ilişkiler dikkate alınabilir:

$$\text{Beton için} \quad f_{ce}=1,3f_{ck} \quad (2.12)$$

$$\text{Donatı çeliği için} \quad f_{ce}=1,17f_{ck} \quad (2.13)$$

$$\text{Yapı çeliği (S235) için} \quad f_{ce}=1,5f_{ck} \quad (2.14)$$

$$\text{Yapı çeliği (S275) için} \quad f_{ce}=1,3f_{ck} \quad (2.15)$$

$$\text{Yapı çeliği (S355) için} \quad f_{ce}=1,1f_{ck} \quad (2.16)$$

Çubuk elemanlarda plastik kesitlerin (plastik mafsalların) doğrusal olmayan histeretik bağıntılarında iskelet eğrileri iki doğrulu (bi-lineer) alınabilir. Histeretik davranışta rijitlik azalması ve dayanım azalması etkileri, yeni yapılan yüksek binalarda ihmal edilebilir.

#### **2.4.8 Yüksek Binalarda Performansa Göre Tasarım Aşamaları**

##### *2.4.8.1 Tasarım Aşaması (I-A): Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Analiz ile Ön Tasarım (Boyutlama)*

Kontrollü Hasar / Can Güvenliği hedef performansı için ön boyutlama amaçlı bu tasarım aşamasında, Tablo 2.4'e göre Normal Sınıf Binalar' da (D2) düzeyindeki depremin, Özel Sınıf Binalar' da ise (D3) düzeyindeki depremin etkisi altında Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ile DBYBHY (2007) Bölüm 2'ye benzer biçimde azaltılmış deprem yükleri altında doğrusal elastik analiz ve DBYBHY (2007) Bölüm 3 ve/veya Bölüm 4'e göre ön tasarım yapılacaktır.

Aşağıda taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)' na ve doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak, elastik deprem yüklerinin azaltılmasında kullanılacak Deprem yükü azaltma katsayısı aşağıda tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) T / T_s \quad (0 \leq T \leq T_s) \quad (2.17)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_s \leq T) \quad (2.18)$$

Burada  $T_s$ , spektrum köşe periyodunu göstermektedir.

Aşağıda tanımlanan yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin ön tasarımında taşıyıcı sistem davranış katsayısı en fazla  $R = 7$  olarak alınabilir:

- (a) Deprem yüklerinin bağ kirişli betonarme perdelerle taşındığı bina taşıyıcı sistemleri;
- (b) Deprem yüklerinin dışmerkez çaprazlı veya burkulması önlenmiş merkezi çelik perdelerle taşındığı bina taşıyıcı sistemleri;
- (c) Deprem yüklerinin tüp veya iç içe tüp şeklinde düzenlenen rijit düğüm noktalı betonarme veya çelik çerçeveler tarafından taşındığı bina taşıyıcı sistemleri;
- (d) Deprem yüklerinin boşluksuz veya bağ kirişli betonarme perdelerle ve/veya (b)'de tanımlanan çelik perdeli sistemlerle birlikte rijit düğüm noktalı betonarme veya çelik çerçeveler tarafından birlikte taşındığı bina taşıyıcı sistemleri;

Kullanılan R katsayısından bağımsız olarak, ön tasarımda göz önüne alınacak taban kesme kuvveti, aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanan değerden küçük olamaz:

$$V_{t,min} = 0,04S_{MS(D2)}W \quad (2.19)$$

Burada MS(D2) S, (D2) düzeyindeki deprem için tanımlanan kısa periyod spektral ivmesini, W ise binanın kütleline karşı gelen ağırlığını göstermektedir. Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan tüm iç kuvvet büyüklükleri, aynı yöntemle hesaplanan taban kesme kuvveti Denklem 2.19'a eşit olacak şekilde ölçeklendirilecektir.

Ek dış merkezlik etkileri DBYBHY (2007) 2.8.2.1'e göre göz önüne alınacaktır. Eleman asal eksen doğrultularındaki iç kuvvet büyüklükleri DBYBHY (2007) 2.7.5'e göre hesaplanacaktır. Her bir doğrultuda düşey taşıyıcı elemanların görelî kat ötelemeleri, DBYBHY (2007) 2.10.1'e göre hesaplanacak ve sınırlandırılacaktır. 4.3.1.4'te tanımlanan minimum taban kesme kuvveti koşulu, görelî kat ötelemelerinin hesabında dikkate alınmayabilir.

Tüm betonarme elemanlarda DBYBHY (2007) Bölüm 3'te sünelik düzeyi yüksek sistemler için minimum değerleri tanımlanan sargı donatıları kullanılacaktır. Kolon ve kirişlerin kesme güvenliği için DBYBHY (2007) Bölüm 3 ve/veya Bölüm 4'te verilen kapasite tasarımı ilkeleri aynen uygulanacaktır.

Düşeyde konsol veya konsola yakın çalışan betonarme perdelerin kesme güvenliği için DBYBHY (2007) 3.6.6.3 uygulanacak, kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı en az  $\beta_v = 2$  alınacaktır.

#### *2.4.8.2 Tasarım Aşaması (I – B): Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Olmayan Analiz ile Tasarım*

Yüksekliği 60 m'den fazla olan ve Tasarım Aşaması (I – A)'da Tablo 3.1'e göre Normal Sınıf Binalar' da (D2) düzeyindeki depremin, Özel Sınıf Binalar' da ise (D3) düzeyindeki depremin etkisi altında Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ile ön tasarımı yapılarak ön boyutları saptanan yüksek bina taşıyıcı sisteminin tasarımı, yine aynı depremin etkisi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği hedef performansı için, 4.2'de verilen kural ve koşullara göre yapılacak doğrusal olmayan (nonlinear) analiz ile yapılacaktır. Bu analizde ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınmayabilir.

En az  $2*7=14$  analizden hesaplanan sonuçların ortalaması olarak elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılacaktır.

(a) Her katta, her bir düşey taşıyıcı elemanın her bir doğrultudaki görelî kat ötelemesi oranı (görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranı) 0,025 değerini aşmayacaktır.

(b) DBYBHY (2007)'de verilen sargı donatısı koşullarını sağlayan betonarme kesitler için, sargı donatısı içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesinin üst sınırları aşağıda verilmiştir:

$$\varepsilon_{cg} = 0,0135 ; \varepsilon_s = 0,04 \quad (2.20)$$

(c) Çelik çubuk elemanlar için şekil değiştirme kapasiteleri Life Safety (LS) performans hedefi için ASCE/SEI 41-06'dan alınacaktır\*.

(d) Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri, 4.2.6'da tanımlanan ortalama dayanımlar esas alınarak DBYBHY (2007)'e göre hesaplanacaktır.

(e) Yukarıdaki (a)'dan (d)'ye kadar verilen koşulların herhangi birinin sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemde gerekli değişiklikler yapılarak tüm tasarım aşamaları tekrarlanacaktır.

#### 2.4.8.3 *Tasarım Aşaması (II): Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Hedef Performansı için Doğrusal Analiz ile Gerçelleme*

Tasarım Aşaması (I – A)'da Normal Sınıf Binalar' da (D2) düzeyindeki depremin, Özel Sınıf Binalar' da ise (D3) düzeyindeki depremin etkisi altında Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ile ön tasarımı yapılarak ön boyutları saptanan ve Tasarım Aşaması (I – B)'de yine aynı depremin etkisi altında tasarımı yapılan yüksek bina taşıyıcı sistemi, Normal Sınıf Binalar' da (D1) düzeyindeki depremin, Özel Sınıf

Binalar' da ise (D2) düzeyindeki depremin etkisi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım hedef performansı için, verilen kural ve koşullara göre yapılacak doğrusal (lineer) analiz ile gerçekleştirilecektir. Bu analizde ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınmayabilir. Yüksekliği 60 m'den fazla olmayan binalarda bu aşama ile bina tasarımı tamamlanacaktır.

Eleman asal eksen doğrultularındaki iç kuvvet büyüklükleri DBYBHY (2007) 2.7.5'e göre hesaplanacaktır.

Gerçekleşmeye esas iç kuvvetler, taşıyıcı sistemin türüne bakılmaksızın lineer elastik analizden elde edilen iç kuvvetlerin  $R_a = 1,5$  katsayısına bölünmesi ile elde edilecektir. Bu kuvvetlerin ortalama dayanımlar esas alınarak hesaplanan kesit taşıma güçlerini aşmadığı gösterilecektir.

Her katta, her bir doğrultuda her bir düşey taşıyıcı elemanın DBYBHY (2007) 2.10.1'e göre hesaplanan görece kat öteleme oranı (görece kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranı) 0.01 değerini aşmayacaktır.

Yukarıdaki durumların sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemde gerekli değişiklikler yapılarak tüm tasarım aşamaları tekrarlanacaktır.

#### *2.4.8.4 Tasarım Aşaması (III): İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği Hedef Performansı için Doğrusal Olmayan Analiz ile Gerçekleşme*

Yüksekliği 60 m'den fazla olan ve Tasarım Aşaması (I – A)'da Normal Sınıf Binalar' da (D2) düzeyindeki depremin etkisi altında Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ile ön tasarımı yapılarak ön boyutları saptanan ve Tasarım Aşaması (I – B)'de yine aynı depremin etkisi altında tasarımı yapılan yüksek bina taşıyıcı sistemi, (D3) düzeyindeki depremin etkisi altında İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği hedef performansı için, verilen kural ve koşullara göre yapılacak doğrusal olmayan (nonlinear) analiz ile gerçekleştirilecektir. Bu analizde ek dış merkezlik etkileri göz önüne alınmayabilir.



Tablo 2.8 Tasarım aşamaları

| <i>Tasarım Aşaması</i>                | <i>Tasarım Aşaması I-A</i>                           | <i>Tasarım Aşaması I-B</i>                                       | <i>Tasarım Aşaması II</i>                            | <i>Tasarım Aşaması III</i>                                       |
|---------------------------------------|--|--|--|--|
| Tasarım Türü                          | Ön Tasarım (Boyutlama)                               | Tasarım  | Gerçekleme   | Gerçekleme   |
| <i>Deprem Düzeyi</i>                  | <i>Normal sınıf binalarda (D2) depremi</i>           | <i>Normal sınıf binalarda (D2) depremi</i>                       | <i>Normal sınıf binalarda (D1) depremi</i>           | <i>Normal sınıf binalarda (D3) depremi</i>                       |
|                                       | <i>Özel sınıf binalarda (D2) depremi</i>             | <i>Özel sınıf binalarda (D3) depremi</i>                         | <i>Özel sınıf binalarda (D2) depremi</i>             |  |
| <i>Hedef Performans</i>               | Can Güvenliği  | Can Güvenliği  | Kesintisiz Kullanım                                  | Göçmeme Güvenliği  |
| Analiz Türü                           | Mod Birleştirme Yöntemi ile Lineer Üç Boyutlu Analiz | Zaman Tanım Alanında Nonlineer Üç Boyutlu Analiz (2*7 çözüm ort) | Mod Birleştirme Yöntemi ile Lineer Üç Boyutlu Analiz | Zaman Tanım Alanında Nonlineer Üç Boyutlu Analiz (2*7 çözüm ort) |
| Taşıyıcı Sistem Davranış Kats.        | $R \leq 7$   | -  | $R=1,5$  | -  |
| Görelî Kat Ötelemesi Oranı Limiti     | %2   | %2,5   | %1   | %3,5   |
| B/A çucuk elemanlarda kesit rijitliği | Etkin rijitlik (DBYBHY 2007'den)                     | Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)                       | Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)           | Etkin rijitlik (moment-eğrilik eğrisinden)                       |
| Dayanım parametresi                   | Karakteristik Dayanım                                | Ortalama (Expected) dayanım                                      | Ortalama (Expected) dayanım                          | Ortalama (Expected) dayanım                                      |
| Kabul kriteri                         | Dayanım – Görelî kat ötelemesi oranı                 | Birim şekildeğiştirme – Görelî kat ötelemesi oranı               | Dayanım – Görelî kat ötelemesi oranı                 | Birim şekildeğiştirme – Görelî kat ötelemesi oranı               |

En az  $2*7=14$  analizden hesaplanan sonuçların ortalaması olarak elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılacaktır.

- Her katta, her bir düşey taşıyıcı elemanın her bir doğrultudaki görelî kat ötelemesi oranı (görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranı) 0,035 değerini aşamayacaktır.
- DBYBHY (2007)'de verilen sargı donatı koşullarını sağlayan betonarme kesitler için, sargı donatısı içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesinin üst sınırları aşağıda verilmiştir:

$$\varepsilon_{cg} = 0,018 ; \varepsilon_s = 0,06 \quad (2.21)$$

- (c) Çelik çubuk elemanlar için şekil değiştirme kapasiteleri Collapse Prevention (CP) performans hedefi için ASCE/SEI 41-06'dan alınacaktır\*.
- (d) Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri, ortalama dayanımlar esas alınarak DBYBHY (2007)'e göre hesaplanacaktır.
- (e) Yukarıdaki (a)'dan (d)'ye kadar verilen koşulların herhangi birinin sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemde gerekli değişiklikler yapılarak tüm tasarım aşamaları tekrarlanacaktır.

## BÖLÜM ÜÇ

### BETONARME BİNALARIN PERFORMANSA DAYALI TASARIMINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

#### 3.1 Giriş

Tüm deprem yönetmeliklerinin kabul ettiği temel depreme dayanıklı yapı tasarım ilkesi, az şiddetli depremlerde yapının hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapıda hasarların onarılabilecek düzeyde olması ve şiddetli depremlerde yapının can kaybına yol açmayacak şekilde hasar almasına dayanmaktadır. Performansa dayalı tasarım kavramında bu temel tasarım ilkelerini detaylandırarak binaların deprem sırasındaki davranışına bağlı olarak belirlenecek hasar düzeylerine göre tasarlanmasını hedeflemektedir. Performansa dayalı tasarım kavramı, yapı ve deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavramdır ve günümüzde kullanılan yapı tasarım kavramının gelişen bilgisayar teknolojisi ile daha ileri düzeyde uygulanmış halidir.

Performansa dayalı tasarımın ortaya çıkışı yaşanan depremlerin ardından mevcut yapı stoğunun deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ihtiyacının doğmasına dayanır. Daha sonraları bu yöntem mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinin yanı sıra yeni yapıların tasarımında da uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntem ile yeni yapılacak yapılarda, yönetmeliklerde belirtilen performans hedeflerine uygun tasarım yapılabileceği gibi tasarımcı tarafından istenirse farklı performans hedefleri de seçilebilir.

Performansa dayalı tasarımda ilk olarak ön boyutlandırması ve malzeme özellikleri belirlenmiş binanın kapasitesini tanımlamak üzere kapasite eğrisi belirlenir. Bu eğri, artan yatay yük etkileri altında bina taban kesme kuvveti ile bina tepe noktası yer değiştirme değerleri kullanılarak oluşturulur. Bir binanın kapasitesi her bir yapı elemanının dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerine bağlıdır.

Geçmişte yaşanan depremler sonucunda betonarme binalar üzerinde yapılan incelemelerde taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların orta şiddetli depremlerde dahi

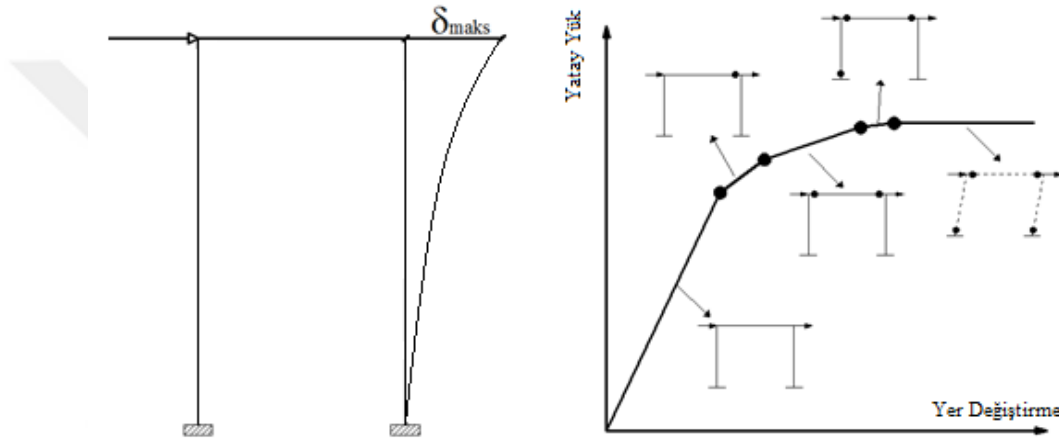
elastik ötesi davranış sergileyerek hasar gördüğü belirlenmiştir. Bu nedenle betonarme taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların şekil değiştirme kapasitelerini belirlemek gerekmekte ve bunun için analizlerde sistemi oluşturan beton ve çelik malzemesinin elastik ötesi davranışının esas alınması gerekmektedir.

Elastik ötesi davranış gösteren yapı sistemlerinin kuvvet ve yer değiştirme kapasitesini pratik olarak belirleyebilmek için doğrusal olmayan artımsal itme analizlerine ihtiyaç vardır. Doğrusal olmayan artımsal itme analiz yöntemlerinde, binanın kuvvet-yer değiştirme grafiğini elde etmek için bir dizi ardışık elastik analiz yapılır. İlk önce yapıya etki edecek yatay yük dağılımı belirlenerek yapı sistemi, bu yük etkisi altında sistemi oluşturan yapı elemanlarından herhangi birisi akmaya ulaşıncaya kadar yanal yönde itilir. Daha sonra yapının matematik modeli, akma noktasını geçen elemanların seçilen moment-eğrilik ilişkisine bağlı olarak azalan dayanımları hesaba katılarak yeniden kurulur. Herhangi bir eleman yeni bir akma noktasına ulaşıncaya kadar yatay kuvvet dağılımı yeniden uygulanır. Bu işlem yapı stabilitesini kaybedinceye ya da önceden tanımlanmış bir değere ulaşıncaya kadar devam eder. Böylece yapının toplam kapasitesi elde edilmiş olur.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri teorik olarak yeni bir kavram olmadığı halde bu analizlerin yoğun matematiksel işlem gerektirmesinden dolayı son yıllara kadar pratik anlamda uygulanması mümkün olamamıştır. Özellikle son 20 yıldır bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi ve söz konusu yöntemlerin teorik algoritmalarındaki gelişmeler bu analizlerin daha yaygın olarak yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak yapı tasarımında doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanılması son yıllarda deprem yönetmeliklerinde de yer almıştır. Ülkemizde de 2007 yılında yürürlüğe giren DBYBHY'in yedinci bölümünde mevcut binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılacak doğrusal olmayan analiz yöntemlerine yönelik kurallar verilmiştir. DBYBHY 2007'nin yedinci bölümünde kullanılması önerilen doğrusal olmayan analiz yöntemleri "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi", "Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi" ve "Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi" şeklinde yer almaktadır.



Seçilen yükleme şekli altında adım adım bu yatay yük artırılıp, yapı itilir. Yatay yükler artırılıp yapı itilmeye devam ederken kesitlerden bazıları taşıma kapasitesine erişerek bu kesitlerde plastik mafsall oluştuğu kabul edilir. Plastik mafsall oluşan kesitler, taşıma güçlerinde bir değişme olmaksızın dönmeye devam ederler. Plastik mafsall hipotezine göre; ardışık plastik mafsall oluşumları arasında sistemin doğrusal elastik davrandığı kabul edilir. Analizde, sistemin bütününe veya bir kısmını mekanizma durumuna getiren göçme yüküne (limit yük) ulaşıncaya kadar yatay yükler artırılır.



Şekil 3.2 Yapıya ait kapasite eğrisinin elde edilmesi.

Herhangi bir yapının deprem sırasında performansının belirlenmesinde genelde binanın yer değiştirme kapasitesinin, deprem sırasında binada meydana gelecek en büyük yer değiştirmeyi karşılamaya yeterli olması gerekir. Deprem talebi olarak ta adlandırılan bu yer değiştirme değerinin belirlenmesi için yönetmeliklerde çeşitli yaklaşımlar yer almaktadır. Bu çalışmada deprem yer değiştirme talebinin belirlenmesinde ASCE 41-06’da verilen ve aynı zamanda DBYBHY 2007’de de esas alınan “Yer değiştirme Katsayıları Yöntemi” kullanılmıştır. Bu yöntemde deprem yer değiştirme talebini tanımlayan ifade aşağıdaki gibidir:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (3.1)$$

dir.

Burada;

$C_0$ : Kontrol Noktasındaki 1. mod Katılım Faktörü,

$C_1$ : Elastik ve elastik olmayan yer değiştirmeleri ilişkilendirme katsayısı olup;

$$C_1 = 1.0 (T_e > T_B) \text{ (Eşdeğer yer değiştirme kuralı)} \quad (3.2)$$

$$C_1 = [1.0 + (R-1)T_B/T_e] / R (T_e < T_B) \text{ (Eşdeğer enerji kuralı)} \quad (3.3)$$

olarak tanımlanmıştır.

$T_e$ : Hesap yapılan doğrultudaki etkin yapı periyodu,

$T_B$ : Tasarım Deprem Spektrumunun Karakteristik bir değer

$R$ : Elastik dayanım talebinin hesaplanan akma dayanımı katsayısına oranı olup;

$$R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m \quad (3.4)$$

bağıntısından hesaplanır.

$C_m$ : Etkin kütle faktörü olup FEMA 356'da betonarme çerçeveler için,

$$C_m = 0.9$$

olarak verilmiştir.

$V_y$ : Yapının akma dayanımı

$W$ : Yapının ağırlığı

$C_2$ : Malzeme karakteristikleri ve bunların yapı deplasmanına etkisini tanımlayan katsayı,

$S_a$ : Hesap yapılan yöndeki 1. periyoda karşı gelen spektral ivme katsayısıdır.

$g$ : Yerçekimi ivmesidir.

Artımsal itme analizi yöntemi ile bir binanın deprem performansı belirlenirken yapılan analizlerin daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi için DBYBHY 2007'de şu koşullar belirtilmiştir;

- Yapı kat sayısı bodrum katlar hariç en fazla sekiz olmalıdır.
- Herhangi bir katta hesaplanan burulma düzensizliği kat sayısının 1,4'ten küçük olmalıdır.
- Yapı hakim periyoduna ait etkin kütle, toplam yapı kütlelerine oranı ( rijit bodrum kat perdeleri ile çevrelenen bodrum kat kütleleri hariç) en az 0,7 olmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan artımsal itme analizi yöntemi ile binanın deprem performansının belirlenmesi için yapılan hesap adımları kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Deprem kütleleriyle uyumlu düşey yük analiziyle taşıyıcı elemanların çatlamış kesit rijitliklerinin belirlenmesi.
- Taşıyıcı elemanların donatılarına göre plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması ve plastik mafsalları oluşması beklenen yerlerin belirlenmesi ve atanması.
- Statik itme analizinde kullanılacak yük dağılımının belirlenmesi için yapı doğal titreşim hesabının yapılması ve kat kütlelerinin hesaplanması.
- İtme analizinin başlangıç koşullarını oluşturmak üzere tanımlanan deprem kütleleriyle uyumlu doğrusal olmayan statik bir düşey analizin yapılması.
- Yapının her bir yöndeki 1. mod şekli ile uyumlu yük dağılımları ve kat kütleleriyle uyumlu uniform yük dağılımı altında, çatı seviyesi kütle merkezi öngörülen herhangi bir yatay yer değiştirme değerine ulaşmaya kadar itilir.
- Bu itme analizi sonucunda çatı yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti ilişkisini gösteren kapasite eğrisi elde edilir..
- ASCE 41-06’da verilen Denklem 3.1’deki ifade ile deprem yer değiştirme talebi belirlenir.
- Son adımda yapının belirlenen deprem yer değiştirme değerine kadar itilerek yapının deprem performansı belirlenir.

### **3.3 Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi**

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yönteminde yapının kabul edilen kaydedilmiş, yapay veya benzeştirilmiş bir deprem hareketi altında dinamik analizi yapılır. Bu analiz sonucunda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardaki dönme, eğrilik, birim şekil değiştirme(uzama-kısalma) gibi şekil değiştirmeler, normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti gibi iç kuvvetlerin deprem sırasında zamana bağlı olarak değişimi bulunarak binanın performans seviyesi belirlenir.



Zaman tanım alanında analiz yöntemi, diğer yöntemlere göre daha kapsamlı bir yöntem olmasına karşın yapılan kabullerin çokluğu, analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesindeki zorluklar, çevrimsel malzeme davranışının oluşturulmasındaki zorluklar, deprem kayıtlarındaki zaman adım aralarının çok küçük olmasından dolayı analiz sürelerinin çok uzun olması ve analiz sonucunda ortaya çıkan çok büyük hacimdeki verinin değerlendirilmesi ve yorumlanmasındaki zorluklar gibi sebeplerle çok özel projeler dışında çok fazla tercih edilmemektedir.

### ***3.3.1 Zaman Tanım Alanı Analizlerinde Kullanılacak Deprem Kayıtlarının Belirlenmesi***

Deprem yönetmeliklerinde, bir alandaki deprem tehlikesi genellikle tasarım ivme spektrumu ile tanımlanır. Bu yüzden, yönetmeliklerde yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan deprem analizlerinde tasarım ivme spektrumu ile uyumlu ivme kayıtlarının kullanılması ön görülmektedir.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesaplamalarında kullanılacak ivme kayıtları esas olarak üç kaynaktan elde edilebilir:

- 1) Deprem esnasında kaydedilen gerçek ivme kayıtları.
- 2) Gerçek deprem kayıtları kullanılarak ölçeklendirme ile türetilmiş yapay ivme kayıtları,
- 3) Yapay olarak üretilmiş ivme kayıtları.

Yapay deprem yer hareketleri seçilen bir elastik tasarım ivme spektrumu ile eşleşecek şekilde üretilir. Ancak yapay kayıtlardaki temel problem, kuvvetli yer hareketindeki çevrim sayısının artması sonucunda, gerçeğe aykırı olacak kadar büyük miktarda enerjinin açığa çıkmasıdır (Özdemir ve Fahjan, 2007). Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılacak deprem hareketleri için uyulması gereken hususlar; Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır. Üretilen deprem yer

hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması  $A_0$ ' dan daha küçük olmayacaktır Şekil 3.3.



Bu tez çalışması kapsamında kullanılan zaman tanım alanında analiz yöntemi ile binanın deprem performansının belirlenmesi için yapılan hesap adımları deprem kayıtlarının tanımlanması işlemine kadar statik artımsal itme analizi yöntemlerinde kullanılan işlem şeması ile aynıdır. Bu işlemler kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Deprem kütleleriyle uyumlu düşey yük analiziyle taşıyıcı elemanların çatlamış kesit rijitliklerinin belirlenmesi.
- Taşıyıcı elemanların donatılarına göre plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması ve plastik mafsalları oluşması beklenen yerlerin belirlenmesi ve atanması.
- Öncelikle kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları zaman tanım alanındaki analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.
- Deprem analizi yapılacak bina için ön görülen tasarım ivme spektrumu ile uyumlu yer hareketleri belirlenir.

- Analizlerde kullanılacak Rayleigh sönüm modeli tanımlanır.
- Analizlerde plastik mafsalların davranışını temsil edecek çevrimsel iskelet eğrileri oluşturularak modelde tanımlanır.
- Analizler sonucunda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardaki dönme, eğrilik, birim şekil değiştirme(uzama-kısalma) gibi şekil değiştirmeler, normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti gibi iç kuvvetlerin deprem sırasında zamana bağlı olarak değişimi bulunarak binanın performans seviyesi belirlenir.



## **BÖLÜM DÖRT**

### **İNCELENEN YÜKSEK BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ İÇİN YAPILAN ANALİZLER**

#### **4.1 Giriş**

Bu bölümde, İzmir’de yapılması planlanan, “İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler” e uygun olarak konut + iş yeri olarak tasarlanmış toplam 31 katlı betonarme yüksek bir binanın, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi” ve “1.mod ve kat kütleleriyle uyumlu yüklemeler altında artımsal itme analizi yöntemleri” kullanılarak doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve bu doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlardan, kat yatay yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, kat kirişlerindeki en büyük plastik dönmeler, bağ kirişlerinde oluşan plastik dönmeler ve kat kesme kuvvetleri gibi değerler karşılaştırılarak uygulama açısından zaman tanım alanında dinamik analiz yönteminden daha pratik olan artımsal itme analizi yöntemlerinin geçerliliği irdelenmiştir.

#### **4.2 İncelenen Yüksek Binanın Genel Özellikleri**

İncelenen örnek betonarme yüksek bina İzmir yeni kent merkezi olarak tanımlanan bölgede yer almakta olup binanın ön tasarımı TS 500 (2000) ve DBYBHY-2007 koşullarına uygun olarak mod birleştirme yöntemi kullanılarak Sta4cad V13.1 paket programı ile yapılmıştır. Yapılan ön tasarımda ayrıca İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler’ de istenen “Tasarım Aşaması I-A” da tanımlanan koşullarda göz önüne alınmıştır.

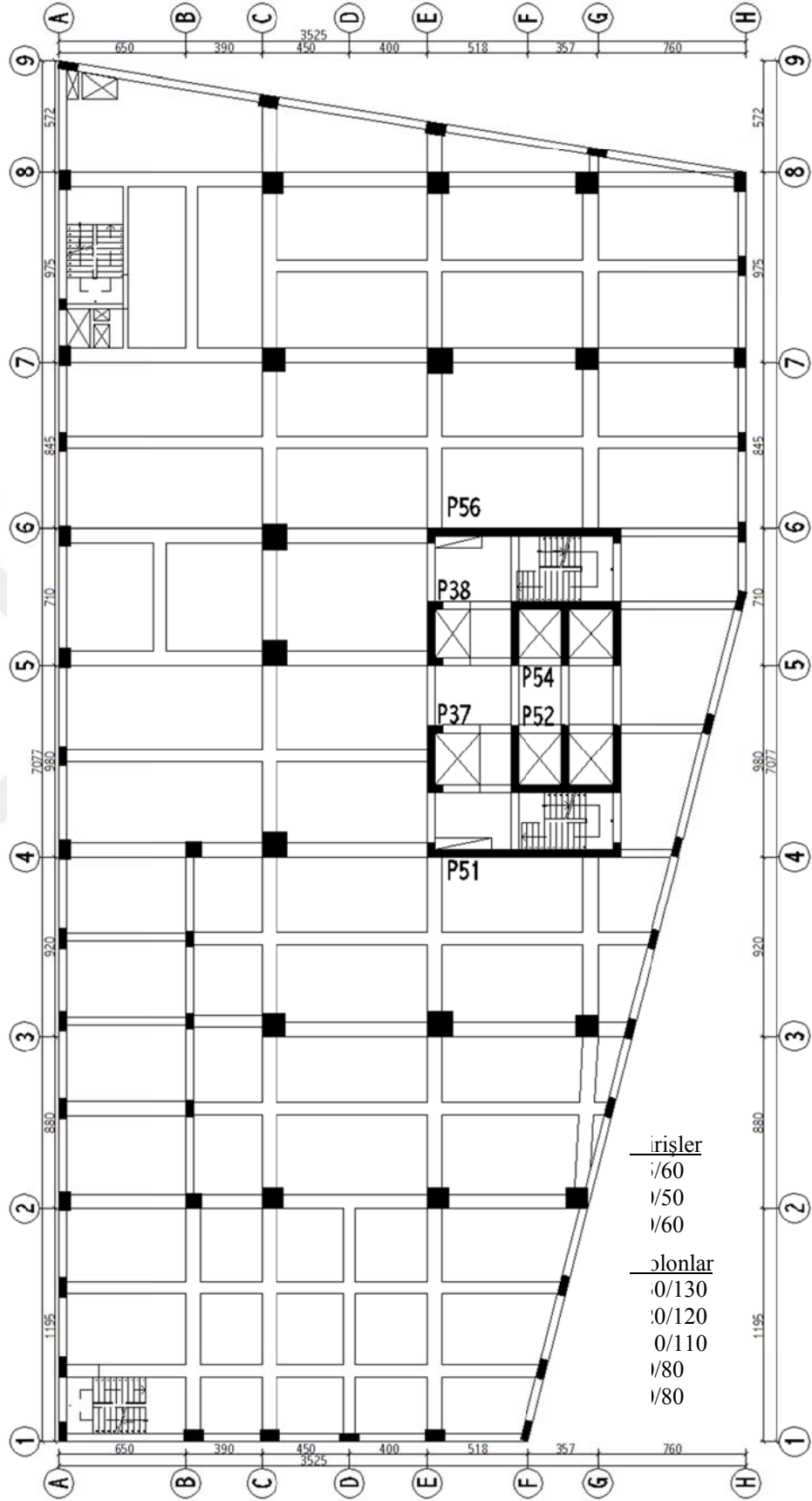
İncelenen örnek betonarme yüksek bina 3 bodrum, 1 zemin ve 27 normal kat olmak üzere toplam 31 kattan oluşmaktadır. Binanın tipik kat kalıp planları Şekil 4.1,

Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Binanın bodrum katlar dahil temel üstünden toplam yüksekliği 115.92 m'dir.

