

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİNİN  
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Berk ÖZLÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yapı Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK**

**OCAK 2015**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİNİN  
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Berk ÖZLÜ  
(501121008)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yapı Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK**

**21 Ocak 2015**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Berk ÖZLÜ** , ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÇOK KATLI BETONARME BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİNİN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Kadir GÜLER** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç.Dr. Bilge DORAN** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **12 Aralık 2014**  
**Savunma Tarihi :**   **21 Ocak 2015**



*Eşime, Anne ve Babama,*



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübesiyle sürekli destek olan, insanlığıyla da örnek aldığım değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e, eğitim öğretim hayatımda emeği geçen tüm hocalarıma, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşime, anneme ve babama teşekkür ederim.

Lisans eğitimindeki çalışmalarına üstün başarı bursu vererek beni onurlandıran, yüksek lisans eğitimim sırasında maddi-manevi destek olan bilimin ve bilim insanının destekçisi TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2015

Berk Özlü  
(İnşaat Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                         |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                                              | vii   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                        | ix    |
| KISALTMALAR.....                                                        | xiii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                    | xv    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                      | xvii  |
| SEMBOL LİSTESİ.....                                                     | xix   |
| ÖZET.....                                                               | xxi   |
| SUMMARY.....                                                            | xxiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                          | 1     |
| 2. TAŞIYICI SİSTEMLER .....                                             | 5     |
| 2.1 Taşıyıcı Sistem Türleri .....                                       | 6     |
| 2.1.1 Çerçeve taşıyıcı sistemler .....                                  | 6     |
| 2.1.2 Perde çerçeve taşıyıcı sistemler .....                            | 7     |
| 2.1.3 Perde taşıyıcı sistemler .....                                    | 8     |
| 2.1.4 Çekirdek taşıyıcı sistemler .....                                 | 8     |
| 2.1.5 Tüp taşıyıcı sistemler .....                                      | 9     |
| 2.2 Taşıyıcı Sistem Karşılaştırmaları .....                             | 10    |
| 2.3 Taşıyıcı Sisteme Etkiyen Rüzgar Yüğü .....                          | 13    |
| 3. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ .....                                        | 15    |
| 3.1 Dinamik Analiz Yöntemleri.....                                      | 15    |
| 3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....                                  | 15    |
| 3.1.2 Mod birleştirme yöntemi .....                                     | 16    |
| 3.1.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi .....                          | 18    |
| 3.2 Modellemede Kullanılan Dinamik Hesap Yöntemi ve Parametreleri.....  | 18    |
| 3.2.1 Hareketli yük katılım katsayısı.....                              | 19    |
| 3.2.2 Bina önem katsayısı.....                                          | 19    |
| 3.2.3 Etkin yer ivmesi katsayısı .....                                  | 20    |
| 3.2.4 Spektrum katsayısı.....                                           | 20    |
| 3.2.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı .....                          | 21    |
| 3.2.6 Hareketli yükler .....                                            | 22    |
| 3.3 Düzensizlikler .....                                                | 23    |
| 3.3.1 Planda düzensizlik durumları.....                                 | 23    |
| 3.3.1.1 Burulma düzensizliği A1 .....                                   | 23    |
| 3.3.1.2 Döşeme süreksizlikleri A2 .....                                 | 24    |
| 3.3.1.3 Planda çıkıntıların bulunması A3 .....                          | 25    |
| 3.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları.....                       | 25    |
| 3.3.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) B1 .....    | 26    |
| 3.3.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) B2 ..... | 26    |
| 3.3.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği B3 .....     | 26    |
| 3.4 Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkileri.....              | 27    |
| 3.4.1 Etkin göreli kat ötelemeleri.....                                 | 27    |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2 İkinci mertebe etkileri .....                               | 28        |
| <b>4. SAYISAL ÇÖZÜMLEME .....</b>                                 | <b>29</b> |
| 4.1 Taşıyıcı Sistemler.....                                       | 30        |
| 4.1.1 Çerçevelev taşıyıcı sistem.....                             | 30        |
| 4.1.2 Perde çerçevelev taşıyıcı sistem .....                      | 31        |
| 4.1.3 Perde taşıyıcı sistem.....                                  | 32        |
| 4.2 Döşeme Sistemleri .....                                       | 33        |
| 4.2.1 Plak döşeme .....                                           | 33        |
| 4.2.2 Dişli döşeme .....                                          | 34        |
| 4.2.3 Kirişsiz döşeme.....                                        | 36        |
| <b>5. YAPI DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>            | <b>37</b> |
| 5.1 Taşıyıcı Sistem Türlerinin Davranışları .....                 | 37        |
| 5.1.1 Taşıyıcı sistem türlerinin maksimum yer değıştirmeleri..... | 37        |
| 5.1.2 Taşıyıcı sistem türlerinin etkin görel kat ötelemeleri..... | 38        |
| 5.1.3 Taşıyıcı sistem türlerinin ikinci mertebe etkileri .....    | 40        |
| 5.1.4 Taşıyıcı sistem türlerinin periyodu .....                   | 41        |
| 5.1.5 Taşıyıcı sistem türlerinin burulma düzensizliğı.....        | 42        |
| 5.1.6 Taşıyıcı sistem türlerinin rijitlik düzensizliğı.....       | 43        |
| 5.2 Döşeme Sistemlerinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi ..... | 44        |
| 5.2.1 Döşeme sistemlerinin maksimum yer değıştirmeleri.....       | 44        |
| 5.2.2 Döşeme sistemlerinin etkin görel kat ötelemeleri.....       | 45        |
| 5.2.3 Döşeme sistemlerinin ikinci mertebe etkileri .....          | 47        |
| 5.2.4 Döşeme sistemlerinin taşıyıcı sistem periyodu.....          | 48        |
| 5.2.5 Döşeme sistemlerinin burulma düzensizliğı.....              | 49        |
| 5.2.6 Döşeme sistemlerinin rijitlik düzensizliğı .....            | 49        |
| 5.3 Kat Adedinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi .....         | 50        |
| 5.3.1 Kat adedine göre maksimum yer değıştirmeler .....           | 50        |
| 5.3.2 Kat adedine göre etkin görel kat ötelemeleri.....           | 52        |
| 5.3.3 Kat adedine göre ikinci mertebe etkileri .....              | 53        |
| 5.3.4 Kat adedine göre taşıyıcı sistem periyodu.....              | 53        |
| 5.3.5 Kat adedine göre burulma düzensizliğı .....                 | 54        |
| 5.3.6 Kat adedine göre rijitlik düzensizliğı .....                | 55        |
| 5.4 Deprem Bölgelerinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi.....   | 55        |
| 5.4.1 Deprem bölgesine göre maksimum yer değıştirmeler .....      | 56        |
| 5.4.2 Deprem bölgesine göre etkin görel kat ötelemeleri .....     | 57        |
| 5.4.3 Deprem bölgesine göre ikinci mertebe etkileri.....          | 58        |
| 5.4.4 Deprem bölgesine göre taşıyıcı sistem periyodu .....        | 58        |
| 5.4.5 Deprem bölgesine göre burulma düzensizliğı .....            | 59        |
| 5.4.6 Deprem bölgesine göre rijitlik düzensizliğı.....            | 59        |
| 5.5 Beton Sınıflarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi.....    | 60        |
| 5.5.1 Beton sınıfına göre maksimum yer değıştirmeler .....        | 60        |
| 5.5.2 Beton sınıfına göre etkin görel kat ötelemeleri .....       | 61        |
| 5.5.3 Beton sınıfına göre ikinci mertebe etkileri .....           | 62        |
| 5.5.4 Beton sınıfına göre taşıyıcı sistem periyodu.....           | 62        |
| 5.5.5 Beton sınıfına göre burulma düzensizliğı.....               | 63        |
| 5.5.6 Beton sınıfına göre rijitlik düzensizliğı .....             | 64        |
| 5.6 Hareketli Yükün Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi .....      | 64        |
| 5.6.1 Hareketli yüke göre maksimum yer değıştirmeler.....         | 64        |
| 5.6.2 Hareketli yüke göre etkin görel kat ötelemeleri .....       | 65        |
| 5.6.3 Hareketli yüke göre ikinci mertebe etkileri .....           | 66        |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.6.4 Hareketli yüke göre taşıyıcı sistem periyodu.....           | 67        |
| 5.6.5 Hareketli yüke göre burulma düzensizliği.....               | 68        |
| 5.6.6 Hareketli yüke göre rijitlik düzensizliği.....              | 68        |
| 5.7 Yerel Zemin Sınıfının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi..... | 69        |
| 5.7.1 Yerel zemin sınıfına göre maksimum yer değiştirmeler.....   | 69        |
| 5.7.2 Yerel zemin sınıfına göre etkin görelî kat ötelemeleri..... | 70        |
| 5.7.3 Yerel zemin sınıfına göre ikinci mertebe etkileri.....      | 71        |
| 5.7.4 Yerel zemin sınıfına göre taşıyıcı sistem periyodu.....     | 72        |
| 5.7.5 Yerel zemin sınıfına göre burulma düzensizliği.....         | 72        |
| 5.7.6 Yerel zemin sınıfına göre rijitlik düzensizliği.....        | 73        |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                  | <b>75</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                             | <b>79</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                 | <b>81</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                              | <b>89</b> |
| .....                                                             | 89        |



## **KISALTMALAR**

|               |                                                                             |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>DBYBHY</b> | : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007            |
| <b>TS500</b>  | : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları                            |
| <b>TS498</b>  | : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri |
| <b>ETABS</b>  | : Extended 3D Analysis of Building Systems                                  |
| <b>CQC</b>    | : Tam Karesel Birleştirme Yöntemi                                           |
| <b>SRSS</b>   | : Square Root of the Sum of the Squares                                     |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar .....   | 16 |
| Çizelge 3.2 : Hareketli yük katılım katsayısı. ....                           | 19 |
| Çizelge 3.3 : Bina önem katsayısı .....                                       | 19 |
| Çizelge 3.4 : Etkin yer ivmesi katsayısı .....                                | 20 |
| Çizelge 3.5 : Yerel zemin sınıfları .....                                     | 20 |
| Çizelge 3.6 : Spektrum karakteristik periyotları .....                        | 21 |
| Çizelge 3.7 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....                     | 22 |
| Çizelge 3.8 : Hareketli yük (q).....                                          | 22 |
| Çizelge 4.1 : Modellerin kodlanması.....                                      | 29 |
| Çizelge 4.2 : Plak döşeme sabit yükü .....                                    | 33 |
| Çizelge 4.3 : Dişli döşeme sabit yükü .....                                   | 35 |
| Çizelge 4.4 : Kirişsiz döşeme sabit yükü .....                                | 36 |
| Çizelge A.1 : Çerçeve sistemi eleman boyutları .....                          | 82 |
| Çizelge A.2 : Perde çerçeve sistemin kare kesitli kolon boyutları.....        | 83 |
| Çizelge A.3 : Perde çerçeve sistemin dikdörtgen kesitli kolon boyutları ..... | 84 |
| Çizelge A.4 : Perde çerçeve sistemin perde, kiriş ve döşeme boyutları.....    | 85 |
| Çizelge A.5 : Perde sistemin perde, kiriş ve döşeme boyutları.....            | 86 |
| Çizelge B.1 : Modellerden elde edilen sonuçlar .....                          | 87 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Yüksek binaların taşıyıcı sisteminin sınıflandırılması (Drosdov-Lishak). | 6  |
| Şekil 2.2 : Çerçeve sistem örneği.....                                               | 7  |
| Şekil 2.3 : Perde çerçeve sistem örneği .....                                        | 8  |
| Şekil 2.4 : Perde sistem örneği.....                                                 | 8  |
| Şekil 2.5 : Çekirdek sistem örneği .....                                             | 9  |
| Şekil 2.6 : Tüp sistem örneği .....                                                  | 10 |
| Şekil 2.7 : Sistemlerin kat ötelemeleri karşılaştırılması .....                      | 11 |
| Şekil 2.8 : Sistemlerin kat ötelemelerinin maksimum ötelemeye oranı-1 .....          | 12 |
| Şekil 2.9 : Sistemlerin kat ötelemelerinin maksimum ötelemeye oranı-2 .....          | 12 |
| Şekil 2.10 : Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında davranışları .....            | 13 |
| Şekil 2.11 : Kat adedine göre kullanılması önerilen taşıyıcı sistemler .....         | 13 |
| Şekil 2.12 : Yapı etrafındaki akış .....                                             | 14 |
| Şekil 2.13 : Birinci derecede serbest sistemin basitleştirilmiş dinamik modeli.....  | 14 |
| Şekil 3.1 : Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları.....     | 17 |
| Şekil 3.2 : Periyot-Spektrum katsayısı grafiği. ....                                 | 21 |
| Şekil 3.3 : A1 burulma düzensizliği. ....                                            | 23 |
| Şekil 3.4 : A2 döşeme süreksizliği düzensizliği – I. ....                            | 25 |
| Şekil 3.5 : A2 döşeme süreksizliği düzensizliği – II. ....                           | 25 |
| Şekil 3.6 : A3 planda çıkıntı düzensizliği. ....                                     | 25 |
| Şekil 3.7 : Hiçbir zaman izin verilemez B3 süreksizlikleri. ....                     | 27 |
| Şekil 3.8 : B3 taşıyıcı sistemin düşey eleman süreksizliği. ....                     | 27 |
| Şekil 4.1 : Model örneği. ....                                                       | 30 |
| Şekil 4.2 : Çerçeve sistem kalıp planı. ....                                         | 31 |
| Şekil 4.3 : Perde çerçeve sistem kalıp planı. ....                                   | 32 |
| Şekil 4.4 : Perde sistem kalıp planı. ....                                           | 33 |
| Şekil 4.5 : Plak döşeme kalıp planı. ....                                            | 34 |
| Şekil 4.6 : Dişli döşeme kesiti.....                                                 | 34 |
| Şekil 4.7 : Dişli döşeme kalıp planı.....                                            | 35 |
| Şekil 4.8 : Kirişsiz döşeme kalıp planı. ....                                        | 36 |
| Şekil 5.1 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....                           | 38 |
| Şekil 5.2 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. ....             | 39 |
| Şekil 5.3 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                            | 40 |
| Şekil 5.4 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.....                                      | 41 |
| Şekil 5.5 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                                     | 42 |
| Şekil 5.6 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                                    | 43 |
| Şekil 5.7 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....                           | 44 |
| Şekil 5.8 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. ....             | 46 |
| Şekil 5.9 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                            | 47 |
| Şekil 5.10 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.....                                     | 48 |
| Şekil 5.11 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                                    | 49 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 5.12 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 50 |
| Şekil 5.13 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....               | 51 |
| Şekil 5.14 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. .... | 52 |
| Şekil 5.15 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                | 53 |
| Şekil 5.16 : Taşıyıcı sistem periyot değeri. ....                         | 54 |
| Şekil 5.17 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                         | 54 |
| Şekil 5.18 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 55 |
| Şekil 5.19 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....               | 56 |
| Şekil 5.20 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. .... | 57 |
| Şekil 5.21 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                | 58 |
| Şekil 5.22 : Taşıyıcı sistem periyot değeri. ....                         | 58 |
| Şekil 5.23 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                         | 59 |
| Şekil 5.24 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 59 |
| Şekil 5.25 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....               | 60 |
| Şekil 5.26 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. .... | 61 |
| Şekil 5.27 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                | 62 |
| Şekil 5.28 : Taşıyıcı sistem periyot değeri. ....                         | 63 |
| Şekil 5.29 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                         | 63 |
| Şekil 5.30 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 64 |
| Şekil 5.31 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....               | 65 |
| Şekil 5.32 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. .... | 66 |
| Şekil 5.33 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                | 66 |
| Şekil 5.34 : Taşıyıcı sistem periyot değeri. ....                         | 67 |
| Şekil 5.35 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                         | 68 |
| Şekil 5.36 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 68 |
| Şekil 5.37 : Spektrum katsayısı. ....                                     | 69 |
| Şekil 5.38 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme. ....               | 70 |
| Şekil 5.39 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri. .... | 71 |
| Şekil 5.40 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri. ....                | 72 |
| Şekil 5.41 : Taşıyıcı sistem periyot değeri. ....                         | 72 |
| Şekil 5.42 : Burulma düzensizliği katsayısı. ....                         | 73 |
| Şekil 5.43 : Rijitlik düzensizliği katsayısı. ....                        | 73 |

## SEMBOL LİSTESİ

|                     |                                                                                                                                                |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_0$               | : Etkin yer ivmesi katsayısı                                                                                                                   |
| $A$                 | : Brüt kat alanı                                                                                                                               |
| $A_b$               | : Kattaki toplam boşluk alanı                                                                                                                  |
| $A(T)$              | : Spektral ivme katsayısı                                                                                                                      |
| $d_i$               | : Binanın $i$ 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme                                                          |
| $D_i$               | : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için $i$ 'inci katta $\pm\%5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı |
| $g$                 | : Yerçekimi ivmesi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )                                                                                                    |
| $H_1$               | : Zeminin en üst tabakasının kalınlığı                                                                                                         |
| $H_N$               | : Bodrum katları rijit perde olan binalarda zemin kat döşemesi üstünden, diğer binalarda ise temel üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik  |
| $h_i$               | : Binanın $i$ 'inci katındaki kat yüksekliği                                                                                                   |
| $I$                 | : Bina önem katsayısı                                                                                                                          |
| $m_i$               | : Binanın $i$ 'inci katının kütlesi                                                                                                            |
| $M_n$               | : $n$ 'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle                                                                                              |
| $M_{xn}$            | : Göz önüne alınan $x$ deprem doğrultusunda binanın $n$ 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle                                             |
| $M_{yn}$            | : Göz önüne alınan $y$ deprem doğrultusunda binanın $n$ 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle                                             |
| $n$                 | : Hareketli yük katılım katsayısı                                                                                                              |
| $R$                 | : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı                                                                                                           |
| $R_a(T_n)$          | : Deprem yükü azaltma katsayısı                                                                                                                |
| $S_{ae}(T_n)$       | : $n$ 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [ $\text{m/s}^2$ ]                                                               |
| $S_{aR}(T_n)$       | : Elastik spektral ivme [ $\text{m/s}^2$ ]                                                                                                     |
| $S(T)$              | : Spektrum katsayısı                                                                                                                           |
| $T$                 | : Bina doğal titreşim periyodu                                                                                                                 |
| $T_A, T_B$          | : Spektrum karakteristik periyotları                                                                                                           |
| $T_m, T_n$          | : Binanın $m$ 'inci ve $n$ 'inci doğal titreşim periyotları [ $s$ ]                                                                            |
| $V_i$               | : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın $i$ 'inci katına etki eden kat kesme kuvveti                                                    |
| $\sum A_e$          | : İlgili kattaki deprem doğrultusundaki etkili kesme alanları toplamı                                                                          |
| $\sum A_w$          | : İlgili kattaki kolon etkin gövde alanları toplamı                                                                                            |
| $\sum A_g$          | : İlgili kattaki deprem doğrultusuna paralel perde en kesit alanları toplamı                                                                   |
| $\sum A_k$          | : İlgili kattaki deprem doğrultusuna paralel dolgu duvar en kesit alanları toplamı                                                             |
| $\Delta_i$          | : Binanın $i$ 'nci katındaki azaltılmış göreceli kat ötelemesi                                                                                 |
| $(\Delta_i)_{ort}$  | : Binanın $i$ 'nci katındaki ortalama azaltılmış göreceli kat ötelemesi                                                                        |
| $(\Delta_i)_{maks}$ | : Binanın $i$ 'nci katındaki maksimum azaltılmış göreceli kat ötelemesi                                                                        |

|                          |                                                                                                                                                     |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $(\Delta_i)_{\min}$      | : Binanın i'nci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi                                                                                   |
| $\delta_i$               | : Binanın i'nci katındaki etkin görelî öteleme                                                                                                      |
| $\delta_{x,\text{maks}}$ | : Binanın x yönündeki maksimum etkin görelî ötelemesi                                                                                               |
| $\delta_{y,\text{maks}}$ | : Binanın y yönündeki maksimum etkin görelî ötelemesi                                                                                               |
| $\theta_{\text{maks}}$   | : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri                                                                                                           |
| $\eta_b$                 | : Burulma düzensizliği katsayısı                                                                                                                    |
| $\eta_k$                 | : Rijitlik düzensizliği katsayısı                                                                                                                   |
| $\alpha_s$               | : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı |
| $\phi_{xin}$             | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'nci katta x eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni              |
| $\phi_{yin}$             | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'nci katta y eksenî doğrultusundaki yatay bileşeni              |
| $\phi_{\theta in}$       | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'nci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni               |

## **ÇOK KATLI BETONARME BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİNİN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

### **ÖZET**

Yapıların analiz ve tasarımında yönetmeliklerden faydalanılır. Deprem kuşağında yer alan ülkemizde de bu kapsamda depreme dayanıklı yapı tasarlanmasını sağlayan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kullanılmaktadır. Yönetmelik, belirli kurallarla depreme dayanıklı tasarım yapılabilmesi için sınırlamalar getirmiştir. İdeal tasarımın yapılabilmesi için bu kurallara göre yapı tasarımının optimizasyonu gerekmektedir.