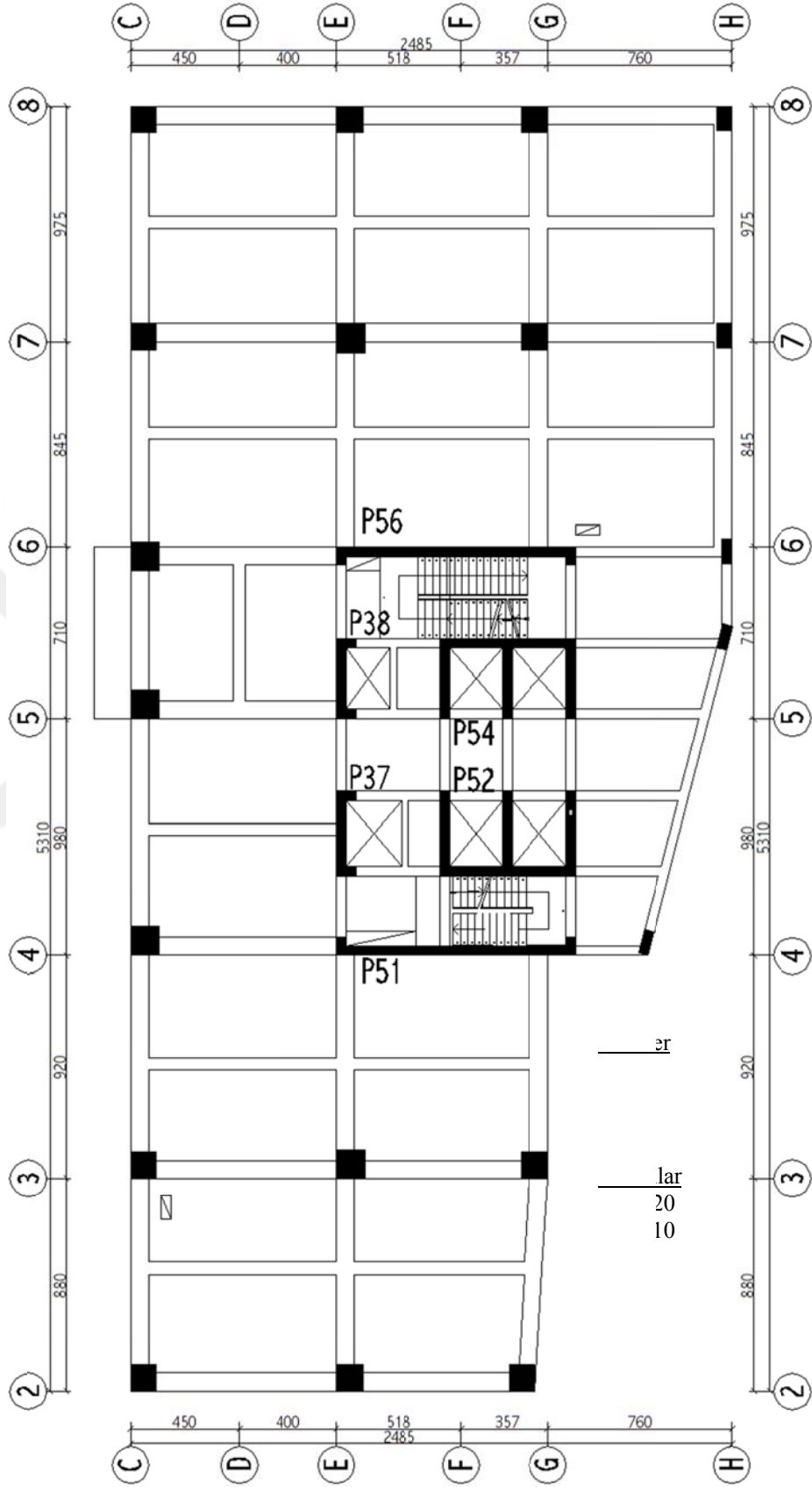
İzmir ili yeni kent merkezinde yer alan ve kullanım amacı iş yeri ve konut olarak tasarlanan bina, 1. derece deprem bölgesindedir. Temel sistemi kazıklı radye temel olan binanın, zaman tanım alanında ve artımsal itme analiz yöntemlerine esas ön projesinin DBYBHY-2007'ye göre tasarımında kullanılan yerel zemin sınıfı Z3 olup, bu zemin sınıfı için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem ve %5 sönüm oranına bağlı elastik ivme spektrumu kullanılmıştır (Şekil 4.5).

Binanın tasarımında kullanılan beton ve çelik sınıfı; C40- S420'dir.

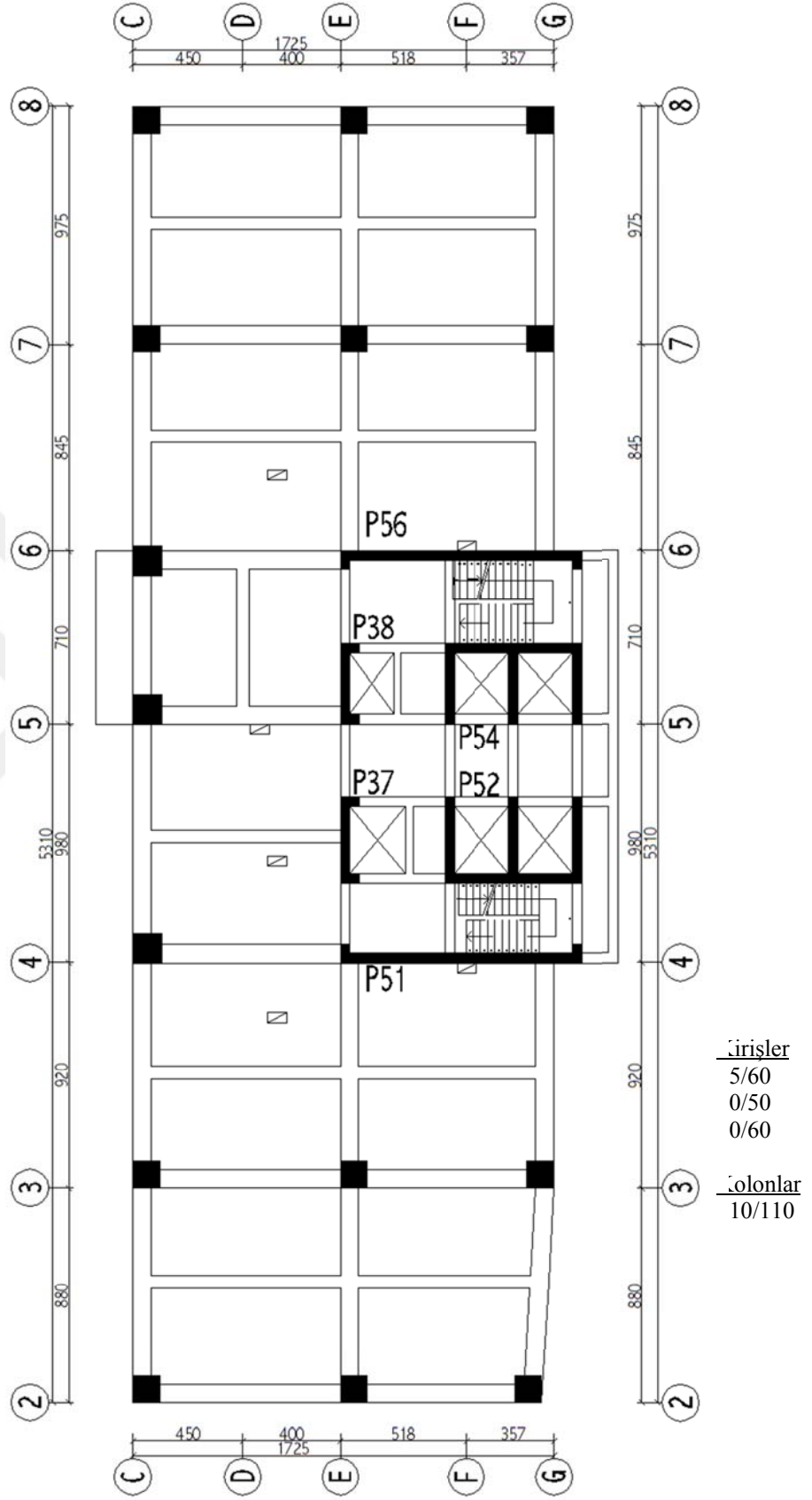
Ön tasarımı DBYBHY 2007'ye göre yapılan binanın taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) yönetmeliğe göre 6.80 hesaplanmış ve yapılan ön projesinin tasarımında deprem yüklerinin belirlenmesinde bu değer kullanılmıştır. Binanın ön projesinin tasarımında dikkate alınan genel özellikleri ve yük kombinasyonları ile ilgili bilgiler sırasıyla Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 İncelenen binanın 3, 2 ve 1. bodrum kat tavanı kalıp planı

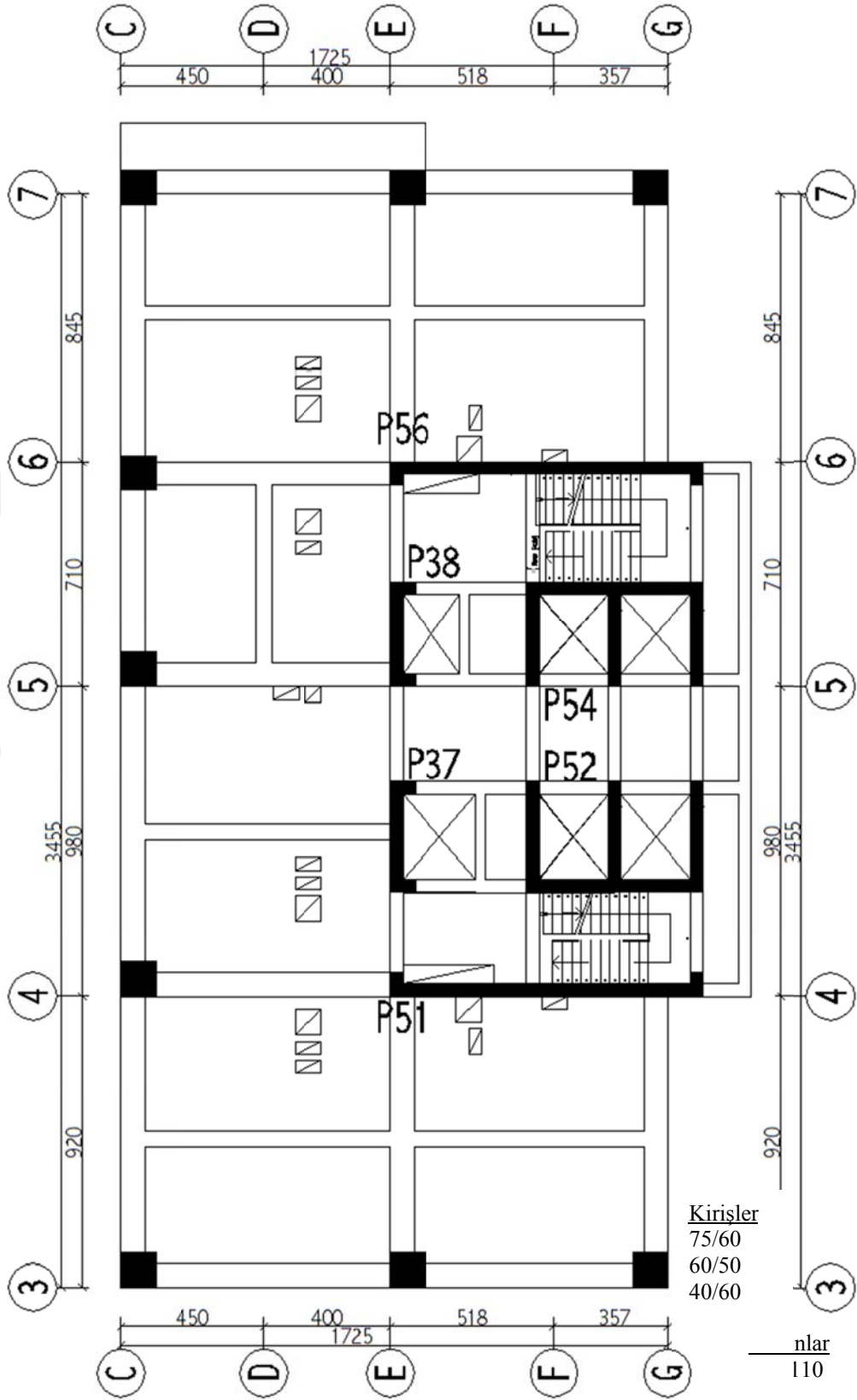


Şekil 4.2 İncelenen binanın zemin kat tavanı kalıp planı



Şekil 4.3 İncelenen binanın 1, 2, 3, 4 ve 5. kat tavanı kalıp planı





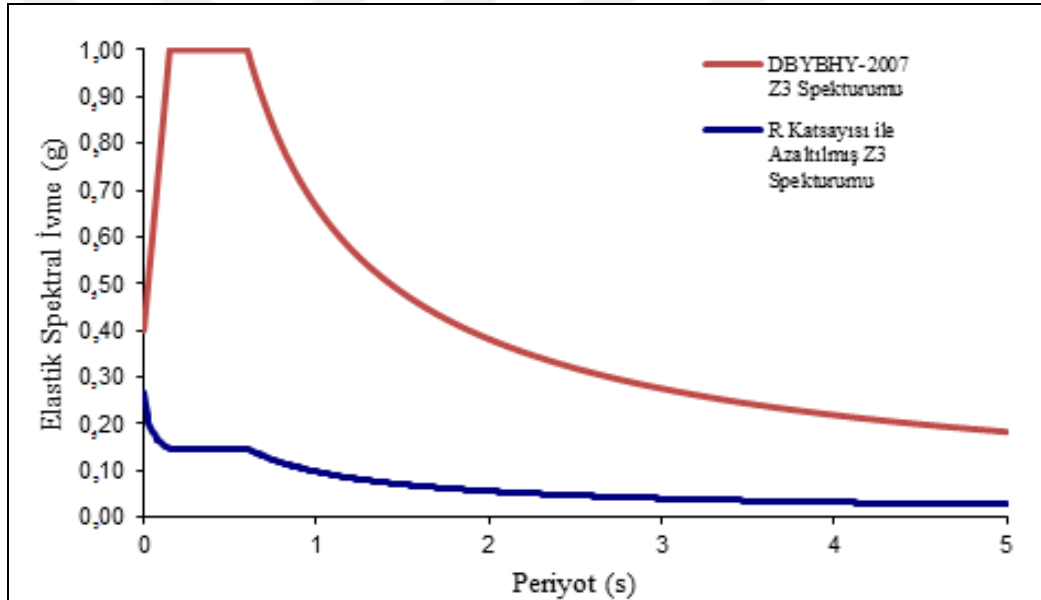
Şekil 4.4 İncelenen binanın 6-27. kat tavanı kalıp planı

Tablo 4.1 Bina özellikleri ve hesaplarda kullanılan veriler.

| <b>Binanın Genel Özellikleri</b>                            |  |        |
|---|--|--------|
| Kat sayısı  | 3 Bodrum + 1 Zemin + 27 Normal             |        |
| Kat Yükseklikleri   | 3. ve 2. Bodrum Kat                        | 3,0 m. |
|   | 1, Bodrum Kat                              | 3,52 m |
|   | Zemin Kat                                  | 7,04 m |
|   | 1-27 Normal Kat                            | 3,68 m |
| Toplam Bina Yüksekliği                                      | 115,92 m                                   |        |
| Bina Taşıyıcı Sistemi                                       | Betonarme Perde + Çerçeve                  |        |
| Kullanım Amacı  | Konut                                      |        |
| Bina Oturma Alanı   | 2150 m <sup>2</sup>                        |        |
| <b>Binanın Taşıyıcı Sisteminin Malzeme Özellikleri</b>      |  |        |
| Beton Sınıfı  | C40 ( $E_c=34000$ MPa; $f_{ck}=40$ MPa)    |        |
| Çelik Sınıfı  | S420 ( $E_s=200000$ MPa; $f_{yk}=420$ MPa) |        |
| <b>Binanın Deprem Analizlerinde Kullanılan Parametreler</b> |  |        |
| Zemin Sınıfı  | Z3 ( $T_a=0,15$ ve $T_b=0,60$ )            |        |
| Deprem Bölgesi  | 1 ( $A_0=0,40$ )                           |        |
| Hareketli Yük Azaltma K,                                    | 0,30 (n)                                   |        |
| Taşıyıcı Sistem Davranış K,                                 | 6,80 (R)                                   |        |
| <b>Ölü Yükler</b>   |  |        |
| 19cm Tuğla Duvar Yükü                                       | 0,320 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| 13 cm Tuğla Duvar Yükü                                      | 0,250 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| Sıva + Fayans Kaplama                                       | 0,170 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| Sıva + Karo Kaplama Ağırlığı                                | 0,212 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| Cephe Kaplaması   | 0,070 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| <b>Hareketli Yükler</b>                                     |  |        |
| Normal Kat Oda Döşemeleri                                   | 0,350 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| Merdivenler   | 0,500 t/m <sup>2</sup>                     |        |
| Otopark Döşemeleri  | 0,500 t/m <sup>2</sup>                     |        |

Tablo 4.2 Kullanılan yük birleşimleri

| Düşey Yük      |     | 1,4G+1,6Q           |
|----------------|-----|---------------------|
| Deprem<br>Yükü | D1x | G+Q+E <sub>x</sub>  |
|                | D2x | G+Q-E <sub>x</sub>  |
|                | D3x | 0,9G+E <sub>x</sub> |
|                | D4x | 0,9G-E <sub>x</sub> |
|                | D1y | G+Q+E <sub>y</sub>  |
|                | D2y | G+Q-E <sub>y</sub>  |
|                | D3y | 0,9G+E <sub>y</sub> |
|                | D4y | 0,9G-E <sub>y</sub> |



Şekil 4.5 DBYBHY 2007'de Z3 türü zemin için tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumunu ve azaltılmış elastik tasarım ivme spektrumunu.

Binanın ön tasarımı, Sta4cad V13.1 hazır paket bilgisayar programıyla mod birleştirme yöntemi dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda binanın taşıyıcı sistemi ile ilgili; hakim yön periyotları ve kütle katılım oranları Tablo 4.3'de, kolon en kesit boyutları ve donatıları Tablo 4.4'te, perde en kesit boyutları ve donatıları Tablo 4.5, verilmiştir.

Tablo 4.3 Sta4cad ile oluşturulan modele ait periyotlar ve kütle katılım oranları.

| Mod            | Periyot (s) | Kütle Katılım Oranı |                |
|----------------|-------------|---------------------|----------------|
|                |             | U <sub>x</sub>      | U <sub>y</sub> |
| T <sub>y</sub> | 2,72        | 0                   | 0,51           |
| T <sub>x</sub> | 2,35        | 0,53                | 0              |

Tablo 4.4 Kolonların en kesit boyutları ve donatıları

| Kolon Boyutu<br>(cm) | Seçilen Donatı |
|----------------------|----------------|
| 100/40               | 12Φ22          |
| 100/60               | 16Φ22          |
| 80/40                | 10Φ22          |
| 80/80                | 20Φ22          |
| 120/40               | 14Φ22          |
| 175/25               | 14Φ22          |
| 110/110              | 32Φ22          |
| 120/120              | 40Φ22          |
| 130/130              | 48Φ22          |

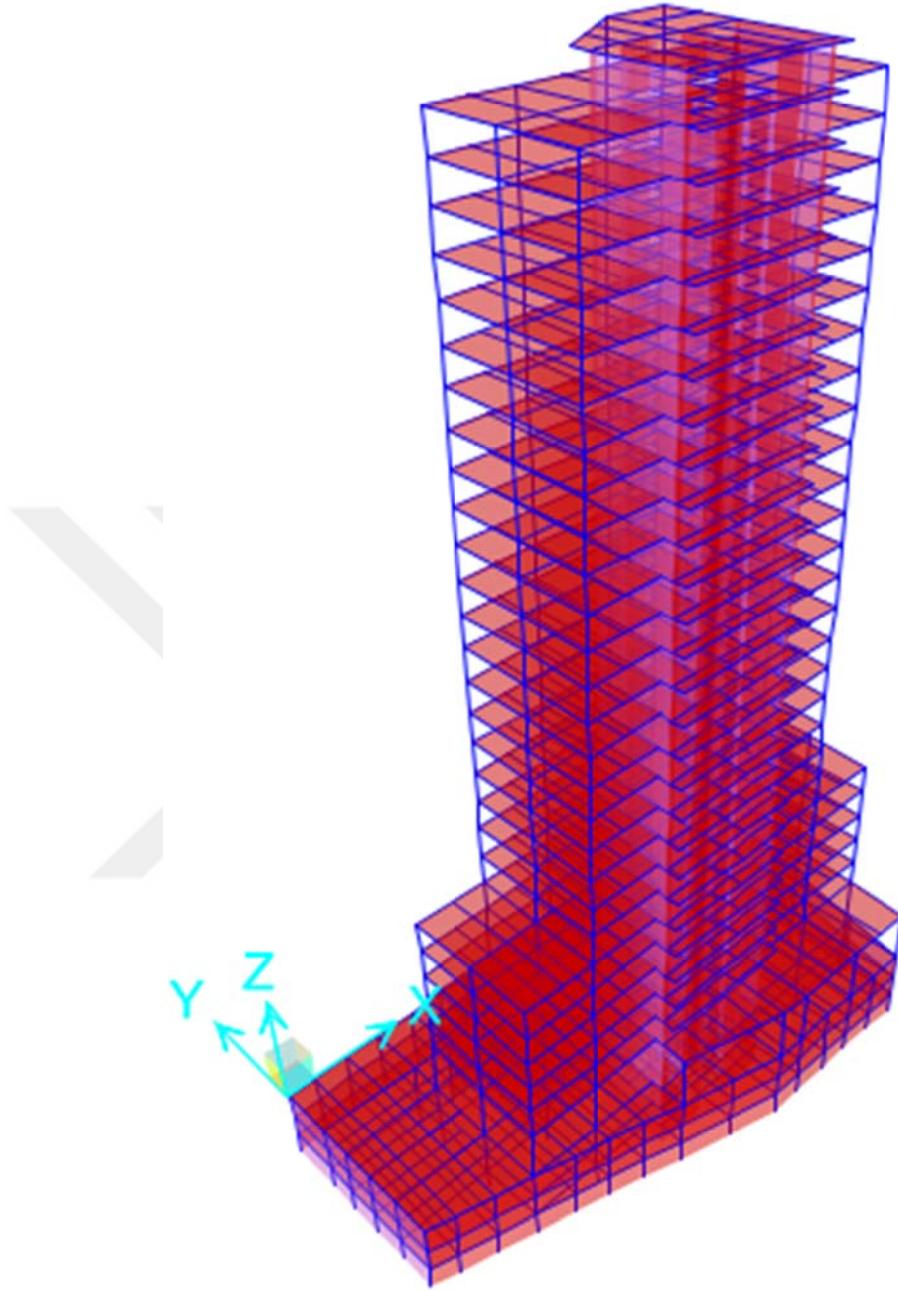
Tablo 4.5 Perdelerin en kesit boyutları ve donatıları

|                          | Boyut (cm) |        | Başlık<br>Kesiti<br>(cm) | Seçilen Başlık<br>Donatısı | Seçilen<br>Gövde<br>Donatısı |
|--------------------------|------------|--------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
|                          |            | P37    | 40/350                   | 40/80 – 40/90              | 14Φ14 - 14Φ14                |
|                          | P38        | 40/350 | 40/80                    | 14Φ14                      | 14/20                        |
| Perde<br>(Tüm<br>katlar) | P51        | 40/990 | 40/210-40/80             | 30Φ16 - 14Φ16              | 14/20                        |
|                          | P52        | 40/560 | 40/112-40/80             | 16Φ18 - 14Φ18              | 14/20                        |
|                          | P54        | 40/560 | 40/112                   | 34Φ18 - 14Φ18              | 14/20                        |
|                          | P56        | 40/990 | 40/210-40/80             | 34Φ16 - 14Φ16              | 14/20                        |

### **4.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz ve Artımsal İtme Analizlerinde Kullanılan Yapısal Modelin Oluşturulması**

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve artımsal itme analizlerinde SAP2000 V16.0.2 bilgisayar programı kullanılmıştır. Yapısal modelde kolon ve kirişler çubuk eleman, perdeler ise çok katmanlı kabuk eleman, döşemeler ise kabuk eleman olarak alınmıştır. Tüm düşey taşıyıcı elemanların temelle birleşim uçları tam ankastre mesnet tanımlanmıştır. Yapının SAP2000 modelinin üç boyutlu görünüşü Şekil 4.6'da verilmiştir.





Şekil 4.6 İncelenen binanın Sap2000 modelinin üç boyutlu görünüşü.

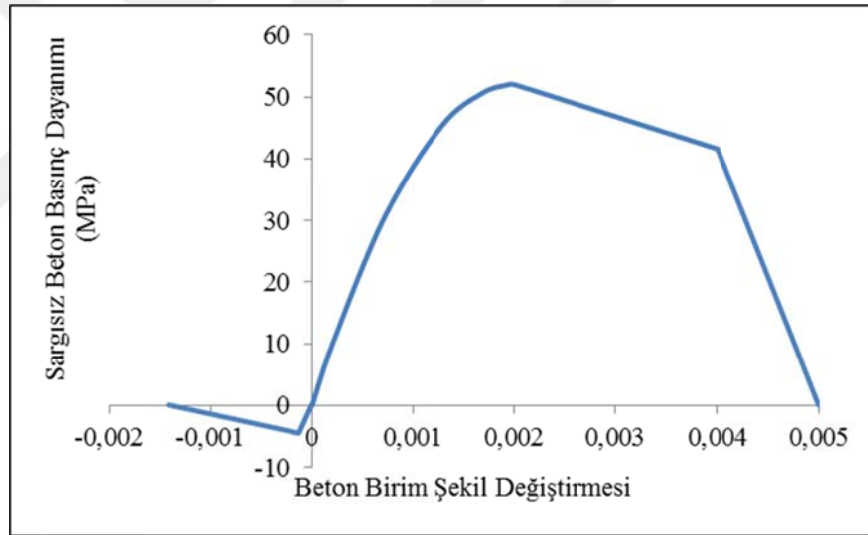
#### ***4.3.1 Beton ve Donatı Çeliği için Malzeme Modelleri***

Yapının doğrusal olmayan analizlerinde taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme sınıfı beton için C40 donatı çeliği için S420 olup, sargı donatısının olduğu tüm elemanlarda, sargı donatısının beton basınç dayanımına yaptığı katkı dikkate

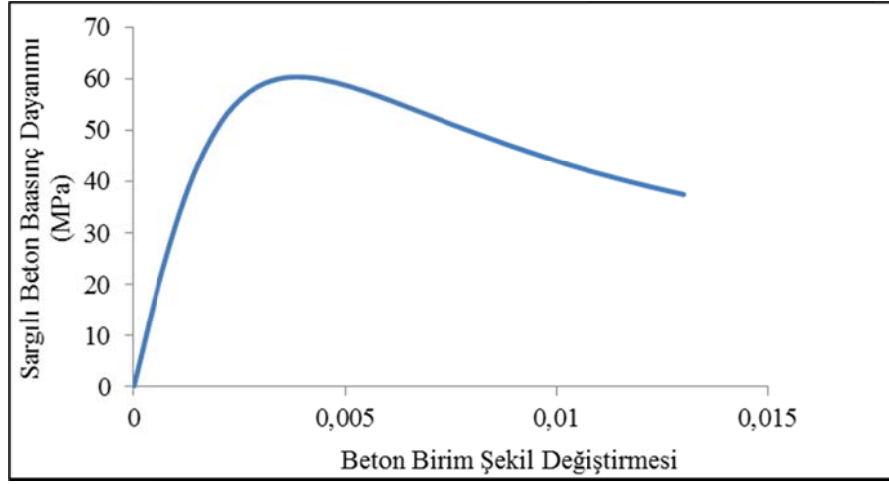
alınmıştır. Çelik donatının gerilme-şekil değiştirme ilişkisinde pekleşme etkisi dikkate alınmıştır.

Analizlerde, malzemeler için dikkate alınan gerilme-birim şekil değiştirme değerleri, “İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önergeler’ de öngörülen; çelik donatı için 1.17, beton için 1.3 katsayıları ile artırılmıştır.

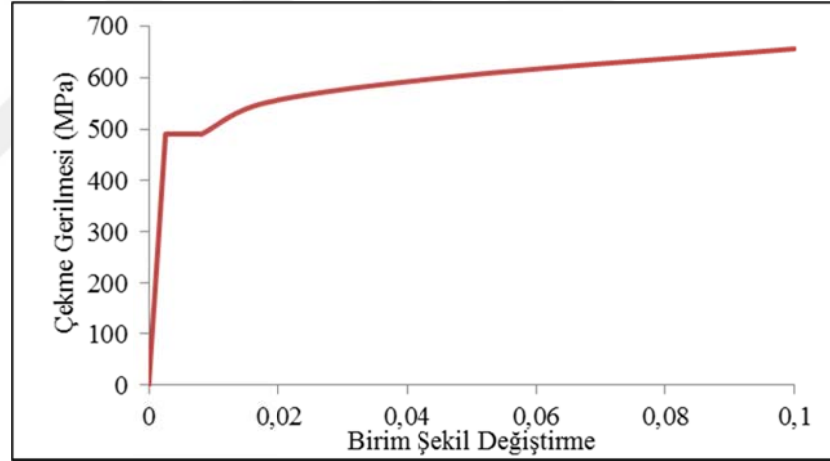
Doğrusal olmayan analizlerde kullanılan beton ve donatı malzeme modellerine ait arttırılmış gerilme şekil değiştirme grafikleri Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.7 Sargısız betonun arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.



Şekil 4.8 Örnekteki kolon için sargılı betonun arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.



Şekil 4.9 Çelik donatı için arttırılmış gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.

#### 4.3.2 Kesitlerin Moment-Eğrilik ve Karşılıklı Etkileşim Diyagramlarının Bulunması

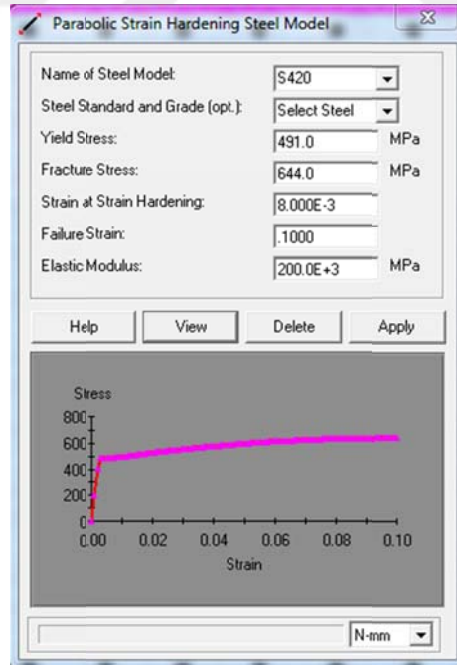
Çubuk eleman olarak modellenen betonarme kolon ve kiriş elemanların SAP2000 bilgisayar programıyla hazırlanan yapısal modelde tanımlanan plastik mafsalları tanımlamak için XTRACT bilgisayar programı kullanılmıştır. Kolonlar için karşılıklı etkileşim ve moment eğrilik ilişkileri, kirişler için moment eğrilik ilişkileri, Tablo 4.4 ve 4.6'da verilen doneler dikkate alınarak hesaplanmıştır.



Kolon ve kirişlerin plastik mafsalları kapasitelerinin belirlenmesi için ilk olarak XTRACT bilgisayar yazılımına kesitlerin malzeme özelliklerinin tanımlanmıştır (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

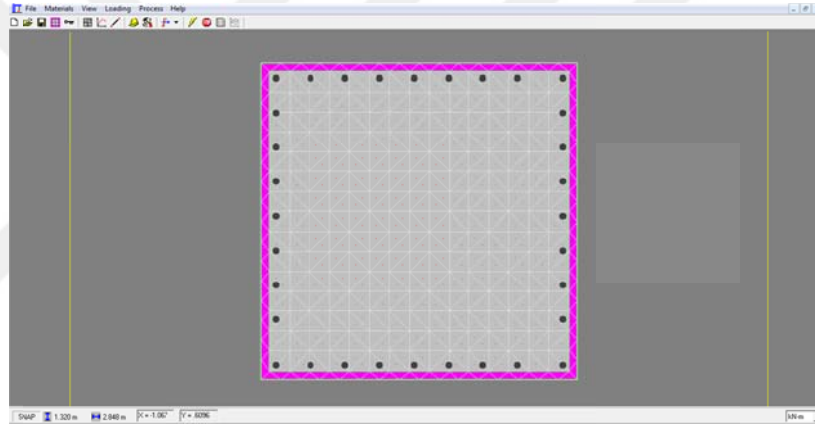


Şekil 4.10 Sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin XTRACT programına tanımlanması.

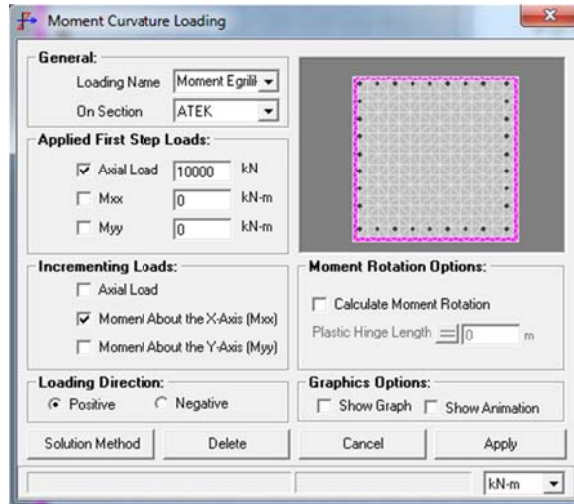


Şekil 4.11 Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin XTRACT programına tanımlanması.

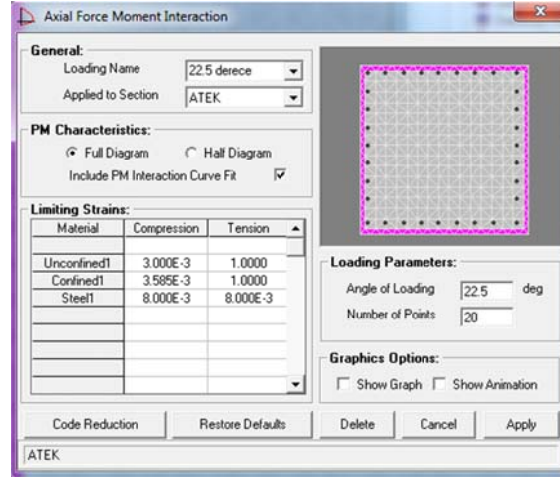
Malzeme özelliklerinin tanımlanmasından sonra her bir kolon tipi için bilgisayar yazılımına kesit özelliklerinin tanımlanması yapılmıştır. Her bir kolon tipi için karşılıklı etkileşim diyagramları  $0^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $67,5^\circ$  ve  $90^\circ$  olmak üzere 5 açı üzerinde gösterilmiştir. Her bir diyagramda eksenel yükün 11 farklı değeri için iki yönlü eğilme momenti değerleri elde edilmiştir. Normal kuvvet etkisi altında elemanların moment eğrilik ilişkisi normal kuvvete bağlı olarak değiştiğinden, her farklı kesit tipi için 3 farklı eksenel yük değerine göre moment eğrilik ilişkisi ve hasar sınır eğrilik değerleri elde edilmiştir. XTRACT programında yukarıda tanımlanan işlemler ile ilgili olarak örnek bir kolona ait kesitin oluşturulması Şekil 4.12’de, moment eğrilik ilişkisinin ve karşılıklı etkileşim ilişkisinin tanımlanması ise Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Örnek kolon(110/110) kesitinin XTRACT programında oluşturulması.



Şekil 4.13 Örnek kolon kesiti için moment-eğrilik ilişkisi tanımlanması



Şekil 4.14 Örnek kolon kesiti için karşılıklı etkileşim diyagramı tanımlanması

Salt eğilme momenti etkisi altındaki kiriş elemanlarda moment eğrilik ilişkileri ve hasar sınır eğrilik değerleri geliştirilen özel bir yazılım ile elde edilmiştir. Bu moment eğrilik ilişkilerinin elde edilmesinde kuvvet esaslı tasarım ilkesiyle gerçekleştirilen ön projedeki kiriş donatı değerleri kullanılmıştır.

Her bir kirişin kesit boyutları ile üst ve alt mesnet donatıları kirişin sağ ve sol mesnetleri için ayrı ayrı olmak üzere kullanılacak yazılım ile uyumlu bir excel dosyasına yazılmıştır. Kirişlerin donatılarının excel tablosuna yazılması işlemi Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Yine her bir kiriş için etkili tabla genişliği hesaplanarak aynı excel dosyasındaki tabla genişliği sayfasına yazılmıştır. Tabla genişliği işlemi ise Şekil 4.16’de verilmiştir. Bu işlemler sonucunda her bir kiriş için ayrı ayrı elde edilen moment eğrilik ilişkileri ve hasar sınırlarını gösteren değerler data olarak SAP2000 ile uyumlu text dosyası şeklinde programa tanımlanmıştır.

|     | A     | B     | C     | D   | E  | F  | G  | H  | I | J | K | L | M | W   | X  | Y  | Z  | A | B | C | A | A | A | E |
|-----|-------|-------|-------|-----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 1   | Kiriş | b(cm) | h(cm) | Sol |    |    |    |    |   |   |   |   |   | Sağ |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 576 | KZ001 | 75    | 60    | Ust | 8  | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 6   | 18 | 5  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 577 |       |       |       | Alt | 6  | 18 | 4  | 14 |   |   |   |   |   | 6   | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 578 | KZ002 | 75    | 60    | Ust | 17 | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 12  | 18 | 3  | 14 |   |   |   |   |   |   |   |
| 579 |       |       |       | Alt | 6  | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 13  | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 580 | KZ003 | 75    | 60    | Ust | 12 | 18 | 3  | 14 |   |   |   |   |   | 6   | 18 | 1  | 22 |   |   |   |   |   |   |   |
| 581 |       |       |       | Alt | 7  | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 7   | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 582 | KZ004 | 75    | 60    | Ust | 1  | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 4   | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 583 |       |       |       | Alt | 7  | 18 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 13  | 18 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 584 | KZ005 | 75    | 60    | Ust | 4  | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 3   | 14 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 585 |       |       |       | Alt | 12 | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 6   | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 586 | KZ006 | 75    | 60    | Ust | 3  | 14 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 8   | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 587 |       |       |       | Alt | 6  | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 6   | 18 | 2  | 22 |   |   |   |   |   |   |   |
| 588 | KZ007 | 50    | 50    | Ust | 4  | 18 | 1  | 14 |   |   |   |   |   | 4   | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 589 |       |       |       | Alt | 4  | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 4   | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 590 | KZ008 | 75    | 60    | Ust | 11 | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 17  | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 591 |       |       |       | Alt | 8  | 22 |    |    |   |   |   |   |   | 8   | 22 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 592 | KZ009 | 75    | 60    | Ust | 17 | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 7   | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 593 |       |       |       | Alt | 9  | 22 |    |    |   |   |   |   |   | 9   | 22 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 594 | KZ010 | 40    | 100   | Ust | 7  | 22 | 12 | 18 |   |   |   |   |   | 3   | 22 | 10 | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 595 |       |       |       | Alt | 5  | 18 | 4  | 14 |   |   |   |   |   | 1   | 22 | 5  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 596 | KZ011 | 75    | 75    | Ust | 13 | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 4   | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 597 |       |       |       | Alt | 11 | 18 |    |    |   |   |   |   |   | 13  | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 598 | KZ012 | 40    | 100   | Ust | 4  | 22 | 4  | 18 |   |   |   |   |   | 4   | 18 | 7  | 22 |   |   |   |   |   |   |   |
| 599 |       |       |       | Alt | 5  | 18 | 2  | 22 |   |   |   |   |   | 5   | 18 | 4  | 14 |   |   |   |   |   |   |   |
| 600 | KZ013 | 75    | 60    | Ust | 7  | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 11  | 18 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 601 |       |       |       | Alt | 8  | 22 |    |    |   |   |   |   |   | 8   | 22 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |
| 602 | KZ014 | 75    | 60    | Ust | 5  | 18 | 6  | 18 |   |   |   |   |   | 11  | 22 | 6  | 18 |   |   |   |   |   |   |   |
| 603 |       |       |       | Alt | 8  | 22 |    |    |   |   |   |   |   | 8   | 22 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |

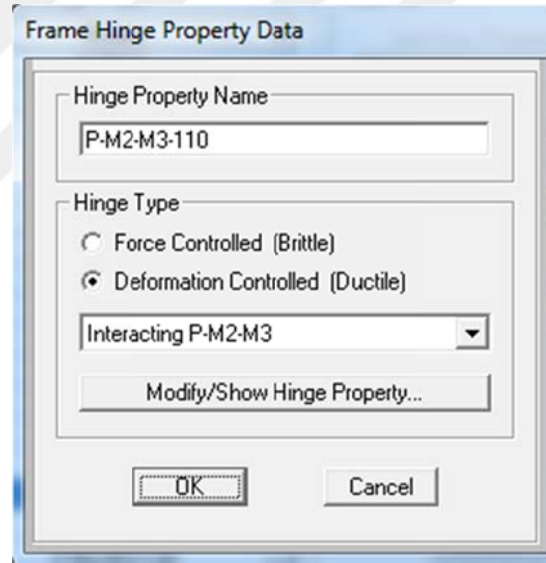
Şekil 4.15 Kiriş donatılarının excel tablosunda gösterimi.

|     | A  | B      | C      | D      | E   | F   | J     | K     | L     | M     | N  | O |
|-----|--|--------|--------|--------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 1   | <b>NORMAL KAT KIRIŞ TABLA GENİŞLİKLERİ</b> |        |        |        |     |     |       |       |       |       |    |   |
| 2   | Kiriş                                      | b (cm) | h (cm) | L (cm) | TİP | YER | K-SOL | D-SOL | K-SAĞ | D-SAĞ |    |   |
| 290 | KZ001                                      | 75     | 60     | 770    | T   | SK  | 775   | 14    | D     | 135   | 20 | D |
| 291 | KZ002                                      | 75     | 60     | 810    | T   | SO  | 775   | 14    | D     | 135   | 20 | D |
| 292 | KZ003                                      | 75     | 60     | 860    | T   | SO  | 775   | 14    | D     | 135   | 20 | D |
| 293 | KZ004                                      | 75     | 60     | 490    | T   | SO  | 350   | 14    | D     | 150   | 20 | D |
| 294 | KZ005                                      | 75     | 60     | 790    | T   | SO  | 775   | 14    | D     | 135   | 20 | D |
| 295 | KZ006                                      | 75     | 60     | 790    | T   | SO  | 775   | 14    | D     | 135   | 20 | D |
| 296 | KZ007                                      | 50     | 50     | 560    | T   | B   | 375   | 14    | D     | 350   | 14 | D |
| 297 | KZ008                                      | 75     | 60     | 770    | T   | SK  | 702.5 | 14    | D     | 775   | 14 | D |
| 298 | KZ009                                      | 75     | 60     | 800    | T   | SO  | 725   | 14    | D     | 775   | 14 | D |
| 299 | KZ010                                      | 40     | 100    | 255    | T   | SK  | 390   | 14    | D     | 775   | 14 | D |
| 300 | KZ011                                      | 75     | 75     | 300    | T   | SK  | 390   | 14    | D     | 775   | 14 | D |
| 301 | KZ012                                      | 40     | 100    | 305    | T   | SK  | 390   | 14    | D     | 375   | 14 | D |
| 302 | KZ013                                      | 75     | 60     | 800    | T   | SO  | 725   | 14    | D     | 775   | 14 | D |
| 303 | KZ014                                      | 75     | 60     | 790    | T   | SO  | 725   | 14    | D     | 775   | 14 | D |

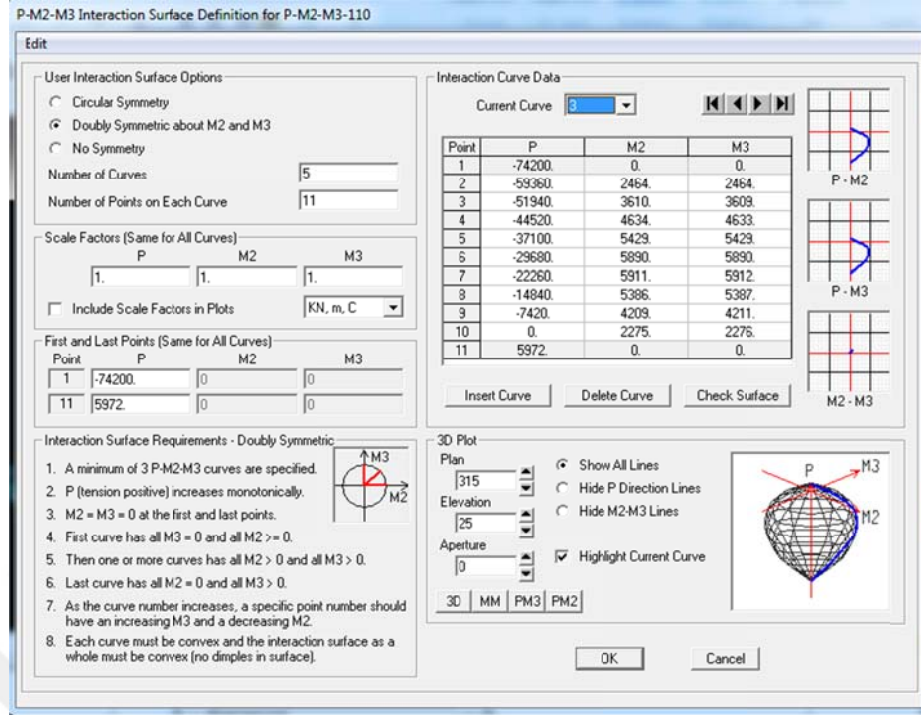
Şekil 4.16 Tabla genişliklerinin excel tablosunda gösterimi.

### 4.3.3 En kesitlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin SAP2000 Bilgisayar Programına Tanımlanması

Kolonlar aksenal yük etkisinde elemanlar olduğundan bu elemanların plastik mafsal özellikleri P-M2-M3 mafsal tipi ile tanımlanmıştır. İlk olarak XTRACT programından elde edilen karşılıklı etkileşim diyagramları programa tanımlanmıştır, bu işlem için Şekil 4.17’de gösterilen “Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data” penceresi kullanılmıştır. “Define/Show User Interaction Surface” penceresinde “Doubly Symmetric about M2 and M3” seçilmiştir. “Number of Curves” 0°, 22.5°, 45°, 67.5° ve 90° olmak üzere beş açının P-M2-M3 değerleri girilmiştir. “Number of Points on Each Curve” kutucuğuna XTRACT programında her bir kesitin karşılıklı etki diyagramı için 11 noktanın değerini verdiği için dolayı bu değer yeterli görülmüştür ve bu değerlerin tanımlanması Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 SAP2000 kolon kesitleri için plastik mafsal tanımlanması.



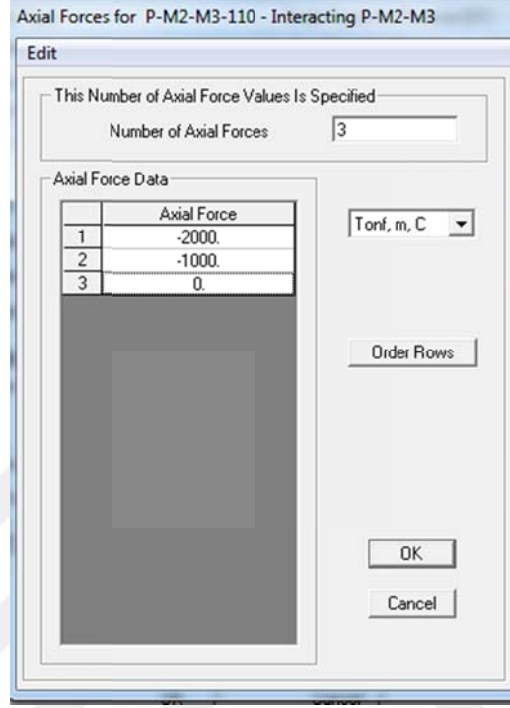
Şekil 4.18 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı için karşılıklı etkileşim diyagramlarının tanımlanması.

Moment eğrilik ilişkileri ve hasar sınırları belirlenen kolon ve kirişlerin plastik mafsallık özellikleri SAP2000 programına tanımlanırken, programın veri giriş yöntemine dikkat edilmiştir. Her bir kesit için hasar sınırlarını programa eğrilik değeri olarak yada bu değerleri plastik mafsallık boyuyla çarparak dönme değeri olarak girmek mümkündür. Ancak eğrilik değeri olarak girmek tercih edilirse o kesit için kabul edilen plastik mafsallık boyunu programa tanımlamak gerekmektedir.

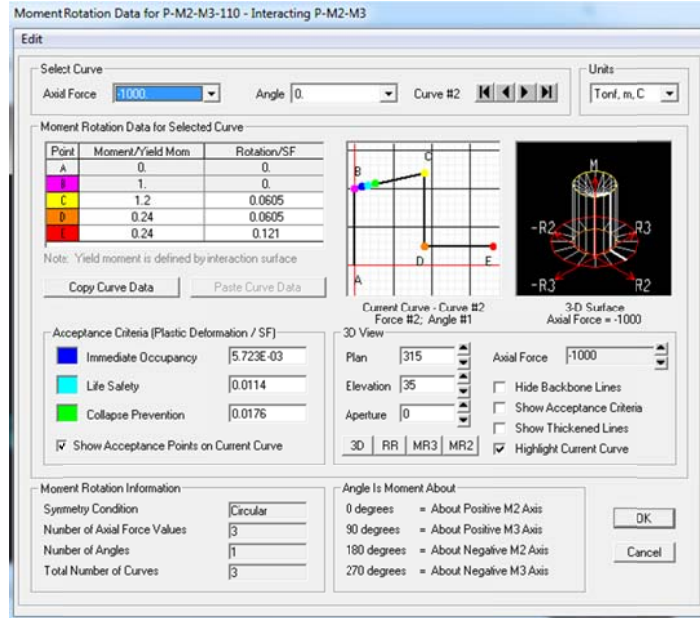
Kolonların moment eğrilik ilişkileri tanımlanırken, kolon donatıları simetrik olduğu için “Symmetry Condition” “Doubly Symmetric” seçilmiştir. “Curve Angles for Moment Rotation Curves” sekmesinde, kolonlar simetrik donatılı kare ve dikdörtgen enkesitli olduğundan “Number of Angles” değeri olarak  $0^\circ$  ve  $90^\circ$  lik açılar girilmiştir. Ayrıca kolon moment eğrilik bağıntılarının farklı eksenel yük değerleri için farklı moment eğrilik ve hasar sınır eğrilik değerleri elde edildiğinden, programa farklı eksenel yük değerleri olarak kolon maksimum eksenel yük kapasitesinin %0, %10 ve %20 değerleri tanımlanmıştır. Üç farklı eksenel yük seviyesi ve iki yönde eğilme durumu için hesaplanan toplamda altı adet hasar sınır değerleri eğilme doğrultusundaki etkin uzunluğun yarısı olarak kabul edilen plastik



mafsal boyu ile çarpılarak dönme değeri olarak SAP2000 programına girilmiştir. Örnek kolon için girilen normal kuvvet değerlerinin değişimi Şekil 4.19'da, moment-dönme ve hasar sınırı değerlerinin tanımlanması ise Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı normal kuvvet tanımlanması.



Şekil 4.20 SAP2000 P-M2-M3 plastik mafsalı için moment-dönme ve hasar sınırı değerleri tanımlanması.

#### ***4.3.4 Çatlamış Kesit Eğilme Rijitliklerinin Tanımlanması***

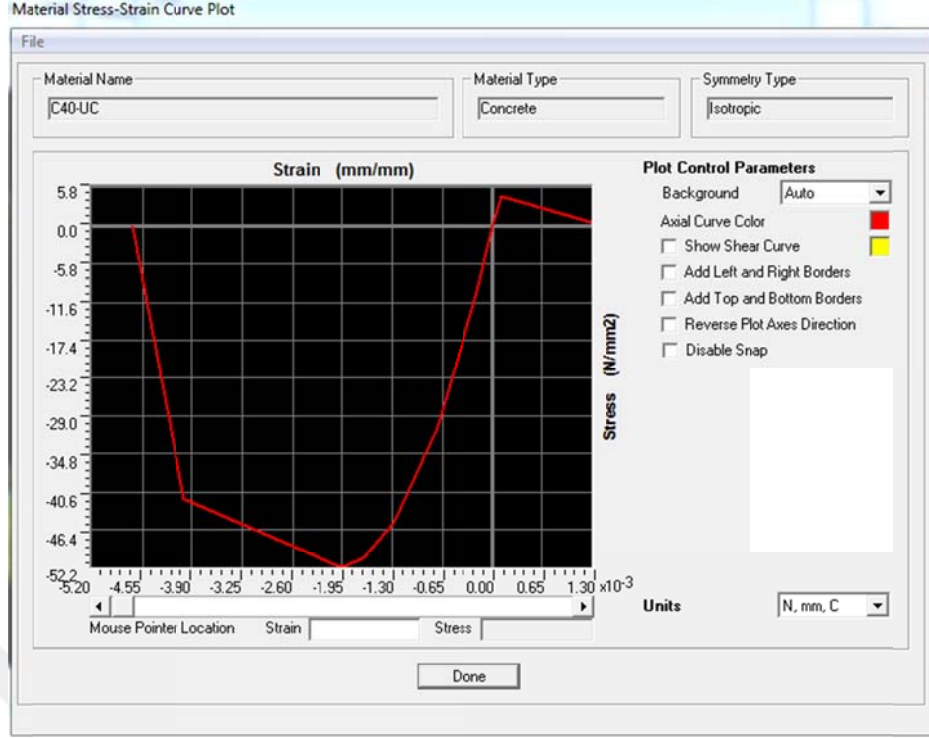
Betonarme taşıyıcı sistemlerin analizinde, yükleme altında oluşacak iç kuvvet etkileri ve yerdeğiştirmeler elemanların rijitliklerine bağlı olacağından elemanlara ait rijitliklerin uygun bir şekilde tanımlanması gerekir. Eğilme etkisi altındaki betonarme bir kesitte çekme bölgesindeki gerilmelerinin belirli bir değere kadar olan kısmını beton karşılayacak ve bu sınır değerde çekme bölgesinde çatlaklar oluşup kesitin eğilme rijitliği azalacaktır. Bu sebeple yapının doğrusal olmayan analizlerinde çatlamış kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Kolon ve perdelerin çatlamış kesit rijitliklerinin hesabında kullanılacak eksenel yük değerlerinin elde edilmesi için; deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait  $(EI)_0$  eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yükleme yapılmıştır. Elde edilen bu eksenel yük değerleri için DBYBHY 2007’de belirtilen bağıntılar kullanılarak kolon ve perdeler için çatlamış kesit rijitlikleri hesaplanıp SAP2000 bilgisayar programına data olarak tanımlanmıştır.

#### ***4.3.5 Perdelerin SAP2000 Bilgisayar Programında Modellenmesi***

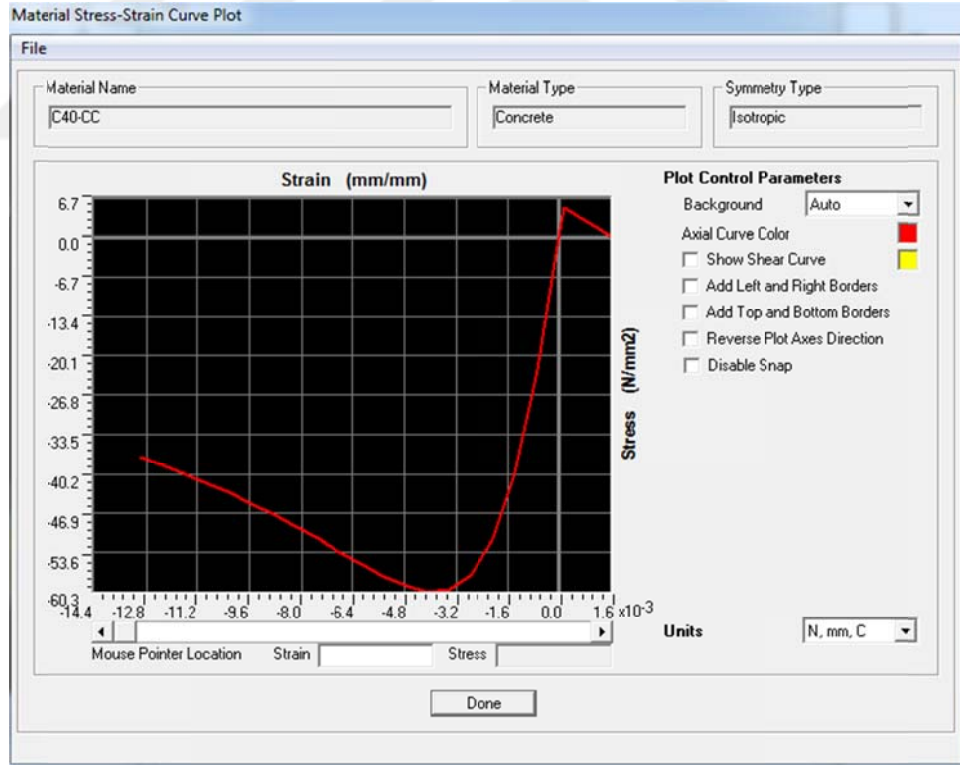
Perde elemanlar bilgisayar programında çok katmanlı kabuk eleman olarak modellenmiştir. Programda modelleme yapılırken “Shell Section Data” sekmesinde “Shell-Layered Nonlinear” butonu tıklanarak katmanlar için beton malzeme değerleri paspayları, donatı adetleri ve enkesit boyutları tanımlanarak perde modeli oluşturulmuştur.

Doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk elemanlar modellenirken, sargı etkisinin olduğu olduğu başlık bölgeleri ve sargı etkisi olmayan gövde bölgesi için iki farklı çok katmanlı kabuk eleman kesiti kullanılmıştır. Bu iki kesit için programa iki farklı beton modeli tanımlamak gerektiğinden başlık bölgeleri için sargılı beton modeli ve gövde bölgeleri için sargısız beton modeli SAP2000’e “Define Materials” sekmesinde “Nonlinear Material Data” butonuna tıklanarak tanımlanmıştır. Çok katmanlı kabuk eleman modeli için malzeme tanımlanması Şekil 4.21 ve 4.22’de gösterilmiştir.





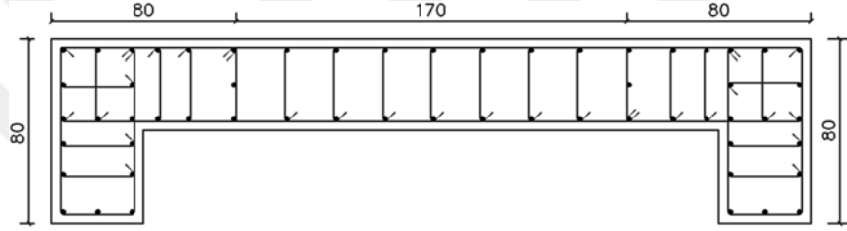
Şekil 4.21 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için sargısız beton modeli tanımlanması.



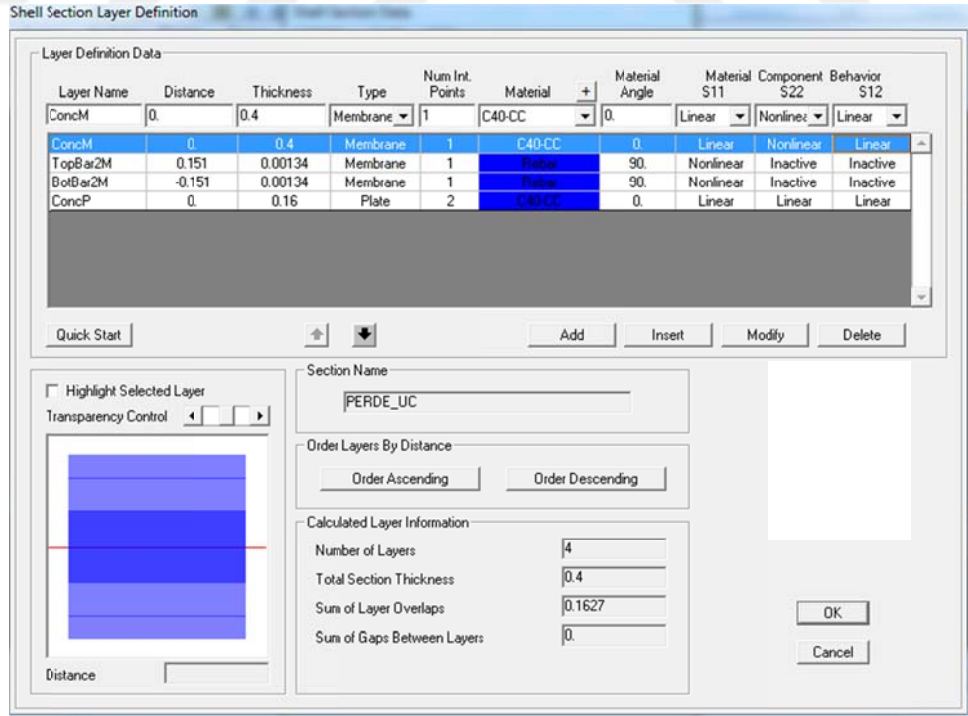
Şekil 4.22 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için sargılı beton modeli tanımlanması.

Beton malzemesinin gerilme-birim şekil değiştirme grafikleri programa tanıttıldıktan sonra doğrusal olmayan çok katmanlı kabuk eleman modellemesine

geçilmiştir. Bu yöntemde membrane ve plate özellikli iki beton katmanı tanımlanmaktadır. Bu iki beton katmanında malzeme özelliği olarak perde başlık bölgelerinde sarılmış beton, gövde bölgelerinde sarılmamış beton özellikleri atanmıştır. Programda membrane özellikli katmanın nonlinear özellik göstereceği doğrultu için S22 doğrultusu, lineer özellikler için ise S11 ve S12 doğrultuları seçilmiştir. Plate özellikli beton katmanlar için ise üç doğrultuda da lineer özellik seçilmiştir. Perde ön ve arka boyuna donatı katmanları da membrane davranışı gösterecek şekilde tanımlanmış ve nonlinear özellik göstereceği doğrultu için S11 doğrultusu seçilmiştir. Örnek olarak P37 perdesinin kesiti ve bu kesitin katman özelliklerinin programa tanımlanması Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için P37-P38 perdesinin kesiti.



Şekil 4.24 SAP2000 çok katmanlı kabuk elemanlar için kesit özelliklerinin tanımlanması.

#### 4.3.6 Modelleme ve Çözümleme Aşamasında Yapılan Kabuller

Doğrusal olmayan çözümlenelerde analiz sürelerinin uzunluğu bu yöntemlerin pratikliğini oldukça azaltmaktadır. Bu nedenle doğrusal olmayan analizlerde kullanılacak yapı modeli oluşturulurken mümkün oldukça sade ve gerçeğe yakın bir model oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Yapılacak analizlerde çözüm süresini mümkün olduğunca azaltmak için bazı kabuller yapılmıştır.

1) Perde kesitleri katmanlı kabuk model olarak modellenmiştir. Ancak kabuk eleman olarak modellenen perdelerde analiz süresini kısaltmak için U tipi perdeler düşey doğrultuda toplam üç parça, yatay doğrultuda ise başlık bölgeleri iki, gövde ise bir parça olmak üzere toplam beş parçaya bölünmüştür. E tipi perdeler ise düşey doğrultuda toplam üç parça, yatay doğrultuda üç kolu beş, gövdeleri birer parça olmak üzere toplam on yedi parça şeklinde modellenmiştir.

2) Yapının üç boyutlu Sap2000 modelinde kazıklı radye temel sistemine bağlanan tüm düşey elemanlar tam ankastre bağlantılı kabul edilmiştir.

3) Analizlere esas hareketli ve sabit yayılı yükler kabuk eleman olarak modellenen döşemelere “uniform to frame” seçeneği kullanılarak etkililmiş ve etkilenen bu yükler döşemelerden kirişlere SAP2000 aracılığıyla aktarılmıştır.

4) Yapıda üç adet bodrum kat olduğundan bodrum kat etkisini temsil etmek için üç adet bodrum kat döşeme, kendi kat seviyelerinden her iki yatay yönde de hareketleri kısıtlanmıştır.

5) Tüm döşemeler kendi seviyelerinden rijit diyafram olarak kabul edilmiştir.

6) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme yapılırken çözüm süresini azaltmak için P-delta etkileri ihmal edilmiştir.

#### ***4.3.7 İncelenen Yüksek Binanın Analizlerinde Kullanılan Deprem İvme Kayıtlarının Seçilmesi***

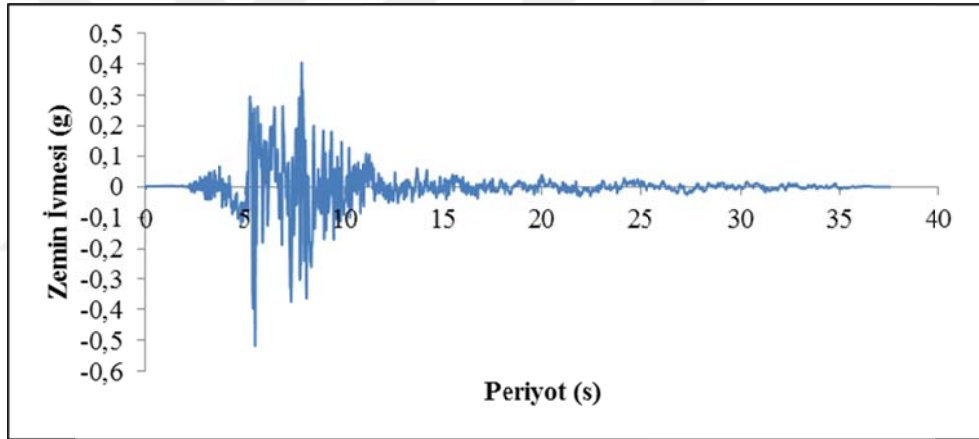
Yapının doğrusal olmayan dinamik analizlerinde 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan D2 deprem düzeyi için dinamik özellikleri aşağıda Tablo 4.6’ da tanımlanan 7 farklı depremin birbirine dik iki bileşenine ait ivme kayıtları kullanılmıştır. Doğrusal olmayan dinamik analizlerde kullanılan bu deprem kayıtlarının %5 sönüm oranına sahip elastik ivme spektrumlarının ortalaması “Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği (DLH 2008)”nde tanımlanan C grubu zemin sınıfı için D2 deprem düzeyine ait elastik ivme spektrumu ile uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Yapının doğrusal olmayan statik analizlerinde ise talep yer değiştirme değerlerinin hesaplanması için DLH 2008 yönetmeliğinde tanımlanan C grubu zemin sınıfı için D2 deprem düzeyine ait elastik ivme spektrumu kullanılmıştır.

Yapının artımsal itme analiz sonuçları ile karşılaştırmak üzere gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizlerinde kullanılan depremlerin moment büyüklüğü 6,0–8,0 arasındadır. İvme kayıtların alındığı istasyonların deprem odağına olan uzaklığı 12,8 km ve üzerindedir. Düzeltilmiş ve filtrelenmiş deprem kayıtları “Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER, 2014)”a ait internet sitesinden alınmıştır. Analizlerde kullanılmak üzere 1979 Imperial Valley, 1992 Landers, 1999 Hector Mine, 1999 Chi-Chi Taiwan, 1999 Kocaeli, 1987 Superstition Hills ve 1999 Düzce depremleri seçilmiş ve bu depremlerle ilgili dinamik özellikler Tablo 4.6’ da verilmiştir.

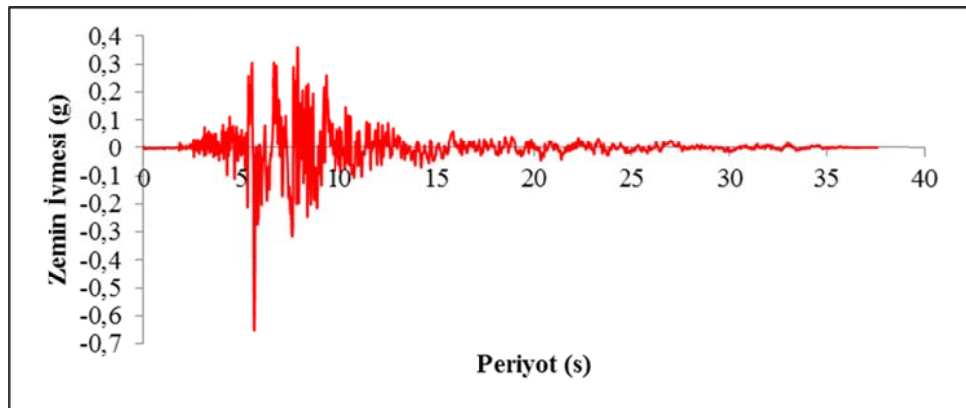
Tablo 4.6 Analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının özellikleri

| No | Yıl  | Deprem Adı         | Mw  | İstasyon Adı           | PGA<br>(g) | PGV<br>(cm/sn) | PGD<br>(cm) | Süre<br>(sn) |
|----|------|--------------------|-----|------------------------|------------|----------------|-------------|--------------|
| 1  | 1979 | Imperial Valley    | 6,5 | El Centro Array        | 0,65       | 57,46          | 40,68       | 37,6         |
| 2  | 1992 | Landers            | 7,3 | Yermo Fire Station     | 0,40       | 94,50          | 80,53       | 44,0         |
| 3  | 1999 | Hector Mine        | 7,1 | Amboy                  | 0,41       | 53,70          | 35,80       | 60,0         |
| 4  | 1999 | Chi-Chi            | 6,2 | CHY101                 | 0,48       | 48,20          | 33,00       | 75,0         |
| 5  | 1999 | Kocaeli            | 7,5 | Düzce                  | 0,43       | 51,00          | 43,60       | 28,0         |
| 6  | 1987 | Superstition Hills | 6,5 | Wildlife Liquef, Array | 0,34       | 46,50          | 41,30       | 44,0         |
| 7  | 1999 | Düzce              | 7,1 | Düzce                  | 0,44       | 67,30          | 40,90       | 26,0         |

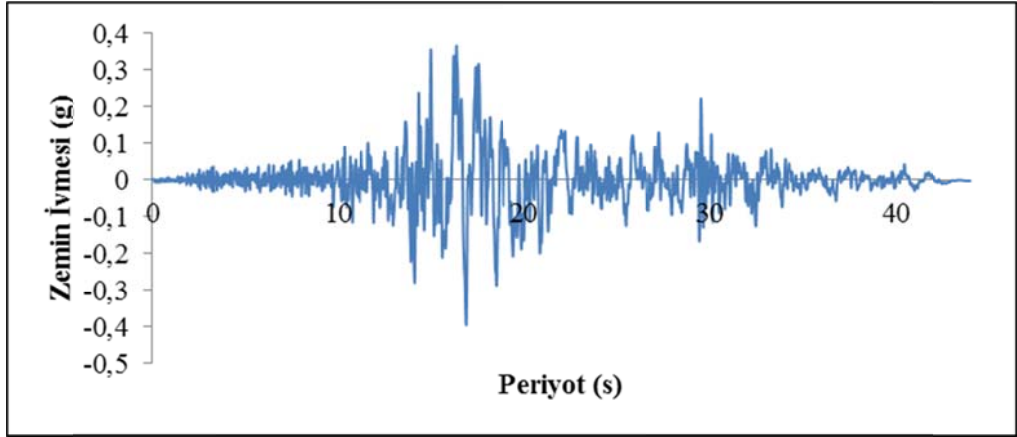
Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları Şekil 4.25, 4.26, ....., 4.38'de verilmiştir.