Bu çalışmada, 47 farklı model ve bunların karşılaştırılmasıyla farklı yapılar karşısında yapının statik ve dinamik parametrelerindeki değişim incelenmiştir. Burada farklı taşıyıcı sistemler; çerçeve, perde çerçeve ve perde taşıyıcı sistem, kat adetleri; 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 50, deprem bölgeleri; 1.°, 2.°, 3.°, 4.°, döşeme sistemleri; plak, dolgu bloklulu dişli ve kirişsiz döşeme, yükleme koşulları (hareketli yük); 2 kN/m<sup>2</sup>, 3.5 kN/m<sup>2</sup> ve 5 kN/m<sup>2</sup>, yerel zemin sınıfları; Z1, Z2, Z3 ve Z4, beton sınıfları; C30, C35 ve C40, iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmeleri, iki doğrultudaki maksimum etkin görel kat ötelemeleri, ikinci mertebe gösterge değeri, taşıyıcı sistem serbest titreşim periyodu, burulma ve rijitlik düzensizliği katsayısı bakımından karşılaştırılarak, bina taşıyıcı sistemlerinin davranışları incelenmiştir.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş başlığı altında çalışmanın amaçları ve incelenecek konulardan bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde çok katlı yapılarda kullanılabilecek taşıyıcı sistemler incelenmiştir. Burada çerçeve, perde çerçeve, perde, çekirdek ve tüp sistemlere yer verilmiştir. Sistemlerin özellikleri anlatılmış, karşılaştırma yapılmıştır. Bu sayede belirli özellikteki yapı için ideal sistemin seçilebilmesine yol gösterici olunmuştur.

Üçüncü bölümde çalışmadaki modellemede kullanılmış olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'den bahsedilmiştir. Yönetmelikte yer alan dinamik analiz yöntemleri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi incelenmiştir. Yapının tasarlanmasında belirleyici olan parametreler incelenip, oluşturulan modelde nasıl kullanıldığı açıklanmıştır. Ayrıca yönetmelikte yer alan, bu çalışmada yapılan karşılaştırmalarda ayrıntılı incelenmiş olan planda ve düşey doğrultudaki düzensizliklerden bahsedilmiştir. Çalışmadaki diğer karşılaştırılacak parametrelerden olan etkin görel kat öteleme ve ikinci mertebe gösterge değeri de yine bu bölümde açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde çalışmada karşılaştırılan modellerle ilgili bilgi verilmiştir. Çalışmada yer alan üç farklı taşıyıcı sistem olan çerçeve, perde-çerçeve ve perde taşıyıcı sistemlerin modellenmesi açıklanıp kalıp planları verilmiştir. Yine çalışmada yer alan üç farklı döşeme sistemi olan plak, dolgu bloklulu dişli ve kirişsiz döşemeden bahsedilip, boyutlandırılması açıklanarak kalıp planları verilmiştir.

Beşinci bölümde, ikinci bölümde açıklanan taşıyıcı sistem özelliklerine göre ideal sistemler göz önünde bulundurularak, üçüncü bölümde açıklanan deprem yönetmeliğine uygun olarak, dördüncü bölümde oluşturulan modeller karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada farklı taşıyıcı sistemler, kat adetleri, deprem bölgeleri, döşeme sistemleri, yükleme koşulları, zemin ve beton sınıfları; iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmeleri, iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe gösterge değeri, periyot, burulma ve rijitlik düzensizliği katsayısı bakımından karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde, çalışmadaki karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Koşulların değişiminin ilgili parametrelere etkileri gözlemlenmiştir.

## **INVESTIGATION OF STRUCTURAL SYSTEM BEHAVIOURS ON REINFORCED CONCRETE MULTI STOREY BUILDINGS**

### **SUMMARY**

Earthquake, one of the biggest challenges for structures is very effective in our country. To make durable and earthquake resistant building, it is necessary to take advantage of past experience. Codes which are created previous collections are made use of analysis and design of structures. “Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones 2007” is used for seismic design in our country, which is in earthquake zone. In order to do ideal design, codes should be optimized. Because in engineering, there are three basic rules which are safety, economy and aesthetic. Therefore the suitable system at the right place should be established.

The main purpose of Turkish Earthquake Code design against earthquake which could occur about once in 50 years with 10% probability of exceedance design earthquake. Whereby the structure is intended to take no damage in slight earthquakes. Also in the moderate earthquakes, damage should be repairable. In severe earthquakes, it is desirable to provide safety and avoid to prevent collapse.

In this study, 47 different structural models were created. Structural systems, number of storeys, seismic zones, slab types, live loads, soil and concrete classes were compared. Variation of parameter which maximum displacement in two directions, maximum value of effective relative storey drifts in two directions, maximum second-order effect indicator, period, torsional and interstorey stiffness irregularities were observed.

Models sizes in plan are  $24\text{m} \times 30\text{m} = 720\text{m}^2$ . The story height is equal to 3.0m for all models. Models were designed one floor basement surrounded with shear walls in every ten floors. There are three different seismic load calculation method which are Equivalent seismic loads method, Modal superposition method and Time increment method in Turkish Seismic Code 2007 but the most suitable method for these structural properties is Modal superposition method. In “TS500 Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures” has some combinations which only vertical, wind, earthquake and lateral earth impulse loadings. All necessary combinations are taken into account while numerical modeling and analysis. Loads was determined according to “TS 498 Design Loads for Buildings”. Models are considered residential, building live load participation factor equals 0.3, building importance factor equals 1.0. According to Turkish Earthquake Code, there are two different ductility level of structural system; normal and high. These levels influence structural system behaviour factors. Multi-storey buildings are required to be in high ductility.

Because of using in structural systems frequently, frames, coupled structural walls-frame and solid structural wall systems were compared. In order to observe variation of parameters owing to number of storeys, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 50 storeys structures was modeled. Frame structural system was only created 10 and 15 storeys,

because it is not effective after about 15<sup>th</sup> floor. To understand the seismic zone effect which are used in calculations for seismic loads, all degree of seismic zones (1.<sup>o</sup>-2.<sup>o</sup>, 3.<sup>o</sup>-4.<sup>o</sup>) in Turkish Earthquake Code 2007 were compared. Because of using in slab types frequently, plate, joist and flat slab systems were compared. Plate slab system models are 18cm thick. Beam sizes vary 30cmx60cm to 40cmx80cm depending on conditions. Joist slab system models are 7cm/32cm thick and 10cm/50cm width and spacing. Beam sizes were used 60cmx32cm and 90cmx32cm depending on loads. Flat slab systems are 30cm thick. Different live loads, which are 2 kN/m<sup>2</sup>, 3.5 kN/m<sup>2</sup> and 5 kN/m<sup>2</sup>, was effected buildings. Thus, the effect of the change in live load was observed. To observe the local site class effect, all of them (Z1-Z2-Z3-Z4) in Turkish Earthquake Code were compared. Three different class of concretes were modeled for understanding the effect of changes in parameters. These classes are C30, C35 and C40.

The thesis consists of six chapters. The first chapter was mentioned the aim of the study and issues to investigated.

In second chapter, Structural system that can be used in highrise buildings were examined. That was described the characteristics of the systems. Frames, coupled structural wall-frame and solid structural wall systems were compared in terms of story displacements. So that was guidance for the selection of ideal structural system. Also effect of wind loads on multi-storey buildings is mentioned.

In third chapter, it is mentioned that “Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones 2007”. Equivalent seismic load method, mode superposition method and analysis methods in time domain were investigated. Parameters that are decisive for the design of the buildings examined and described how to use the created models. In the plan and vertical irregularities which were examined in detail in the comparison were explained. Also in this section, effective relative storey drifts and second-order effect indicator were described.

There is no limitation on the maximum displacements and periods in Turkish Seismic Code but maximum value of effective relative storey drifts is required to be less than two percent. Maximum second-order effect indicator should be less than twelve percent. Additionally maximum storey drift to mean rate of storey drift should be less than 1.2 in any storey. This rule is related to torsional stiffness irregularity. In stiffness irregularity between adjacent floors, interstorey stiffness irregularity coefficient which is calculated 5% in the earthquake load eccentricity is desirably less than 2. This calculation should be made between all adjacent storeys.

The fourth chapter provides information about the models. It is explained how to design models. Slab plans of all structural systems and slab types are given. Because of 47 different models, their names are coded and shown in this section. Calculations of slab weights are given.

In the fifth chapter of the thesis, structural systems, number of storeys, seismic zones, slab types, live loads, soil and concrete classes were compared. Variation of parameter which maximum displacement in two directions, maximum value of effective relative storey drifts in two directions, second-order effect indicator, period, torsional and interstorey strength irregularities were observed. Related graphics are provided. It was determined difference between values.

In the sixth and final chapter, comparison of the results obtained from studies are covered. Conditions on the parameters of the effect of the change has been observed.

At the end of the study, it is reached many results. To touch some of these significant results, frames makes it more relative displacement on the lower floors. Whereas solid structural walls makes it more relative displacement on upper floors. Second-order effect indicator of frame systems are greater than coupled structural walls-frame systems'. Greater than 15st floor in comparison, Second-order effect indicator of coupled structural wall-frame systems are greater than solid structural wall systems'. Torsional irregularity of frames and coupled structural walls-frame systems decreases with increasing number of storeys but torsional irregularity of solid structural wall systems increases with increasing number of storeys. In terms of torsional irregularity coefficient, frame systems are smaller than coupled structural walls-frame and solid structural wall systems. In less than twenty-storey comparison, coupled structural walls-frame systems are greater than solid structural wall systems but more than twenty-storey comparison, solid structural wall systems are greater than coupled structural walls-frame systems. Plate slab systems give better results than joist and flat slab systems in terms of maximum displacement and maximum value of effective relative storey drifts in two directions. When examined torsional irregularity, plate slab systems behave better than flat slab system which behave better than joist slab system. In terms of the interstorey stiffness irregularity, joist and flat slab systems give better results than plate slab system. With an increasing number of storeys, maximum displacement in two directions, maximum value of effective relative storey drifts in two directions, maximum second-order effect indicator and period show declining growth, torsional irregularity decreases. The comparison of the seismic zone, maximum displacement and maximum value of effective relative storey drifts in two directions varies linearly depending on  $A_0$ .



## 1. GİRİŞ

İnşaat sektörü hemen her sektörü etkileyen, ekonomik kalkınmaya doğrudan etkileyen lokomotif sektördür. Bu sektörün dünyadaki önemli aktörlerinden biri de Türkiye’dir. Sektör, son yıllarda ülkemizde de etkisini gördüğümüz bir yükseliş göstermektedir. Bu yükseliş hareketinin temelinde ekonominin büyümesi nedeniyle yatırımcının kazancını gayrimenkule çevirmesi, yabancı sermayenin ülkeye ivmeyle dahil olması ve yapı stoğunun dayanıksızlığı nedeniyle başlatılan kentsel dönüşüm çalışmaları yer almaktadır.

Deprem, yapıların maruz kaldığı en önemli doğal afetlerdendir. Özellikle deprem kuşağında bulunan ülkemizde maddi manevi büyük kayıplara yol açmaktadır. Kayıpların hemen hemen hepsine yapılar yol açmaktadır. Bunun önüne geçilebilmesi için yapılar depreme dayanıklı tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Dayanıklı yapılar tasarlanabilmesi için yönetmelikler yol gösterici olmaktadır. Ülkemizde 2007 yılında o dönemdeki adıyla Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, şimdiki adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” yayınlanmıştır [1].

Yönetmelikteki temel amaç 50 yılda bir meydana gelebilecek depreme karşı %10 aşılma olasılığıyla yapı tasarlamaktır. Yapının kullanım amacına göre bundan daha güvenli tasarımlar yapmayı da gerektirebilmektedir. Bu sayede hafif şiddetteki depremlerde yapının hasar almaması, orta şiddetteki depremlerde hasarın onarılabilir seviyede olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması ve kalıcı hasar oluşmaması amaçlanır.

Yönetmelik, belirlediği amaçların sağlanabilmesi için yapıların tasarımında bir dizi sınırlamalar getirmiş ve hesap yöntemi göstermiştir. Bu sınırlamalar hesap yönteminin seçilmesinden, düzensizlikler, ötelemeler, etkin görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkiler ve donatılandırmaya kadar birçok noktada bulunmaktadır.

Ülkemizde yapıların tasarlanmasından ve yapımında uygulanacak kuralları belirten “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları TS500” standardı

kullanılmaktadır [2]. Kullanılacak yük kombinasyonlarının belirlenmesi, malzemelerle ilgili özellikler, hesap yöntemleri vb. konularda standartlar kullanılarak boyutlandırma yapılmaktadır. Yapıya etkiyen yüklerin belirlenebilmesi için ise “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri TS498” standardı kullanılmaktadır [3].

Mühendisliğin bünyesinde 3E (Emniyet-Ekonomi-Estetik) kuralı bulunmaktadır. Bu bağlamda ilk olarak yapıların yönetmeliklerin yol göstericiliğiyle emniyetli yapılması gerekmektedir. Bunun için yönetmelik ve standartları sağlayacak tasarım ve imalat yapılması gerekmektedir. Özellikle büyük projelerde süreç planlama, zaman kaybını minimuma indirme, işgücünü doğru organize etmekle ekonomi sağlanabilmektedir. Ayrıca mühendis yapı tasarımında güvenlikten ödün vermeden ekonomik sistemi kurmalıdır. Bu sistemi kurabilmek için ise doğru yerde doğru sistem kullanılmalıdır. Sisteme etkiyen birçok faktör vardır; yapının kat adedi, deprem bölgesi, beton sınıfı, yükleme koşulları, yerel zemin sınıfları bunlardan bazılarıdır. Bu faktörlere göre ideal sistem kurulmalıdır. İdeal sistem kurulurken estetik kaygılar da göz önünde bulundurularak emniyetten taviz vermeden tasarımlar yapılmalıdır. Bu çoklu disiplin sistemde, birbirine bağlı birçok parametre arasından en ideale karar vermek mühendisliğin gereğidir.

Bu çalışmada; farklı taşıyıcı sistem ve elemanlar gözetilerek oluşturulmuş 47 adet yapı modeli elastik deprem etkisi dikkate alınarak çözümlenmiş ve elde edilen sonuçların mevcut yönetmelik esaslarını karşılayıp karşılamadığı araştırılmıştır. Bu bağlamda malzeme ve yerel zemin sınıflarındaki değişimin de katkısı incelenmiştir. Sayısal modellerde birbirine benzer aks sistemi kullanılmasına özen gösterilmiştir. Yapılan her bir karşılaştırma en az iki örnek üzerinden gerçekleştirilmiş ve bu sayede davranışın daha doğruca yorumlanabilmesi amaçlanmıştır. Modellerde en yaygın kullanılan taşıyıcı sistem türleri; çerçeve, perde çerçeve ve perde, döşeme sistemleri; plak, dolgu bloklulu dişli ve kirişsiz döşeme, beton sınıfları; C30, C35, C40, geniş kat adedi yalpaesi oluşturabilmek adına beşin katları olacak şekilde modellenen kat adetleri; 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 50, deprem yönetmeliğinde yer alan tüm deprem bölgeleri ve zemin sınıfları ele alınmıştır.

Taşıyıcı sistemin doğru olarak belirlenmesi, yapıların yüklere karşı gösterdiği tepkileri doğrudan etkilemektedir. Projelendirme doğru taşıyıcı sistemin seçilmesi bu bakımdan çok önemlidir. Mimari kaygılar da göz önünde bulundurularak, yapılacak

tasarımda yapının bulunduğu koşullar da göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistem seçilmelidir. Taşıyıcı sistemler perde, çerçeve, çekirdek, tüp veya bunların birlikte kullanılmasıyla sınıflanabilir. Sistemi seçerken, davranışın sünekliği, yapının maksimum yer değiştirme, burulma vb. davranışlarının parametreleri ve ekonomisinin optimumda tasarlanması amaçlanır [4].