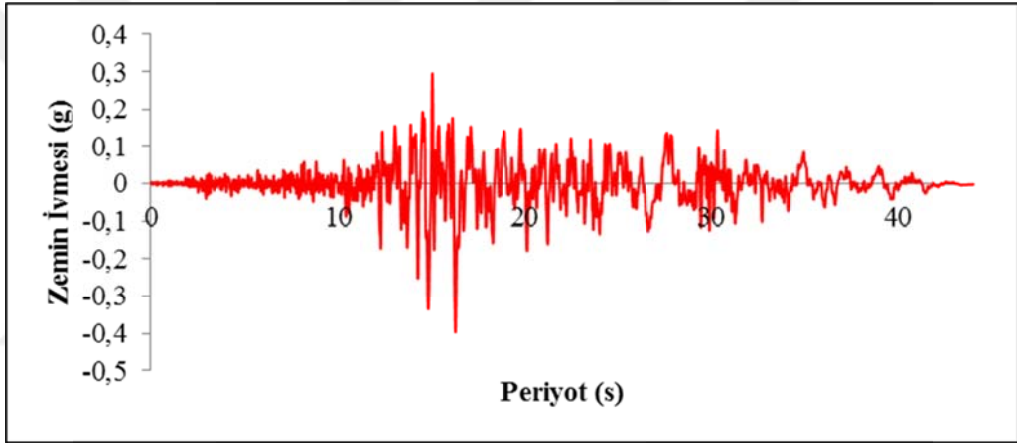
Şekil 4.25 Analizlerde kullanılan 1979 Imperial Valley depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.



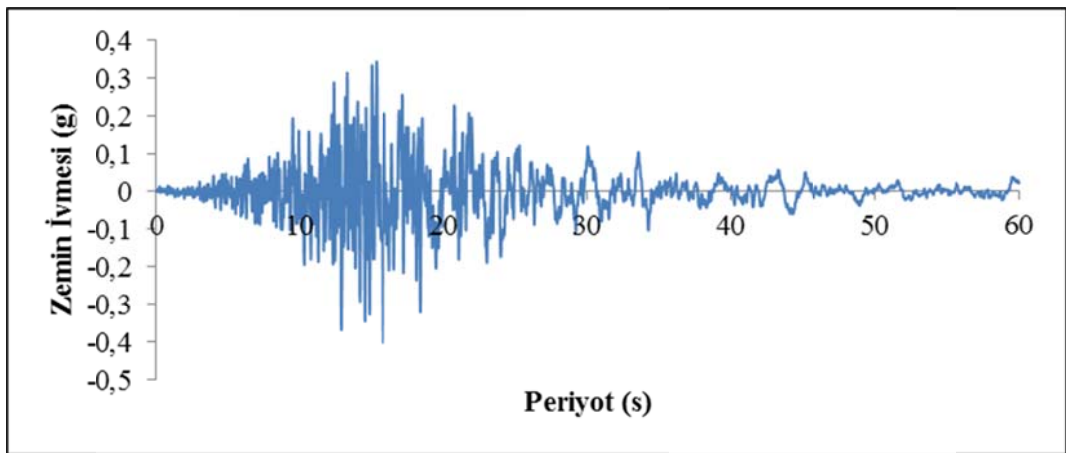
Şekil 4.26 Analizlerde kullanılan 1979 Imperial Valley depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.



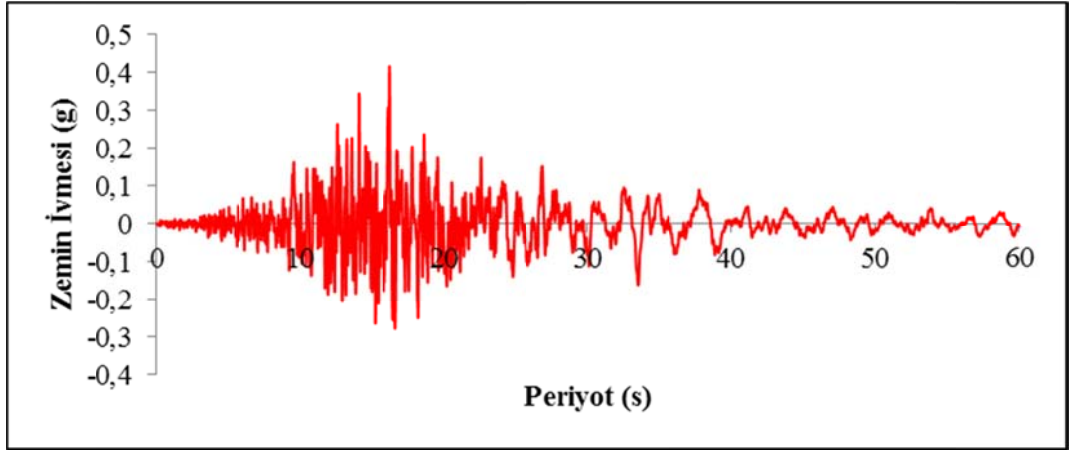
Şekil 4.27 Analizlerde kullanılan 1992 Landers depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.



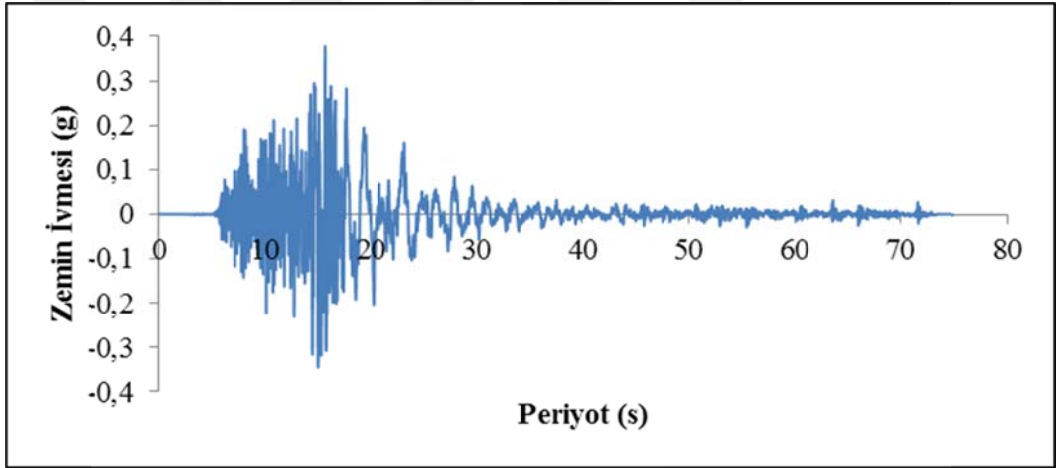
Şekil 4.28 Analizlerde kullanılan 1992 Landers depreminin Faya Parellel bileşenine ait ivme kaydı.



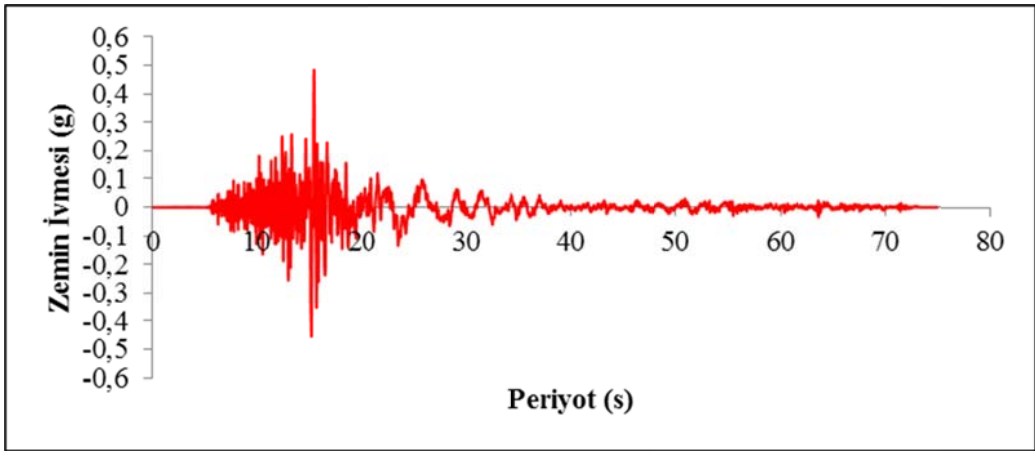
Şekil 4.29 Analizlerde kullanılan 1999 Hector Mine depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.



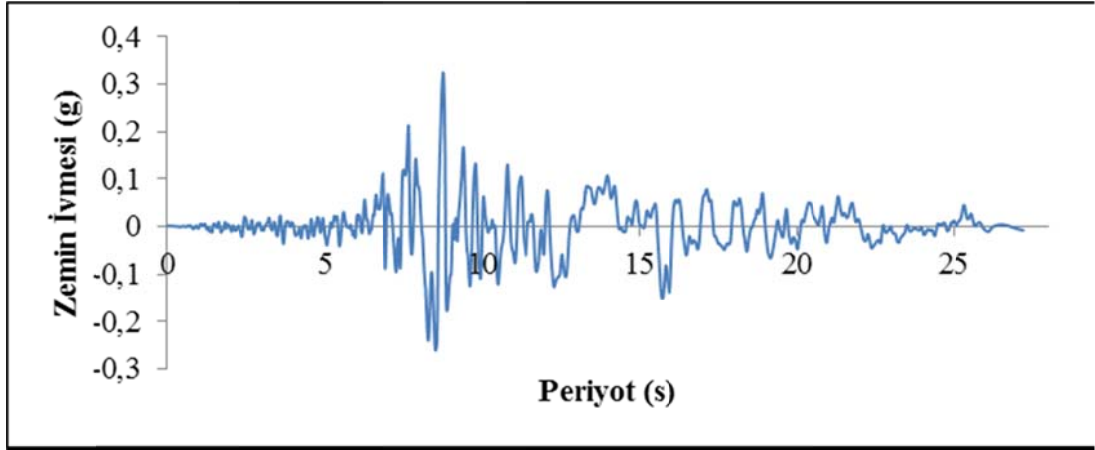
Şekil 4.30 Analizlerde kullanılan 1999 Hector Mine depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.



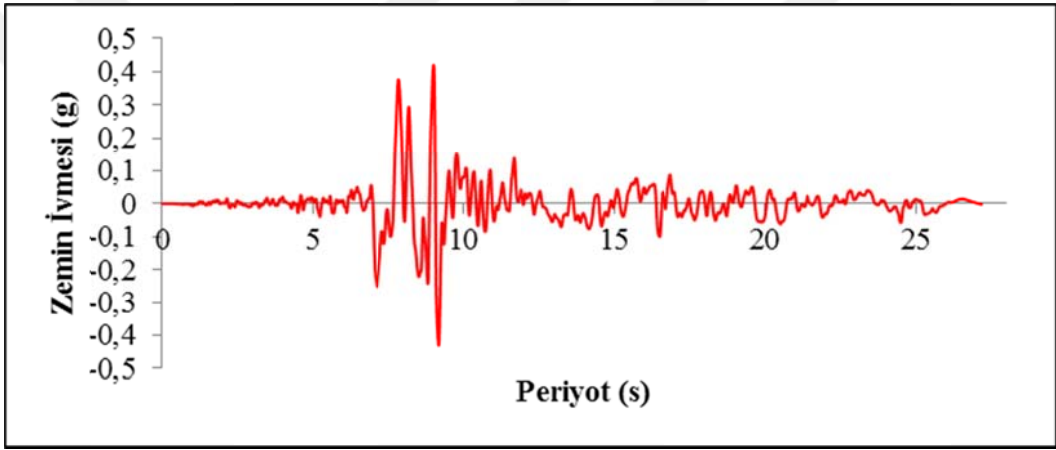
Şekil 4.31 Analizlerde kullanılan 1999 Chi Chi depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.



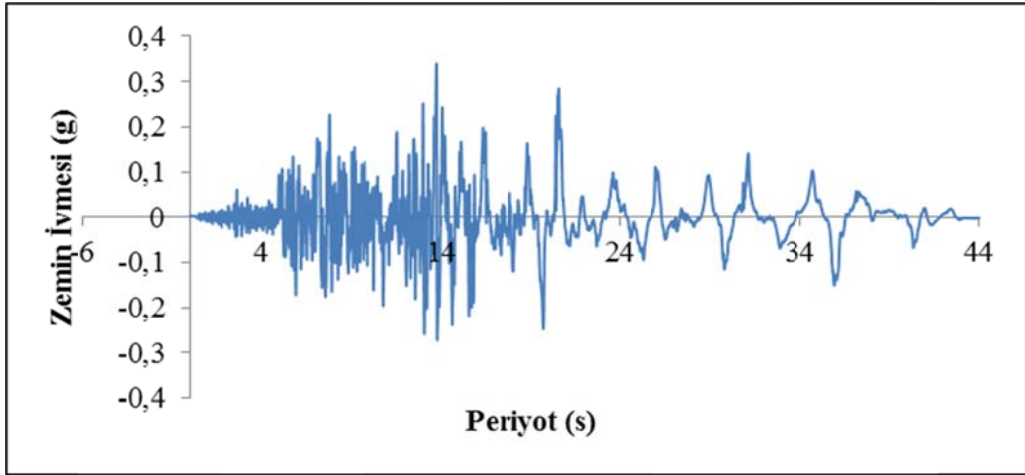
Şekil 4.32 Analizlerde kullanılan 1999 Chi Chi depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.



Şekil 4.33 Analizlerde kullanılan 1999 Kocaeli depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.

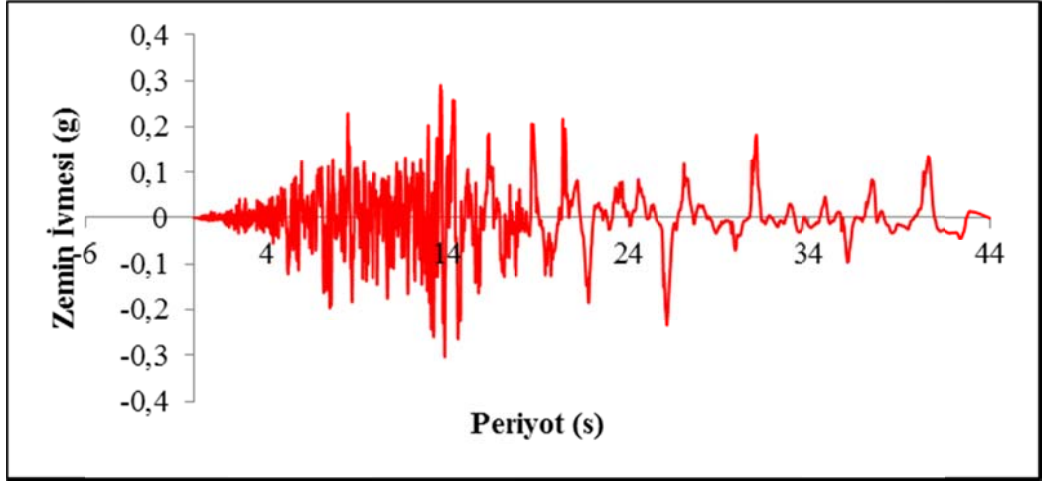


Şekil 4.34 Analizlerde kullanılan 1999 Kocaeli depreminin Faya Paralel bileşenine ait ivme kaydı.

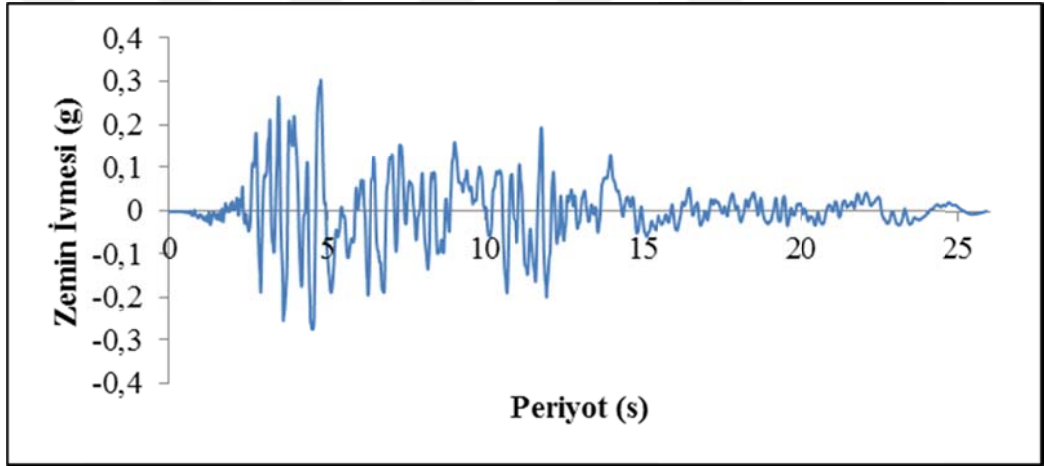


Şekil 4.35 Analizlerde kullanılan 1987 Superstition Hills depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.

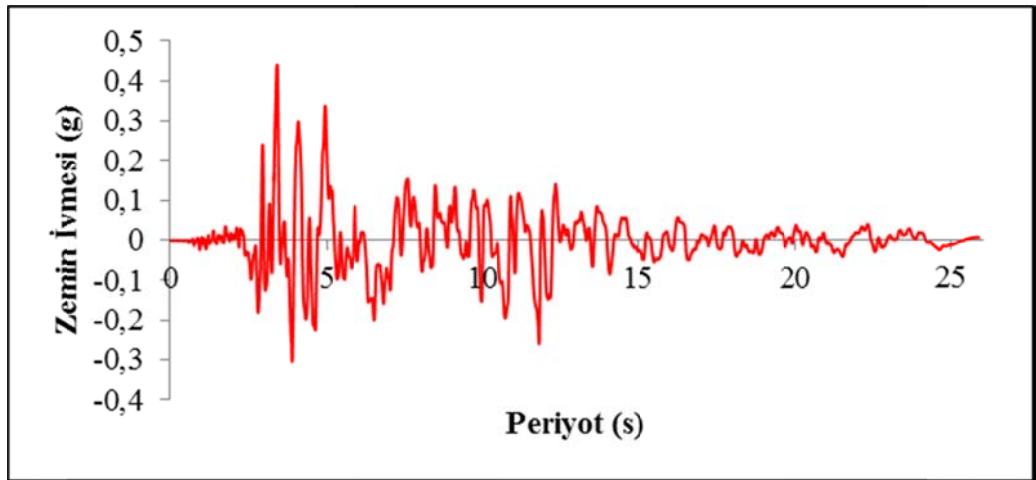




Şekil 4.36 Analizlerde kullanılan 1987 Superstition Hills depreminin Faya Parelel bileşenine ait ivme kaydı.

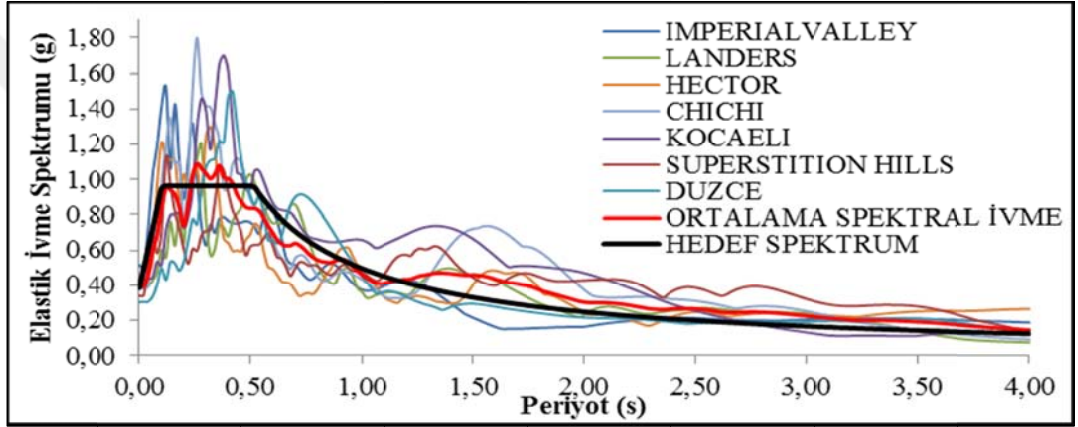


Şekil 4.37 Analizlerde kullanılan 1999 Düzce depreminin Faya Dik bileşenine ait ivme kaydı.



Şekil 4.38 Analizlerde kullanılan 1999 Düzce depreminin Faya Parelel bileşenine ait ivme kaydı.

Seçilen deprem kayıtlarından her bir depremin en büyük ivme kayıtlarının olduğu doğrultuda ki %5 sönümlü elastik ivme spektrum grafikleri elde edilmiş ve ayrıca bunların ortalamasını gösteren grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen 7 adet elastik ivme spektrumunun, DLH (2008) yönetmeliğinde yer alan C grubu zemin sınıfı için D2 deprem düzeyine ait elastik ivme spektrumuna yakın olacak şekilde ölçeklendirilmesi yapılmış ve Şekil 4.39’da gösterilmiştir. Deprem ivme kayıtlarından %5 sönümlü elastik ivme spektrumlarının elde edilmesi işleminde “Prism” programından faydalanılmıştır.



Şekil 4.39 Analizlerde kullanılan depremlere %5 sönümlü elastik ivme tepki spektrumları, ortalama elastik ivme tepki spektrumu, 1. derece deprem bölgesi için Z3 elastik tasarım ivme spektrumu.

#### 4.3.8 İncelenen Yüksek Binanın SAP2000 Bilgisayar Programı ile Yapılan Doğrusal Olmayan Analizlerde Kullanılan Yükleme Durumlarının Oluşturulması

SAP2000 programında doğrusal olmayan artımsal itme ve zaman tanım alanında analizlerde yatay yükleme durumlarının oluşturulması gerekmektedir. Ancak, programda bu yatay yükleme durumlarının başlangıç koşulunu oluşturmak amacıyla, deprem yüküne esas kütlelerle uyumlu düşey yüklerin dikkate alındığı ‘NLDUSEY’ isimli doğrusal olmayan bir statik analiz durumu oluşturulmuş ve oluşturulan örnek yükleme Şekil 4.40’da gösterilmiştir.

Şekil 4.40’da, “Load Case Name” bölümünde NLDUSEY olarak isimlendirilen düşey yükleme durumunda sabit yükler ve hareketli yüklerin azaltma katsayısıyla azaltılmış durumu etkilmiştir. Yükleme tipi “Static”, analiz tipi “Nonlinear” seçilmiştir. Fakat analiz süresini kısaltmak için “Geometric Nonlinearity Parameters”, “None” olarak bırakılarak P-Delta etkileri ihmal edilmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: NLDUSEY [Set Def Name] [Modify/Show...]

Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:
 

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case [ ]

 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

| Load Type    | Load Name      | Scale Factor |
|--------------|----------------|--------------|
| Load Pattern | DEAD           | 1.           |
| Load Pattern | DEAD           | 1.           |
| Load Pattern | G=0.17t/m2     | 1.           |
| Load Pattern | G=0.212t/m2    | 1.           |
| Load Pattern | G=0.212t/m2B0  | 1.           |
| Load Pattern | Q=0.35t/m2     | 0.3          |
| Load Pattern | Q=0.5t/m2      | 0.3          |
| Load Pattern | Q=0.5t/m2BODF  | 0.6          |
| Load Pattern | DUVAR(0.83 t/n | 1.           |

Buttons: Add, Modify, Delete

Geometric Nonlinearity Parameters:
 

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [MSSSRC1]

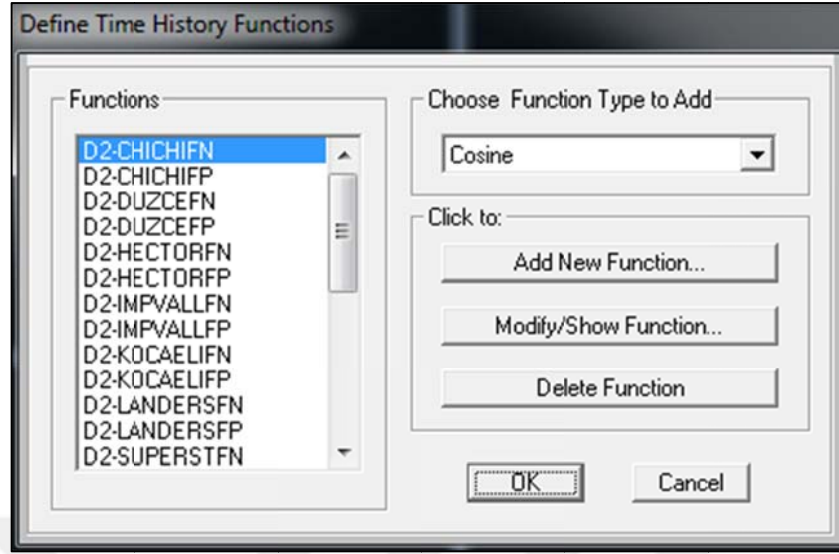
Other Parameters:
 

- Load Application: Full Load [Modify/Show...]
- Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

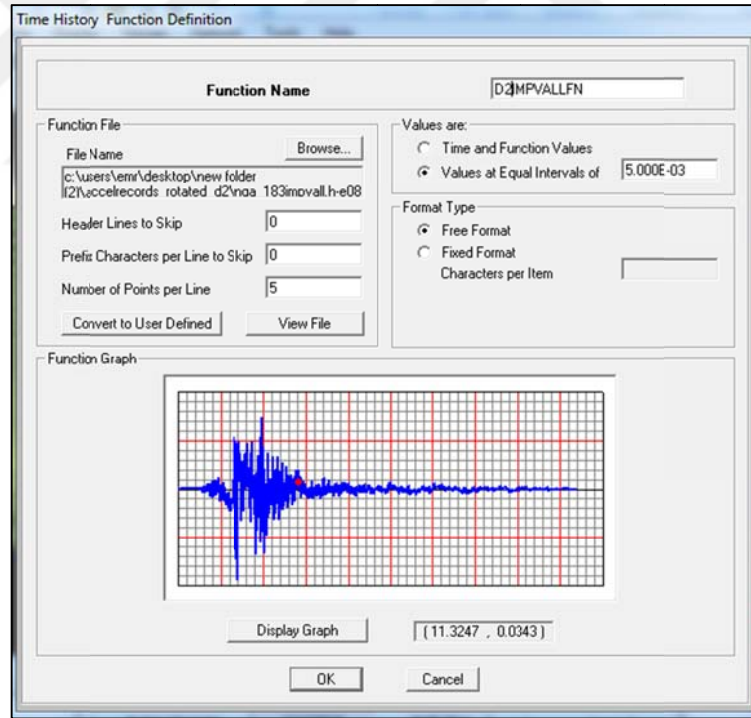
Buttons: OK, Cancel

Şekil 4.40 NLDUSEY analiz durumunun tanımlanması.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için yatay yükleme durumlarının oluşturulması için kullanılacak kaydedilmiş deprem kayıtlarının programa tanımlanması gerekmektedir. PEER’ den alınan deprem kayıtları programa Şekil 4.41’de gösterildiği gibi Define>Functions>Time History sekmeleri kullanılarak tanımlanmıştır. Programda depremin iki bileşeni “FN” ve “FP” şeklinde, deprem adının sonuna ilave edilerek gösterilmiştir. Şekil 4.42’de örnek bir depremin ivme değerlerinin programa girilişi gösterilmiştir.



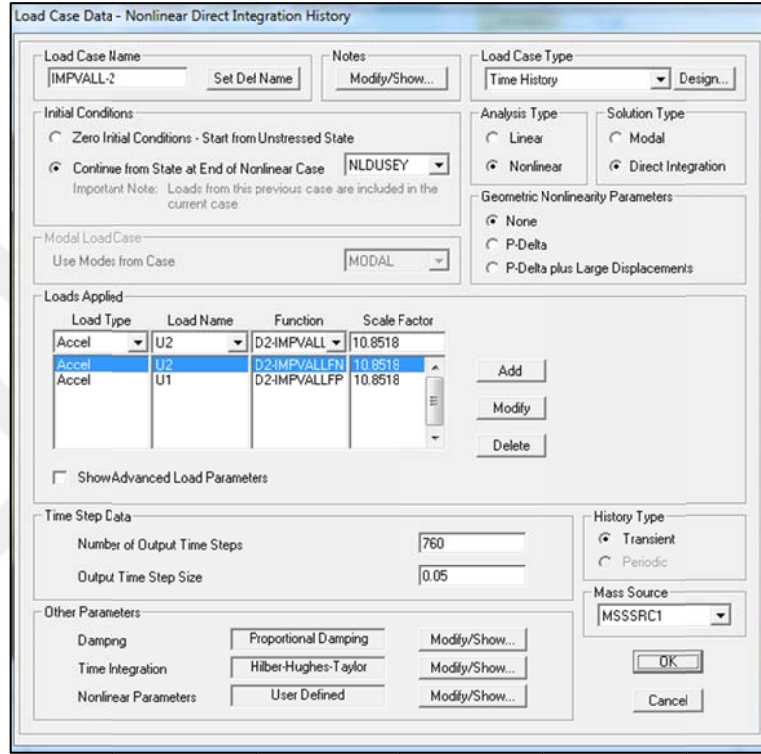
Şekil 4.41 Deprem kayıtları için veri girişi.



Şekil 4.42 Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.

Şekil 4.43'te gösterilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için veri girişi örneğinde, analiz tipi "Nonlinear Time History" ve çözüm tipi "Direct Integration" seçilmiştir. Fakat analiz süresini kısaltmak için

“Geometric Nonlinearity Parameters”, “None” olarak bırakılarak P-Delta etkileri ihmal edilmiştir. Seçilen depremin ivme kaydının her iki yöndeki bileşenleri; X ve Y doğrultularında etkilmiştir. Deprem kaydının büyütme faktörü olarak, g(yer çekimi ivmesi) büyüklüğü ve deprem kayıtları için PEER’den alınan katsayıların çarpım değeri kullanılmıştır.



Şekil 4.43 Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.

Analizlerde, çıktı zaman aralığı 0,05sn, toplam adım sayısı ise depremin etki süresi ve çıktı zaman aralığına bağlı olarak belirlenmiştir. “Nonlinear Parameters” bölümündeki “Damping” penceresinden binanın ilk iki periyodu değerlerinin %5’i oranında sönüm tanımlanmıştır. Ayrıca Time Integration yöntemi olarak “Hilber-Hughes-Taylor” entegrasyon yöntemi seçilmiştir. SAP2000 programı bu periyod değerleri için sönüm oranını kendisi hesaplamaktadır.

#### **4.4 İncelenen Yüksek Binanın Zaman Tanım Alanında ve Artımsal İtme Analizi ile Yapılan Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılmasında Dikkate Alınan Yapısal Büyüklükler**

Tez çalışmasında, örnek yüksek yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz çözümü “ZTA” ile, geleneksel 1.mod esaslı statik artımsal itme analiz çözümü “1.MOD” ile ve FEMA 356’da önerilen uniform yük dağılım esaslı statik artımsal itme analiz çözümü “UNIFORM” ile gösterilmiş ve elde sonuçların karşılaştırılmasında kullanılan büyüklükler;

- **kat yatay yer değiştirmeleri,**
- **görelî kat ötelemeleri,**
- **en büyük kat kiriş plastik dönmeleri,**
- **kat kesme kuvvetleri,**
- **bağ kirişlerinde oluşan en büyük kiriş plastik dönmeleri,**
- **P37, P38, P51, P52, P54, P56 perdelerinin kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri**

şeklindedir.

Burada kat yatay yer değiştirmeleri; her kat için o katta bulunan noktaların yatay yer değiştirmelerinin ortalaması alınarak, görelî kat ötelemeleri; hesaplanan bu ortalama kat yatay yer değiştirmelerinin kat yüksekliklerine bölünmesiyle, en büyük kat kiriş plastik dönmeleri; her katta kirişlerde oluşan en büyük plastik dönme değerleri alınarak, kat kesme kuvvetleri; her bir kat için toplan taban kesme kuvveti değeri kullanılarak, bağ kirişlerinde oluşan en büyük kiriş plastik dönmeleri; perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerinde oluşan en büyük plastik dönme değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. P37, P38, P51, P52, P54, P56 perdelerinde oluşan kat kesme kuvvetleri; her bir perde için katlarda oluşan taban kesme kuvvetleri hesaplanarak, moment değeri; her bir perde için katlarda oluşan moment değeri hesaplanarak, dönme değeri; her bir perde için katlarda oluşan düşey dönme değeri hesaplanarak elde edilmiştir.

#### ***4.4.1 İncelenen Yüksek Binanın Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi***

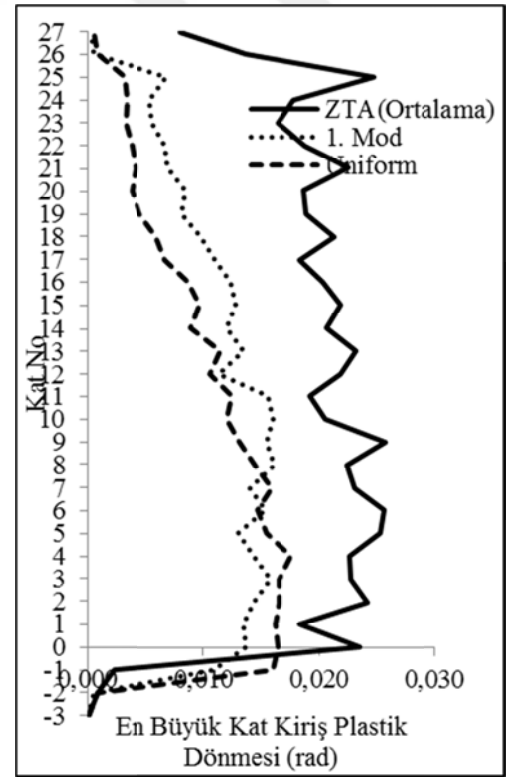
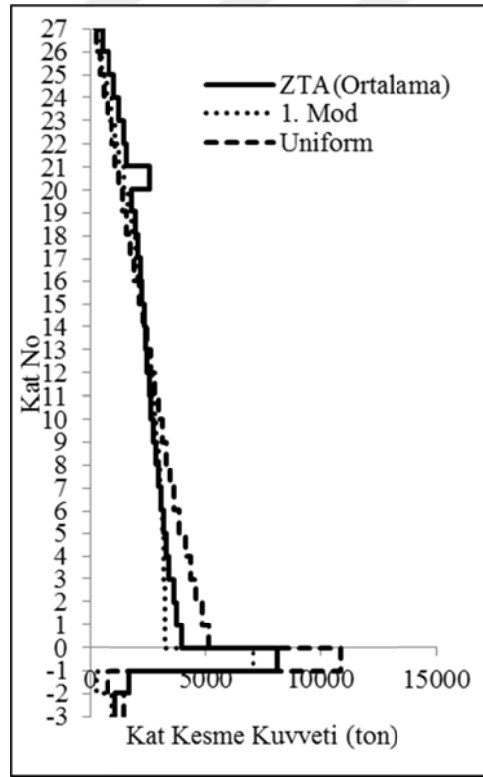
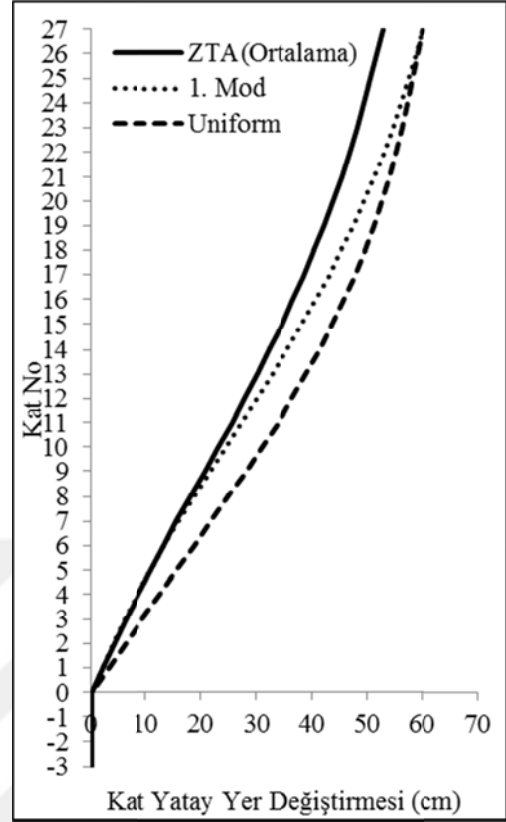
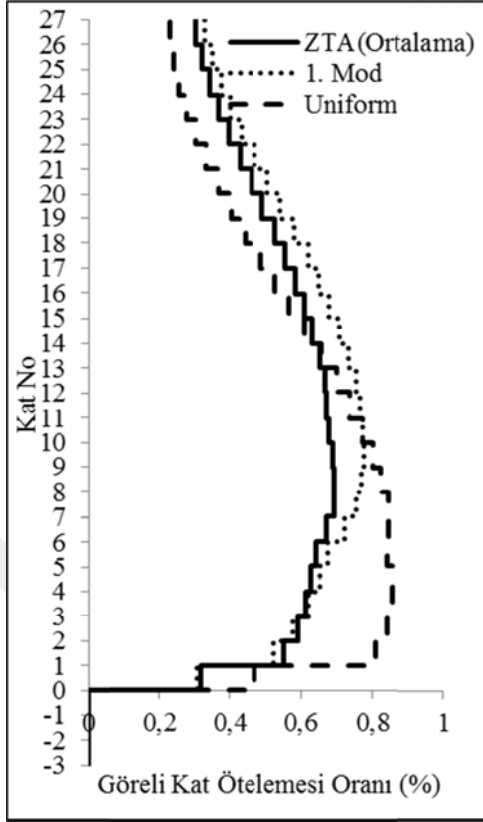
Bu bölümde, FEMA 356'daki 1.MOD, ve UNIFORM yüklemelerinden elde edilen sonuçlar, ZTA yönteminin sonuçları yukarıda tanımlanan büyüklükler dikkate alınarak karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

FEMA 356'daki 1.MOD ve UNIFORM yöntemleri yer değiştirme esaslı yöntemler olduğu için, bu yöntemlerden elde edilen sonuçların ZTA ile karşılaştırılmasında kullanılacak bina tepe yer değiştirmesinin hesabında, yerdeğiştirme katsayıları yöntemi ile hesaplanan tepe yer değiştirmesi değeri esas alınmıştır.

Örnek yüksek binanın 1.MOD ve UNIFORM statik artımsal itme yöntemiyle gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçları karşılaştırmak üzere 7 adet kaydının her iki doğrultuda ki yüklemeleri altında ZTA ile yapılan analizlerdeki; **kat yatay yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, en büyük kiriş plastik dönmeleri, kat kesme kuvvetleri, perde iç kuvvetleri ve dönme değerleri** için her bir depremin her iki doğrultudaki yüklemelerinden elde edilen sonuçları ortalaması kullanılmıştır.

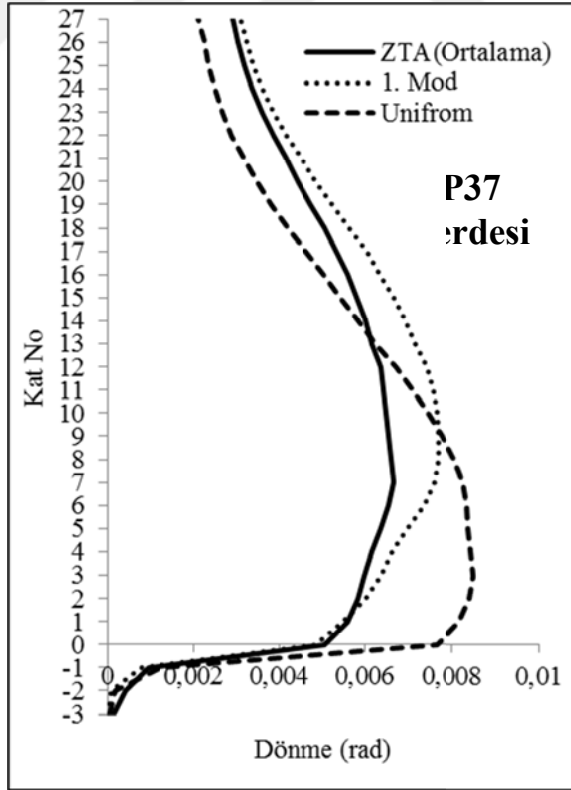
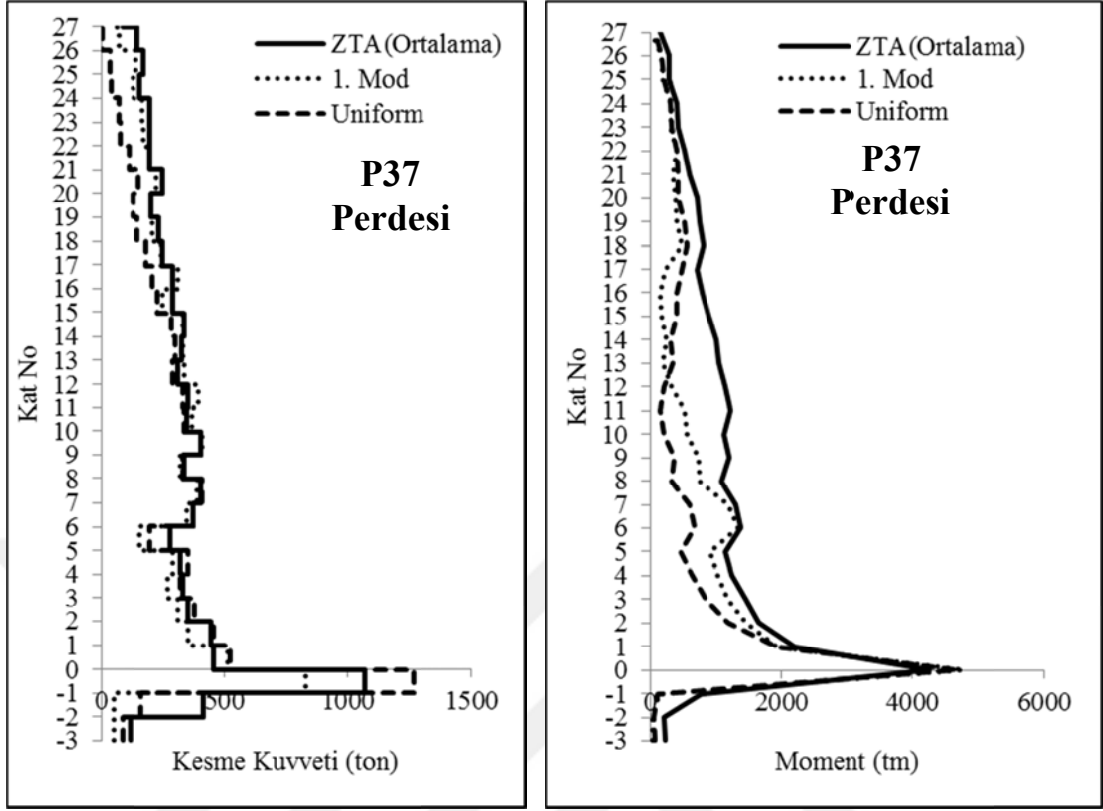
Ele alınan örnek betonarme yüksek yapıda perde elemanlar için **perde iç kuvvetleri ve dönme değerlerinin** karşılaştırılması, **X-X doğrultusunda P37, P38, P52, P54 perdelerinde, Y-Y doğrultusunda P51, P52, P54, P56 perdelerinde** yapılmıştır.

Örnek betonarme yüksek yapı için yukarıda tanımlanan yapısal büyüklüklerin karşılaştırma sonuçları; X-X doğrultusu için Şekil 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48, 4.49, Y-Y doğrultusu için Şekil 4.50, 4.51, 4.52, 4.53, 4.54, 4.54'de grafikler halinde gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.44, 4.45, 4.46, ..., 4.54'de verilen grafiksel yapısal büyüklüklerin sayısal değerleri EK-1'de tablolar halinde verilmiştir.

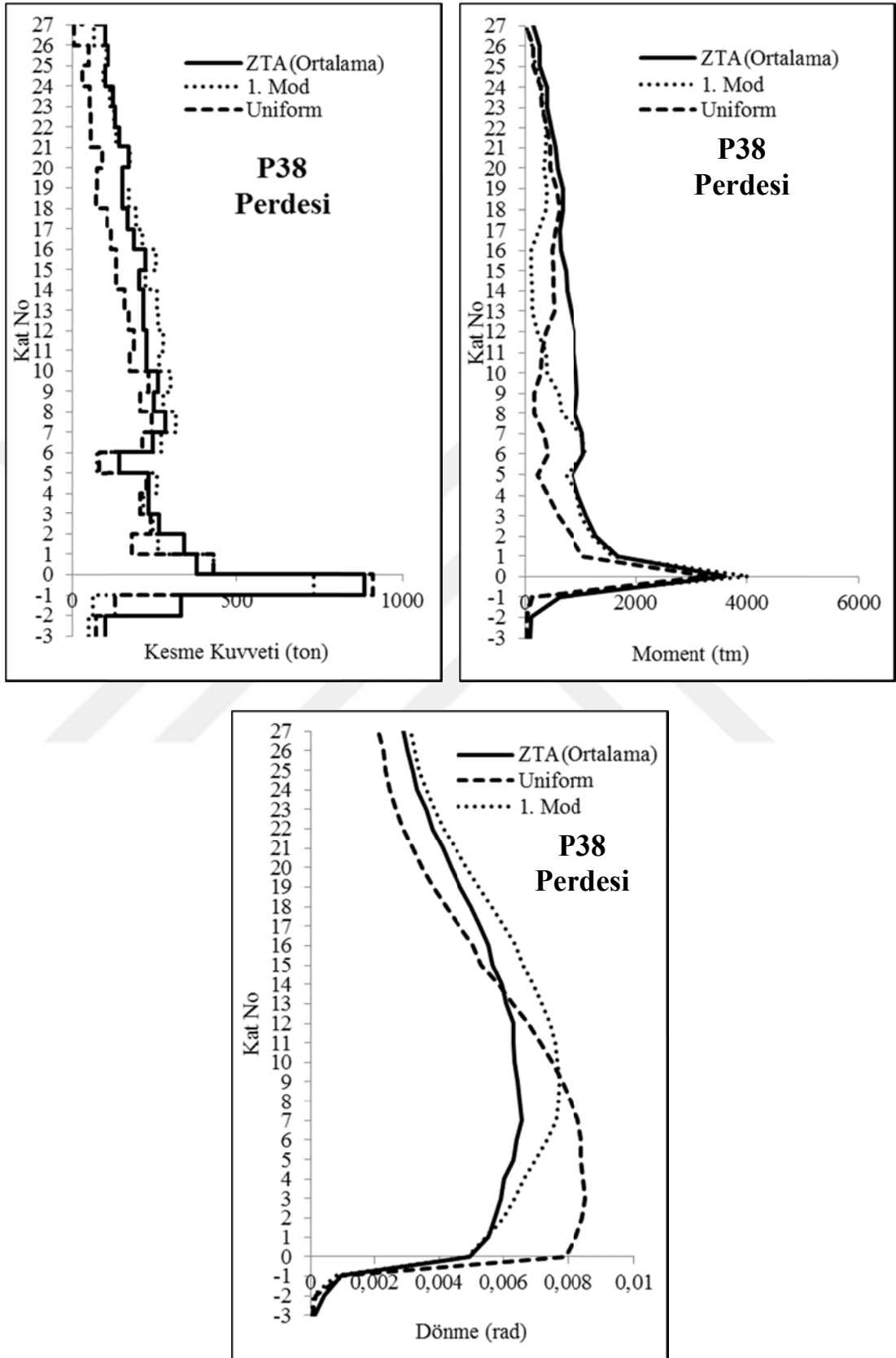


Şekil 4.44 X-X yönü yüklemesinde görel kat ötelemesi, kat yatay yer değiştirmesi, kat kesme kuvveti ve en büyük kat kiriş plastik dönmesi değerleri karşılaştırılması.

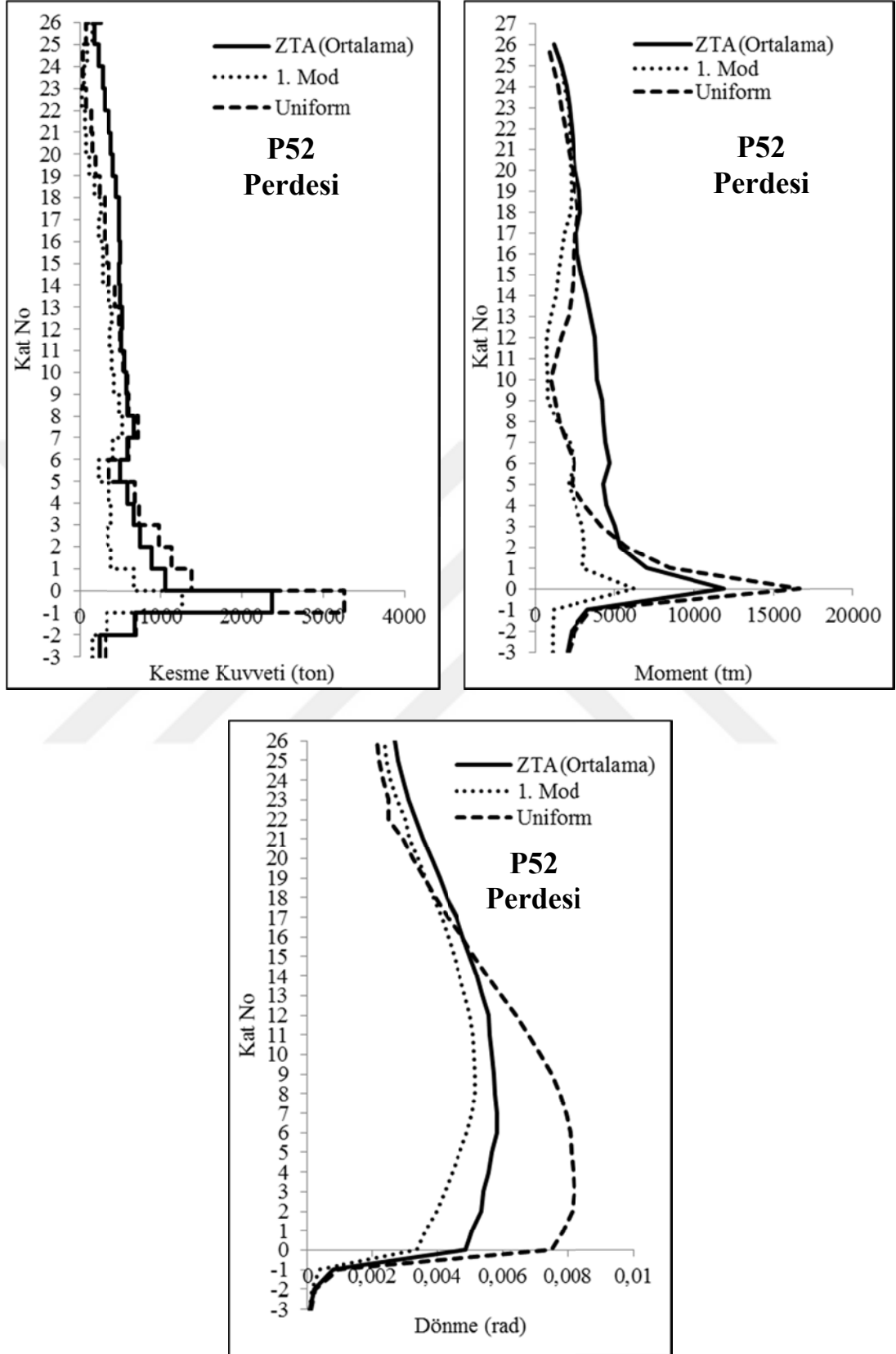




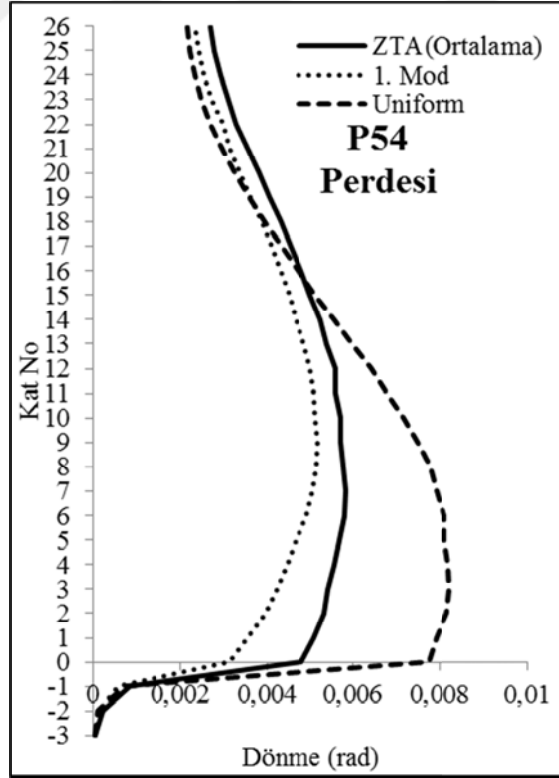
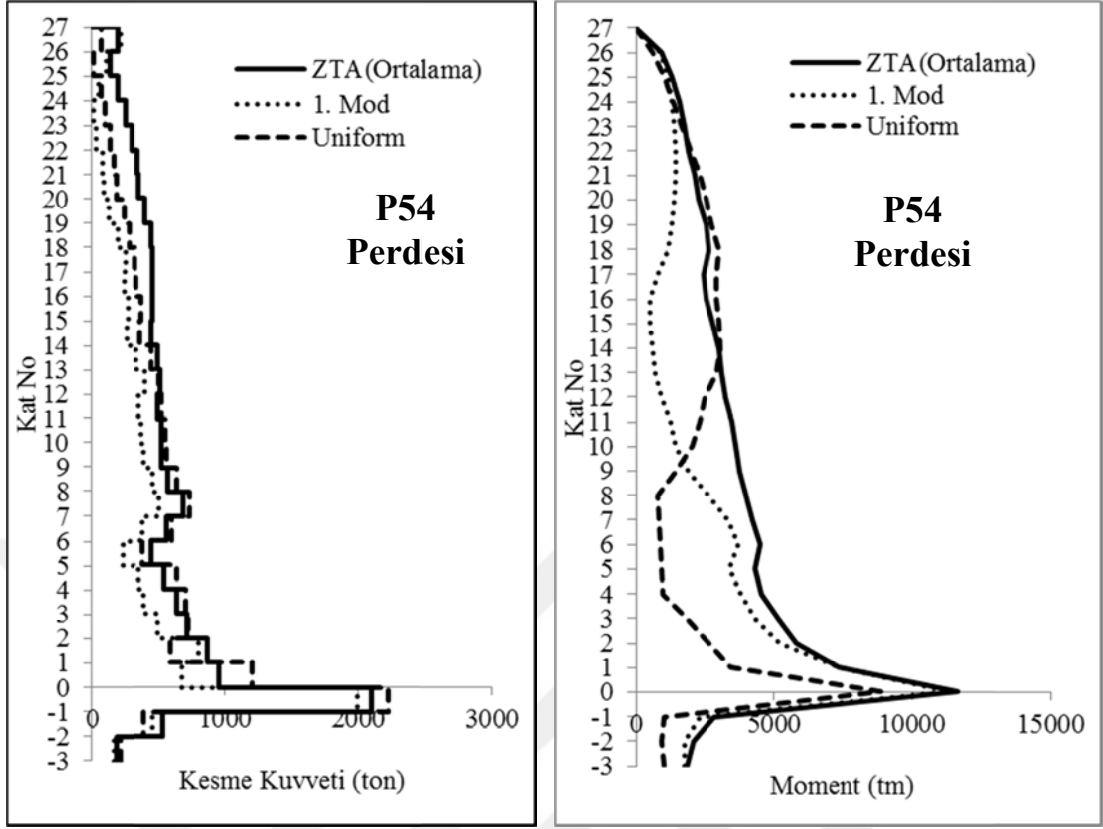
Şekil 4.45 X-X yönü yüklemesinde P37 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.



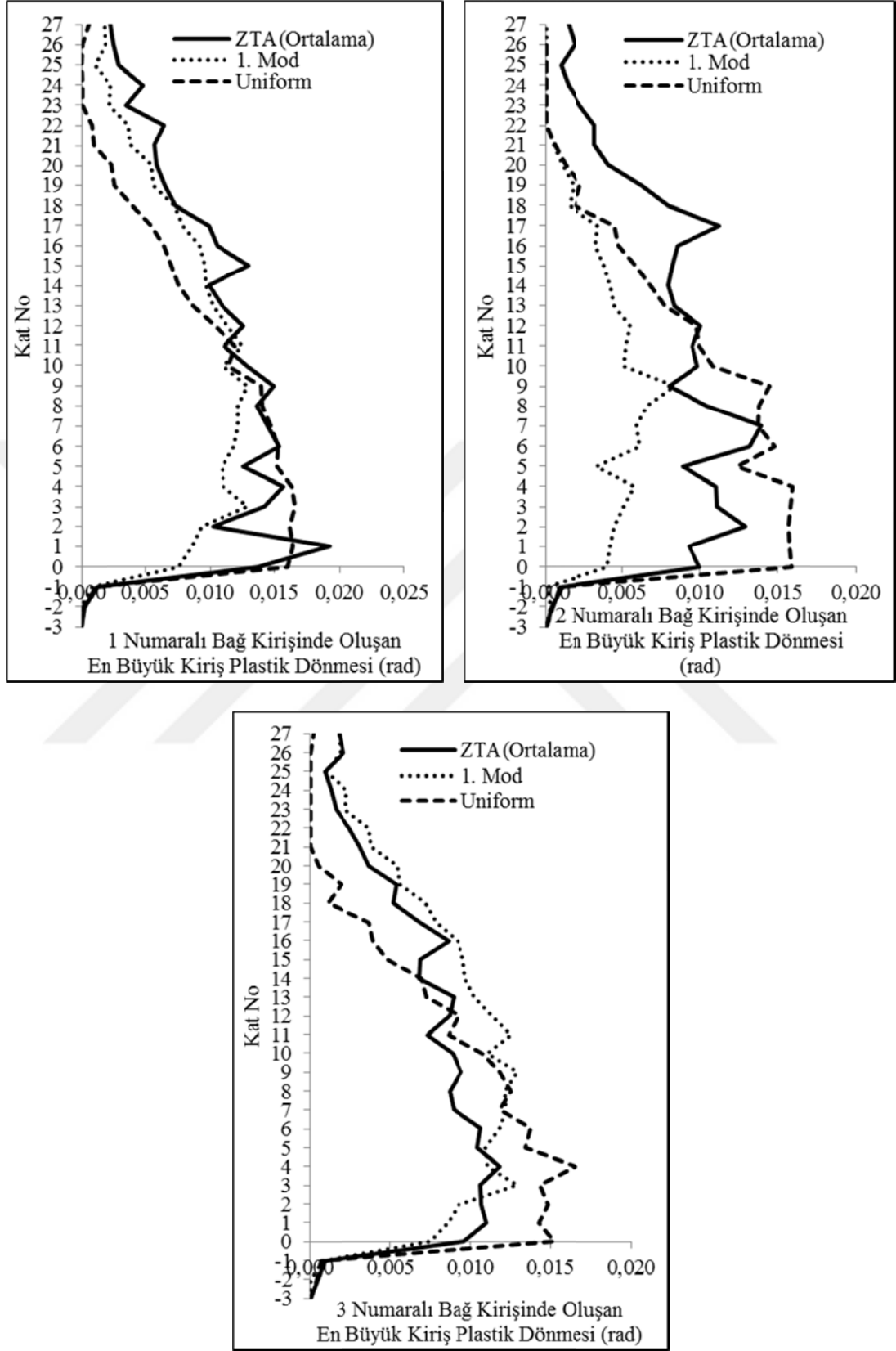
Şekil 4.46 X-X yönü yüklemesinde P38 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.



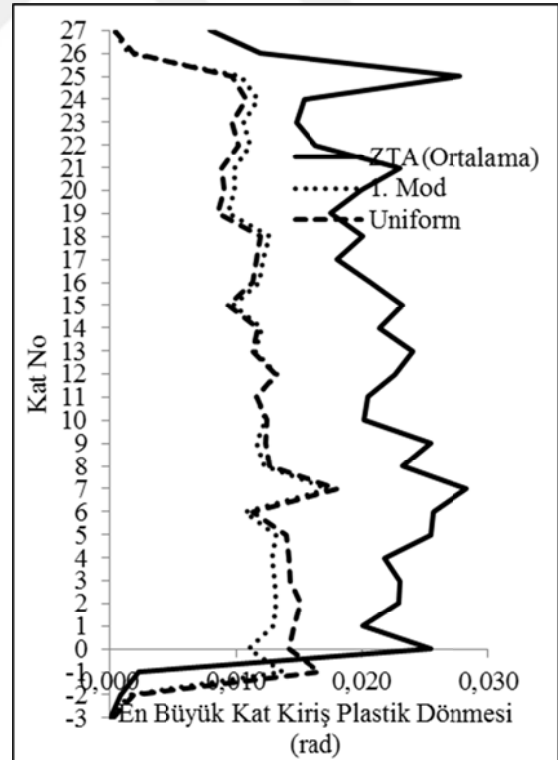
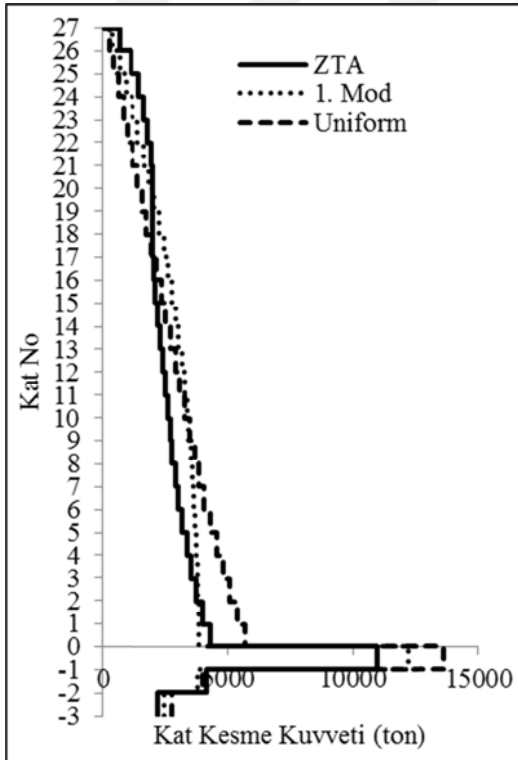
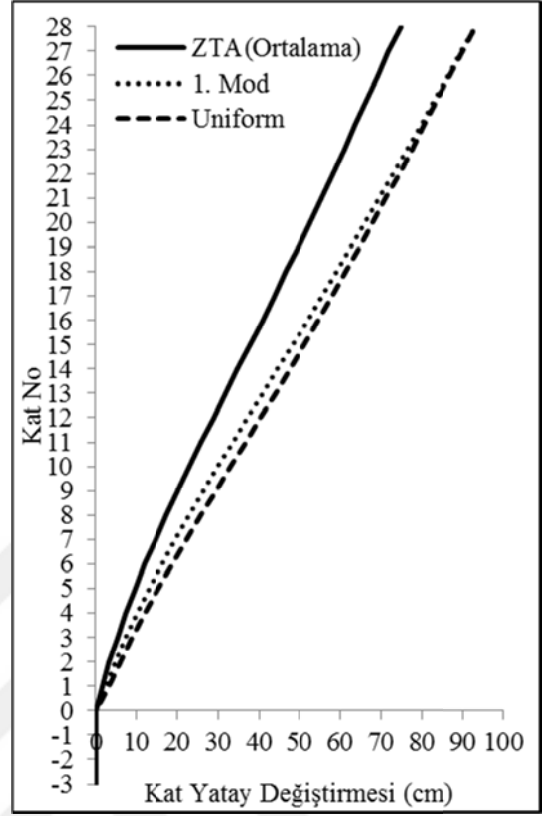
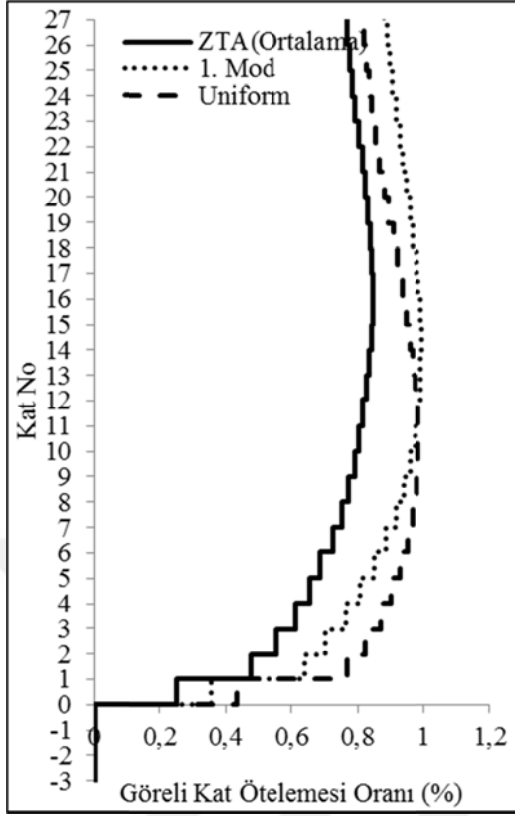
Şekil 4.47 X-X yönü yüklemesinde P52 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.



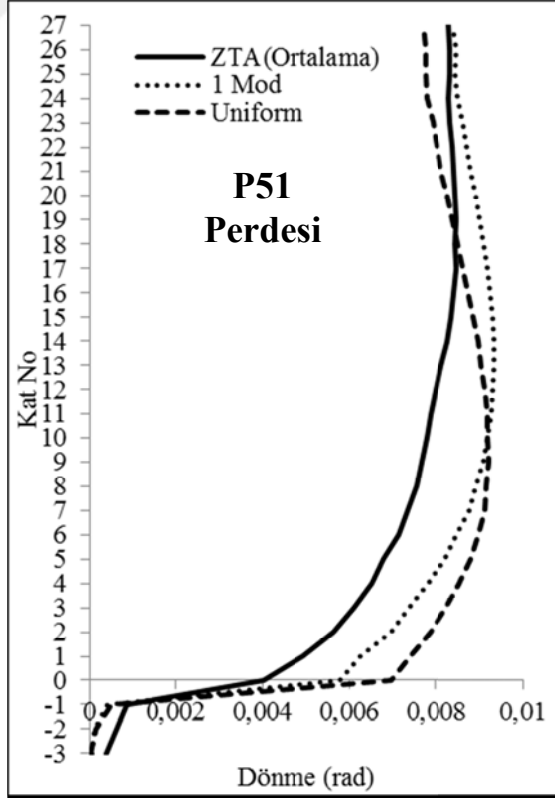
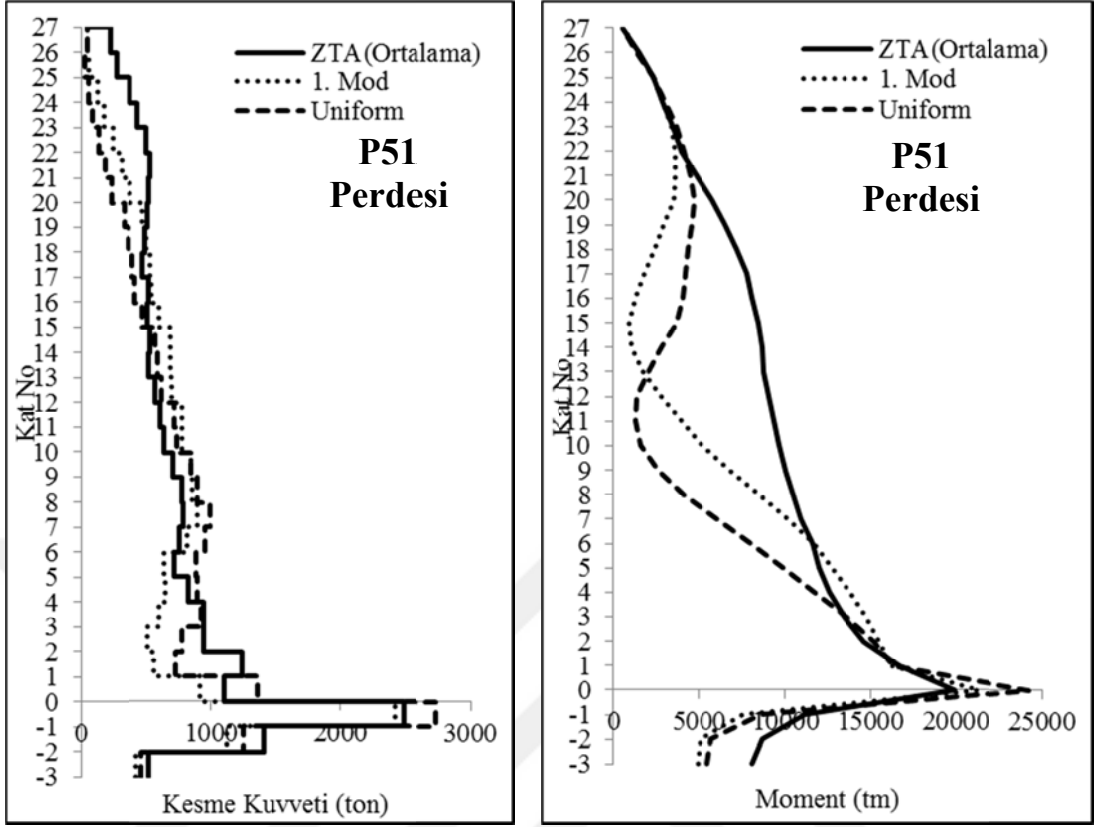
Şekil 4.48 X-X yönü yüklemesinde P54 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.