Üzerindeki yük, açıklık ve kullanım amacına bağlı olarak da tasarımda farklı döşeme tiplerinden seçim yapmak gerekmektedir. Genel olarak sıklıkla karşılaşılan türler plak, dişli ve kirişsiz döşemelerdir. Bunların birbirlerine karşı çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Düşey yüke karşı rijitliğe etkiyen en önemli parametrenin biri kiriş yüksekliğidir. Bu sebeple plak döşemelerde yapılabilecek kirişlerin daha yüksek olması sebebiyle diğerlerine kıyasla daha fazla yük taşıyabileceği veya daha ekonomik olacağı söylenebilir. Dişli ve kirişsiz döşemelerde mimari açıdan sorun teşkil edebilen kiriş sarkmaları oluşmamaktadır. Duvar gibi yüklerin yer değiştirmesinden de daha az etkilenmektedir. Kirişsiz döşemenin imalatı daha kolaydır. Bu ve bunun gibi avantaj ve dezavantaj düşünerek mühendis projelendirmede ideal döşeme türüne karar vermelidir. Karar verme sürecinde oluşturacağı modellerin mimari kaygıları, hesap sonuçlarını ve boyutlarını göz önünde bulundurarak ekonomi-performans oranlarını incelemelidir.

Yapının yapılabileceği maksimum yükseklik, inşa yapılacak asrının özelliklerine bağlıdır. Dikkat çekici, marka yaratacak projelere imza atabilmek için günümüzde çok katlı yapılar inşa etmek caziptir. Bu sebeple yapılabilecek brüt inşa alanını olabildiğince çok kata yaymak isteyen mimari tasarımlar ortaya çıkmaktadır. Yapı yüksekliğinin artmasıyla, en temelinde yapıya etkiyen deprem ve rüzgar yükünün etkisi artmaktadır. Bunların dışında temele etkiye basınç, alt kat kolon ve perdelerine etkiyen eksenel yük ve bunlar gibi değerlerde de önemli değişimler meydana gelmektedir. Mevcut yönetmelik ve standartlarda belirtilen kuralların karşılanabilmesi için uygun tasarımlar yapılması gerekmektedir. Bu tasarımları yapılırken de yapı sistemi ve eleman davranışı ile ilgili sınır parametrelerin eğilimlerinin de bilinmesi gerekmektedir.

Deprem bölgesi, yapının taşıyıcı sistem boyutlarına etkiyen en önemli parametrelerdendir. Taşıyıcı sistem elemanlarının büyümesi, yapının birim metrekare maliyetini arttırdığı gibi, net alanın da azalmasına neden olmaktadır. Deprem bölgesinin değiştirilmesi mümkün olmadığından, ekonomik parametreler de göz

önünde bulundurularak yapının yapılacağı deprem bölgesinin değiştirilmesiyle üstyapı maliyetinin değişimi hesaba katılmalıdır.

Mühendisliğin bünyesindeki 3E (Emniyet-Ekonomi-Estetik) kuralından da yola çıkarak emniyetli, ekonomik ve estetik yapı tasarımında doğru beton sınıfının kullanılması büyük önem arz etmektedir. Beton sınıfının arttırılmasıyla aynı emniyetli durum, daha küçük elemanlarla sağlanabilmektedir. Böylece beton sarfiyatının azalması ve net alanın artması sayesinde daha ekonomik tasarımlar yapılabilir. Daha narin elemanlar, daha alçak kirişler vb. avantajlarla da estetik kazanımlar sağlar.

Yapıya etkiyen yükler belirlenirken yararlanılan TS-498'de [3], yapının yerine ve kullanım amacına uygun tasarım yükleri belirtilmektedir. Kar ve rüzgar yükleri yapının inşaa edileceği yere, hareketli yük ise kullanım amacına göre değişmektedir. Çok katlı yapı tasarımında hareketli yük ve rüzgar yükünün etkisi oldukça fazladır. Sismik aktivitesi zayıf bölgelerde tasarımda belirleyici kombinasyon rüzgar yüklerinden kaynaklanabilmektedir. Böyle durumlarda yapıya etkiyen rüzgar yüklerinin azaltılması için yapının geometrisinde bazı önlemler alınabilir. Hareketli yükün daha büyük değerlerde olması durumunda yapıya etkiyen deprem yükü artacaktır. Döşemeye etkiyen yük dolayısıyla momentler de artacaktır. Bu da daha büyük boyutlu elemanların ya da daha yoğun donatılandırılmış kesitlerin kullanılmasına neden olacaktır.

Yapılara gelen deprem yüklerinin hesaplanmasında zemin sınıfı ve yapının taşıyıcı sistem periyoduna bağlı olarak ivme spektrum grafiğindeki spektrum katsayısı değerine ulaşılır. Yapının periyodu, yapının kat adediyle oldukça ilişkilidir. Yapıya gelen deprem yükünün azalması ile daha ekonomik ve güvenli binalar yapabilmek mümkün olur. Gelişmiş şehir planlamacılığında, ilgili bölgede yapılacak binaların kat adetleri belirlenirken, inşaatın yapılacağı zemin ve yapının kat adedine bağlı olarak öngörülen taşıyıcı sistem periyotları göz önünde bulundurulur.

Çalışmanın amacı farklı taşıyıcı sistemler için oluşturulan sayısal modellerin tasarım depremi etkisinde davranışlarının karşılaştırılmalı olarak incelenmesidir.

## 2. TAŞIYICI SİSTEMLER

Taşıyıcı sistemler, yapının zati, hareketli, rüzgar ve deprem yüklerini taşımaktadır. Bu kuvvetlere karşı koyabilmek için günümüzde en çok betonarme, çelik ve ahşap taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır. Üçünün birbirine karşı pek çok avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yaygınca kullanılan betonarme taşıyıcı sistemler incelenmiştir.

Yapının ağırlığının artmasıyla deprem yüklerinde, yüksekliğinin artmasıyla da rüzgar yüklerinde belirgin artışlar olmaktadır. Böylece taşıyıcı sistemlerde önemli yatay yer değiştirmeler meydana gelmektedir. Bunun için özellikle yüksek yapılarda yatay yüklere karşı gerekli rijitlik sağlanarak yatay yer değiştirmeler sınırlandırılmaktadır.

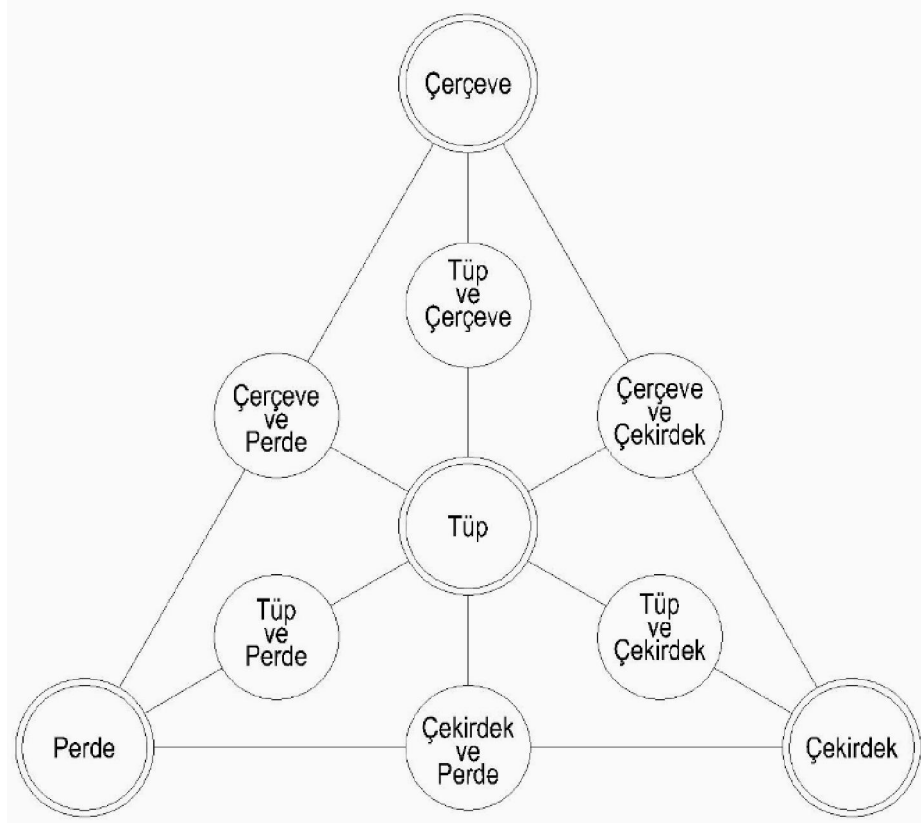
Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarlanırken, boyutlandırmada yatay yüklerin payının düşeyinkinden fazla olmaması istenir. Bu nedenle yatay yüklerin karşılanmasında, eleman boyutlarının arttırılmasından ziyade, taşıyıcı sistemin etkinliğinin arttırılmasıyla karşılanması istenir. Taşıyıcı sistemin etkinliğinin arttırılması için ise yapının süneklik, sınırlı yer değiştirmeler, rijitlik ve yeterli dayanım özelliklerine sahip olması gerekmektedir [5].

İdeal taşıyıcı sistem türünün seçilebilmesinde yapının yüksekliği, bulunduğu deprem bölgesi, ağırlığı, geometrisi gibi etmenler belirleyicidir. Örneğin yüksek olmayan yapılarda süneklik sağlaması için çerçeve sistemler tercih edilirken, yüksek yapılarda yatay yüklerin etkisiyle oluşan yerdeğiştirmelerin karşılanabilmesi için büyük atalet momentleri ile sisteme rijitlik sağlayan perdelerin yer aldığı sistemler tercih edilir [6].

Çok katlı yapılarda perde ve kolonların birlikte kullanılmasıyla rijitliğin ve sünekliğin dengeli bir şekilde sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sayede yapı deprem kuvvetlerini soğurma noktasında daha ideal bir davranış sergilemektedir [7].

Betonarme taşıyıcı sistemler, bugüne kadar farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Bunlar arasında en çok kabul görenlerden biri de, 1978 yılında Drosdov-Lishak

tarafından yapılan, çerçeve, perde, çekirdek, tüp ve bunların kombinasyonları olan sınıflandırmadır [8].



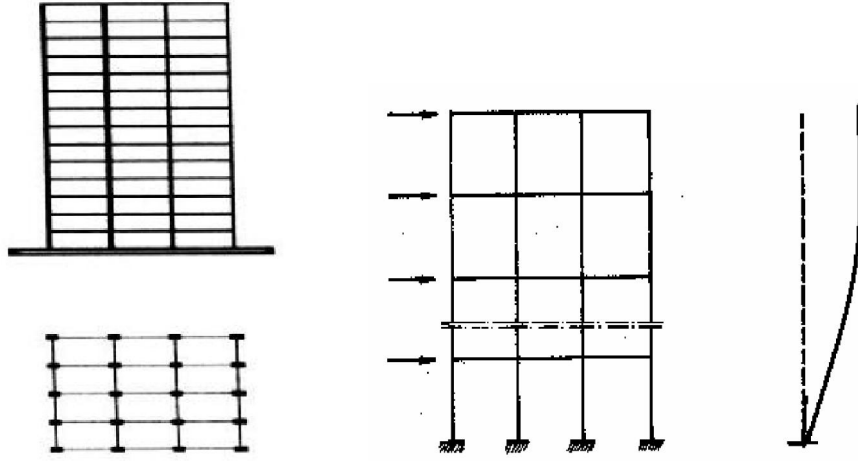
**Şekil 2.1 :** Yüksek binaların taşıyıcı sisteminin sınıflandırılması (Drosdov- Lishak).

## 2.1 Taşıyıcı Sistem Türleri

Bu çalışmada, bu sınıflardan en yaygın olarak kullanılan çerçeve, perde çerçeve, perde, çekirdek ve tüp taşıyıcı sistem ele alınmıştır.

### 2.1.1 Çerçeve taşıyıcı sistemler

Kolon ve kirişlerin birleştirilmesiyle oluşturulan taşıyıcı sistem türüdür. En basit çok serbestlik dereceli taşıyıcı sistemdir. Genellikle düşey yükün etkin olduğu durumlarda tercih edilir. Yanal rijitliklerinin yeterli olmaması ve yüksek süneklikleri sebebiyle yatay yükler etkisinde büyük yatay yerdeğiştirmeler yaparak büyük enerji yutma kapasitesine sahip olur. Düğüm noktalarının rijitliği sağlanmalıdır. Güçlü kolon zayıf kiriş prensibi gereği plastik mafsallar kolonlarda oluşmamalıdır. Atölye, fabrika gibi büyük açıklıklı ya da az katlı ofis, konut türü yapılar için daha uygundur.



**Şekil 2.2 : Çerçeve sistem örneği.**

Çerçeve taşıyıcı sistem bir yapıda süneklik düzeyi yüksek ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R$  değeri 8, süneklik düzeyi normal ise 4 alınmaktadır.

### **2.1.2 Perde çerçeve taşıyıcı sistemler**

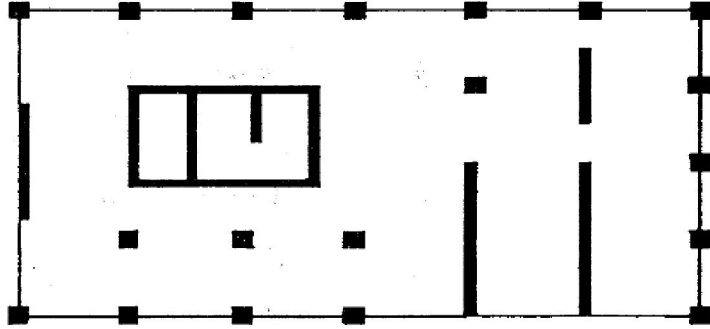
Kat adedinin yaklaşık 15'ten fazla olan çerçeve sistem yapılarda ideal boyutlarda elemanlar kullanıldığında yatay kuvvetler kabul edilemez ötelemelere yol açar. Yatay rijitliğin sağlanabilmesi için perde kullanmak çözüm oluşturmaktadır. Perde çerçeve sistemlerde, perde ve çerçevelerin yapı boyunca birlikte çalışmasıyla ayrı ayrı rijitliklerinin toplanmasından daha büyük rijitliğe sahip olmuş olurlar. Bu sayede perde çerçeve sistemli çok katlı yapıların ekonomik ve güvenli yapılması sağlanır[9].

Perdeler, uzunluğu kalınlığının en az yedi katı olan taşıyıcı elemanlar, düşey yükler altında ince ve uzun bir kolon davranışı gösterirler. Bulunduğu doğrultuda, atalet momenti hesabındaki ilgili doğrultunun üçüncü derece kuvveti alınmasından ötürü büyük rijitlik sağlar. Düşey yüklerin etkin olduğu sistemde perde bulunması büyük önem taşımamaktadır. Ancak yatay yüklere karşı çerçevenin davranışında önemli iyileştirme sağlar. Yapının kesme kuvvetlerine karşı kayma kapasitesini artırır [10].

Yalnızca perdelerin kullanılması çekirdekte gerekli rijitliğin sağlanabilmesi için büyük kesit boyutlarının kullanılmasını gerektirdiği ve mimari unsurlar bakımından birçok kısıt yaratması nedeniyle bazı sorunlara yol açmaktadır. Bu durumlar davranış bakımından çerçeve ve perdelerin bir arada kullanılmasının getirdiği avantajlar göz önünde bulundurularak perde çerçeve taşıyıcı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır [11].



simetrik dağılmasıyla daha etkili davranmaktadır. Merkeze yapılamadığı durumlarda burulmaya yol açabilir. Bu sistemde kolon rijitlikleri kirişlerinkinden çok daha büyüktür.



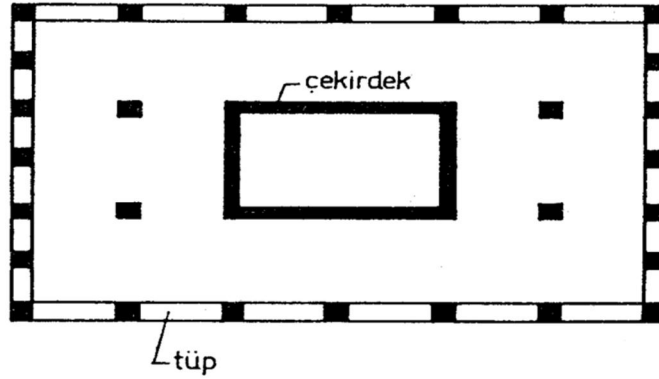
**Şekil 2.5 : Çekirdek sistem örneği.**

Çok katlı yapılarda imalatı kolaylaştırması adına tırmanan kayar kalıp kullanılarak çekirdeğin imalatı kolaylaştırılır. Bu sistem aynı zamanda çelik yapılarda da kullanılır. Devrilme momentlerini karşılaması, kesme kuvvetini alması ve kullanılan çelik miktarını azaltarak ekonomi sağlaması sebebiyle tercih edilir.

#### **2.1.5 Tüp taşıyıcı sistemler**

Tüp sistem, yapının kenarlarına 1m~3m aralıkla yerleştirilen kolonların büyük rijitlikli kirişlerle bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Yapıya etkiyen yatay yüklerden oluşan eğilme momentlerini, ilgili deprem doğrultusunda dış tüpün paralel çerçevelerinin aksenal kuvvetleri tarafından karşılanması nedeniyle yüksek yapılarda kullanılması uygundur. Bu sistemde, kenar kolonlarda oluşan normal kuvvet şekildeğiştirmeleri nedeniyle, hem deprem doğrultusundaki, hem de ona dik olan doğrultudaki çerçeveler kuvvet aktarımı yapar. Bu sayede deprem doğrultusundaki çerçevelerin yükünü azaltır, ancak köşe kolonlarda kuvvet artışına yol açar. Bu durum da deprem doğrultusundaki çerçevelere kayma gecikmesi (shear lag) adı verilen ilave zorlanmalara neden olur. Kayma gecikmesi nedeniyle, yanal kuvvetlerden oluşan gerilmeler orta kolonlarda azalır, kenar kolonlarda artar. Çevre çerçevelerinin kolonlar aralıklarının azaltılmasıyla kapalı kutu davranışına yaklaşır. Çekirdek sistemde olduğu gibi temelden çıkan konsol kiriş gibi davranmaz, davranışı daha karmaşıktır. Tüp sistem tasarımında ana amaç, yapının çevresine boşluklu perdeler oluşturarak daha sünek davranması sağlamaktır. Tüplerde kullanılan kirişlerin genişlikleri genellikle 25cm~100cm, yükseklikleri ise 60cm~120cm

arasında değişmektedir. Bu nedenle boşluklu perde duvara benzemektedir. Bazı durumlarda kolon aralıklarının 5m'ye kadar çıkmasına izin verilebilir. Ayrıca istenilmesi durumunda yapıda iç tüpler de yer alabilir. Tüp taşıyıcı sistemler, çerçeve tüp olarak da bilinmektedir [13].