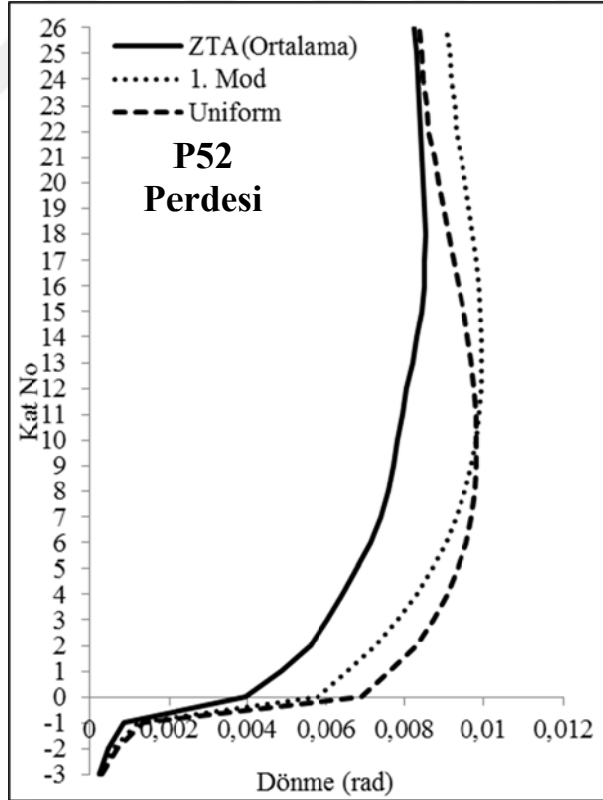
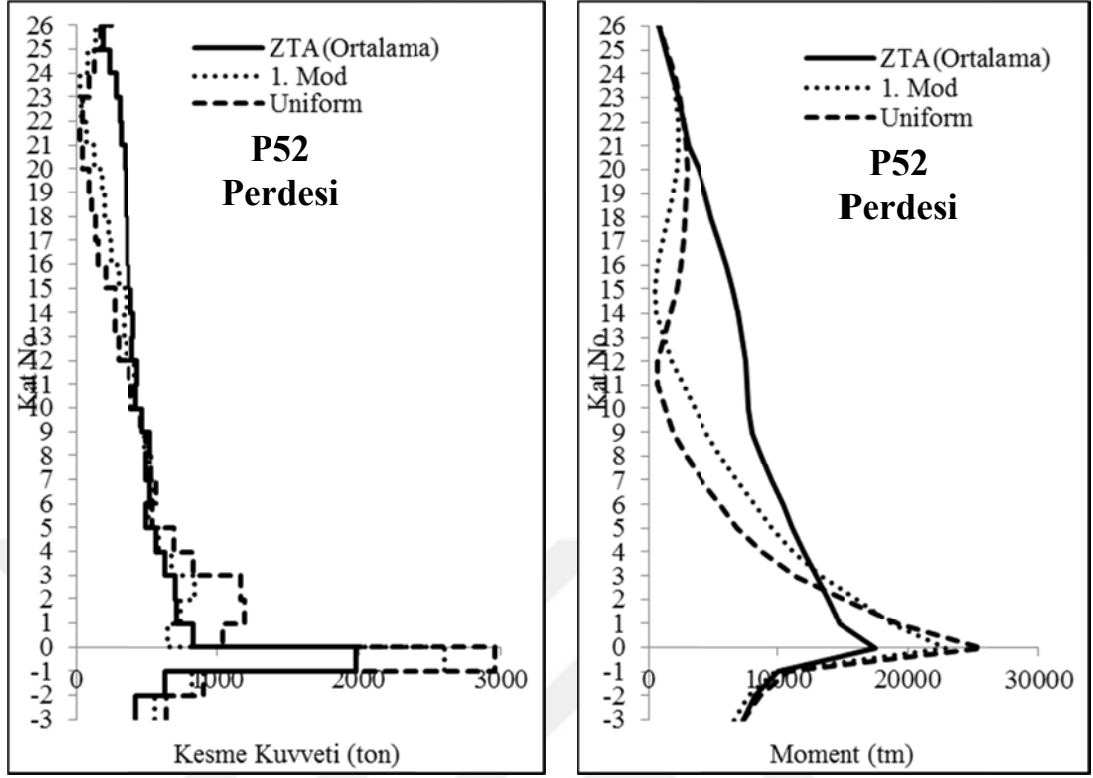
Şekil 4.49 X-X yönü yüklemesinde 1, 2 ve 3 numaralı bağ kirişlerinde oluşan plastik dönme değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.50 Y-Y yönü yüklemesinde görel kat ötelemesi, kat yatay yer değiştirmesi, kat kesme kuvveti ve en büyük kat kiriş plastik dönmesi değerleri karşılaştırılması.

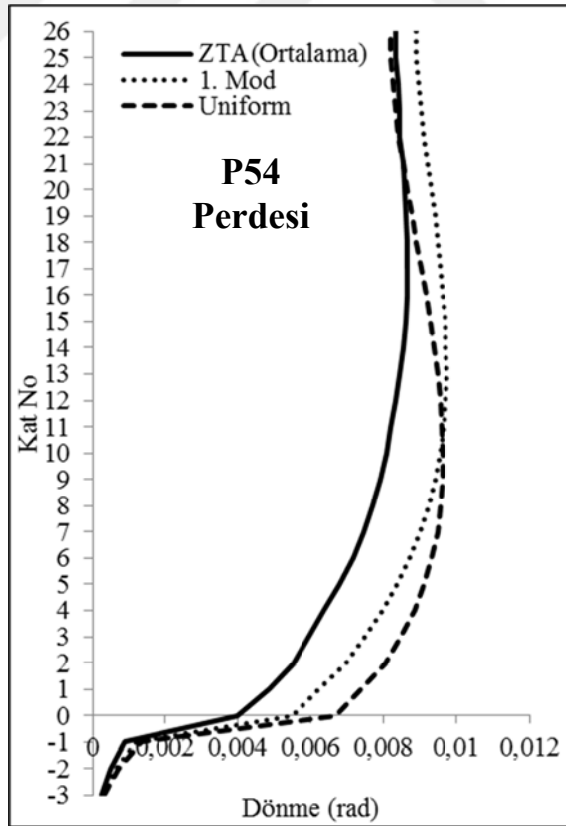
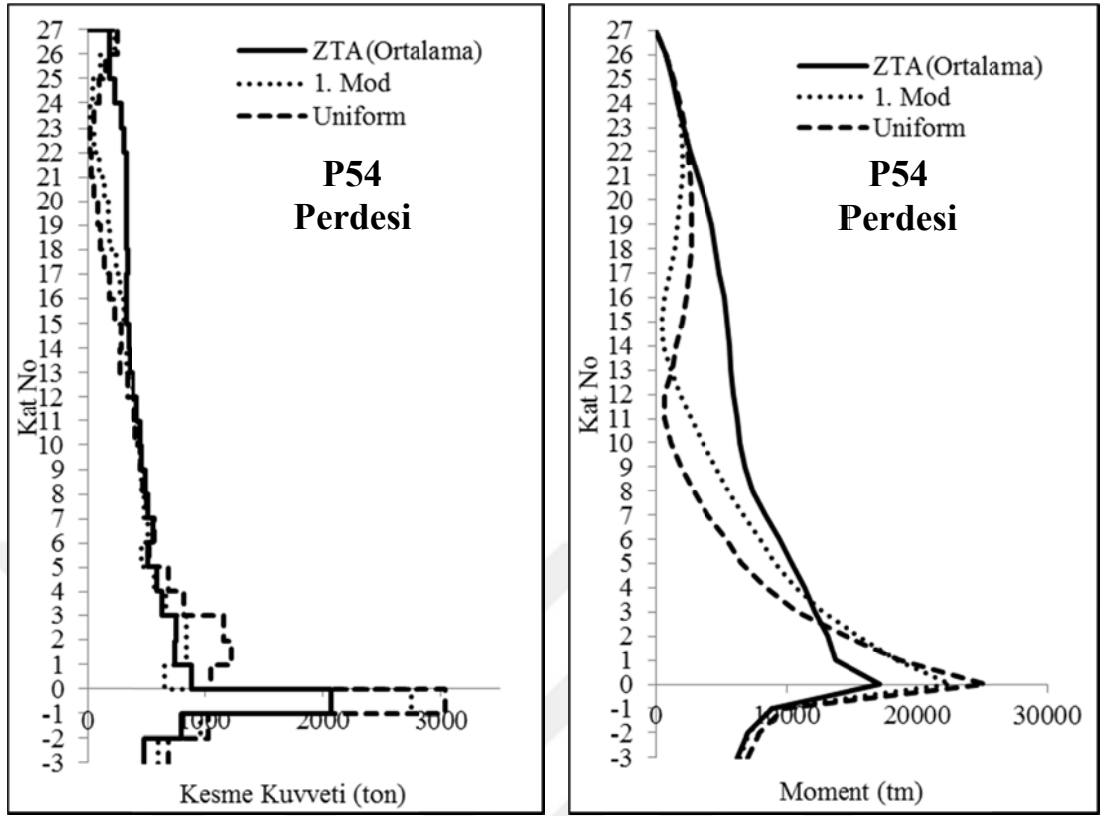


Şekil 4.51 Y-Y yönü yüklemesinde P51 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.

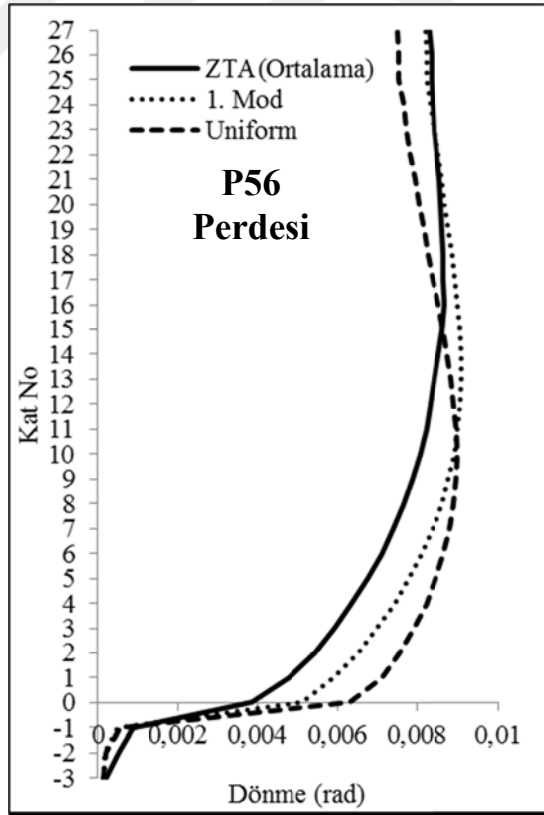
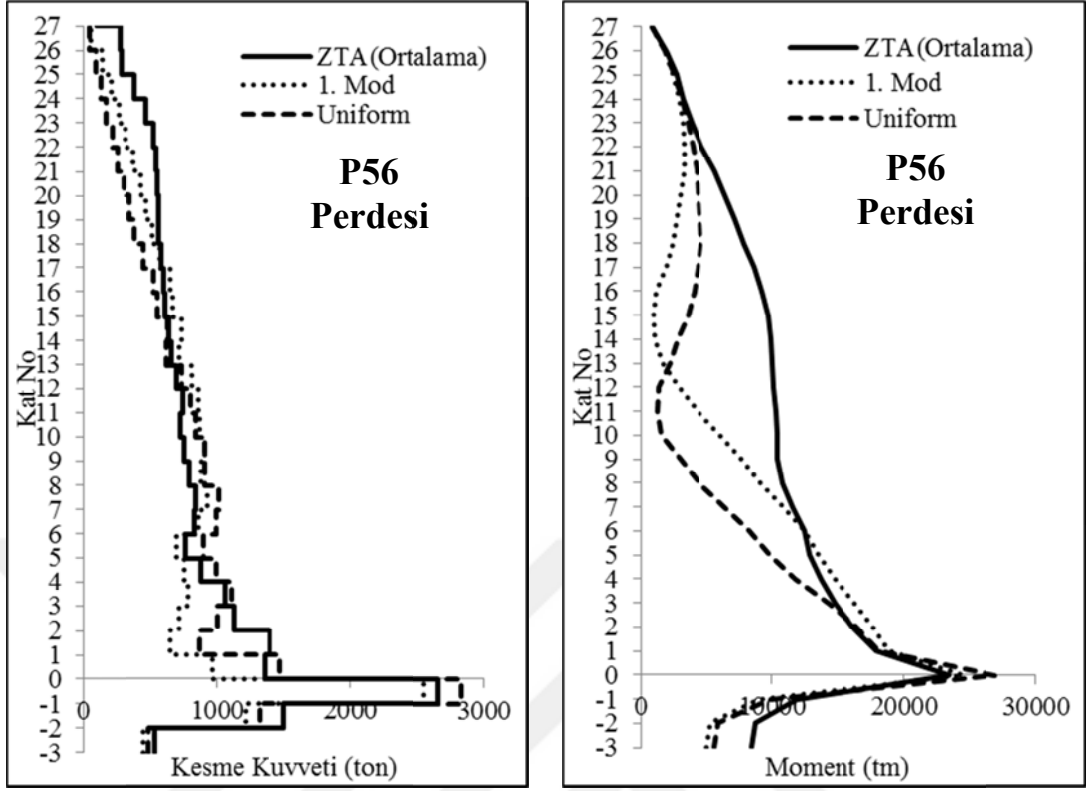


Şekil 4.52 Y-Y yönü yüklemesinde P52 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.





Şekil 4.53 Y-Y yönü yüklemesinde P54 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.



Şekil 4.54 Y-Y yönü yüklemesinde P56 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme değerleri karşılaştırılması.

## BÖLÜM BEŞ

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1 Sonuçlar

İncelenen yüksek binanın 1.MOD ve UNIFORM yük etkileri dağılımına bağlı statik artımsal itme analiz sonuçlarından elde edilen yapısal büyüklükler ile 1979 Imperial Valley, 1992 Landers, 1999 Hector Mine, 1999 Chi-Chi Taiwan, 1999 Kocaeli, 1987 Superstition Hills ve 1999 Düzce deprem kayıtları kullanılarak yapılan ZTA analizlerden elde edilen yapısal büyüklüklerin karşılaştırılmasından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Şekil 4.44 ve 4.50’de verilen **görelî kat öteleme** grafikleri incelendiğinde, X-X yönü yüklemelerinde 1.MOD ile elde edilen sonuçların, yapının alt katlarında ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, ancak üst katlarda farklı değerler verdiği, UNIFORM analiz sonuçlarının ise yapının alt katlarında ZTA analiz sonuçlarından oldukça farklı, üst katlarda ise ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Y-Y yönü yüklemelerinde ise 1.MOD ve UNIFORM analizlerden elde edilen sonuçların ZTA ile uyumlu olmadığı görülmüştür.
- Şekil 4.44 ve 4.50’de verilen **kat yatay yer değiştirme** grafikleri incelendiğinde, her iki yön için 1.MOD ve UNIFORM analiz sonuçlarının, ZTA analiz sonuçları ile alt katlarda uyumlu olduğu, ancak üst katlardaki farkın artarak daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin statik artımsal itme analiz yöntemindeki itmelerin “yer değiştirme katsayıları yöntemi” ile hesaplanan oldukça büyük hedef yer değiştirme değerine kadar itilmesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.
- Şekil 4.44 ve 4.50’de verilen **kat kesme kuvveti** grafikleri incelendiğinde, her iki yön için 1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen sonuçların, genel olarak ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Her iki yön için ZTA ile

elde edilen en büyük kesme kuvveti değerinin ise 1.MOD ve UNIFORM yüklemeleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

▪ Şekil 4.44 ve 4.50’de verilen **en büyük kiriş plastik dönme** grafikleri incelendiğinde, her iki yön için 1.MOD ve UNIFORM analiz sonuçlarının ZTA yönteminin sonuçlarından çok farklı olduğu görülmüştür.

▪ Şekil 4.45 ve 4.46’da verilen **P37 ve P38** perdelerinin **kesme kuvveti, moment ve dönme** grafikleri incelendiğinde;

○ **Kesme kuvveti değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların, tüm katlarda ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, UNIFORM ile elde edilen sonuçların ise alt katlarda uyumlu, üst katlarda ise farklılaştığı görülmüştür.

○ **Moment değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile yakın olduğu üst katlarda ise farklılaştığı, UNIFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür. 1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen en büyük moment değerinin ise ZTA ile oldukça yakın olduğu görülmüştür.

○ **Dönme değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile yakın olduğu orta katlarda uzaklaştığı, üst katlarda ise tekrar yakınlaştığı, UNIFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.

▪ Şekil 4.47 ve 4.48’de verilen **P52 ve P54** perdesi **kesme kuvveti, moment ve dönme** grafikleri incelendiğinde;

○ **Kesme kuvveti değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların, ilk beş kattan sonra ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, UNIFORM ile elde edilen sonuçlarla ise ZTA ile uyumlu olduğu görülmüştür.

○ **Moment değerleri için** 1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile elde edilen sonuçlardan uzak üst katlarda ise benzer

olduğu görülmüştür. 1.MOD ve UNİFORM ile elde edilen en büyük moment değerlerinin ortalaması ise ZTA ile oldukça yakın olduğu görülmüştür.

- **Dönme değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların ZTA ile yakın olduğu, UNİFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.
- Şekil 4.49’da verilen **bağ kirişlerinde oluşan en büyük kiriş plastik dönme** grafikleri incelendiğinde;
  - **1 numaralı bağ kirişi için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların ZTA ile yakın olduğu UNİFORM ile elde edilen sonuçların ise alt katlarda ZTA ile elde edilen sonuçlar ile uyumlu üst katlarda ise farklılaştığı görülmüştür.
  - **2 numaralı bağ kirişi için** alt katlarda 1.MOD ile UNİFORM analizlerden elde edilen sonuçların ortalamasının ZTA ile yakın olduğu üst katlarda ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan uzaklaştığı görülmüştür.
  - **3 numaralı bağ kirişi için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile yakın olduğu orta katlarda uzaklaştığı, üst katlarda ise tekrar yakınladığı, UNİFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile uyumlu olmadığı görülmüştür.
- Şekil 4.51 ve 4.54’te verilen **P51 ve P56 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme** grafikleri incelendiğinde;
  - **Kesme kuvveti değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların, tüm katlarda ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, UNİFORM ile elde edilen sonuçlarla ise alt katlarda uyumlu üst katlarda ise farklılaştığı görülmüştür.
  - **Moment değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile yakın olduğu üst katlarda ise farklılaştığı, UNİFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.

1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen en büyük moment değerinin ise ZTA ile oldukça yakın olduğu görülmüştür.

- **Dönme değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile yakın olduğu orta katlarda uzaklaştığı, üst katlarda ise tekrar yakınlaştığı, UNIFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.
- Şekil 4.52 ve 4.53’de verilen **P52 ve P54 perdesi kesme kuvveti, moment ve dönme** grafikleri incelendiğinde;
  - **Kesme kuvveti değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların, ilk beş kattan sonra ZTA analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, UNIFORM ile elde edilen sonuçlarla ise ZTA ile uyumlu olduğu görülmüştür.
  - **Moment değerleri için** 1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen sonuçların alt katlarda ZTA ile elde edilen sonuçlardan uzak üst katlarda ise benzer olduğu görülmüştür. 1.MOD ve UNIFORM ile elde edilen en büyük moment değerlerinin ortalaması ise ZTA ile oldukça yakın olduğu görülmüştür.
  - **Dönme değerleri için** 1.MOD ile elde edilen sonuçların ZTA ile yakın olduğu, UNIFORM ile elde edilen sonuçların ise ZTA ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında betonarme binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan statik artımsal itme analiz yöntemlerinin, betonarme yüksek binaların deprem performansının belirlenmesinde geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla İzmir’de yapımı amaçlanan DBYBHY 2007 ve İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önermeler’de yer alan tasarım ilkelerine göre tasarımı yapılmış, 3 bodrum, 1 zemin ve 27 normal kattan oluşan 31 katlı, toplam yüksekliği 110 metre olan gerçek betonarme yüksek bir bina ele alınmış ve bu binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri

ve statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan artımsal itme analiz yönteminde literatürde yer alan iki farklı yükleme tipi kullanılmıştır.

Yöntemlerin sonuçlarının değerlendirilmesi amacı ile yedi farklı depreme ait ivme kaydı kullanılarak örnek betonarme yüksek bina modeli üzerinde , FEMA 356'da tanımlanan statik artımsal itme analizi yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz (ZTA) yöntemi ile çözümler yapılmış ve elde edilen bazı yapısal büyüklükler karşılaştırılarak sonuç değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmelerde **kat yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri ve en büyük kat kiriş plastik dönme değerleri, bağ kirişlerinde oluşan plastik dönme değerleri ve P37, P38, P51, P52, P54, P56 perdelerinde oluşan iç kuvvet ve dönme değerleri** incelenmiştir. Bu yapısal büyüklüklerin karşılaştırılması sonucunda varılan başlıca sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Değerlendirmeler sonucunda örnek 31 katlı yapıda, FEMA 356'da tanımlanan statik artımsal itme analizi yöntemlerinden 1. Mod ile itme analizi ile elde edilen **kat yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, ve kat kesme kuvveti değerlerinin** zaman tanım alanında analiz (ZTA) yöntemi sonuçlarına alt katlarda yakın çıkmıştır. Üst katlarda sonuçların uzaklaşmasının nedeni yapının birinci mod hakimiyetinin düşük olması olarak yorumlanabilir, yüksek mod etkilerinin de göz önüne alındığı durumda ZTA' ya daha yakın sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir. Uniform yükleme kat kütleleriyle uyumlu bir yükleme olduğundan çıkan sonuçlar ZTA' dan daha büyük ve güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. Bu durum özellikle alt katlarda kendini göstermektedir. **En büyük kat kiriş plastik dönme değerleri** ise iki yükleme türü içinde ZTA ile uyumsuz sonuçlar vermiştir. Binada yer alan taşıyıcı perde elemanlar için her iki yöntemden elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, kesme kuvveti ve moment değerleri alt katlarda birbirine daha yakın iken üst katlarda ise artımsal itme analizi ile elde edilen sonuçların ZTA' ya göre daha güvensiz kaldığı görülmüştür. Perde dönmeleri kıyaslandığında ise her iki yöntemden elde edilen sonuçların birbirinden çok farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Perde ve kirişlerde meydana gelen plastik dönme değerlerindeki bu uyumsuzluğun nedeninin yüksek

mod etkilerinin yapı davranışına olan etkisinin dikkate alınamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 5.2 Öneriler

Yapılan tez çalışması kapsamında doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ancak, doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine ne kadar yakın sonuçlar verdiğinin daha farklı yapısal özellikler içeren örnek yapılar üzerinde incelenerek, farklı yapısal büyüklükler için yöntemin sınırları ve geçerliliği daha detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

- Sistem perdeleri doğrusal olmayan malzeme özelliği gösteren katmanlı kabuk elamanlar ile modellenmiştir ve tüm perdeler her iki doğrultuda yaklaşık 1 metre olacak şekilde programa böldürülmüştür. Perde elemanların doğrusal olmayan davranışını temsil etmek üzere daha farklı sonlu eleman modelleri kullanılarak daha gerçekçi sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.
- Yapılan analizlerde ikinci mertebe etkileri analizlere dahil edilmemiştir. İkinci mertebe etkilerin sonuçlara olan etkileri ayrıca incelenmelidir.
- Bu çalışmada yapı zemin etkileşiminin sistem davranışına olan etkisi ihmal edilmiştir. Yapı zemin etkileşiminin yapının doğrusal olmayan davranışı üzerindeki etkileri ayrıca araştırılmalıdır.
- Zaman tanım alanında analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde yakın odaklı ve uzak odaklı depremlerin binanın doğrusal olmayan davranışı üzerindeki etkileri daha detaylı olarak incelenmelidir.



## KAYNAKLAR

- Aydinoğlu, N. (2003). An incremental response spectrum analysis based on inelastic spectral displacements for multi-mode seismic performance evaluation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1(1), 3-36.
- Applied Technology Council (ATC) (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California.
- Baker, W. F., Korista, D. S. ve Novak, L. C. (2007). Burj Dubai: engineering the world's tallest building. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 16, 361-375.
- Berahman, F. (2013). Performance-based seismic evaluation of the Icon Hotel in Dubai, United Arab Emirates. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 22(3), 300-326.
- Bozdağ, Ö. (2010). *Binaların deprem performansının belirlenmesi için yönlü modal birleştirme ve enerji esaslı yer değiştirmeye dayalı bir artımsal itme analiz yöntemi*. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Carpenter, L. D., Naeim, F., Lew, M., Youssef, N. F., Rojas, F., Saragoni, G. R. ve diğer. (2011). Performance of tall buildings in Vina del Mar in the 27 February 2010 Offshore Maule, Chile earthquake. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 20, 17-36.
- Chunyu, T., Congzhen, M., Hong, Z. ve Jinzhe, C. (2012). Shaking table test and seismic performance evaluation of Shanghai Tower. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(3), 221-228.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı , (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. Ankara.

- Epacakchi, S., Mirghaderi, R., Esmaili, O., Behbahani, A. A. ve Vahdani, S. (2012). Seismic evaluation of a 56-storey residential reinforced concrete high-rise building based on nonlinear dynamic time-history analysis. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 21, 233-248.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA356) (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington DC.
- Harries, K. A. ve Mcneice, D. S. (2006). Performance-based design of high-rise coupled wall systems. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 15, 289-306.
- Hasan, R., Xu, I. ve Grierson, D. (2002). Push-over analysis for performance-based design. *Computers and Structures*, 80(31), 2483-2493.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (2008). *İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği*, İstanbul.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, (2011). *İzmir İli Yeni Kent Merkezinde Yapılacak Yüksek Binalar İçin Uyulması Gereken Teknik Önergeler*, İzmir.
- Kılar, V. ve Fajfar, P. (1997). Simple push-over analysis of asymmetric buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 26(2), 233-249.
- Klemencic, R., Fry, J. A. ve Hooper, J. D. (2006). Performance-based design of tall reinforced concrete ductile core wall systems. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 15, 571-579.
- Korkmaz, A. (2006). Nonlinear pushover analysis for high rise r/c frame structures. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 87-100.

- Korkmaz, K. A. ve Düzgün, M. (2006). Statik artımsal itme analizinde kullanılan yük dağılımlarının değerlendirilmesi. *İMO Teknik Dergi*, 3873-3878.
- Lagos, R., Kupfer, M., Lindenberg, J., Bonelli, P., Saragoni, R., Guendelman, T. ve diğer. (2012). Seismic performance of high-rise concrete buildings in Chile. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(3), 181-194.
- Lee, J., Han, S. ve Kim, J. (2014). Seismic performance evaluation of apartment buildings with central core. *International Journal of High-Rise Buildings*, 3(1), 9-19.
- Li, Y. R. (1996). *Nonlinear time history and push-over analyses for seismic design and evaluation*, Doktora Tezi, UT, Austin.
- Liu, P., Ho, G., Lee, A., Yin, C., Lee, K., Liu, G.-I. ve diğer. (2012). The structural design of Tianjin Goldin Finance 117 Tower. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(4), 271-281.
- Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council, (2014). *An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region*, Los Angeles.
- Lu, X., Su, N. ve Zhou, Y. (2013). Nonlinear time history analysis of a supertall building with setback in elevation. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 22, 593-614.
- Mander, J., Priestley, M. ve Park, R. (1988). Observed stress-strain behaviour of confined concrete. *Journal of Structural Engineering*, 114(8), 1827-1849.
- Marzban, S., Banazadeh, M. ve Azarbakht, A. (2014). Seismic performance of reinforced concrete shear wall frames considering soil-foundation-structure interaction. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 23, 302-318.

- Merter, O. (2008). *Yapıların enerji esaslı performans analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Moehle, J. D. (2006). Seismic analysis design and review for tall buildings. *The Structural Design of Tall Special Buildings*, 15, 495-513.
- Moehle, J. P. (2005). Nonlinear analysis for performance-based earthquake engineering. *The Structural Design Tall and Special Buildings*, 14(5), 385-400.
- Mortezaei, A. ve Ronagh, H. R. (2013). Plastic hinge length of reinforced concrete columns subjected to both far-Faya and near-Faya ground motions having forward directivity. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 22, 903–926.
- Mwafy, A. ve Elnashai, A. (2001). Static pushover versus dynamic collapse analysis of rc buildings. *Engineering Structures*, 23(5), 407-424.
- Naeim, F., Lew, M., Carpenter, L. D., Youssef, N. F., Rojas, F., Saragoni, G. R. ve diğer. (2011). Performance of tall buildings in Santiago, Chile During The 27 February 2010 Offshore Maule, Chile Earthquake. *The Structural Design Of Tall And Special Buildings*, 20, 1-16.
- Nakai, M., Koshika, N., Hirakawa, K. K. ve Wada, A. (2012). Performance-based seismic design for high-rise buildings in Japan. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(3), 155-167.
- Nateghi-A, F. ve Rezaei-Tabrizi, A. (2013). Nonlinear dynamic response of tall buildings considering soil–structure effects. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 22, 1075-1082.

- Oh, S. H. ve Jeon, J. (2014). A Study on optimum distribution of story shear force coefficient for seismic design of multi-storey structure. *International Journal of High-Rise Buildings*, 3(2), 121-145.
- Park, Y.-K., Kim, H. S. ve Lee, D. G. (2014). Efficient structural analysis of wall-frame structures. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 23, 740-759.
- Paulay, T. ve Priestley, M. J. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: John Wiley and Sons.
- Rojas, F., Naeim, F., Lew, M., Carpenter, L. D., Youssef, N. F., Saragoni, G. R. ve diğ er. (2011). Performance of tall buildings in Concepcion During The 27 February 2010 moment magnitude 8.8 Offshore Maule, Chile Earthquake. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 20, 37-64.
- Saatçioğlu, M. ve Razvi, S. R. (1992). Strength and ductility of confined concrete. *Journal of Structural Engineering*, 118(6), 1590-1607.
- Türker, K. ve İ rtem, E. (2007). Binaların çok modlu uyarlamalı doğrusal olmayan analizi için bir yük artımı yöntemi. *İTÜ Dergisi*, 6(2), 15-26.
- Wu, X., Sun, F., Lu, X. ve Qian, J. (2014). Nonlinear time history analysis of China Pavilion for EXPO 2010 Shanghai China. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 23, 721-739.
- Youssef, N. F., Tunick, D., Naeim, F., Lew, M., Carpenter, L. D., Rojas, F., Saragoni, G. R. ve diğ er (2011). Performance of the Torre Bosquemar and Olas buildings in San Pedro de la Paz and the Pedro de Valdivia building in Concepcion in the 27 February 2010 Offshore Maule, Chile earthquake. *The Structural Design of The Tall and Special Buildings*, 20, 65-82.

Yousuf, M. ve Bagchi, A. (2010). Seismic performance of a 20-storey steel-frame building in Canada. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 19, 901-921.