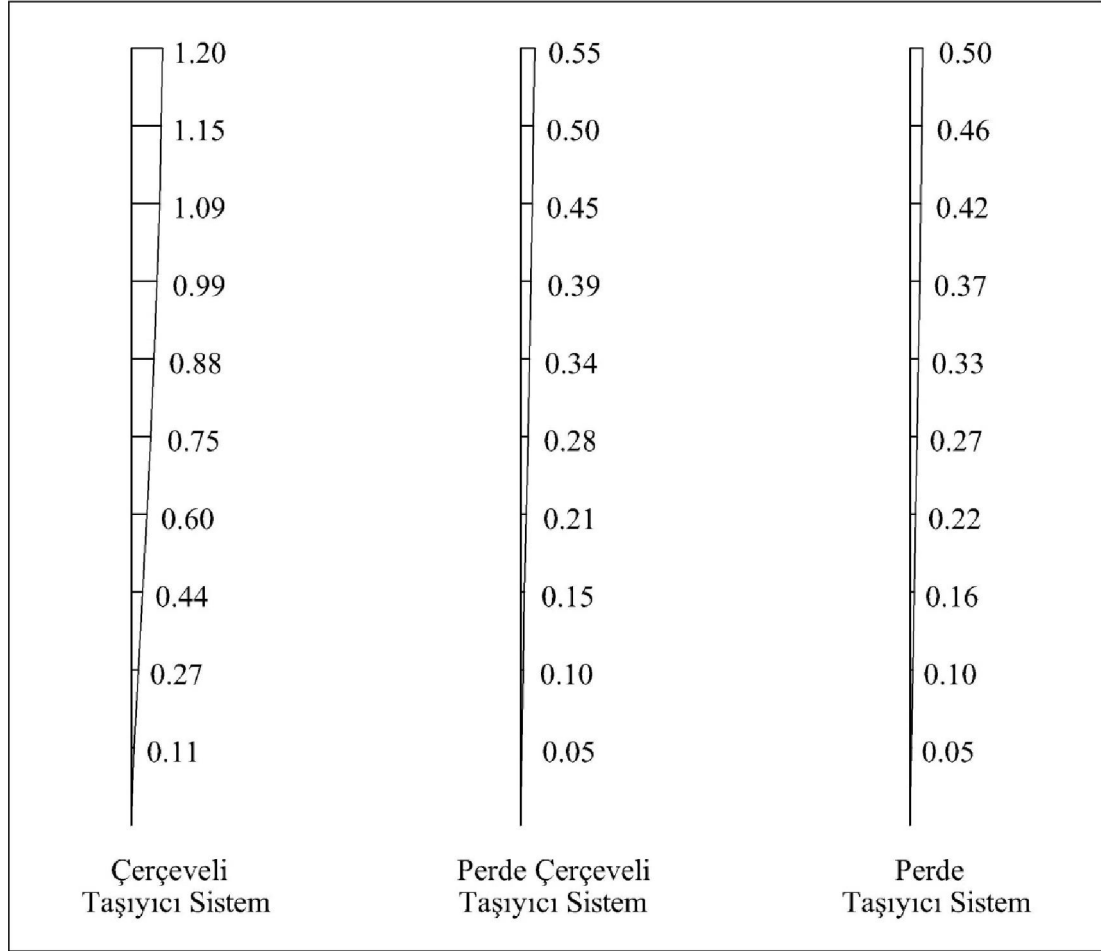
Şekil 2.6 : Tüp sistem örneği.

## 2.2 Taşıyıcı Sistem Karşılaştırmaları

Yatay yük etkisinde çerçeveler kayma şekil değiştirmesi yapar. Bu yerdeğiştirmeler ilgili kata etkiyen kesme kuvvetine bağlıdır. En büyük kesme kuvvetinin tabanda meydana gelmesinden ötürü çerçevelerin en alt kattaki öteleme artışı diğer sistemlere göre daha büyüktür. Perdelerde ise sistem konsol benzeri davrandığından en büyük ötelemeyi en üst katta yapmaktadır. Perde çerçeveli sistemlerde; alt katlarda çerçevelerin yaptığı maksimum ötelemeyi perdeler çekerken, üst katlarda perdelerin yaptığı maksimum ötelemeyi de çerçeveler çeker. Sonuçta yatay yükü altta perde, üstte çerçeve karşılar.

Bu çalışmada, günümüzde en yaygın kullanılan taşıyıcı sistemler olan; çerçeveli, perde çerçeveli ve perde taşıyıcı sistem incelenmiştir. Bu üç farklı taşıyıcı sistemin kat bazındaki ötelemelerinin incelenebilmesi için yapıların 10 katlı olduğu, plak döşeme kullanıldığı, 3.° deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu modellerin kat ötelemeleri Şekil 2.7'de görüldüğü üzere bu üç modelde en az yatay yer değiştirme, yatay rijitliği en fazla olan perde sistemde meydana gelmiştir. Tabiki bu duruma sistemlerin eleman boyutları ve düzeni de etkimektedir. Çerçeveli ve perde-çerçeveli sistemlerin yatay yükler altında davranışı ve perde elemanların davranışına etkisi kat ötelemesinin yatay yer değiştirmeye oranı

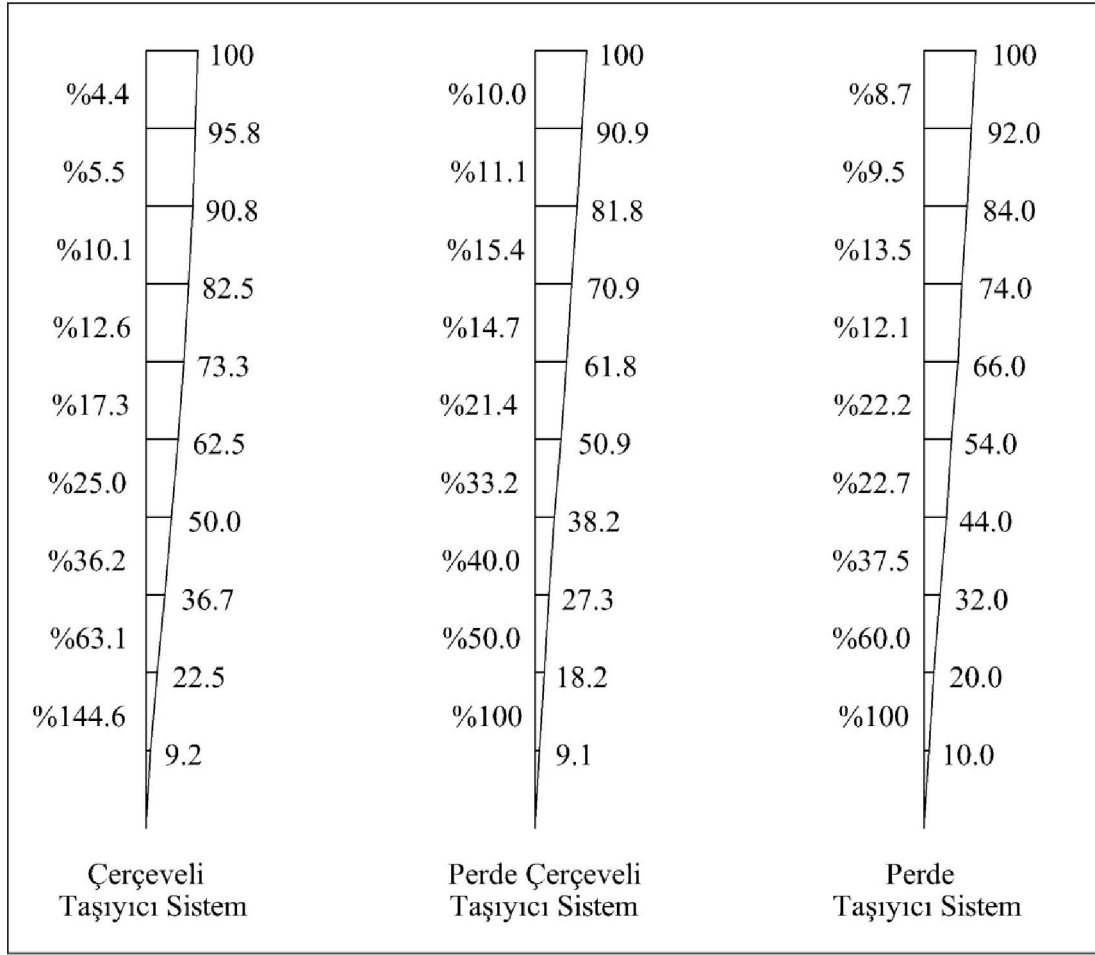
Şekil 2.8'deki gibidir. Aynı modellerde bu karşılaştırma Şekil 2.9'daki gibidir. Değerler % cinsindendir.



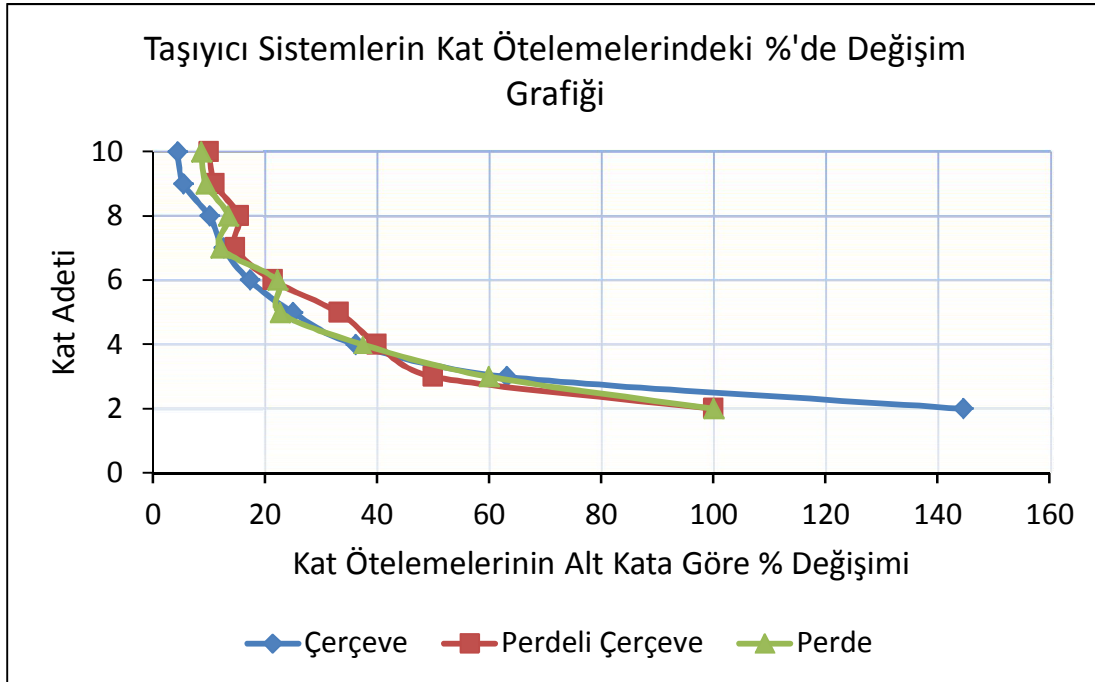
**Şekil 2.7 : Sistemlerin kat ötelemeleri karşılaştırması.**

Şekil 2.8 ile çerçeve sistemin alt katlarda, perde sistemin ise üst katlarda büyük göreceli öteleme yaptığı gözlenmektedir. Perde çerçeve sistemde ise ardışık katlar arasındaki yerdeğiştirme artış oranının lineere daha yakın olduğu anlaşılmaktadır. Bu yorum Şekil 2.9 yardımıyla yapılabilmektedir. Yatay yüklere karşı taşıyıcı sistemlerin davranışları da Şekil 2.10'de verilmiştir. Taşıyıcı sistem eğrilerinin altında kalan alanlar, yapının enerji yutma kapasitesini gösterir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere yatay yükler arttıkça perde sistemin tercih edilmesi gerekmektedir.

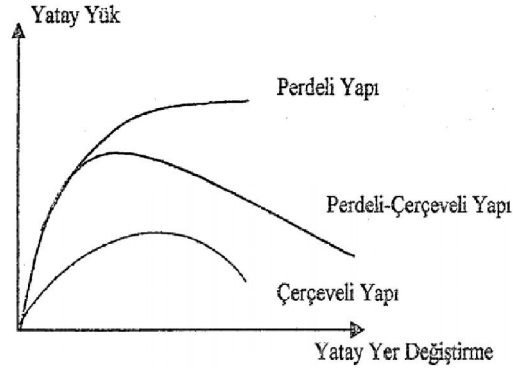
Yapılarda kat adedi arttıkça deprem ve rüzgar kuvvetlerinde artış meydana gelmektedir. Yapının yapılacağı deprem bölgesi ve yapıya etkiyecek rüzgar şiddeti de göz önünde bulundurularak kat adedinin artmasıyla kullanılması önerilen taşıyıcı sistemler Şekil 2.11'de gösterilmektedir [14].



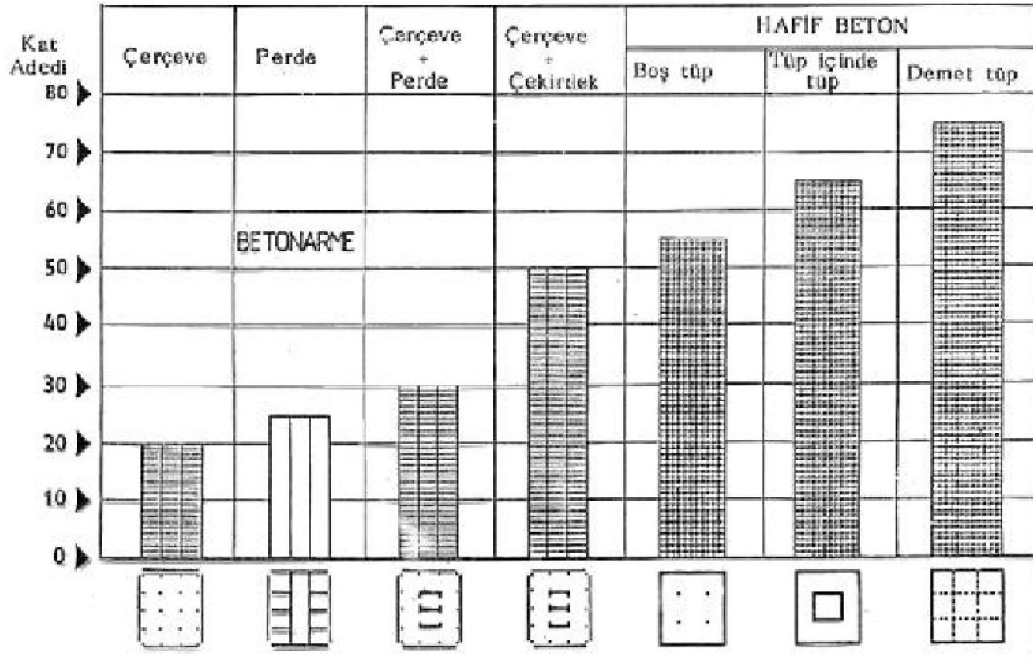
Şekil 2.8 : Sistemlerin kat ötelemelerinin maksimum ötelemeye oranı-1.



Şekil 2.9 : Sistemlerin kat ötelemelerinin maksimum ötelemeye oranı-2.



**Şekil 2.10 : Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında davranışları.**



**Şekil 2.11 : Kat adedine göre kullanılması önerilen taşıyıcı sistemler.**

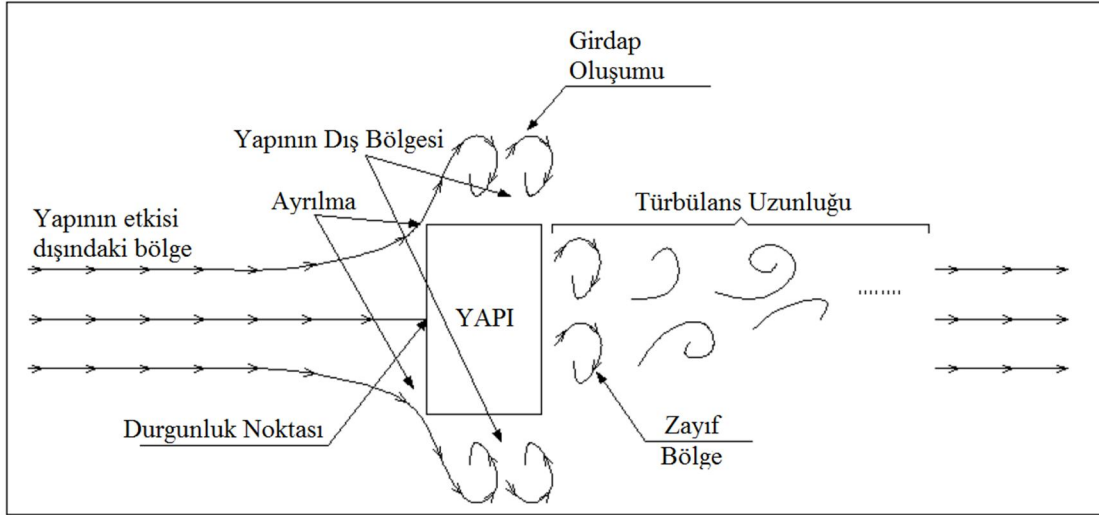
### 2.3 Taşıyıcı Sisteme Etkiyen Rüzgar Yükü

Yüksek yapı tasarımında rüzgar, tasarımı etkileyen bir diğer önemli parametredir. Bazı durumlarda rüzgar kombinasyonu daha elverişsiz olmakta ve tasarımı etkilemektedir. Yüksek yapılarda rüzgar etkisi konfor bakımından da tahkik edilmesi gereken bir husustur. Titreşim yapıyı kullananların konforuna doğrudan etkilemektedir. Rüzgar yükü nedeniyle yapı tepe noktası ivmesi titreşim ve sallanma hissini oluşturan parametredir [15].

Tepe noktası ivmesi yapının konumu, şekli, boyutları, yüksekliği, ağırlığı, sönüm oranı, rüzgarın hızı ve doğrultusuna bağlıdır. Bu ivmenin hissedilmesi insanlarda farklılık göstermektedir. Önceki çalışmalar;  $0.05 \text{ m/sn}^2$  den küçük ivmelerin

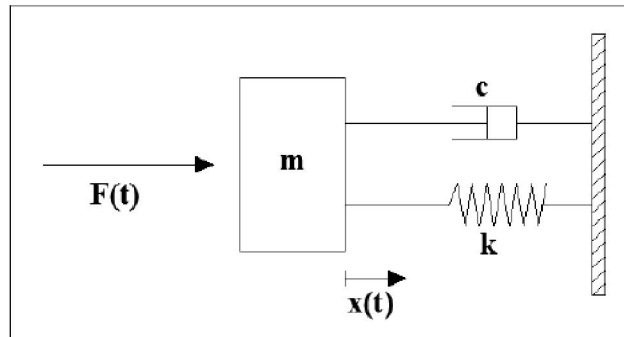
hissedilmediğini,  $0.05-0.1 \text{ m/s}^2$  arası ivmelerin yalnızca hassas insanlar tarafından farkedildiğini,  $0.1 \text{ m/s}^2$ den büyük ivmelerin ise insanların büyük kısmı tarafından hissedildiğini göstermektedir [16]. Bu ivmeye uzun süre maruz kalmak, vertigo hastalığına neden olabilmektedir.

Rüzgarın yarattığı ivmenin belirlenmesinde yapı şeklinin etkisinin hesaba katılabilmesi için rüzgar tüneli deneyleri yapılmalıdır. Bu çalışmada olduğu gibi planda dikdörtgen çok katlı yapıların maruz kaldığı rüzgar akışı Şekil 2.12'deki gibidir.



**Şekil 2.12 :** Yapı etrafındaki akış.

Bu akışa maruz kalan yapının rüzgar etkisinin hesaplanabilmesi için Şekil 2.13'teki basitleştirilmiş dinamik model oluşturulmalıdır [17].



**Şekil 2.13 :** Birinci derecede serbest sistemin basitleştirilmiş dinamik modeli.

Hesapta kullanılacak rüzgar yüküne, yapının yapılacağı yer ve doğrultusu etkimektedir. Bu çalışmadaki gibi çok katlı yapılarda deprem etkisinin yanı sıra rüzgar etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

### **3. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ**

Yönetmelikler, binaların depreme dayanıklı olarak tasarlanabilmesi için gerekli hesapların ve yapım kurallarının belirtildiği talimatnamelerdir. Bu kurallar temel mantıkla dayanıklı bina yapma amacıyla yazılsa da idarelere göre farklılık gösterebilir. Ülkemizde bu kapsamda en güncel olarak 2007 yılında “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu çalışmada oluşturulan modeller DBYBHY’ye uygun olarak tasarlanmıştır.

DBYBHY’nin amacı, deprem bölgelerinde yapılacak ya da değiştirilecek tüm binaların depreme dayanıklı tasarlanmasını sağlamak ya da güçlendirilmesi için gerekli koşulları belirtmektir. Yönetmelik yerinde dökülmüş betonarme, öngermeli veya öngermesiz prefabrike betonarme, çelik ve yığma yapıları kapsamaktadır. Tasarım, bina önem katsayısı  $I=1$  olan binaların, tasarım depreminin 50 yıllık bir sürede aşılma olasılığının %10 olacağı duruma göre yapılmaktadır. Buna göre hafif şiddetteki depremlerde yapının hasar görmemesi, orta şiddetteki depremde hasarın onarılabilir olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amaçlanır.

Tüm taşıyıcı sistem elemanlarının, karşılaşılabilecekleri en elverişsiz kombinasyonda dahi gelen kuvvetleri güvenle temel zeminine kadar aktarması gerekmektedir.

#### **3.1 Dinamik Analiz Yöntemleri**

DBYBHY’de, yapılara gelen deprem yüklerini hesaplamak için 3 farklı hesap yöntemi bulunmaktadır [1].

- Eşdeğer deprem yükü yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi
- Zaman tanım alanında hesap yöntemi

##### **3.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi**

DBYBHY 2007’ye göre eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem hesabı tüm yapılarda uygulanamamaktadır. Bununla ilgili kısıt Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.**

| Deprem Bölgesi | Bina Türü                                                                                                                            | Toplam Yükseklik Sınırı |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1, 2           | Her bir kata burulma düzensizlik katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar                                        | $H_N \leq 25m$          |
| 1, 2           | Her bir kata burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar | $H_N \leq 40m$          |
| 3, 4           | Tüm binalar                                                                                                                          | $H_N \leq 40m$          |

$H_N$  : Bodrum katları rijit perde olan binalarda zemin kat döşemesi üstünden, diğer binalarda ise temel üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik

### 3.1.2 Mod birleştirme yöntemi

DBYBHY 2007'ye göre, x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, mod etkin kütleleri toplamının en az %90'ından fazlasının sağlandığı modların her birinden hesaplanan katkıların CQC veya SRRS yöntemleriyle birleştirilmesiyle maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler elde edilir.

$$S_{ae}(T_n) = A(T) \cdot g \quad (3.1)$$

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.2)$$

$A(T)$  : Spektral ivme katsayısı

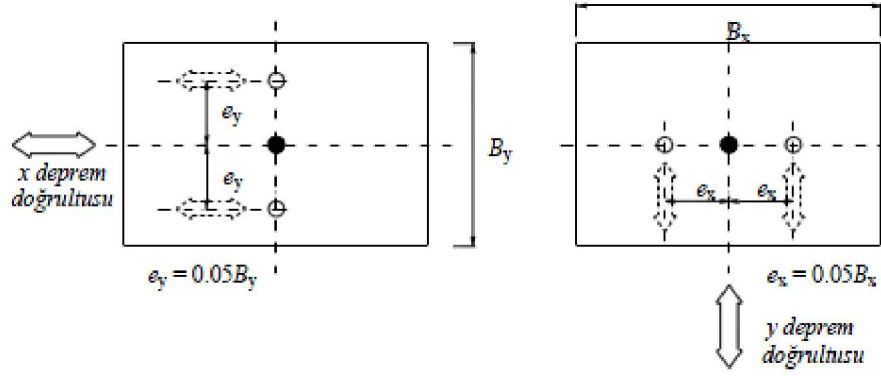
$g$  : Yerçekimi ivmesi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$S_{aR}(T_n)$  : n'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [ $\text{m/s}^2$ ]

$S_{ae}(T_n)$  : Elastik spektral ivme [ $\text{m/s}^2$ ]

$R_a(T_n)$  : Deprem yükü azaltma katsayısıdır.

Döşemelerin rijit diyafram gibi davrandığı yapılarda deprem kuvveti, Şekil 3.1'de görüldüğü üzere x ve y doğrultularının her birinde kat boyutunun  $\pm\%5$ i kadar kaydırılarak etkililir. Deprem yükleri, tam olarak x ve y doğrultulardan etkimeyebilir. Ayrıca eksantrisite verilerek burulma bakımından daha elverişsiz yükleme yapılmış olur. Ağırlık merkezinde oluşacak muhtemel değişikliklerle rijitlik merkeziyle arasındaki kuvvet kolunun değişimine karşı güvenli tarafta kalınır. Böylece tamamen simetrik yapılarda da burulma incelenebilmektedir. Modal analizde de bu eksantrisite göz önünde bulundurulur.



**Şekil 3.1 :** Kütle merkezinin yeri ve kaydırılmış kütle merkezinin konumları.

Hesap için yeterli titreşim mod her mod için:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.3)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.4)$$

$M_{xn}$  : Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

$M_{yn}$  : Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

$M_n$  : n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

$m_i$  : Binanın i'inci katının kütlesi olarak tanımlanmıştır.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{xin} \quad (3.5)$$

$$L_{yn} = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_{yin} \quad (3.6)$$

$$M = \sum_{i=1}^N (M_i \Phi_{xin}^2 + M_i \Phi_{yin}^2 + M_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \quad (3.7)$$

Bu ifadelerde;

$\Phi_{xin}$  : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni

$\Phi_{yin}$  : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni

$\phi_{\Theta in}$  : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni olarak tanımlanmıştır.

Gerekli tüm titreşim modları için hesaplanan deprem yükü, iç kuvvetler, yerdeğiştirmeler gibi büyüklüklerin maksimum katkılarının istatistiksel olarak birleştirilirken aşağıdaki kurallar uygulanmaktadır:

$T_m < T_n$  olmak üzere,  $T_m/T_n < 0.8$  koşulunu sağladığında, maksimum mod katkılarının birleştirilmesinde Tam Karesel Birleştirme Kuralı (CQC) kullanılmaktadır. Bu kural uygulanırken, bütün titreşim modlarında sönüm oranı %5 olarak alınmaktadır [18,19].

### 3.1.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Bu yöntemde, yapıların deprem hesabında, yapay yolla elde edilmiş, önceden kaydedilmiş ya da benzetilmiş deprem yer hareketleri kullanılmaktadır.

Yapay olarak elde edilen veya kaydedilmiş deprem yer hareketlerinin kullanılabilmesi bazı koşullara bağlanmıştır. Bunlar özetle; kuvvetli yer hareketi süresinin yapının birinci titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden kısa olmaması, sıfır periyoda karşılık gelen spektral ivme değerleri ortalamasının  $A_{0g}$ 'den küçük olmaması ve %5 sönüm oranı için deprem doğrultusundaki birinci periyodun ( $T_1$ )  $0.2T_1$  ile  $2T_1$  arasındaki periyotlar için  $S_{ac}(T)$  değerinin %90'ından az olmaması olarak sıralanabilir.

Hesaplarda en az üç deprem yer hareketi üretilmelidir ve üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların en büyüğü, yedi ve fazla yer hareketi kullanıldığında ise sonuçların ortalaması tasarımda kullanılmaktadır.

### 3.2 Modellemede Kullanılan Dinamik Hesap Yöntemi ve Parametreleri

Modellerin önemli bir bölümü Çizelge 3.1'deki koşulu sağlamadığından, aynı hesap yöntemiyle yapılabilmesi için yaygın olarak kullanılan hesap yöntemi olan Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplama yapılmıştır.

Yapının davranışını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. DBYBHY'de ilgili parametrelerin seçiminde belirli kurallar belirtilmektedir. Yapılan modellerde yapının konut olduğu kabulü yapılmış ve yönetmelikte belirtilen kurallara uygun seçimler yapılmıştır.

### 3.2.1 Hareketli yük katılım katsayısı

DBYBHY 2007’de deprem sırasında yapıya etkiyen yükün bulunabilmesi için farklı kullanım amacına sahip yapılarda hareketli yük katılım katsayısı tablosu Çizelge 3.2’de verilmiştir [1].

**Çizelge 3.2 : Hareketli yük katılım katsayısı.**

| <b>Binanın Kullanım Amacı</b>                                                                 | <b>n</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Depo, antrepo, vb.                                                                            | 0.80     |
| Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb. | 0.60     |
| Konut, işyeri, otel, hastane, vb.                                                             | 0.30     |

Yapılan modellerin konut olduğu kabul edildiğinden, bu çalışmada hareketli yük katılım katsayısı 0.30 olarak alınmıştır.

### 3.2.2 Bina önem katsayısı

DBYBHY’e göre spektral ivme katsayısı  $A(T)$ ’nin bulunabilmesi için yapı kullanım amacına göre değişen Bina Önem Katsayısı (I) Çizelge 3.3’te verilmiştir [1].

**Çizelge 3.3 : Bina önem katsayısı.**

| <b>Bina Kullanım Amacı veya Türü</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Bina Önem Katsayısı (I)</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b><br>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, itfaiye, haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları, enerji tesisleri; yönetim binaları, il yardım ve afet planlama istasyonları)<br>b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | 1.5                            |
| <b>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın sağlandığı binalar</b><br>a) Eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, vb.<br>b) Müzeler                                                                                                                                                                                                            | 1.4                            |
| <b>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b><br>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.2                            |
| <b>4. Diğer binalar</b><br>Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar (Konut, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.0                            |

Yapılan modellerin konut olduğu kabul edildiğinden, bu çalışmada bina önem katsayısı 1.0 olarak alınmıştır.

### 3.2.3 Etkin yer ivmesi katsayısı

DBYBHY'e göre spektral ivme katsayısı  $A(T)$ 'nin bulunabilmesi için deprem bölgesine göre değişen Etkin Yer İvmesi Katsayısı Çizelge 3.4'te verilmiştir. Yapının yapılacağı yerin deprem bölgesine ait bilgi DBYBHY'te yer almaktadır [1].

**Çizelge 3.4 : Etkin yer ivmesi katsayısı.**

| Deprem Bölgesi | 1   | 2   | 3   | 4   |
|----------------|-----|-----|-----|-----|
| $A_0$          | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |

Deprem bölgelerinin değişiminin parametrelere etkisinin gözlenebilmesi için yapılan modellerde tüm deprem bölgeleri için analiz yapılmıştır. Modellerde bulunduğu deprem bölgesine uygun  $A_0$  değeri kullanılmıştır.

### 3.2.4 Spektrum katsayısı

Spektrum katsayısı  $S(T)$ , DBYBHY'te yapının doğal periyoduna ve yerel zemin sınıfına bağlı olarak Denklem 3.8, 3.9 ve 3.10'a göre hesaplanmaktadır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.8)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.9)$$

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B \leq T) \quad (3.10)$$

Yerel zemin sınıfının belirlenmesine ilişkin tablo Çizelge 3.5'te verilmiştir.

**Çizelge 3.5 : Yerel zemin sınıfları.**

| Yerel Zemin Sınıfı | Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )                                       |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Z1                 | A Grubu zeminler<br>$H_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler                                    |
| Z2                 | $H_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler<br>$H_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler                |
| Z3                 | $15 \text{ m} < H_1 < 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$H_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler |
| Z4                 | $H_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler<br>$H_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler                   |

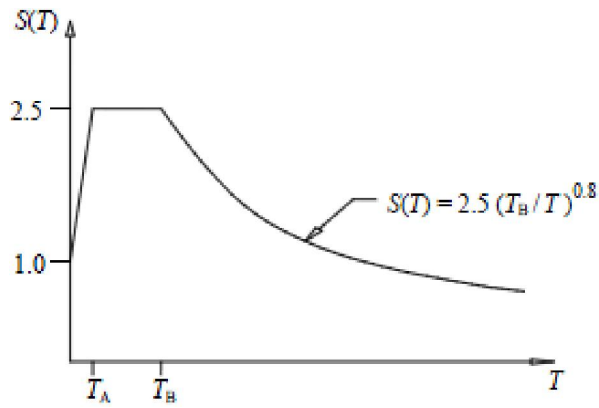
Yerel zemin sınıfa bağlı olarak Spektrum Karakteristik Periyotları  $T_A$  ve  $T_B$ , Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6 : Spektrum karakteristik periyotları.**

| Yerel Zemin Sınıfı | Z1   | Z2   | Z3   | Z4   |
|--------------------|------|------|------|------|
| $T_A$ (sn)         | 0.10 | 0.15 | 0.15 | 0.20 |
| $T_B$ (sn)         | 0.30 | 0.40 | 0.60 | 0.90 |

Yerel zemin sınıfı değişiminin parametrelere etkisinin gözlenebilmesi için yapılan modellerde tüm yerel zemin sınıfları için analiz yapılmıştır. Modellerde yerel zemin sınıfına göre ilgili  $T_A$  ve  $T_B$  değerleri kullanılmıştır.

Normalize edilmiş tasarım spektrum grafiği Şekil 3.2 'de verilmiştir.



**Şekil 3.2 : Periyot-Spektrum katsayısı grafiği.**

Spektral İvme Katsayısı  $A(T)$ 'ye Denklem 3.11 ile ulaşılır.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.11)$$

### 3.2.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R$ , DBYBHY'de yapının taşıyıcı sistemine, süneklik düzeyine ve boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetleri toplamının binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvveti oranına ( $\alpha_s$ ) göre Çizelge 3.7 ve Denklem 3.12'ye göre hesaplanmaktadır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısının artmasıyla yapı daha sünek davranacağından, yapıya etkiyen deprem yüklerini daha iyi soğurabilmektedir. Yapılan modellerin çok katlı olması, büyük deprem yüklerine maruz kalmaları gibi nedenlerden ötürü DBYBHY'de belirtilen gerekli şartlar sağlanarak yapıların yüksek süneklikte tasarlanması sağlanmıştır.

**Çizelge 3.7 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).**

| Bina Taşıyıcı Sistemi                                                                                                       | Süneklik Düzeyi Normal Sistemler | Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Yerinde Dökme Betonarme Binalar</b>                                                                                      |                                  |                                  |
| 1. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar                                                               | 4                                | 8                                |
| 2. Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar                                          | 4                                | 7                                |
| 3. Deprem yüklerinin tamamen boşluksuz perdelerle taşındığı binalar                                                         | 4                                | 6                                |
| 4. Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar | 4                                | 7                                |

Süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perde çerçeveli yerinde dökme betonarme binalarda  $0.75 < \alpha_s \leq 1.00$  olması durumunda R değeri Denklem 3.12'den yararlanılarak hesaplanır.

$$R = 10 - 4\alpha_s \quad (3.12)$$

Çalışmadaki tüm modellerde R değerleri bu hususlar göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Modellerin tümü süneklik düzeyi her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek sistemlerden oluşturulmuştur.

### 3.2.6 Hareketli yükler

Yapıya etkiyen yükler için ilgili yönetmelik olan TS 498'den yararlanılmıştır [3]. Yapıya etkilmesi gereken hareketli yükler Çizelge 3.8'deki gibidir.

**Çizelge 3.8 : Hareketli yük (q).**

| Kullanım Şekli                    | Konut , büro, hastane odaları | Sınıf, yemekhane | Cami, tiyatro, mağaza, lokanta, kütüphane |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------------------|
| Hesap Değeri (kN/m <sup>2</sup> ) | 2                             | 3.5              | 5                                         |

Hareketli yük değişiminin parametrelere etkisinin gözlenebilmesi için, yapılan modellerde 2 kN/m<sup>2</sup>-3.5 kN/m<sup>2</sup>-5 kN/m<sup>2</sup> hareketli yük ile analiz yapılmıştır. Standartlarda belirtilen bu yükler, tasarımda kullanılabilecek minimum yükler olup, gerekmesi halinde daha büyük değerler kullanılmalıdır.