## EKLER

Tablo Ek1.1 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen kat yatay yer değiştirmesi değerleri

| KAT | KAT YATAY YERDEęİŐTİRMESİ(cm)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 60,11   | 60,13   | 52,91         |
| 26  | 58,90   | 59,29   | 51,87         |
| 25  | 57,61   | 58,40   | 50,76         |
| 24  | 56,24   | 57,45   | 49,59         |
| 23  | 54,76   | 56,43   | 48,33         |
| 22  | 53,16   | 55,31   | 46,97         |
| 21  | 51,43   | 54,08   | 45,51         |
| 20  | 49,57   | 52,73   | 43,94         |
| 19  | 47,57   | 51,25   | 42,28         |
| 18  | 45,43   | 49,62   | 40,49         |
| 17  | 43,14   | 47,83   | 38,58         |
| 16  | 40,74   | 45,89   | 36,56         |
| 15  | 38,24   | 43,80   | 34,54         |
| 14  | 35,63   | 41,56   | 32,44         |
| 13  | 32,93   | 39,14   | 30,25         |
| 12  | 30,15   | 36,57   | 27,96         |
| 11  | 27,33   | 33,86   | 25,60         |
| 10  | 24,49   | 31,01   | 23,16         |
| 9   | 21,64   | 28,06   | 20,69         |
| 8   | 18,80   | 25,02   | 18,19         |
| 7   | 16,03   | 21,91   | 15,69         |
| 6   | 13,37   | 18,79   | 13,31         |
| 5   | 10,89   | 15,69   | 10,99         |
| 4   | 8,48  | 12,53   | 8,70          |
| 3   | 6,20  | 9,38    | 6,46          |
| 2   | 4,08  | 6,28    | 4,28          |
| 1   | 2,15  | 3,30    | 2,24          |
| 0   | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -1  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -2  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -3  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |

Tablo Ek1.2 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen görelî kat yer değiştirmesi oranı değerleri

| KAT | GÖRELİ KAT YERDEĞİŐTİRMESİ ORANI (%)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|--|---------|---------------|
|     | 1. MOD   | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,3293   | 0,2289  | 0,3022        |
| 26  | 0,3488   | 0,2411  | 0,3205        |
| 25  | 0,3733   | 0,2571  | 0,3432        |
| 24  | 0,4015   | 0,2782  | 0,3692        |
| 23  | 0,4341   | 0,3031  | 0,3979        |
| 22  | 0,4693   | 0,3332  | 0,4292        |
| 21  | 0,5061   | 0,3667  | 0,4616        |
| 20  | 0,5429   | 0,4025  | 0,4923        |
| 19  | 0,5824   | 0,4431  | 0,5255        |
| 18  | 0,6211   | 0,4866  | 0,5568        |
| 17  | 0,6515   | 0,5259  | 0,5830        |
| 16  | 0,6805   | 0,5678  | 0,6094        |
| 15  | 0,7069   | 0,6101  | 0,6317        |
| 14  | 0,7333   | 0,6558  | 0,6540        |
| 13  | 0,7547   | 0,6994  | 0,6682        |
| 12  | 0,7658   | 0,7360  | 0,6728        |
| 11  | 0,7724   | 0,7720  | 0,6794        |
| 10  | 0,7755   | 0,8029  | 0,6881        |
| 9   | 0,7690   | 0,8249  | 0,6933        |
| 8   | 0,7545   | 0,8446  | 0,6917        |
| 7   | 0,7205   | 0,8466  | 0,6719        |
| 6   | 0,6755   | 0,8434  | 0,6424        |
| 5   | 0,6525   | 0,8571  | 0,6296        |
| 4   | 0,6196   | 0,8559  | 0,6124        |
| 3   | 0,5774   | 0,8420  | 0,5915        |
| 2   | 0,5238   | 0,8100  | 0,5538        |
| 1   | 0,3050   | 0,4685  | 0,3184        |
| 0   | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -1  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -2  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -3  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |



Tablo Ek1.3 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen kat kesme kuvveti değerleri

| KAT | KAT KESME KUVVETİ (ton)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 77,99   | 63,52    | 199,72        |
| 26  | 275,74  | 219,85   | 511,97        |
| 25  | 490,82  | 395,51   | 802,30        |
| 24  | 695,61  | 567,13   | 1038,15       |
| 23  | 894,81  | 738,77   | 1265,08       |
| 22  | 1088,00   | 910,38   | 1454,74       |
| 21  | 1274,75   | 1082,00  | 1601,77       |
| 20  | 1454,64   | 1253,62  | 2575,90       |
| 19  | 1627,24   | 1425,23  | 1819,97       |
| 18  | 1792,14   | 1596,85  | 1962,55       |
| 17  | 1948,94   | 1768,46  | 2089,13       |
| 16  | 2097,28   | 1940,08  | 2186,91       |
| 15  | 2236,84   | 2111,70  | 2276,09       |
| 14  | 2367,31   | 2283,31  | 2357,69       |
| 13  | 2488,44   | 2454,93  | 2413,18       |
| 12  | 2600,01   | 2626,54  | 2490,68       |
| 11  | 2701,86   | 2798,16  | 2571,62       |
| 10  | 2793,88   | 2969,78  | 2654,18       |
| 9   | 2876,03   | 3141,39  | 2758,68       |
| 8   | 2948,33   | 3313,01  | 2863,89       |
| 7   | 3010,94   | 3484,62  | 2967,54       |
| 6   | 3064,08   | 3656,24  | 3061,70       |
| 5   | 3124,63   | 3887,72  | 3175,58       |
| 4   | 3175,19   | 4125,19  | 3289,10       |
| 3   | 3214,61   | 4362,67  | 3433,98       |
| 2   | 3243,53   | 4600,14  | 3615,17       |
| 1   | 3262,83   | 4837,61  | 3750,35       |
| 0   | 3275,13   | 5135,00  | 3992,28       |
| -1  | 7104,47   | 10880,40 | 8136,54       |
| -2  | 221,56  | 766,00   | 1671,52       |
| -3  | 927,02  | 1471,18  | 1060,57       |

Tablo Ek1.4 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen en büyük kat plastik kiriş dönmesi değerleri

| KAT | EN BÜYÜK KAT PLASTİK KİRİŞ DÖNMESİ (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|--|----------|---------------|
|     | 1. MOD   | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,000220   | 0,000520 | 0,008000      |
| 26  | 0,000476   | 0,000813 | 0,013605      |
| 25  | 0,006762   | 0,003135 | 0,024763      |
| 24  | 0,005361   | 0,003370 | 0,017755      |
| 23  | 0,005566   | 0,003250 | 0,016480      |
| 22  | 0,006690   | 0,003821 | 0,018772      |
| 21  | 0,006875   | 0,004140 | 0,022573      |
| 20  | 0,008423   | 0,003818 | 0,018601      |
| 19  | 0,008120   | 0,004490 | 0,018838      |
| 18  | 0,009798   | 0,005955 | 0,021290      |
| 17  | 0,011016   | 0,006656 | 0,018316      |
| 16  | 0,012368   | 0,008671 | 0,020299      |
| 15  | 0,012762   | 0,009716 | 0,021874      |
| 14  | 0,011984   | 0,008951 | 0,020597      |
| 13  | 0,013438   | 0,011473 | 0,023243      |
| 12  | 0,011383   | 0,010597 | 0,021902      |
| 11  | 0,015494   | 0,012388 | 0,019178      |
| 10  | 0,015999   | 0,011964 | 0,020534      |
| 9   | 0,015421   | 0,013113 | 0,025761      |
| 8   | 0,016047   | 0,014464 | 0,022385      |
| 7   | 0,013955   | 0,015873 | 0,023062      |
| 6   | 0,015364   | 0,014661 | 0,025661      |
| 5   | 0,012988   | 0,015389 | 0,025239      |
| 4   | 0,014379   | 0,017565 | 0,022678      |
| 3   | 0,015743   | 0,016556 | 0,022708      |
| 2   | 0,014308   | 0,016584 | 0,024239      |
| 1   | 0,013384   | 0,016176 | 0,018307      |
| 0   | 0,013619   | 0,016406 | 0,023518      |
| -1  | 0,010945   | 0,016000 | 0,002256      |
| -2  | 0,000476   | 0,000813 | 0,000859      |
| -3  | 0,000036   | 0,000035 | 0,000043      |

Tablo Ek1.5 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen 1 nolu bağ kirişte oluşan plastik dönme değerleri

| KAT | 1 NOLU BAĞ KİRİŞTE OLUŞAN PLASTİK DÖNMELER (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|--|----------|---------------|
|     | 1,MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,00180  | 0,00052  | 0,00223       |
| 26  | 0,00187  | 0,00004  | 0,00247       |
| 25  | 0,00100  | 0,00001  | 0,00290       |
| 24  | 0,00225  | 0,00003  | 0,00474       |
| 23  | 0,00217  | 0,00003  | 0,00348       |
| 22  | 0,00365  | 0,00077  | 0,00638       |
| 21  | 0,00378  | 0,00093  | 0,00569       |
| 20  | 0,00542  | 0,00232  | 0,00580       |
| 19  | 0,00559  | 0,00261  | 0,00644       |
| 18  | 0,00719  | 0,00398  | 0,00727       |
| 17  | 0,00789  | 0,00544  | 0,00993       |
| 16  | 0,00920  | 0,00639  | 0,01056       |
| 15  | 0,00954  | 0,00700  | 0,01296       |
| 14  | 0,00969  | 0,00750  | 0,00990       |
| 13  | 0,01024  | 0,00871  | 0,01092       |
| 12  | 0,01132  | 0,01038  | 0,01256       |
| 11  | 0,01252  | 0,01196  | 0,01110       |
| 10  | 0,01104  | 0,01140  | 0,01287       |
| 9   | 0,01292  | 0,01394  | 0,01493       |
| 8   | 0,01217  | 0,01401  | 0,01361       |
| 7   | 0,01219  | 0,01466  | 0,01447       |
| 6   | 0,01186  | 0,01523  | 0,01530       |
| 5   | 0,01094  | 0,01521  | 0,01261       |
| 4   | 0,01103  | 0,01632  | 0,01564       |
| 3   | 0,01292  | 0,01658  | 0,01417       |
| 2   | 0,00931  | 0,01618  | 0,01023       |
| 1   | 0,00858  | 0,01641  | 0,01927       |
| 0   | 0,00752  | 0,01600  | 0,01368       |
| -1  | 0,000801   | 0,001085 | 0,0011890     |
| -2  | 0,000017   | 0,000183 | 0,0002267     |
| -3  | 0,00001  | 0,000011 | 1,82857E-05   |

Tablo Ek1.6 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen 2 nolu bağ kirişte oluşan plastik dönme değerleri

| KAT | 2 NOLU BAĞ KİRİŞTE OLUŞAN PLASTİK DÖNMELER<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |           |               |
|-----|--|-----------|---------------|
|     | 1.MOD  | UNIFORM   | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,00001  | 0,00000   | 0,00146       |
| 26  | 0,00001  | 0,00001   | 0,00183       |
| 25  | 0,00001  | 0,00001   | 0,00096       |
| 24  | 0,00002  | 0,00002   | 0,00146       |
| 23  | 0,00002  | 0,00002   | 0,00223       |
| 22  | 0,00004  | 0,00004   | 0,00320       |
| 21  | 0,00050  | 0,00054   | 0,00321       |
| 20  | 0,00106  | 0,00123   | 0,00406       |
| 19  | 0,00175  | 0,00222   | 0,00625       |
| 18  | 0,00153  | 0,00195   | 0,00790       |
| 17  | 0,00340  | 0,00446   | 0,01119       |
| 16  | 0,00327  | 0,00478   | 0,00853       |
| 15  | 0,00382  | 0,00583   | 0,00818       |
| 14  | 0,00421  | 0,00679   | 0,00795       |
| 13  | 0,00447  | 0,00768   | 0,00831       |
| 12  | 0,00548  | 0,00973   | 0,01000       |
| 11  | 0,00524  | 0,00991   | 0,00950       |
| 10  | 0,00510  | 0,01083   | 0,00981       |
| 9   | 0,00832  | 0,01446   | 0,00800       |
| 8   | 0,00654  | 0,01376   | 0,01040       |
| 7   | 0,00588  | 0,01373   | 0,01394       |
| 6   | 0,00610  | 0,01480   | 0,01316       |
| 5   | 0,00333  | 0,01239   | 0,00890       |
| 4   | 0,00579  | 0,01594   | 0,01100       |
| 3   | 0,00510  | 0,01578   | 0,01112       |
| 2   | 0,00447  | 0,01568   | 0,01289       |
| 1   | 0,00419  | 0,01573   | 0,00929       |
| 0   | 0,00403  | 0,01590   | 0,00997       |
| -1  | 0,000086   | 0,000874  | 0,0010351     |
| -2  | 0,000316   | 0,0004    | 0,0003301     |
| -3  | 0,000013   | 5,161E-06 | 0,000018      |

Tablo Ek1.7 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen 3 nolu bağ kirişte oluşan plastik dönme değerleri

| KAT | 3 NOLU BAĞ KİRİŞTE OLUŞAN PLASTİK DÖNMELER<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|--|----------|---------------|
|     | 1.MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,00160  | 0,00022  | 0,00179       |
| 26  | 0,00161  | 0,00001  | 0,00207       |
| 25  | 0,00048  | 0,00000  | 0,00090       |
| 24  | 0,00042  | 0,00000  | 0,00128       |
| 23  | 0,00006  | 0,00001  | 0,00165       |
| 22  | 0,00003  | 0,00002  | 0,00245       |
| 21  | 0,00002  | 0,00003  | 0,00306       |
| 20  | 0,00002  | 0,00052  | 0,00368       |
| 19  | 0,00002  | 0,00196  | 0,00539       |
| 18  | 0,00000  | 0,00112  | 0,00521       |
| 17  | 0,00000  | 0,00365  | 0,00682       |
| 16  | 0,00001  | 0,00395  | 0,00867       |
| 15  | 0,00001  | 0,00480  | 0,00684       |
| 14  | 0,00004  | 0,00691  | 0,00677       |
| 13  | 0,00003  | 0,00721  | 0,00895       |
| 12  | 0,00006  | 0,00927  | 0,00871       |
| 11  | 0,00002  | 0,00866  | 0,00729       |
| 10  | 0,00004  | 0,01072  | 0,00891       |
| 9   | 0,00007  | 0,01183  | 0,00940       |
| 8   | 0,00005  | 0,01255  | 0,00869       |
| 7   | 0,00003  | 0,01186  | 0,00896       |
| 6   | 0,00005  | 0,01376  | 0,01059       |
| 5   | 0,00004  | 0,01343  | 0,01044       |
| 4   | 0,00115  | 0,01656  | 0,01185       |
| 3   | 0,00004  | 0,01431  | 0,01064       |
| 2   | 0,00004  | 0,01484  | 0,01065       |
| 1   | 0,00003  | 0,01427  | 0,01100       |
| 0   | 0,00005  | 0,01520  | 0,00960       |
| -1  | 0,000022   | 0,000681 | 0,0009191     |
| -2  | 0,000476   | 0,000422 | 0,0004913     |
| -3  | 0,000022   | 8,13E-06 | 0,000025      |

Tablo Ek1.8 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P37 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P37 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 59,41   | 16,59   | 87,78         |
| 26  | 71,19   | 5,07    | 143,95        |
| 25  | 138,37  | 37,68   | 169,87        |
| 24  | 127,70  | 40,52   | 154,49        |
| 23  | 163,10  | 71,35   | 196,87        |
| 22  | 172,13  | 77,43   | 194,39        |
| 21  | 198,36  | 112,79  | 198,16        |
| 20  | 225,09  | 149,74  | 249,60        |
| 19  | 200,44  | 131,37  | 199,90        |
| 18  | 205,08  | 146,46  | 233,12        |
| 17  | 244,89  | 181,10  | 248,46        |
| 16  | 308,99  | 204,56  | 292,63        |
| 15  | 249,67  | 229,47  | 288,18        |
| 14  | 333,82  | 286,74  | 335,65        |
| 13  | 331,94  | 298,65  | 329,01        |
| 12  | 337,15  | 287,72  | 308,56        |
| 11  | 396,37  | 332,12  | 351,41        |
| 10  | 367,56  | 335,18  | 347,89        |
| 9   | 407,60  | 402,13  | 406,40        |
| 8   | 320,07  | 330,86  | 339,02        |
| 7   | 387,08  | 408,45  | 405,31        |
| 6   | 348,00  | 373,36  | 375,87        |
| 5   | 155,25  | 196,51  | 281,80        |
| 4   | 291,37  | 350,35  | 323,17        |
| 3   | 271,05  | 321,42  | 331,08        |
| 2   | 312,24  | 379,79  | 350,87        |
| 1   | 354,92  | 454,55  | 446,18        |
| 0   | 516,06  | 522,82  | 455,52        |
| -1  | 832,83  | 1267,31 | 1068,83       |
| -2  | 53,47   | 159,10  | 417,25        |
| -3  | 49,00   | 84,92   | 116,78        |

Tablo Ek1.9 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P37 perdesi moment değerleri

| KAT | P37 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 14,59   | 74,77   | 153,36        |
| 26  | 169,29  | 177,27  | 290,35        |
| 25  | 189,96  | 211,18  | 294,94        |
| 24  | 324,37  | 303,59  | 406,74        |
| 23  | 310,22  | 325,92  | 417,09        |
| 22  | 409,97  | 416,44  | 523,84        |
| 21  | 354,03  | 418,26  | 596,11        |
| 20  | 384,91  | 430,49  | 715,96        |
| 19  | 412,21  | 528,04  | 763,92        |
| 18  | 476,07  | 571,04  | 817,11        |
| 17  | 227,56  | 482,54  | 709,84        |
| 16  | 161,19  | 410,79  | 794,92        |
| 15  | 165,08  | 401,72  | 892,63        |
| 14  | 246,06  | 302,32  | 1020,00       |
| 13  | 186,72  | 357,09  | 1045,37       |
| 12  | 335,29  | 220,39  | 1147,81       |
| 11  | 520,58  | 159,96  | 1218,52       |
| 10  | 562,33  | 213,18  | 1129,41       |
| 9   | 736,75  | 377,46  | 1210,66       |
| 8   | 758,71  | 330,67  | 1091,99       |
| 7   | 1192,39   | 606,51  | 1312,99       |
| 6   | 1351,85   | 680,50  | 1384,39       |
| 5   | 912,83  | 456,31  | 1140,16       |
| 4   | 1039,68   | 645,54  | 1239,07       |
| 3   | 1185,95   | 853,20  | 1454,01       |
| 2   | 1452,37   | 1193,36 | 1657,83       |
| 1   | 1935,19   | 1924,10 | 2208,98       |
| 0   | 4790,58   | 4671,50 | 4249,87       |
| -1  | 134,87  | 119,03  | 786,53        |
| -2  | 33,17   | 60,94   | 213,61        |
| -3  | 42,89   | 72,09   | 235,25        |

Tablo Ek1.10 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P37 perdesi dönme değerleri

| KAT | P37 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,003100  | 0,002100 | 0,002900      |
| 26  | 0,003244  | 0,002264 | 0,003035      |
| 25  | 0,003390  | 0,002347 | 0,003181      |
| 24  | 0,003599  | 0,002485 | 0,003365      |
| 23  | 0,003873  | 0,002667 | 0,003591      |
| 22  | 0,004160  | 0,002890 | 0,003856      |
| 21  | 0,004516  | 0,003165 | 0,004152      |
| 20  | 0,004853  | 0,003469 | 0,004438      |
| 19  | 0,005244  | 0,003817 | 0,004721      |
| 18  | 0,005610  | 0,004197 | 0,005049      |
| 17  | 0,006026  | 0,004615 | 0,005322      |
| 16  | 0,006344  | 0,005024 | 0,005577      |
| 15  | 0,006650  | 0,005416 | 0,005795      |
| 14  | 0,006932  | 0,005837 | 0,006011      |
| 13  | 0,007170  | 0,006252 | 0,006163      |
| 12  | 0,007440  | 0,006724 | 0,006368      |
| 11  | 0,007571  | 0,007103 | 0,006419      |
| 10  | 0,007668  | 0,007467 | 0,006470      |
| 9   | 0,007710  | 0,007795 | 0,006536      |
| 8   | 0,007706  | 0,008052 | 0,006601      |
| 7   | 0,007612  | 0,008277 | 0,006674      |
| 6   | 0,007358  | 0,008363 | 0,006531      |
| 5   | 0,006978  | 0,008383 | 0,006352      |
| 4   | 0,006640  | 0,008441 | 0,006149      |
| 3   | 0,006352  | 0,008496 | 0,005980      |
| 2   | 0,005991  | 0,008425 | 0,005834      |
| 1   | 0,005462  | 0,008175 | 0,005578      |
| 0   | 0,004854  | 0,007659 | 0,005058      |
| -1  | 0,000772  | 0,001213 | 0,000962      |
| -2  | 0,000074  | 0,000179 | 0,000411      |
| -3  | 0,000029  | 0,000069 | 0,000141      |



Tablo Ek1.11 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P38 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P38 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 18,01   | 12,37   | 140,23        |
| 26  | 128,85  | 147,49  | 249,78        |
| 25  | 190,18  | 152,38  | 265,57        |
| 24  | 301,18  | 272,98  | 384,48        |
| 23  | 310,95  | 298,78  | 380,48        |
| 22  | 374,35  | 393,48  | 458,64        |
| 21  | 363,71  | 442,90  | 543,73        |
| 20  | 331,80  | 448,23  | 580,26        |
| 19  | 396,91  | 551,77  | 669,10        |
| 18  | 369,91  | 612,90  | 662,86        |
| 17  | 246,23  | 529,28  | 603,27        |
| 16  | 99,25   | 479,15  | 634,53        |
| 15  | 108,23  | 499,87  | 728,84        |
| 14  | 122,60  | 506,55  | 748,15        |
| 13  | 128,85  | 519,24  | 813,24        |
| 12  | 224,74  | 366,32  | 887,61        |
| 11  | 367,32  | 301,80  | 897,55        |
| 10  | 388,91  | 266,67  | 930,99        |
| 9   | 601,24  | 162,69  | 947,73        |
| 8   | 655,01  | 154,22  | 910,75        |
| 7   | 1030,12   | 330,03  | 1039,63       |
| 6   | 1103,73   | 399,07  | 1053,42       |
| 5   | 733,50  | 221,59  | 856,47        |
| 4   | 944,88  | 405,44  | 977,24        |
| 3   | 1023,43   | 586,44  | 1113,30       |
| 2   | 1233,07   | 830,85  | 1282,42       |
| 1   | 1578,52   | 1044,58 | 1675,44       |
| 0   | 4017,73   | 3279,11 | 3613,24       |
| -1  | 99,66   | 127,39  | 609,57        |
| -2  | 15,94   | 28,11   | 111,36        |
| -3  | 19,18   | 25,14   | 79,22         |

Tablo Ek1.12 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P38 perdesi moment değerleri

| KAT | P38 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 69,00   | 30,41   | 71,71         |
| 26  | 65,77   | 4,47    | 99,67         |
| 25  | 104,82  | 49,69   | 110,13        |
| 24  | 94,70   | 32,10   | 99,20         |
| 23  | 114,57  | 51,41   | 123,91        |
| 22  | 129,64  | 56,36   | 133,22        |
| 21  | 136,30  | 57,35   | 145,92        |
| 20  | 177,27  | 90,41   | 172,34        |
| 19  | 154,23  | 74,69   | 154,61        |
| 18  | 174,22  | 73,03   | 154,84        |
| 17  | 195,50  | 105,31  | 168,79        |
| 16  | 214,43  | 120,12  | 188,89        |
| 15  | 255,39  | 136,47  | 222,34        |
| 14  | 222,61  | 133,65  | 204,54        |
| 13  | 259,47  | 161,02  | 216,15        |
| 12  | 261,58  | 171,83  | 216,64        |
| 11  | 278,15  | 190,03  | 226,81        |
| 10  | 264,35  | 176,65  | 224,81        |
| 9   | 299,86  | 231,50  | 262,17        |
| 8   | 275,53  | 206,37  | 249,23        |
| 7   | 313,40  | 242,92  | 282,67        |
| 6   | 271,70  | 213,68  | 246,16        |
| 5   | 76,13   | 82,13   | 143,24        |
| 4   | 257,53  | 227,24  | 231,46        |
| 3   | 217,17  | 206,98  | 232,98        |
| 2   | 244,53  | 238,23  | 262,69        |
| 1   | 260,23  | 181,86  | 341,25        |
| 0   | 426,86  | 429,36  | 377,58        |
| -1  | 731,42  | 910,95  | 886,44        |
| -2  | 63,38   | 133,18  | 329,53        |
| -3  | 48,77   | 73,02   | 100,35        |

Tablo Ek1.13 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P38 perdesi dönme değerleri

| KAT | P38 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,003100  | 0,002100 | 0,002900      |
| 26  | 0,003234  | 0,002260 | 0,003011      |
| 25  | 0,003381  | 0,002342 | 0,003175      |
| 24  | 0,003593  | 0,002479 | 0,003297      |
| 23  | 0,003868  | 0,002668 | 0,003586      |
| 22  | 0,004158  | 0,002886 | 0,003798      |
| 21  | 0,004512  | 0,003170 | 0,004117      |
| 20  | 0,004855  | 0,003475 | 0,004354      |
| 19  | 0,005232  | 0,003822 | 0,004661      |
| 18  | 0,005617  | 0,004210 | 0,004993      |
| 17  | 0,006010  | 0,004630 | 0,005268      |
| 16  | 0,006357  | 0,005039 | 0,005524      |
| 15  | 0,006600  | 0,005292 | 0,005650      |
| 14  | 0,006921  | 0,005857 | 0,005946      |
| 13  | 0,007172  | 0,006273 | 0,006067      |
| 12  | 0,007427  | 0,006745 | 0,006304      |
| 11  | 0,007582  | 0,007122 | 0,006306      |
| 10  | 0,007662  | 0,007490 | 0,006320      |
| 9   | 0,007723  | 0,007825 | 0,006417      |
| 8   | 0,007688  | 0,008071 | 0,006479      |
| 7   | 0,007614  | 0,008301 | 0,006565      |
| 6   | 0,007338  | 0,008389 | 0,006393      |
| 5   | 0,006988  | 0,008402 | 0,006288      |
| 4   | 0,006627  | 0,008456 | 0,006010      |
| 3   | 0,006343  | 0,008514 | 0,005921      |
| 2   | 0,005983  | 0,008439 | 0,005713      |
| 1   | 0,005466  | 0,008219 | 0,005517      |
| 0   | 0,004878  | 0,007902 | 0,004960      |
| -1  | 0,000768  | 0,000983 | 0,000926      |
| -2  | 0,000092  | 0,000134 | 0,000405      |
| -3  | 0,000028  | 0,000060 | 0,000124      |

Tablo Ek1.14 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P52 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P52 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 272,07  | 194,57  | 255,88        |
| 25  | 157,04  | 76,73   | 179,01        |
| 24  | 83,22   | 38,89   | 233,73        |
| 23  | 48,21   | 41,13   | 275,27        |
| 22  | 25,64   | 68,12   | 302,55        |
| 21  | 56,54   | 140,75  | 363,55        |
| 20  | 79,47   | 153,44  | 386,29        |
| 19  | 108,45  | 193,91  | 412,71        |
| 18  | 172,71  | 237,60  | 444,85        |
| 17  | 258,98  | 311,76  | 482,18        |
| 16  | 224,35  | 305,55  | 491,03        |
| 15  | 280,91  | 330,99  | 501,84        |
| 14  | 284,45  | 357,81  | 486,85        |
| 13  | 359,75  | 431,39  | 505,27        |
| 12  | 400,67  | 480,83  | 520,36        |
| 11  | 366,73  | 493,93  | 513,44        |
| 10  | 396,77  | 538,77  | 549,07        |
| 9   | 426,64  | 590,96  | 580,10        |
| 8   | 482,84  | 598,60  | 586,76        |
| 7   | 525,89  | 716,92  | 671,53        |
| 6   | 404,02  | 606,89  | 592,49        |
| 5   | 225,12  | 364,21  | 499,47        |
| 4   | 362,44  | 686,76  | 593,66        |
| 3   | 380,96  | 736,09  | 672,14        |
| 2   | 344,99  | 979,27  | 749,35        |
| 1   | 385,46  | 1131,53 | 888,32        |
| 0   | 672,33  | 1374,68 | 1055,03       |
| -1  | 1260,32   | 3258,56 | 2372,40       |
| -2  | 333,23  | 694,71  | 674,58        |
| -3  | 157,11  | 325,16  | 245,57        |

Tablo Ek1.15 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P52 perdesi moment değerleri

| KAT | P52 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 1121,15   | 783,03   | 1168,78       |
| 25  | 1584,77   | 1089,74  | 1638,11       |
| 24  | 1825,40   | 1390,51  | 1929,03       |
| 23  | 2051,96   | 1605,23  | 2141,45       |
| 22  | 2136,41   | 1883,76  | 2285,55       |
| 21  | 2197,60   | 2104,90  | 2397,16       |
| 20  | 2222,42   | 2321,16  | 2560,96       |
| 19  | 2263,65   | 2469,25  | 2774,78       |
| 18  | 2200,66   | 2699,04  | 2839,93       |
| 17  | 1821,18   | 2448,81  | 2615,57       |
| 16  | 1639,19   | 2396,45  | 2702,15       |
| 15  | 1396,23   | 2404,97  | 2939,97       |
| 14  | 1282,77   | 2307,17  | 3246,29       |
| 13  | 976,81  | 2105,72  | 3514,31       |
| 12  | 659,38  | 1587,49  | 3790,52       |
| 11  | 700,77  | 1267,78  | 3827,04       |
| 10  | 742,55  | 983,74   | 3940,52       |
| 9   | 782,81  | 1249,72  | 4271,75       |
| 8   | 1355,65   | 1495,19  | 4327,99       |
| 7   | 2141,92   | 1951,91  | 4463,42       |
| 6   | 2489,94   | 2461,00  | 4713,06       |
| 5   | 2098,76   | 2295,56  | 4294,72       |
| 4   | 2513,17   | 3100,91  | 4531,35       |
| 3   | 3014,77   | 4166,96  | 5030,01       |
| 2   | 3158,31   | 5786,58  | 5388,52       |
| 1   | 2995,72   | 8484,55  | 7006,72       |
| 0   | 6247,26   | 16670,82 | 11908,12      |
| -1  | 1125,81   | 3545,44  | 3322,32       |
| -2  | 1112,78   | 2566,81  | 2242,85       |
| -3  | 1095,93   | 2088,14  | 2033,76       |

Tablo Ek1.16 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P54 perdesi dönme değerleri

| KAT | P52 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 0,002358  | 0,002157 | 0,0027019     |
| 25  | 0,002441  | 0,002218 | 0,002793      |
| 24  | 0,002578  | 0,002336 | 0,002942      |
| 23  | 0,002744  | 0,002497 | 0,003123      |
| 22  | 0,003000  | 0,002500 | 0,003328      |
| 21  | 0,003154  | 0,002950 | 0,003547      |
| 20  | 0,003401  | 0,003247 | 0,003803      |
| 19  | 0,003622  | 0,003577 | 0,004055      |
| 18  | 0,003881  | 0,003931 | 0,004303      |
| 17  | 0,004120  | 0,004341 | 0,004570      |
| 16  | 0,004338  | 0,004736 | 0,004789      |
| 15  | 0,004520  | 0,005130 | 0,005001      |
| 14  | 0,004689  | 0,005554 | 0,005234      |
| 13  | 0,004846  | 0,005965 | 0,005393      |
| 12  | 0,004991  | 0,006405 | 0,005561      |
| 11  | 0,005089  | 0,006781 | 0,005614      |
| 10  | 0,005132  | 0,007148 | 0,005673      |
| 9   | 0,005169  | 0,007487 | 0,005732      |
| 8   | 0,005143  | 0,007749 | 0,005772      |
| 7   | 0,005060  | 0,007935 | 0,005824      |
| 6   | 0,004905  | 0,008079 | 0,005826      |
| 5   | 0,004672  | 0,008103 | 0,005676      |
| 4   | 0,004470  | 0,008183 | 0,005577      |
| 3   | 0,004231  | 0,008197 | 0,005413      |
| 2   | 0,003968  | 0,008136 | 0,005357      |
| 1   | 0,003608  | 0,007842 | 0,005068      |
| 0   | 0,003358  | 0,007485 | 0,004885      |
| -1  | 0,000352  | 0,000942 | 0,000759      |
| -2  | 0,000117  | 0,000211 | 0,000202      |
| -3  | 0,000053  | 0,000084 | 0,000077      |

Tablo Ek1.17 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P54 kesme kuvveti değerleri

| KAT | P54 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 214,07  | 67,43   | 191,17        |
| 25  | 104,98  | 13,85   | 139,22        |
| 24  | 49,85   | 65,15   | 198,47        |
| 23  | 12,80   | 100,12  | 250,88        |
| 22  | 31,59   | 135,40  | 298,25        |
| 21  | 76,44   | 170,47  | 339,26        |
| 20  | 93,85   | 184,61  | 347,73        |
| 19  | 130,73  | 241,94  | 394,98        |
| 18  | 196,00  | 281,60  | 442,76        |
| 17  | 257,04  | 318,39  | 453,30        |
| 16  | 241,62  | 329,75  | 452,20        |
| 15  | 271,96  | 364,04  | 455,56        |
| 14  | 267,03  | 359,74  | 443,51        |
| 13  | 326,88  | 443,50  | 492,58        |
| 12  | 392,56  | 506,16  | 511,31        |
| 11  | 353,08  | 523,21  | 495,12        |
| 10  | 363,83  | 547,15  | 526,77        |
| 9   | 386,89  | 557,10  | 525,33        |
| 8   | 453,79  | 635,33  | 568,53        |
| 7   | 504,90  | 734,80  | 687,67        |
| 6   | 380,52  | 600,79  | 561,46        |
| 5   | 235,81  | 374,42  | 445,98        |
| 4   | 345,01  | 635,26  | 542,52        |
| 3   | 386,26  | 700,20  | 637,48        |
| 2   | 493,87  | 727,94  | 711,78        |
| 1   | 798,99  | 592,74  | 864,72        |
| 0   | 671,59  | 1207,59 | 952,62        |
| -1  | 1995,12   | 2224,64 | 2099,31       |
| -2  | 452,79  | 385,45  | 528,78        |
| -3  | 164,01  | 217,32  | 186,26        |

Tablo Ek1.18 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P54 moment değerleri

| KAT | P54 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 866,84  | 595,01  | 913,42        |
| 25  | 1156,40   | 1011,83 | 1315,24       |
| 24  | 1291,69   | 1344,65 | 1568,65       |
| 23  | 1404,84   | 1668,16 | 1756,67       |
| 22  | 1440,95   | 1980,59 | 1906,97       |
| 21  | 1420,64   | 2317,90 | 2116,40       |
| 20  | 1376,67   | 2544,69 | 2286,78       |
| 19  | 1318,88   | 2722,01 | 2537,65       |
| 18  | 1169,29   | 3010,02 | 2624,15       |
| 17  | 764,51  | 2925,21 | 2481,56       |
| 16  | 508,78  | 2901,40 | 2537,42       |
| 15  | 524,18  | 3013,60 | 2785,73       |
| 14  | 615,15  | 3042,58 | 3004,26       |
| 13  | 711,70  | 2925,76 | 3128,24       |
| 12  | 944,18  | 2497,10 | 3265,42       |
| 11  | 1246,99   | 2310,54 | 3458,21       |
| 10  | 1453,25   | 2046,90 | 3607,29       |
| 9   | 1919,43   | 1440,93 | 3742,13       |
| 8   | 2621,70   | 796,53  | 4002,25       |
| 7   | 3352,54   | 839,76  | 4222,07       |
| 6   | 3706,32   | 887,31  | 4498,35       |
| 5   | 3388,57   | 915,56  | 4319,30       |
| 4   | 3783,06   | 965,19  | 4528,30       |
| 3   | 4328,91   | 1845,21 | 5159,06       |
| 2   | 5193,03   | 2656,82 | 5789,78       |
| 1   | 7350,73   | 3421,46 | 7336,40       |
| 0   | 11329,86  | 8846,06 | 11674,60      |
| -1  | 2316,29   | 1015,25 | 2838,29       |
| -2  | 1761,04   | 924,62  | 2085,01       |
| -3  | 1776,44   | 1021,32 | 1838,17       |