### 3.3 Düzensizlikler

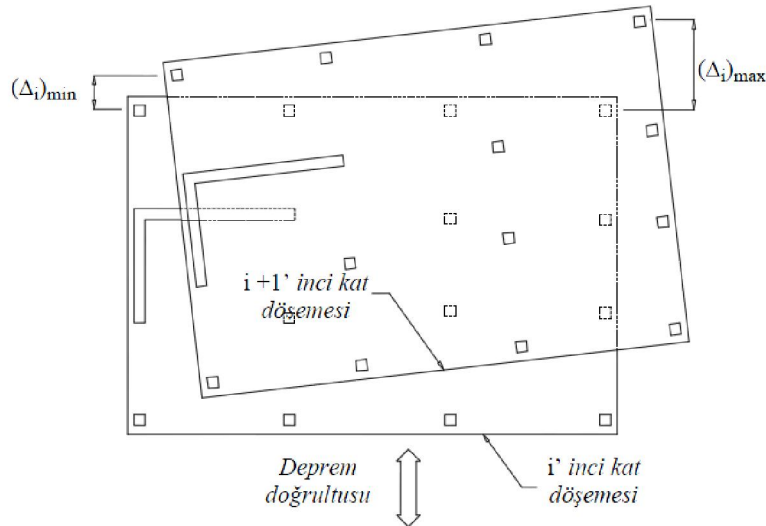
DBYBHY, depremli durumda yapının davranışında yarattığı olumsuzluklar nedeniyle, planda ve düşey doğrultuda düzensizlikler için bazı kısıtlar ve cezalar getirerek düzenli yapılar tasarlamayı teşvik etmektedir. Bu sayede yapının dayanımı artırılarak düzensizlikler nedeniyle yapının davranışındaki olumsuzluklar tolere edilmek istenmiştir.

#### 3.3.1 Planda düzensizlik durumları

DBYBHY’de planda düzensizlikler, burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizlikleri (A2) ve planda çıkıntıların bulunması (A3) olmak üzere üçe ayrılmıştır.

##### 3.3.1.1 Burulma düzensizliği A1

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birindeki herhangi bir katta, maksimum rölatif yatay ötelemenin, ortalama rölatif yatay ötelemeye oranının 1.2’den büyük olması durumudur. Bu orana “Burulma Düzensizlik Katsayısı”  $\eta_{bi}$  denir. Bu durum Şekil 3.3’teki gibidir.



Şekil 3.3 : A1 burulma düzensizliği.

Döşemenin rijit diyafram davranışı gösterdiği yapılarda  $\eta_{bi}$  Denklem 3.13 ve 3.14 ile hesaplanır.

$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{maks} + (\Delta_i)_{min}]/2 \quad (3.13)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks}/(\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (3.14)$$

Bu düzensizlik, kat kütle merkezi ile rijitlik merkezinin arasındaki mesafenin büyük olduğu durumda belirginleşir. DBYBHY'ye göre , kütle merkezinde değişiklik olabileceği düşünülerek, deprem kuvvetinin kütle merkezi yerine deprem kuvvetinin etki ettiği doğrultuya dik bina boyunun  $\pm\%5$ 'i kadar dışmerkezlik verilerek etkitilmesi gerekmektedir. Bu sayede yapı simetrik olsa dahi  $\eta_{bi}>1$  olacaktır.

Düzensizlik varsa ,  $1.2<\eta_{bi}<2.0$  , Denklem 3.15 ile hesaplanan  $D_i$  katsayısı  $\pm\%5$  olan dışmerkezlikle çarpılarak büyütülür.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2}\right)^2 \quad (3.15)$$

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $\eta_{bi}>2$  olması durumlarda, DBYBHY'ye göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yapılması gerekmektedir.

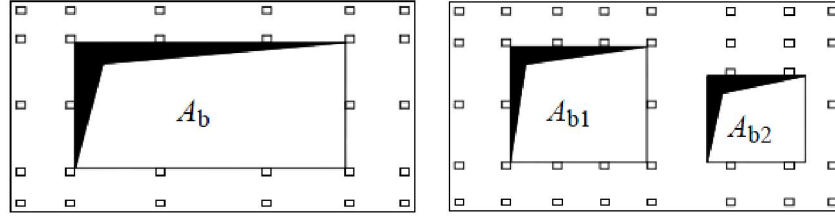
### 3.3.1.2 Döşeme süreksizlikleri A2

Hesaplarda rijit diyafram çalıştığı kabul edilen döşemenin, boşluklar nedeniyle bu durumu sağlayamadığı süreksizliktir. Bir kattaki döşemedeki boşluğun, toplam döşeme alanının 1/3'ünden fazla olması durumudur. Süreksizliğe neden olan boşluk sayısı bir ya da daha fazla olabilir. Daha fazla olması durumunda boşluk alanlarının toplamı dikkate alınmalıdır. Deprem yüklerinin aktarımında sıkıntıya yol açan veya rijitlikte ani azalma yaratan durumlarda da süreksizlik meydana gelir. Bu düzensizlik durumları Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'teki gibi meydana gelebilir.

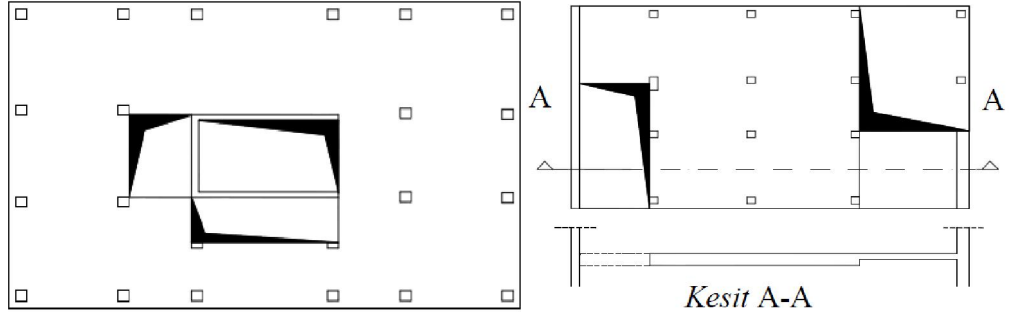
$$A_b/A > 1/3 \quad (3.16)$$

$A_b$  : Kattaki toplam boşluk alanı

$A$  : Brüt kat alanı



Şekil 3.4 : A2 döşeme süreksizliği düzensizliği – I.

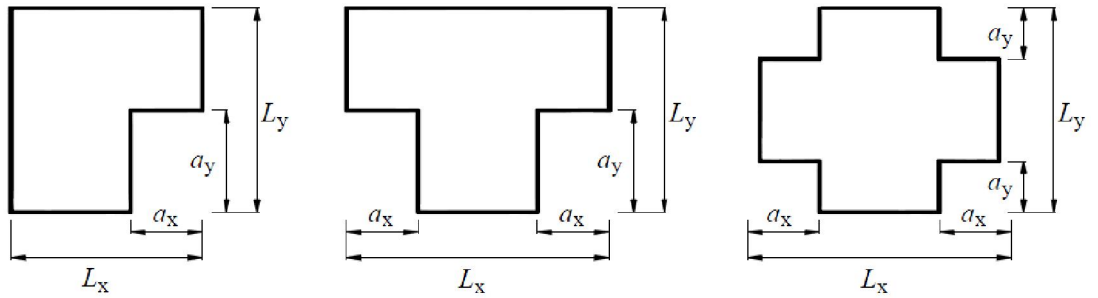


Şekil 3.5 : A2 döşeme süreksizliği düzensizliği – II.

### 3.3.1.3 Planda çıkıntılarının bulunması A3

Bina planındaki çıkıntının her iki doğrultuda da %20'den büyük olması durumudur. Bu düzensizlik durumu Şekil 3.6'daki gibi farklı geometrideki yapılarda meydana gelebilir.

$$a_x > 0.2L_x \text{ ve } a_y > 0.2L_y \quad (3.17)$$



Şekil 3.6 : A3 planda çıkıntı düzensizliği.

### 3.3.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

DBYBHY'de planda olduğu gibi düşey doğrultuda da düzensizliklerin önüne geçmek için bir takım kısıtlar konulmuştur. Bu kısıtlar; komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat-B1), komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat-B2) ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) olmak üzere üçe ayrılmıştır.

### 3.3.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) B1

Bu düzensizlik, birbirine dik iki deprem doğrultusunda, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, üst katındaki etkili kesme alanına oranının 0.80'den küçük olmasıdır.

Bu orana Dayanım Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ci}$  denir.

$$\eta_{ci} = \frac{\sum (A_e)_i}{\sum (A_e)_{i+1}} < 0.8$$
$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (3.18)$$

$\sum A_e$  : İlgili kattaki deprem doğrultusundaki etkili kesme alanı

$\sum A_w$  : İlgili kattaki kolon etkin gövde alanları toplamı

$\sum A_g$  : İlgili kattaki deprem doğrultusuna paralel perde en kesit alanları toplamı

$\sum A_k$  : İlgili kattaki deprem doğrultusuna paralel dolgu duvar en kesit alanları toplamı

### 3.3.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) B2

Bu düzensizlik, birbirine dik iki deprem doğrultusunda, herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin, üst veya alt katındakine oranının 2.0'dan büyük olması durumudur. Bu orana Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$  denir. Hesaplar %5 dışmerkezlik etkililerek yapılır.

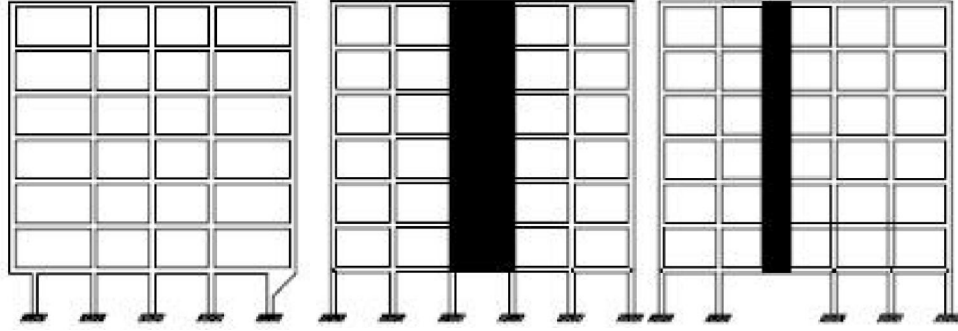
$$[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}] > 2.0$$

veya

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}] > 2.0 \quad (3.19)$$

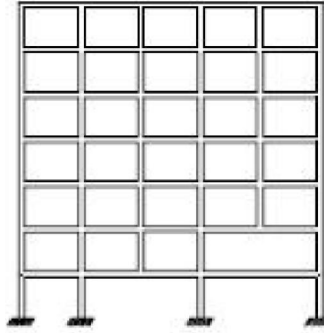
### 3.3.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği B3

Bu düzensizlik, kolon veya perdelerin guseli kolon veya kirişlere oturması durumudur. Bu durumlar Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'deki gibidir. Şekil 3.7'deki gibi üst katlardaki perdenin altta kolona oturtulması ve perdelerin binanın herhangi bir katında kendi düzlemindeki kirişin açıklık ortasına oturtulmasına DBYBHY'ye göre hiçbir zaman izin verilmemektedir.



**Şekil 3.7 :** Hiçbir zaman izin verilemez B3 süreksizlikleri.

Şekil 3.8’deki gibi iki ucundan mesnetli bir kirişe kolon oturuyorsa, kirişin tüm kesitlerinde ve gözönünde bulundurulan deprem doğrultusunda kirişin bağlandığı düğüm noktalarındaki diğer kolon ve kirişlerin tüm kesitlerinde, deprem ve düşey yüklerden oluşan bütün iç kuvvetler %50 oranında arttırılmalıdır.



**Şekil 3.8 :** B3 taşıyıcı sistemin düşey eleman süreksizliği.

### 3.4 Görelî Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkileri

DBYBHY’de yapının yatay yer değiştirmeleri sınırlayan iki parametre olan etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri bu çalışmada incelenmiştir.

#### 3.4.1 Etkin görelî kat ötelemeleri

Etkin görelî kat ötelemeleri şiddetli depremlerde çok katlı yapılarda önemli hasarlara neden olabilmektedir. Bu parametre, süneklik düzeyi yüksek sistemlerde, süneklik düzeyi normal sistemlere göre daha kritiktir. Bu durum, DBYBHY’de yer alan Denklem 3.21’den de anlaşılmaktadır. Azaltılmış deprem yüklerine göre perde ve kolonların uçlarının yer değiştirmelerinin ardışık katlar arasındaki farkı “azaltılmış görelî kat ötelemesi”  $\Delta_i$ ’yi vermektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.20)$$

Her bir deprem doğrultusu ve kat için elde edilen azaltılmış görelî kat ötelemesinin yapı davranış katsayılarıyla çarpılmasıyla “etkin görelî kat ötelemesi” elde edilir. Bu değerlerin en büyüğü Denklem 3.22’yi sağlamalıdır.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (3.21)$$

$$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i} \leq 0.02 \quad (3.22)$$

### 3.4.2 İkinci merteye etkileri

Yatay yer değiştirmelerin ve normal kuvvetin büyük olduğu durumlarda, sistemde ek tesirler meydana gelmektedir. Bu tesirlerin için DBYBHY’de kısıt getirilmiştir. İlgili deprem doğrultusundaki tüm katlarda “ikinci merteye gösterge değeri”  $\theta_i$  hesaplanarak Denklem 3.23’ü sağlamalıdır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (3.23)$$

#### 4. SAYISAL ÇÖZÜMLEME

Modellerde tüm sistemler planda  $24\text{m} \times 30\text{m} = 720\text{m}^2$ 'ye oturacak şekilde tasarlanmıştır. Tüm katların yükseklikleri 3m olarak belirlenmiştir. Her on kat için bir kat bodrumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Bodrum katlarda yapının etrafı perde ile çevrilmiştir. Sisteme bodrum kat yüksekliği kadar bodrum rijitliği alt yüksekliği tanımlanmıştır. Yapıların kat adetleri, bodrum rijitliğinin bittiği yerden itibaren.

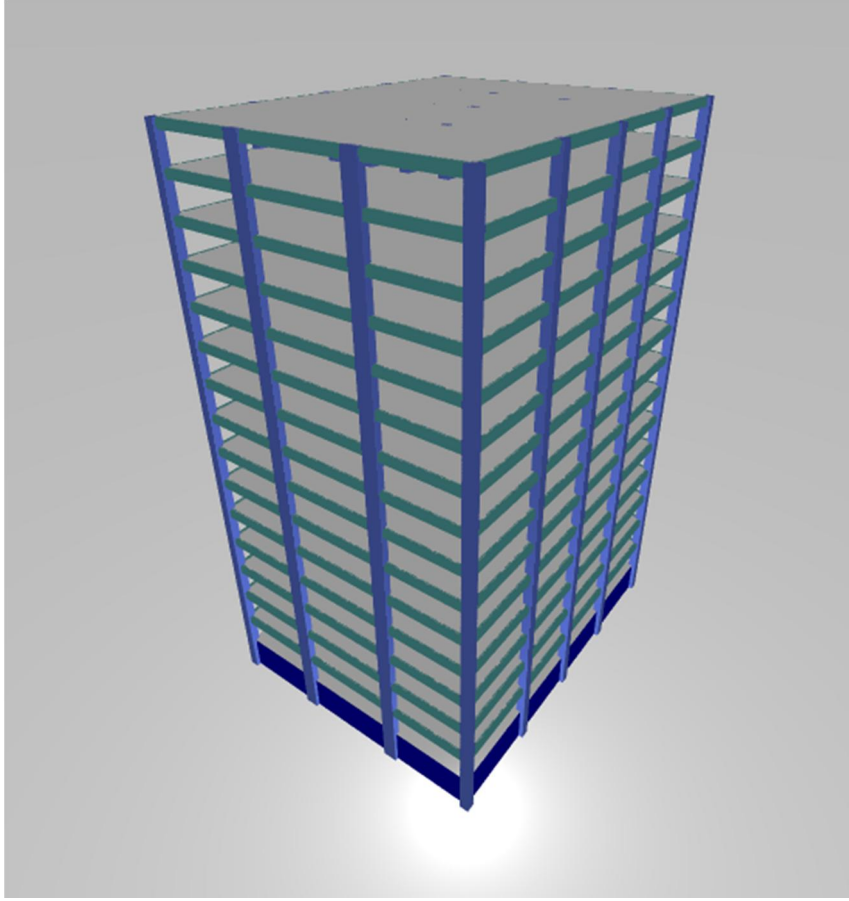
Farklı taşıyıcı sistemlerin aks sistemleri arasında benzerlik bulunmaktadır. Bir taşıyıcı sistemin farklı kat adetlerindeki veya deprem bölgelerindeki modellerinin arasında ise yalnızca eleman boyutlarında fark bulunmaktadır. Kat adedi arttığında daha büyük eleman boyutlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Modellerin DBYBHY'ye uygun olabilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ekonomik yapılar yapılabilmesi için en az beş katta bir olmak üzere eleman boyutlarında düzenleme yapılmıştır. Yapı elemanlarının boyutlarıyla ilgili bilgi Ek-A'da verilmiştir. Analiz için ETABS 2013 paket programı kullanılmıştır [20].

Karşılaştırmaların sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi için gerekmedikçe tasarımda değişikliklerden kaçınılmıştır. Karşılaştırmalarda yalnız ilgili parametre değiştirilerek sonuçların gözlenmesi istenmiştir.

Modellerin kodlanması sırasında Çizelge 4.1'ten yararlanılmıştır.

**Çizelge 4.1 : Modellerin kodlanması.**

| Taşıyıcı Sistem     | Döşeme Sistemi | Kat Adedi | Deprem Bölgesi    | Beton Sınıfı | Hareketli Yük - q (kN/m <sup>2</sup> ) | Yerel Zemin Sınıfı |
|---------------------|----------------|-----------|-------------------|--------------|----------------------------------------|--------------------|
| Ç-Çerçevesiz        | P-Plak         | 10        | 1-1. <sup>o</sup> | C30          | 02-2                                   | Z1                 |
| PÇ-Perde Çerçevesiz | D-Dişli        | 15        | 2-2. <sup>o</sup> | C35          | 035-3.5                                | Z2                 |
| P-Perde             | K-Kirişsiz     | 20        | 3-3. <sup>o</sup> | C40          | 05-5                                   | Z3                 |
|                     |                | 25        | 4-4. <sup>o</sup> |              |                                        | Z4                 |
|                     |                | 30        |                   |              |                                        |                    |
|                     |                | 35        |                   |              |                                        |                    |
|                     |                | 40        |                   |              |                                        |                    |
|                     |                | 50        |                   |              |                                        |                    |



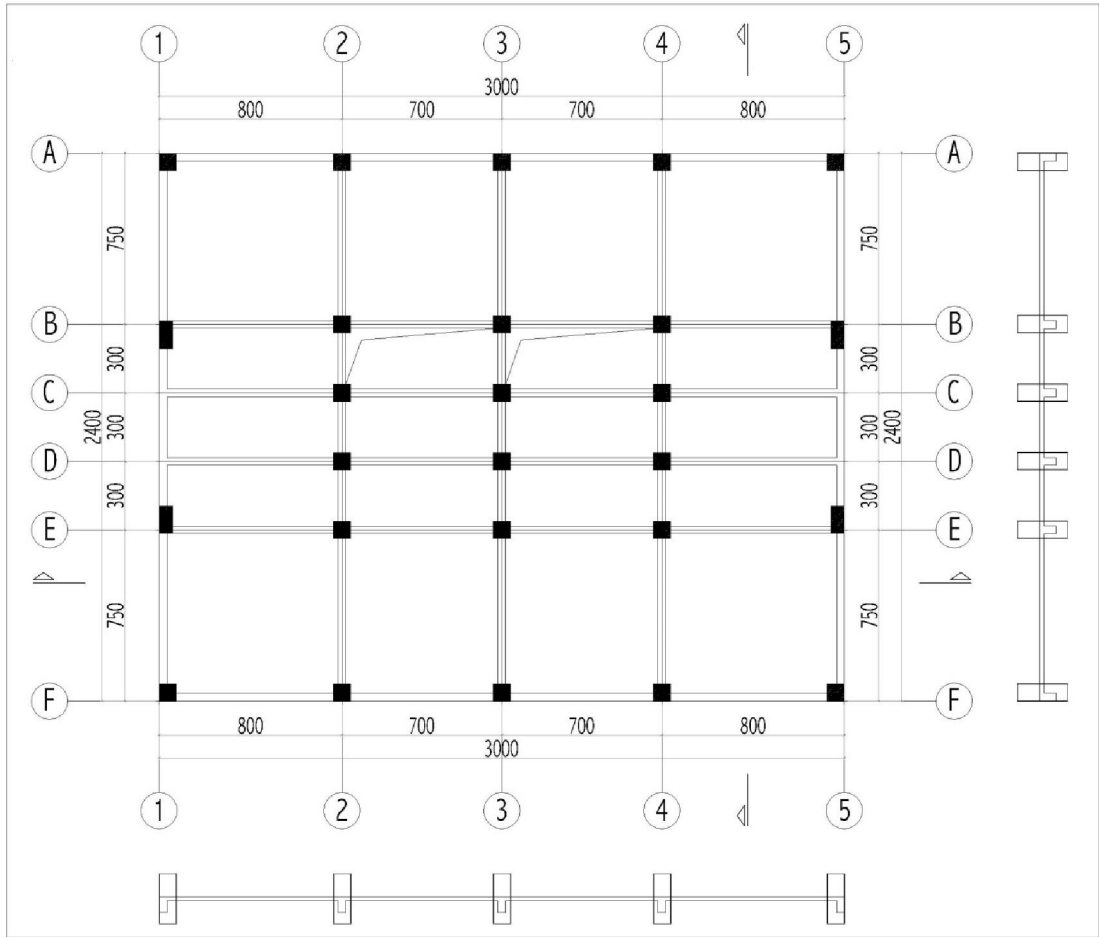
**Şekil 4.1 : Model örneği.**

#### **4.1 Taşıyıcı Sistemler**

Bu çalışmada en sık karşılaşılan üç taşıyıcı sistem türü olan çerçeve, perde çerçeve ve perde taşıyıcı sistemler modellenmiştir.

##### **4.1.1 Çerçeve taşıyıcı sistem**

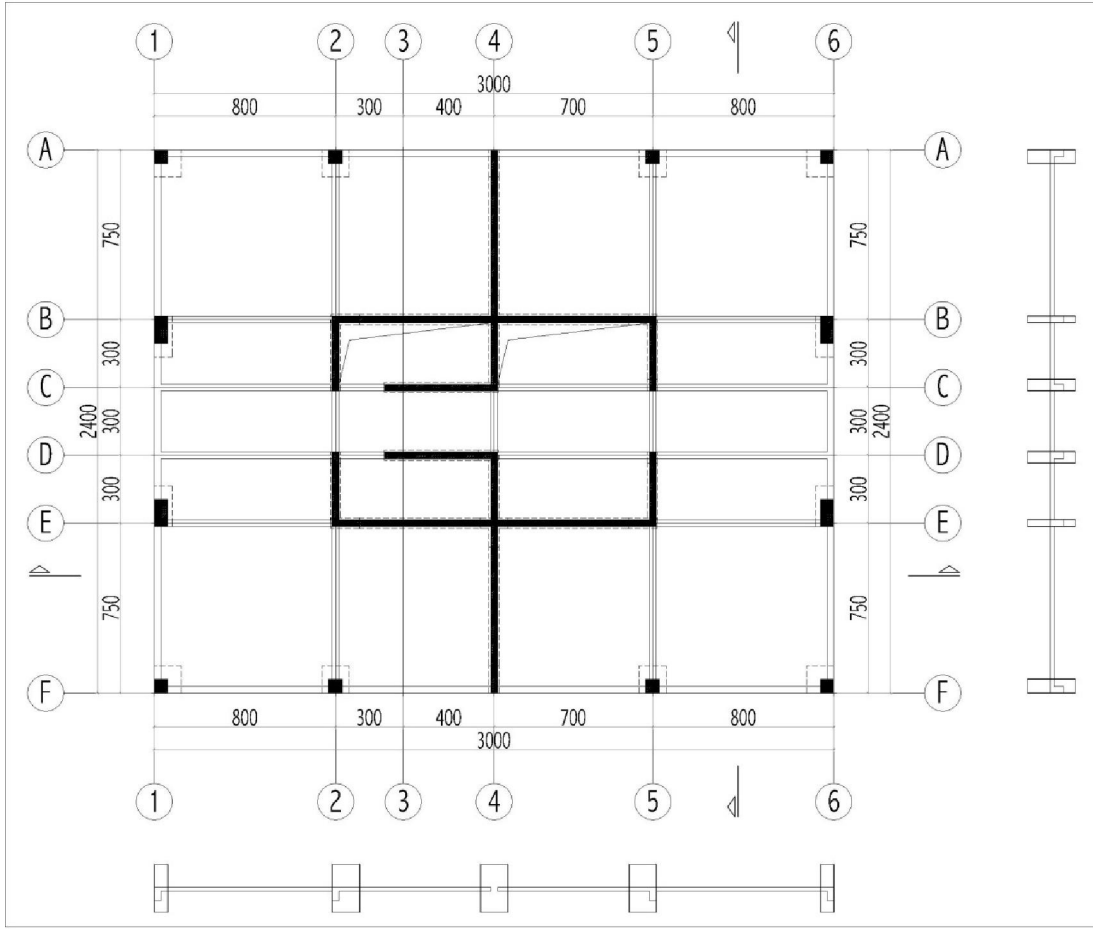
Sayısal modeli Şekil 4.1’de verilmiş olan esas taşıyıcısı betonarme çerçeve olan yapı, Şekil 4.2’deki kalıp planında görüldüğü gibi, 22 adet kare kesitli ve 4 adet dikdörtgen kesitli kolondan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Kare kesitli kolonlar 75cmx75cm, dikdörtgen kesitli kolonlar 60cmx120cm, kirişler 35cmx70cm, döşeme ise 18cm boyutlarındadır. Dikdörtgen elemanlar Şekil 4.2’de görüldüğü gibi 1-B, 1-E, 5-B ve 5-E akslarında bulunmaktadır. Modellerin yapı eleman boyutlarıyla ilgili detaylı bilgi Ek-A’da verilmiştir.



**Şekil 4.2 : Çerçevesel sistem kalıp planı.**

#### **4.1.2 Perde çerçevesel taşıyıcı sistem**

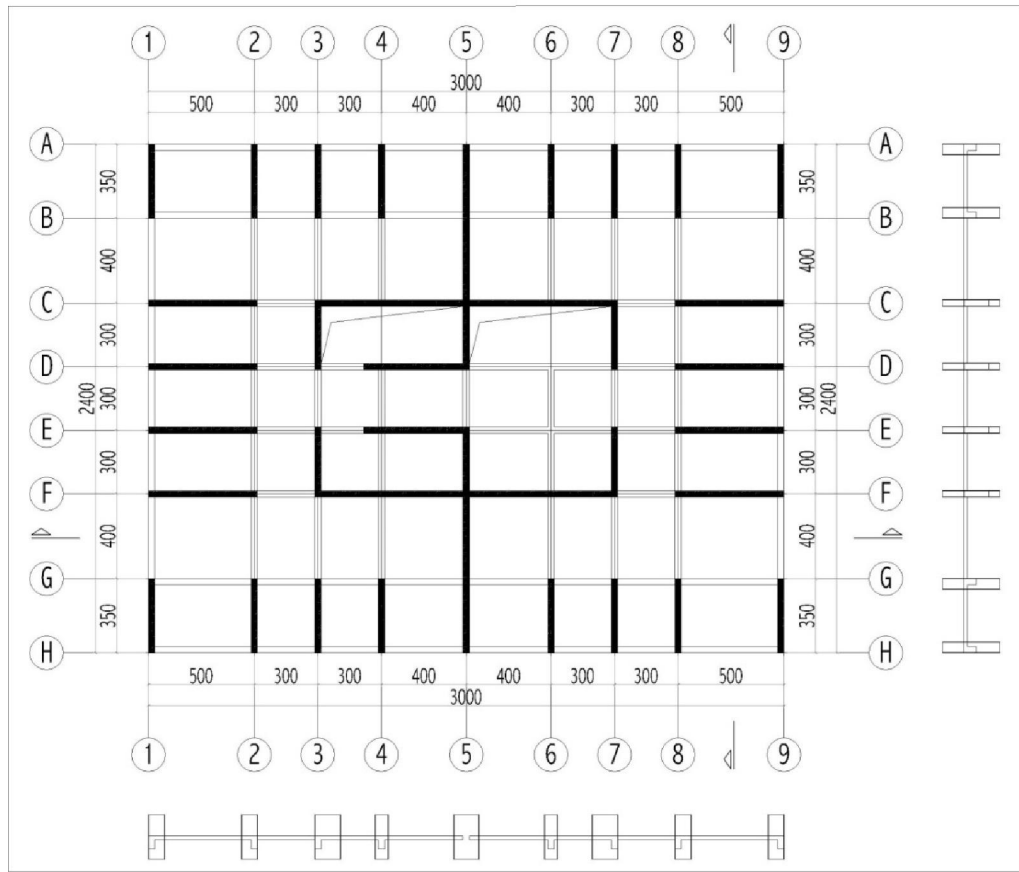
Perde çerçevesel taşıyıcı sistemin, kenar kolonları çerçevesel taşıyıcı sistemdeki gibidir. Ancak merkezde yer alan akslardaki kolonlar arası perdeye çevrilmiştir. Böylece yapıda 8 adet kare kesitli, 4 adet dikdörtgen kesitli kolondan ve perdelerden oluşacak şekilde modellenmiştir. Eleman boyutları, karşılaştırılan parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Kare kesitli kolon boyutları 60cmx60cm ~ 120cmx120cm, dikdörtgen kesitli kolon boyutları 60cmx120cm ~ 80cmx180cm, perde kalınlığı 30cm ~ 45cm aralığında değişmektedir. Plak döşemeli modellerde kirişler 30cmx60cm ~ 40cmx80cm boyutları arasında değişirken, dolgu bloklu dişli döşemede ise yatık kirişler 60cmx32cm ve 90cmx32cm boyutlarında kullanılmıştır. Döşemede kalınlığı plak döşemede 18cm, dolgu bloklu dişli döşemede 7cm/32cm, kirişsiz döşemede ise 30cm'dir. Yapı eleman boyutları ile ilgili detaylı bilgi Ek-A'da verilmiştir. Perde çerçevesel sistemin örnek kalıp planı Şekil 4.3'teki gibidir.



**Şekil 4.3 : Perde çerçevesi sistem kalıp planı.**

#### **4.1.3 Perde taşıyıcı sistem**

Perde taşıyıcı sistemli modelde, yapıda mimariyi olabildiğince kısıtlamayacak şekilde perdelerden oluşturulmuştur. Bu sistemde kalıp planı belirlenirken dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri de tünel kalıbın yerleştirilebilmesidir. Bu nedenle tasarım sırasında imalatın da detaylıca göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada tüm kalıp planları belirlenirken perde taşıyıcı sistemden yola çıkılmıştır. Bu bakımdan çerçevesi ve perde çerçevesi sistemlerin kalıp planını oluştururken kısıt daha azdır. (C-F)–(3-7), 5-(A-C) ve 5-(F-H) aksları arasındaki perdeler bakımından perde çerçevesi sisteme benzemektedir. Perde kalınlıkları, karşılaştırılan parametrelere bağlı olarak 20cm~30cm aralığında değişmektedir. Kiriş boyutları 30cmx60cm, döşeme kalınlığı ise 18 cm olarak belirlenmiştir. Tüm modellerin yapı eleman boyutları ile ilgili detaylı bilgi Ek-A’da verilmiştir. Perde sistemin örnek kalıp planı Şekil 4.4’teki gibidir.



**Şekil 4.4 : Perde sistem kalıp planı.**

## 4.2 Döşeme Sistemleri

Bu çalışmada en sık karşılaşılan döşeme sistem türlerinden olan plak, dolgu bloklulu dişi ve kirişsiz döşeme sistemleri dikkate alınmıştır.

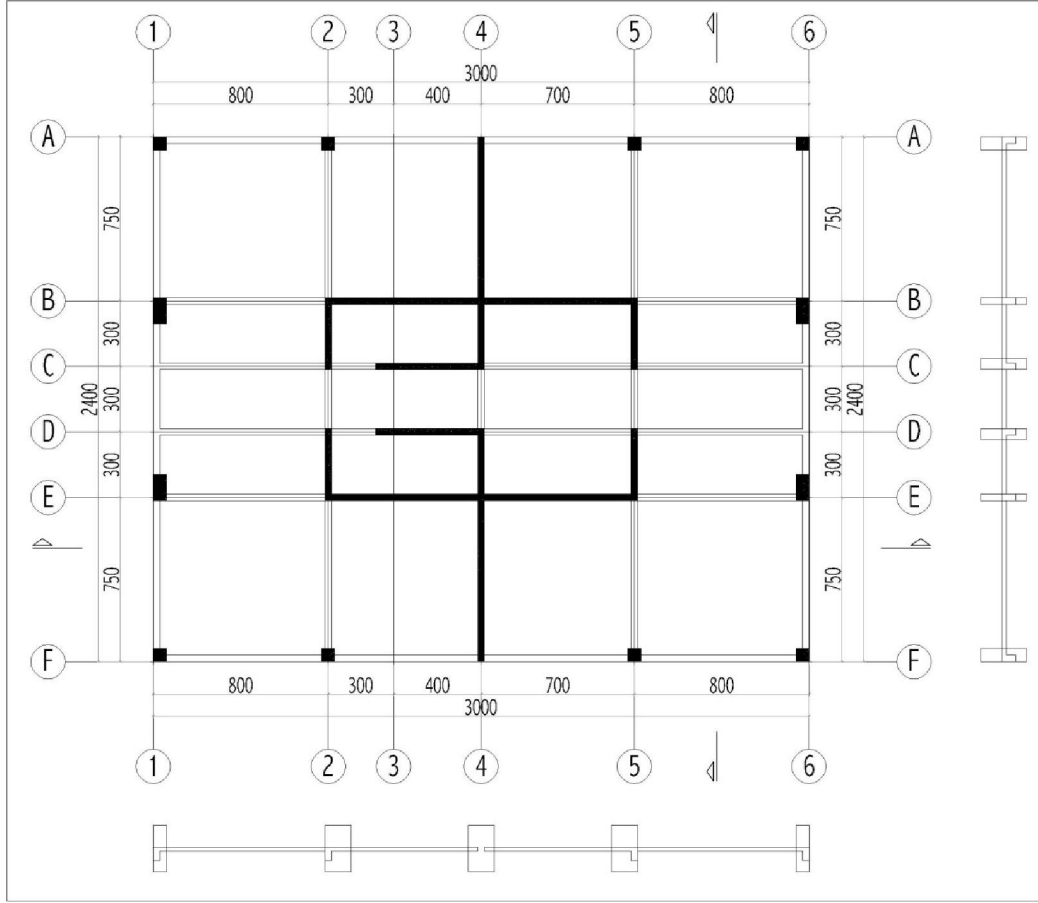
### 4.2.1 Plak döşeme

Döşeme, TS-500’de yer alan sehim ve açıklık şartları göz önünde bulundurularak 18cm kalınlığında belirlenmiştir ve sabit yükü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.2 : Plak döşeme sabit yükü.**

| Malzeme          | Kalınlık | Yoğunluk            | Birim Ağırlık       | Toplam                                           |
|------------------|----------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
|                  | (m)      | (t/m <sup>3</sup> ) | (t/m <sup>2</sup> ) |                                                  |
| Karo             | 0.02     | 2.2                 | 0.044               | 0.662 t/m <sup>2</sup><br>6.62 kN/m <sup>2</sup> |
| Kaplama Harcı    | 0.02     | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Tesviye Betonu   | 0.04     | 2.0                 | 0.080               |                                                  |
| Sıva             | 0.02     | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Betonarme Döşeme | 0.18     | 2.5                 | 0.450               |                                                  |

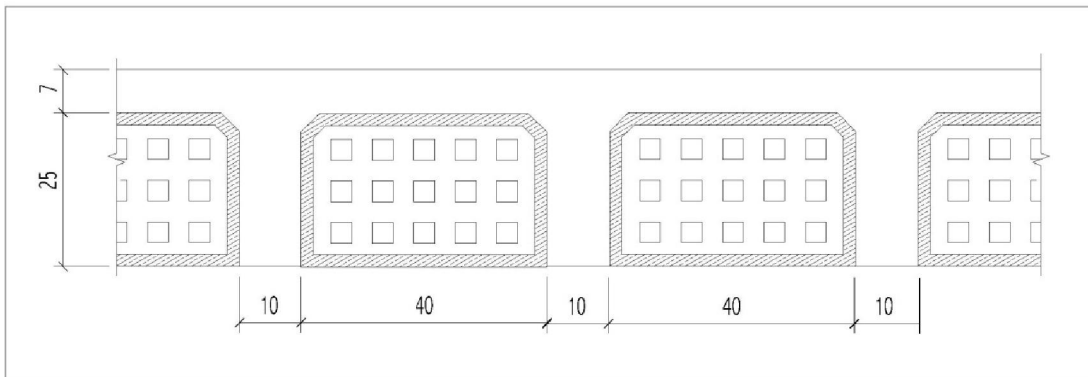
Plak döşemenin kiriş boyutları yapıya etkiyen yüklere bağlı olarak değişmektedir. Kalıp planı Şekil 4.5'teki gibidir.