Tablo Ek1.19 Örnek yapı sistemi X-X yönü yüklemelerinden elde edilen P54 dönme değerleri

| KAT | P54 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(X-X YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 0,002345  | 0,002154 | 0,0026953     |
| 25  | 0,002428  | 0,002222 | 0,002785      |
| 24  | 0,002566  | 0,002334 | 0,002938      |
| 23  | 0,002736  | 0,002498 | 0,003116      |
| 22  | 0,003000  | 0,002700 | 0,003286      |
| 21  | 0,003153  | 0,002951 | 0,003542      |
| 20  | 0,003387  | 0,003254 | 0,003806      |
| 19  | 0,003621  | 0,003578 | 0,004050      |
| 18  | 0,003867  | 0,003936 | 0,004309      |
| 17  | 0,004116  | 0,004343 | 0,004564      |
| 16  | 0,004333  | 0,004745 | 0,004803      |
| 15  | 0,004517  | 0,005129 | 0,005013      |
| 14  | 0,004689  | 0,005563 | 0,005250      |
| 13  | 0,004848  | 0,005967 | 0,005381      |
| 12  | 0,004993  | 0,006413 | 0,005583      |
| 11  | 0,005086  | 0,006781 | 0,005594      |
| 10  | 0,005133  | 0,007158 | 0,005696      |
| 9   | 0,005169  | 0,007488 | 0,005721      |
| 8   | 0,005148  | 0,007763 | 0,005775      |
| 7   | 0,005056  | 0,007929 | 0,005829      |
| 6   | 0,004911  | 0,008095 | 0,005809      |
| 5   | 0,004665  | 0,008100 | 0,005682      |
| 4   | 0,004476  | 0,008199 | 0,005554      |
| 3   | 0,004231  | 0,008202 | 0,005425      |
| 2   | 0,003982  | 0,008154 | 0,005310      |
| 1   | 0,003567  | 0,007921 | 0,005085      |
| 0   | 0,003142  | 0,007740 | 0,004780      |
| -1  | 0,000571  | 0,000726 | 0,000832      |
| -2  | 0,000142  | 0,000090 | 0,000211      |
| -3  | 0,000045  | 0,000048 | 0,000054      |

Tablo Ek1.20 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen kat yatay yer değiştirmesi değerleri

| KAT | KAT YATAY YERDEĐİŐTİRMESİ(cm)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 89,77   | 89,84   | 71,84         |
| 26  | 86,50   | 86,82   | 69,15         |
| 25  | 83,19   | 83,79   | 66,43         |
| 24  | 79,86   | 80,72   | 63,71         |
| 23  | 76,49   | 77,61   | 60,96         |
| 22  | 73,08   | 74,47   | 58,18         |
| 21  | 69,62   | 71,27   | 55,38         |
| 20  | 66,13   | 68,03   | 52,54         |
| 19  | 62,59   | 64,74   | 49,66         |
| 18  | 59,03   | 61,39   | 46,74         |
| 17  | 55,43   | 58,00   | 43,78         |
| 16  | 51,80   | 54,55   | 40,79         |
| 15  | 48,16   | 51,06   | 37,79         |
| 14  | 44,50   | 47,53   | 34,79         |
| 13  | 40,85   | 43,96   | 31,82         |
| 12  | 37,21   | 40,37   | 28,86         |
| 11  | 33,58   | 36,75   | 25,94         |
| 10  | 30,00   | 33,13   | 23,05         |
| 9   | 26,46   | 29,51   | 20,21         |
| 8   | 23,00   | 25,91   | 17,43         |
| 7   | 19,62   | 22,34   | 14,73         |
| 6   | 16,35   | 18,84   | 12,15         |
| 5   | 13,23   | 15,43   | 9,71          |
| 4   | 10,25   | 12,11   | 7,41          |
| 3   | 7,44  | 8,91    | 5,26          |
| 2   | 4,85  | 5,88    | 3,33          |
| 1   | 2,50  | 3,04    | 1,68          |
| 0   | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -1  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -2  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |
| -3  | 0,00  | 0,00    | 0,00          |

Tablo Ek1.21 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen görelî kat yer değiştirmesi oranı değerleri

| KAT | GÖRELİ KAT YERDEĞİŐTİRMESİ ORANI (%)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|--|---------|---------------|
|     | 1. MOD   | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,8901   | 0,8190  | 0,7701        |
| 26  | 0,8901   | 0,8190  | 0,7701        |
| 25  | 0,8971   | 0,8253  | 0,7771        |
| 24  | 0,9056   | 0,8333  | 0,7853        |
| 23  | 0,9155   | 0,8431  | 0,7940        |
| 22  | 0,9265   | 0,8547  | 0,8036        |
| 21  | 0,9376   | 0,8671  | 0,8136        |
| 20  | 0,9492   | 0,8809  | 0,8230        |
| 19  | 0,9601   | 0,8949  | 0,8310        |
| 18  | 0,9693   | 0,9083  | 0,8376        |
| 17  | 0,9776   | 0,9220  | 0,8426        |
| 16  | 0,9843   | 0,9351  | 0,8457        |
| 15  | 0,9897   | 0,9480  | 0,8453        |
| 14  | 0,9933   | 0,9601  | 0,8415        |
| 13  | 0,9918   | 0,9681  | 0,8354        |
| 12  | 0,9894   | 0,9763  | 0,8273        |
| 11  | 0,9843   | 0,9825  | 0,8173        |
| 10  | 0,9739   | 0,9843  | 0,8050        |
| 9   | 0,9603   | 0,9837  | 0,7913        |
| 8   | 0,9406   | 0,9774  | 0,7740        |
| 7   | 0,9175   | 0,9682  | 0,7541        |
| 6   | 0,8870   | 0,9512  | 0,7252        |
| 5   | 0,8496   | 0,9271  | 0,6880        |
| 4   | 0,8084   | 0,9003  | 0,6547        |
| 3   | 0,7633   | 0,8693  | 0,6139        |
| 2   | 0,7039   | 0,8238  | 0,5538        |
| 1   | 0,6386   | 0,7696  | 0,4760        |
| 0   | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -1  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -2  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |
| -3  | 0,0000   | 0,0000  | 0,0000        |

Tablo Ek1.22 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen görelî kat kesme kuvveti değerleri

| KAT | KAT KESME KUVVETİ (ton)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 110,60  | 70,46    | 226,83        |
| 26  | 372,98  | 243,87   | 690,68        |
| 25  | 656,35  | 438,73   | 1116,42       |
| 24  | 921,85  | 629,09   | 1437,84       |
| 23  | 1175,91   | 819,49   | 1672,98       |
| 22  | 1418,31   | 1009,85  | 1828,48       |
| 21  | 1648,95   | 1200,22  | 1934,98       |
| 20  | 1867,66   | 1390,59  | 1985,23       |
| 19  | 2074,31   | 1580,95  | 1997,70       |
| 18  | 2268,76   | 1771,32  | 2000,49       |
| 17  | 2450,92   | 1961,69  | 2017,53       |
| 16  | 2620,72   | 2152,05  | 2047,46       |
| 15  | 2778,11   | 2342,42  | 2115,78       |
| 14  | 2923,10   | 2532,79  | 2196,73       |
| 13  | 3055,75   | 2723,15  | 2301,40       |
| 12  | 3176,16   | 2913,52  | 2403,75       |
| 11  | 3284,47   | 3103,89  | 2514,75       |
| 10  | 3380,92   | 3294,25  | 2605,69       |
| 9   | 3465,78   | 3484,62  | 2702,83       |
| 8   | 3539,41   | 3674,99  | 2800,34       |
| 7   | 3602,24   | 3865,35  | 2922,63       |
| 6   | 3654,77   | 4055,72  | 3030,99       |
| 5   | 3712,55   | 4312,49  | 3177,93       |
| 4   | 3759,42   | 4575,91  | 3385,14       |
| 3   | 3794,91   | 4839,33  | 3559,28       |
| 2   | 3820,19   | 5102,75  | 3732,25       |
| 1   | 3836,63   | 5366,17  | 4023,36       |
| 0   | 3847,86   | 5696,05  | 4309,31       |
| -1  | 12221,26  | 13640,02 | 10987,96      |
| -2  | 3780,05   | 4003,21  | 4182,75       |
| -3  | 2469,57   | 2766,24  | 2232,31       |

Tablo Ek1.23 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen en büyük kat plastik kiriş dönmesi değerleri

| KAT | EN BÜYÜK KAT PLASTİK KİRİŞ DÖNMESİ (rad)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|--|----------|---------------|
|     | 1. MOD   | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,000300   | 0,000300 | 0,008000      |
| 26  | 0,001439   | 0,001851 | 0,011938      |
| 25  | 0,010422   | 0,009642 | 0,027805      |
| 24  | 0,011691   | 0,010839 | 0,015364      |
| 23  | 0,010630   | 0,009688 | 0,014806      |
| 22  | 0,011081   | 0,010194 | 0,016281      |
| 21  | 0,009887   | 0,008836 | 0,022963      |
| 20  | 0,009887   | 0,009045 | 0,019976      |
| 19  | 0,009333   | 0,008565 | 0,017523      |
| 18  | 0,012591   | 0,011947 | 0,020064      |
| 17  | 0,012159   | 0,011598 | 0,018017      |
| 16  | 0,011786   | 0,011276 | 0,020642      |
| 15  | 0,009774   | 0,009381 | 0,023177      |
| 14  | 0,012017   | 0,011687 | 0,021313      |
| 13  | 0,011516   | 0,011316 | 0,023993      |
| 12  | 0,013277   | 0,013174 | 0,022546      |
| 11  | 0,011558   | 0,011589 | 0,020433      |
| 10  | 0,012277   | 0,012415 | 0,020093      |
| 9   | 0,011565   | 0,012328 | 0,025399      |
| 8   | 0,012244   | 0,012623 | 0,023144      |
| 7   | 0,017336   | 0,017990 | 0,028225      |
| 6   | 0,010655   | 0,011298 | 0,025647      |
| 5   | 0,013110   | 0,013972 | 0,025381      |
| 4   | 0,012835   | 0,014163 | 0,021756      |
| 3   | 0,013008   | 0,014227 | 0,022985      |
| 2   | 0,013174   | 0,015026 | 0,022892      |
| 1   | 0,012928   | 0,014512 | 0,020084      |
| 0   | 0,010983   | 0,014160 | 0,025412      |
| -1  | 0,013618   | 0,016576 | 0,002245      |
| -2  | 0,001439   | 0,001851 | 0,000828      |
| -3  | 0,000238   | 0,000237 | 0,000071      |

Tablo Ek1.24 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P51 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P51 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 129,93  | 137,62  | 129,14        |
| 26  | 46,51   | 46,51   | 228,28        |
| 25  | 58,40   | 29,96   | 277,99        |
| 24  | 126,15  | 58,15   | 375,58        |
| 23  | 172,24  | 88,37   | 431,36        |
| 22  | 242,83  | 133,14  | 502,88        |
| 21  | 311,83  | 188,42  | 530,00        |
| 20  | 368,60  | 237,42  | 518,97        |
| 19  | 471,47  | 331,34  | 507,68        |
| 18  | 502,51  | 362,79  | 490,54        |
| 17  | 527,40  | 390,99  | 472,40        |
| 16  | 536,91  | 409,06  | 520,29        |
| 15  | 596,08  | 472,15  | 515,72        |
| 14  | 686,20  | 571,67  | 534,51        |
| 13  | 690,16  | 590,44  | 523,40        |
| 12  | 703,63  | 622,49  | 571,08        |
| 11  | 781,37  | 720,46  | 614,25        |
| 10  | 778,23  | 742,18  | 642,06        |
| 9   | 846,23  | 847,83  | 709,86        |
| 8   | 859,11  | 895,07  | 776,68        |
| 7   | 891,67  | 995,57  | 791,04        |
| 6   | 813,71  | 950,82  | 754,91        |
| 5   | 642,46  | 888,86  | 719,66        |
| 4   | 653,35  | 901,15  | 831,76        |
| 3   | 604,58  | 927,77  | 943,97        |
| 2   | 513,54  | 778,23  | 944,09        |
| 1   | 556,02  | 730,57  | 1241,45       |
| 0   | 917,91  | 1355,80 | 1100,43       |
| -1  | 2417,03   | 2734,94 | 2486,41       |
| -2  | 1123,19   | 1252,05 | 1411,83       |
| -3  | 419,91  | 466,88  | 522,33        |

Tablo Ek1.25 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P51 perdesi moment değerleri

| KAT | P51 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 576,96  | 566,31   | 552,52        |
| 26  | 1424,69   | 1372,32  | 1534,21       |
| 25  | 2324,72   | 2302,89  | 2324,69       |
| 24  | 2876,24   | 2997,79  | 2839,50       |
| 23  | 3360,06   | 3675,06  | 3413,59       |
| 22  | 3567,69   | 4143,04  | 4000,35       |
| 21  | 3636,80   | 4512,78  | 4852,23       |
| 20  | 3494,84   | 4707,46  | 5747,24       |
| 19  | 2923,68   | 4536,81  | 6514,12       |
| 18  | 2393,30   | 4377,27  | 7199,72       |
| 17  | 1786,29   | 4165,34  | 7793,28       |
| 16  | 1307,47   | 4030,97  | 8079,43       |
| 15  | 942,82  | 3637,60  | 8438,07       |
| 14  | 1020,79   | 2790,33  | 8722,55       |
| 13  | 1740,84   | 2051,97  | 8782,01       |
| 12  | 2740,70   | 1338,21  | 9055,84       |
| 11  | 3952,19   | 1250,74  | 9345,79       |
| 10  | 5187,42   | 1568,94  | 9642,67       |
| 9   | 6843,14   | 2609,68  | 9997,33       |
| 8   | 8517,73   | 4150,79  | 10469,38      |
| 7   | 10153,94  | 6099,97  | 10955,85      |
| 6   | 11675,29  | 8035,95  | 11602,42      |
| 5   | 12707,93  | 9851,63  | 11993,12      |
| 4   | 13750,72  | 11662,62 | 12571,97      |
| 3   | 14731,32  | 13637,06 | 13513,47      |
| 2   | 15472,02  | 15168,15 | 14607,48      |
| 1   | 16216,95  | 16314,03 | 16664,27      |
| 0   | 21357,90  | 24234,87 | 19937,96      |
| -1  | 7575,28   | 8621,27  | 11141,15      |
| -2  | 5077,23   | 5670,82  | 8679,41       |
| -3  | 4924,07   | 5473,05  | 8077,22       |

Tablo Ek1.26 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P51 perdesi dönme değerleri

| KAT | P51 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,008400  | 0,007700 | 0,008300      |
| 26  | 0,008464  | 0,007779 | 0,008320      |
| 25  | 0,008436  | 0,007754 | 0,008312      |
| 24  | 0,008500  | 0,007800 | 0,008300      |
| 23  | 0,008614  | 0,007928 | 0,008340      |
| 22  | 0,008710  | 0,008027 | 0,008381      |
| 21  | 0,008808  | 0,008134 | 0,008416      |
| 20  | 0,008910  | 0,008253 | 0,008451      |
| 19  | 0,009017  | 0,008379 | 0,008479      |
| 18  | 0,009100  | 0,008502 | 0,008456      |
| 17  | 0,009186  | 0,008625 | 0,008471      |
| 16  | 0,009239  | 0,008738 | 0,008406      |
| 15  | 0,009288  | 0,008849 | 0,008345      |
| 14  | 0,009333  | 0,008963 | 0,008261      |
| 13  | 0,009326  | 0,009042 | 0,008128      |
| 12  | 0,009303  | 0,009109 | 0,007997      |
| 11  | 0,009277  | 0,009183 | 0,007881      |
| 10  | 0,009178  | 0,009189 | 0,007798      |
| 9   | 0,009088  | 0,009210 | 0,007690      |
| 8   | 0,008927  | 0,009166 | 0,007550      |
| 7   | 0,008769  | 0,009126 | 0,007338      |
| 6   | 0,008486  | 0,008963 | 0,007138      |
| 5   | 0,008204  | 0,008798 | 0,006804      |
| 4   | 0,007837  | 0,008525 | 0,006517      |
| 3   | 0,007379  | 0,008244 | 0,006113      |
| 2   | 0,006979  | 0,007892 | 0,005626      |
| 1   | 0,006257  | 0,007412 | 0,004915      |
| 0   | 0,005793  | 0,006953 | 0,004026      |
| -1  | 0,000420  | 0,000509 | 0,000861      |
| -2  | 0,000109  | 0,000143 | 0,000604      |
| -3  | 0,000051  | 0,000036 | 0,000373      |



Tablo Ek1.27 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P52 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P52 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 227   | 240     | 207           |
| 25  | 133,45  | 165,91  | 187,44        |
| 24  | 78,56   | 126,15  | 236,64        |
| 23  | 27,73   | 87,81   | 282,58        |
| 22  | 36,27   | 46,48   | 307,24        |
| 21  | 68,10   | 25,09   | 315,63        |
| 20  | 124,04  | 47,44   | 340,44        |
| 19  | 179,93  | 84,08   | 347,77        |
| 18  | 199,74  | 103,93  | 351,70        |
| 17  | 227,22  | 131,56  | 360,61        |
| 16  | 238,63  | 148,45  | 361,93        |
| 15  | 298,57  | 207,17  | 368,81        |
| 14  | 353,46  | 271,66  | 389,43        |
| 13  | 335,30  | 266,25  | 409,52        |
| 12  | 351,87  | 297,91  | 399,95        |
| 11  | 410,01  | 371,50  | 435,06        |
| 10  | 409,76  | 385,14  | 422,33        |
| 9   | 467,88  | 458,48  | 467,00        |
| 8   | 484,22  | 495,44  | 519,67        |
| 7   | 518,84  | 534,62  | 499,31        |
| 6   | 540,50  | 572,64  | 524,87        |
| 5   | 511,74  | 543,93  | 495,10        |
| 4   | 588,64  | 691,95  | 565,09        |
| 3   | 677,00  | 831,52  | 629,42        |
| 2   | 841,97  | 1163,38 | 704,50        |
| 1   | 738,83  | 1192,49 | 709,23        |
| 0   | 652,97  | 1039,25 | 828,32        |
| -1  | 2609,24   | 2957,95 | 1981,85       |
| -2  | 817,87  | 899,60  | 633,21        |
| -3  | 560,40  | 644,06  | 420,63        |

Tablo Ek1.28 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P52 perdesi moment değerleri

| KAT | P52 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 726,16  | 742,34   | 729,23        |
| 25  | 1351,21   | 1395,43  | 1271,59       |
| 24  | 1806,35   | 1927,76  | 1733,60       |
| 23  | 2095,72   | 2336,63  | 2226,07       |
| 22  | 2229,47   | 2628,32  | 2611,80       |
| 21  | 2248,76   | 2840,63  | 3047,64       |
| 20  | 2106,16   | 2913,08  | 3861,58       |
| 19  | 1824,16   | 2850,63  | 4397,17       |
| 18  | 1485,28   | 2753,43  | 4922,34       |
| 17  | 1110,70   | 2609,15  | 5482,73       |
| 16  | 700,13  | 2432,03  | 6084,46       |
| 15  | 464,54  | 2111,22  | 6575,60       |
| 14  | 619,05  | 1641,07  | 6997,97       |
| 13  | 1155,21   | 1198,17  | 7289,37       |
| 12  | 1780,50   | 706,82   | 7555,71       |
| 11  | 2666,47   | 715,87   | 7687,55       |
| 10  | 3485,52   | 1214,75  | 7799,27       |
| 9   | 4522,33   | 1885,71  | 8032,52       |
| 8   | 5603,15   | 2862,44  | 8707,52       |
| 7   | 6854,88   | 4103,89  | 9580,99       |
| 6   | 8237,91   | 5546,37  | 10436,13      |
| 5   | 9569,96   | 6904,83  | 11150,71      |
| 4   | 11244,54  | 8864,23  | 11992,70      |
| 3   | 13353,82  | 11381,53 | 12937,46      |
| 2   | 16132,87  | 15162,15 | 13869,50      |
| 1   | 18827,46  | 19258,18 | 14733,93      |
| 0   | 22912,04  | 25705,32 | 17514,75      |
| -1  | 9780,07   | 10784,98 | 9992,97       |
| -2  | 7799,46   | 8688,90  | 8239,71       |
| -3  | 6633,51   | 7343,78  | 7319,17       |

Tablo Ek1.29 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P52 perdesi dönme değerleri

| KAT | P52 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 0,009028  | 0,008349 | 0,0082299     |
| 25  | 0,009135  | 0,008422 | 0,008289      |
| 24  | 0,009183  | 0,008469 | 0,008314      |
| 23  | 0,009255  | 0,008542 | 0,008354      |
| 22  | 0,009300  | 0,008600 | 0,008400      |
| 21  | 0,009436  | 0,008740 | 0,008419      |
| 20  | 0,009538  | 0,008861 | 0,008455      |
| 19  | 0,009638  | 0,008989 | 0,008485      |
| 18  | 0,009732  | 0,009118 | 0,008519      |
| 17  | 0,009811  | 0,009244 | 0,008504      |
| 16  | 0,009876  | 0,009366 | 0,008485      |
| 15  | 0,009926  | 0,009483 | 0,008425      |
| 14  | 0,009955  | 0,009589 | 0,008306      |
| 13  | 0,009964  | 0,009683 | 0,008190      |
| 12  | 0,009936  | 0,009752 | 0,008034      |
| 11  | 0,009893  | 0,009810 | 0,007931      |
| 10  | 0,009807  | 0,009835 | 0,007813      |
| 9   | 0,009688  | 0,009833 | 0,007708      |
| 8   | 0,009521  | 0,009792 | 0,007587      |
| 7   | 0,009305  | 0,009704 | 0,007384      |
| 6   | 0,009034  | 0,009565 | 0,007127      |
| 5   | 0,008694  | 0,009351 | 0,006781      |
| 4   | 0,008297  | 0,009084 | 0,006413      |
| 3   | 0,007813  | 0,008716 | 0,006024      |
| 2   | 0,007270  | 0,008283 | 0,005601      |
| 1   | 0,006546  | 0,007625 | 0,004847      |
| 0   | 0,005797  | 0,006903 | 0,003938      |
| -1  | 0,001221  | 0,001362 | 0,000864      |
| -2  | 0,000617  | 0,000685 | 0,000480      |
| -3  | 0,000283  | 0,000316 | 0,000235      |

Tablo Ek1.30 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P54 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P54 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 224,86  | 245,90  | 245,90        |
| 25  | 111,19  | 150,83  | 182,38        |
| 24  | 47,23   | 100,39  | 228,39        |
| 23  | 20,95   | 56,49   | 279,65        |
| 22  | 55,33   | 19,94   | 299,03        |
| 21  | 96,07   | 34,83   | 321,16        |
| 20  | 140,50  | 56,44   | 329,63        |
| 19  | 170,34  | 82,33   | 326,21        |
| 18  | 188,78  | 103,93  | 324,29        |
| 17  | 238,18  | 145,37  | 333,83        |
| 16  | 273,04  | 183,23  | 329,37        |
| 15  | 307,61  | 226,37  | 324,56        |
| 14  | 348,55  | 277,92  | 351,13        |
| 13  | 329,20  | 266,13  | 361,00        |
| 12  | 381,21  | 333,71  | 387,15        |
| 11  | 423,16  | 389,60  | 427,34        |
| 10  | 436,10  | 416,81  | 450,88        |
| 9   | 456,37  | 453,99  | 467,96        |
| 8   | 465,56  | 482,47  | 500,29        |
| 7   | 492,67  | 513,26  | 520,43        |
| 6   | 521,06  | 577,51  | 560,62        |
| 5   | 470,30  | 533,04  | 515,90        |
| 4   | 571,69  | 693,05  | 594,89        |
| 3   | 674,33  | 826,34  | 638,72        |
| 2   | 848,37  | 1156,13 | 763,75        |
| 1   | 841,04  | 1230,32 | 748,54        |
| 0   | 657,44  | 1048,82 | 889,20        |
| -1  | 2740,01   | 3039,79 | 2073,37       |
| -2  | 964,81  | 1030,51 | 803,25        |
| -3  | 610,04  | 689,87  | 486,28        |

Tablo Ek1.31 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P54 perdesi moment değerleri

| KAT | P54 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 718,09  | 753,81   | 760,77        |
| 25  | 1316,20   | 1391,53  | 1224,39       |
| 24  | 1708,71   | 1869,12  | 1617,10       |
| 23  | 1922,11   | 2210,18  | 2081,32       |
| 22  | 2005,27   | 2450,45  | 2587,11       |
| 21  | 1984,38   | 2616,85  | 3178,27       |
| 20  | 1865,92   | 2696,48  | 3800,79       |
| 19  | 1663,40   | 2705,25  | 4291,70       |
| 18  | 1416,86   | 2688,05  | 4577,84       |
| 17  | 1048,19   | 2550,63  | 4921,37       |
| 16  | 614,74  | 2340,92  | 5270,55       |
| 15  | 443,23  | 2026,29  | 5505,86       |
| 14  | 577,44  | 1583,55  | 5623,72       |
| 13  | 1114,27   | 1197,91  | 5813,47       |
| 12  | 1839,21   | 612,45   | 5985,61       |
| 11  | 2741,58   | 642,42   | 6253,22       |
| 10  | 3645,90   | 1179,31  | 6467,25       |
| 9   | 4629,88   | 1934,19  | 6805,69       |
| 8   | 5610,26   | 2902,69  | 7463,39       |
| 7   | 6741,91   | 4042,12  | 8423,23       |
| 6   | 8014,92   | 5452,34  | 9488,26       |
| 5   | 9118,39   | 6585,15  | 10364,68      |
| 4   | 10671,36  | 8390,64  | 11342,95      |
| 3   | 12717,72  | 10795,28 | 12160,50      |
| 2   | 15475,60  | 14511,81 | 13111,90      |
| 1   | 18433,57  | 18630,68 | 13747,21      |
| 0   | 22590,92  | 25207,24 | 17219,65      |
| -1  | 8788,31   | 9777,97  | 8882,66       |
| -2  | 7116,53   | 7967,82  | 7092,05       |
| -3  | 6407,32   | 7062,07  | 6237,79       |

Tablo Ek1.32 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P54 perdesi dönme değerleri

| KAT | P54 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 26  | 0,008895  | 0,008187 | 0,008332      |
| 25  | 0,008912  | 0,008204 | 0,008350      |
| 24  | 0,008963  | 0,008255 | 0,008393      |
| 23  | 0,009036  | 0,008331 | 0,008439      |
| 22  | 0,009100  | 0,008400 | 0,008450      |
| 21  | 0,009214  | 0,008530 | 0,008543      |
| 20  | 0,009311  | 0,008648 | 0,008596      |
| 19  | 0,009407  | 0,008774 | 0,008625      |
| 18  | 0,009495  | 0,008901 | 0,008654      |
| 17  | 0,009575  | 0,009031 | 0,008659      |
| 16  | 0,009646  | 0,009161 | 0,008656      |
| 15  | 0,009692  | 0,009278 | 0,008620      |
| 14  | 0,009722  | 0,009387 | 0,008548      |
| 13  | 0,009727  | 0,009482 | 0,008432      |
| 12  | 0,009703  | 0,009556 | 0,008323      |
| 11  | 0,009654  | 0,009614 | 0,008200      |
| 10  | 0,009562  | 0,009637 | 0,008076      |
| 9   | 0,009428  | 0,009628 | 0,007894      |
| 8   | 0,009246  | 0,009578 | 0,007715      |
| 7   | 0,009013  | 0,009479 | 0,007466      |
| 6   | 0,008732  | 0,009335 | 0,007191      |
| 5   | 0,008380  | 0,009111 | 0,006788      |
| 4   | 0,007982  | 0,008847 | 0,006356      |
| 3   | 0,007497  | 0,008480 | 0,005958      |
| 2   | 0,006959  | 0,008056 | 0,005536      |
| 1   | 0,006227  | 0,007393 | 0,004840      |
| 0   | 0,005481  | 0,006680 | 0,003990      |
| -1  | 0,001211  | 0,001349 | 0,000869      |
| -2  | 0,000628  | 0,000693 | 0,000507      |
| -3  | 0,000289  | 0,000321 | 0,000246      |

Tablo Ek1.33 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P56 perdesi kesme kuvveti değerleri

| KAT | P56 PERDESİ KESME KUVVETİ (ton)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |         |               |
|-----|---|---------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 120,78  | 132,09  | 140,58        |
| 26  | 53,66   | 42,53   | 267,91        |
| 25  | 142,55  | 91,80   | 284,05        |
| 24  | 200,57  | 128,54  | 376,20        |
| 23  | 261,31  | 170,52  | 462,79        |
| 22  | 315,68  | 212,57  | 519,30        |
| 21  | 370,08  | 254,77  | 537,61        |
| 20  | 421,82  | 299,38  | 552,07        |
| 19  | 469,47  | 342,64  | 557,51        |
| 18  | 511,45  | 382,03  | 559,81        |
| 17  | 572,64  | 444,63  | 582,94        |
| 16  | 649,77  | 522,02  | 601,24        |
| 15  | 668,34  | 553,73  | 611,27        |
| 14  | 731,78  | 626,50  | 638,19        |
| 13  | 715,85  | 621,22  | 661,48        |
| 12  | 811,66  | 737,38  | 698,62        |
| 11  | 862,88  | 804,47  | 743,60        |
| 10  | 869,55  | 838,49  | 720,75        |
| 9   | 902,84  | 906,66  | 751,67        |
| 8   | 879,25  | 908,94  | 787,21        |
| 7   | 921,40  | 1009,79 | 838,41        |
| 6   | 859,33  | 991,39  | 834,53        |
| 5   | 691,11  | 894,04  | 758,00        |
| 4   | 755,42  | 991,77  | 879,52        |
| 3   | 778,61  | 1112,71 | 1057,99       |
| 2   | 711,85  | 999,64  | 1129,37       |
| 1   | 645,54  | 871,53  | 1394,53       |
| 0   | 965,34  | 1472,45 | 1362,94       |
| -1  | 2547,90   | 2825,47 | 2658,91       |
| -2  | 1216,23   | 1323,68 | 1499,58       |
| -3  | 446,24  | 487,40  | 533,64        |

Tablo Ek1.34 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P56 perdesi moment değerleri

| KAT | P56 PERDESİ MOMENT (tm)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1. MOD  | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 864,39  | 870,44   | 815,41        |
| 26  | 1792,94   | 1792,43  | 1952,45       |
| 25  | 2442,29   | 2497,36  | 2685,69       |
| 24  | 2901,19   | 3108,43  | 3227,99       |
| 23  | 3175,18   | 3605,75  | 3887,70       |
| 22  | 3288,39   | 3984,62  | 4665,99       |
| 21  | 3254,30   | 4265,36  | 5594,30       |
| 20  | 3026,16   | 4393,87  | 6436,80       |
| 19  | 2709,14   | 4441,56  | 7222,81       |
| 18  | 2397,01   | 4506,85  | 7910,14       |
| 17  | 1891,03   | 4385,17  | 8625,12       |
| 16  | 1127,98   | 4024,30  | 9259,64       |
| 15  | 949,01  | 3595,75  | 9677,73       |
| 14  | 1026,75   | 2835,74  | 9908,76       |
| 13  | 1672,71   | 2262,32  | 9972,51       |
| 12  | 2888,32   | 1325,47  | 10102,19      |
| 11  | 4384,74   | 1257,18  | 10292,85      |
| 10  | 5985,37   | 1505,67  | 10379,77      |
| 9   | 7646,97   | 2977,34  | 10405,60      |
| 8   | 9152,76   | 4480,74  | 10772,68      |
| 7   | 10881,90  | 6390,33  | 11575,21      |
| 6   | 12442,10  | 8252,02  | 12432,21      |
| 5   | 13463,92  | 9853,67  | 12803,07      |
| 4   | 14728,78  | 11780,62 | 13662,04      |
| 3   | 16208,05  | 14235,87 | 14737,98      |
| 2   | 17559,51  | 16364,99 | 16068,63      |
| 1   | 18812,90  | 18031,50 | 17931,12      |
| 0   | 24482,73  | 26896,91 | 23445,47      |
| -1  | 8968,71   | 9801,21  | 11864,93      |
| -2  | 5341,31   | 5881,00  | 8750,26       |
| -3  | 5064,48   | 5580,06  | 8397,09       |



Tablo Ek1.35 Örnek yapı sistemi Y-Y yönü yüklemelerinden elde edilen P56 perdesi dönme değerleri

| KAT | P56 PERDESİ DÖNME (rad)<br>(Y-Y YÖNÜ YÜKLEMESİ) |          |               |
|-----|---|----------|---------------|
|     | 1.MOD   | UNIFORM  | ZTA(Ortalama) |
| 27  | 0,0082  | 0,0075   | 0,0083        |
| 26  | 0,008229  | 0,007534 | 0,0084        |
| 25  | 0,00823   | 0,007538 | 0,0084        |
| 24  | 0,00834   | 0,007647 | 0,0084        |
| 23  | 0,008417  | 0,007726 | 0,0084        |
| 22  | 0,008512  | 0,007827 | 0,0085        |
| 21  | 0,008602  | 0,00793  | 0,0085        |
| 20  | 0,008697  | 0,008044 | 0,0086        |
| 19  | 0,008784  | 0,00816  | 0,0086        |
| 18  | 0,008867  | 0,00828  | 0,0086        |
| 17  | 0,008941  | 0,008402 | 0,0087        |
| 16  | 0,009009  | 0,008526 | 0,0087        |
| 15  | 0,009054  | 0,008639 | 0,0086        |
| 14  | 0,009083  | 0,008746 | 0,0085        |
| 13  | 0,009082  | 0,00883  | 0,0084        |
| 12  | 0,00906   | 0,008904 | 0,0083        |
| 11  | 0,009017  | 0,008964 | 0,0082        |
| 10  | 0,008941  | 0,009    | 0,0081        |
| 9   | 0,008785  | 0,008963 | 0,0079        |
| 8   | 0,008606  | 0,008911 | 0,0077        |
| 7   | 0,008379  | 0,008815 | 0,0074        |
| 6   | 0,008104  | 0,008663 | 0,0071        |
| 5   | 0,007783  | 0,008465 | 0,0068        |
| 4   | 0,007441  | 0,008246 | 0,0063        |
| 3   | 0,00699   | 0,007928 | 0,0059        |
| 2   | 0,006535  | 0,007559 | 0,0055        |
| 1   | 0,005889  | 0,007109 | 0,0048        |
| 0   | 0,005116  | 0,006329 | 0,0038        |
| -1  | 0,000479  | 0,000559 | 0,0009        |
| -2  | 0,000161  | 0,000188 | 0,0005        |
| -3  | 0,000129  | 0,000142 | 0,0002        |