Şekil 4.5 : Plak döşeme kalıp planı.

#### 4.2.2 Dişli döşeme

Dişli döşeme boyutları, TS-500'de yer alan sehim ve açıklık şartları göz önünde bulundurularak, Şekil 4.6'da görüldüğü gibi 7cm/32cm yüksekliğinde ve 10cm/50cm genişlik ve aralığında kullanılmıştır. Döşeme y doğrultusunda çalıştırılmıştır [2].



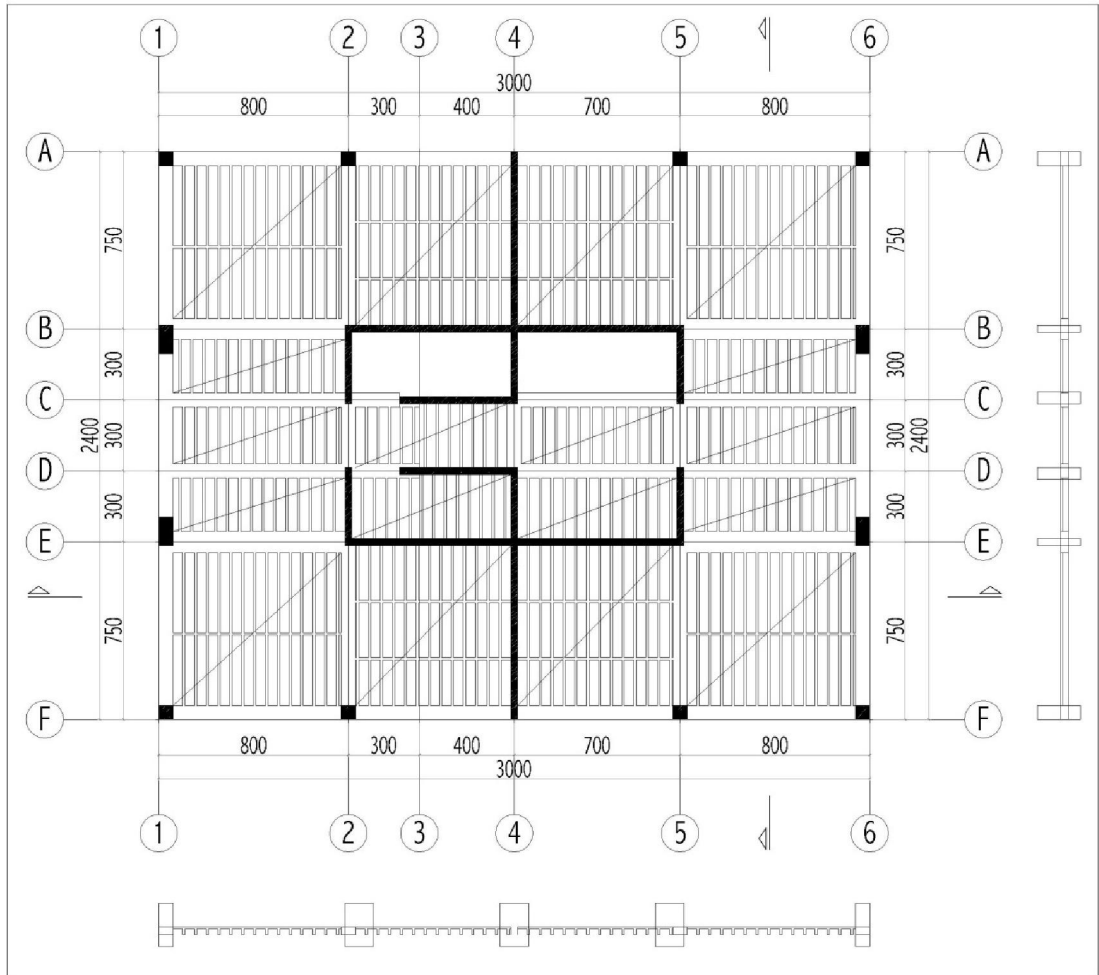
Şekil 4.6 : Dişli döşeme kesiti.

Döşemeler, yatık kirişlerle taşınmıştır. Bu kirişlerin boyutları, taşıdıkları yüklere bağlı olarak 60cmx32cm ve 90cmx32cm olarak seçilmiştir. Dolgu bloklu dişli döşemenin sabit yükü ise aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.3 : Dişli döşeme sabit yükü.**

| Malzeme          | Kalınlık  | Yoğunluk            | Birim Ağırlık       | Toplam                                           |
|------------------|-----------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
|                  | (m)       | (t/m <sup>3</sup> ) | (t/m <sup>2</sup> ) |                                                  |
| Karo             | 0.02      | 2.2                 | 0.044               | 0.652 t/m <sup>2</sup><br>6.52 kN/m <sup>2</sup> |
| Kaplama Harcı    | 0.02      | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Tesviye Betonu   | 0.04      | 2.0                 | 0.080               |                                                  |
| Sıva             | 0.02      | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Asmolen Dolgu    | 0.25x0.80 | 0.7                 | 0.140               |                                                  |
| Betonarme Döşeme | 0.07      | 2.5                 | 0.175               |                                                  |
| Betonarme Kiriş  | 0.25x0.20 | 2.5                 | 0.125               |                                                  |

Dolgu bloklu dişli döşemenin kalıp planı Şekil 4.7'deki gibidir.



**Şekil 4.7 : Dişli döşeme kalıp planı.**

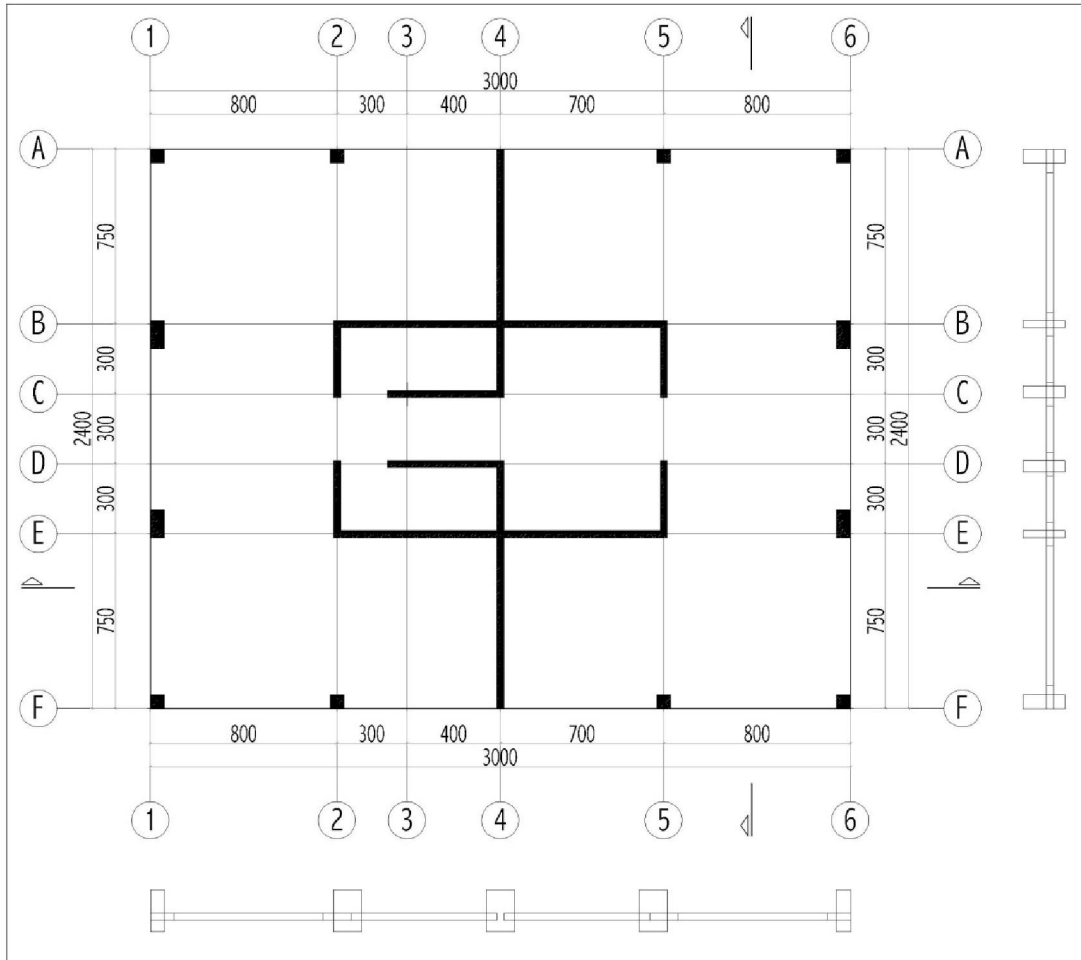
#### 4.2.3 Kirişsiz döşeme

Kirişsiz döşeme kalınlığı, TS-500’de yer alan sehim ve açıklık şartları göz önünde bulundurularak 30cm olarak belirlenmiştir. Döşemenin sabit yükü ise aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4 : Kirişsiz döşeme sabit yükü.

| Malzeme          | Kalınlık | Yoğunluk            | Birim Ağırlık       | Toplam                                           |
|------------------|----------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
|                  | (m)      | (t/m <sup>3</sup> ) | (t/m <sup>2</sup> ) |                                                  |
| Karo             | 0.02     | 2.2                 | 0.044               | 0.962 t/m <sup>2</sup><br>9.62 kN/m <sup>2</sup> |
| Kaplama Harcı    | 0.02     | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Tesviye Betonu   | 0.04     | 2.0                 | 0.080               |                                                  |
| Sıva             | 0.02     | 2.2                 | 0.044               |                                                  |
| Betonarme Döşeme | 0.30     | 2.5                 | 0.750               |                                                  |

Kirişsiz döşemenin kalıp planı Şekil 4.8’deki gibidir.



Şekil 4.8 : Kirişsiz döşeme kalıp planı.

## **5. YAPI DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

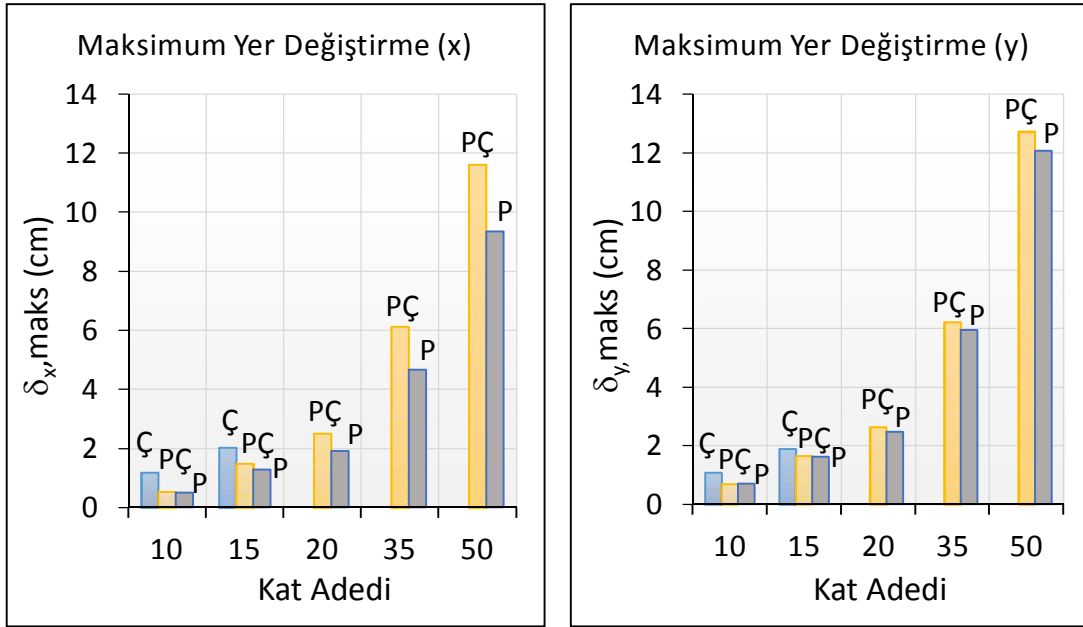
Bu bölümde Bölüm 4.1’de verilen yapılar; iki doğrultuda yaptıkları maksimum çatı yer değiştirmeleri, maksimum etkin görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe gösterge değeri, taşıyıcı sistem periyodu, rijitlik düzensizliği katsayısı ve burulma düzensizliği katsayısı bakımından karşılaştırılmış ve elde edilen grafikler sunulmuştur. Karşılaştırmalardan daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, karşılaştırmalarda birden fazla kıyas gerçekleştirilmiştir. Farklı yapılar; taşıyıcı sistem, döşeme sistemi, kat adedi, deprem bölgesi, beton sınıfı, hareketli yük ve yerel zemin sınıfı değiştirilmek surety ile yapılmıştır.

### **5.1 Taşıyıcı Sistem Türlerinin Davranışları**

İkinci bölümde açıklandığı üzere birçok farklı taşıyıcı sistem türü vardır. Bu çalışmada en çok karşılaşılan üç taşıyıcı sistem türü olan çerçeveî, perde çerçeveî ve perde taşıyıcı sistemler dikkate alınmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, 3. derece deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar 10, 15, 20, 35 ve 50 katlı modellerde yapılmıştır. Ancak çerçeveî taşıyıcı sistemlerin 20 kat ve üzeri modellerinde ekonomiklikten çok uzaklaşması nedeniyle 20, 35 ve 50 katlı model karşılaştırmalarında yer verilmemiştir. Karşılaştırmalarda benzer aks sistemleri kullanılmasına rağmen farklı taşıyıcı sistem türlerinde farklı elemanlar yer aldığı için yapıların iki yöndeki rijitlikleri birbirinden farklıdır. Ancak yapılan modellerin yönetmelikteki şartları optimum sağladığı göz önünde bulundurularak karşılaştırmadan çıkan sonuçlar yorumlanabilmektedir. Yapılan bu çalışmada, yapıların rijitliklerinin kat adediyle değiştiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **5.1.1 Taşıyıcı sistem türlerinin maksimum yer değiştirmeleri**

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.1’deki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



**Şekil 5.1 :** İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

Bu grafiklere göre; her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, çerçeve sistemdeki değerinin, perde çerçeve ve perde sistemlerden daha fazla olduğu söylenebilir. Perde çerçeve sistemlerin maksimum yer değiştirmesinin, kat adedinin artmasıyla perde sistemlerden her iki doğrultuda da daha büyük değerler aldığı söylenebilir.

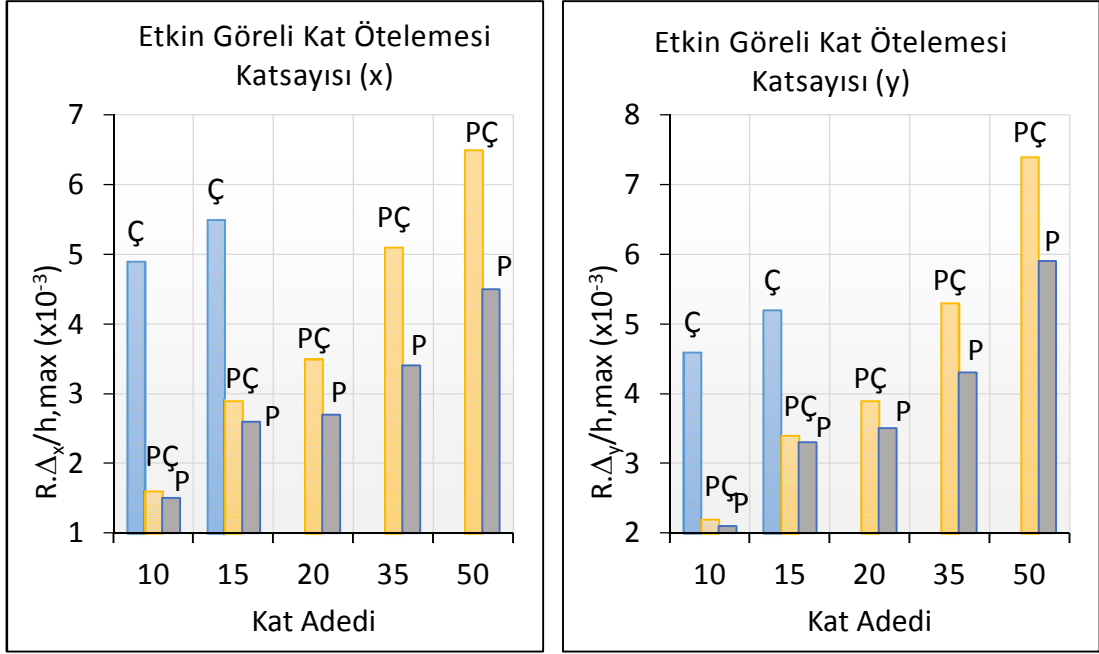
10 katlı modellerin x doğrultusundaki karşılaştırılması göz önüne alındığında, perde çerçeve sistemin perde sistemin maksimum yer değiştirmelerine oranı 1.10 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlı modellerde bu oran 1.17, 1.31, 1.32 ve 1.24 olarak artmaktadır.

10 katlı modellerin y doğrultusundaki karşılaştırılması göz önüne alındığında, perde çerçeve sistemin perde sistemin maksimum yer değiştirmelerine oranı 1.01 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlı modellerde bu oran 1.02, 1.07, 1.05 ve 1.05 olmaktadır.

Buradan maksimum yer değiştirmelerin, rijitliğe bağlı olarak çerçeve sistemin perde çerçeve sistemden, perde çerçeve sistemin de perde sistemden daha büyük olduğu ve perde çerçeve sistemin maksimum yer değiştirmesinin perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmektedir.

### 5.1.2 Taşıyıcı sistem türlerinin etkin görel kat ötelemeleri

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre x ve y doğrultularındaki etkin görel kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.2'deki gibidir. Etkin görel kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



**Şekil 5.2 :** İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

Bu grafiklere göre; etkin görelî kat ötelemesinin çerçevesi sistemdeki değerinin, perde çerçevesi ve perde sistemlerden daha büyük olduğu söylenebilir. Perde çerçevesi sistemlerin de az katlı karşılaştırmalarda az farkla, kat adedinin artmasıyla da daha büyük bir farkla perde sistemlerden her iki doğrultuda da daha büyük değerler aldığı söylenebilir.

10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında, x ve y doğrultusunda farklı rijitliklere sahip yapılardan çerçevesi sistemin değerinin; x doğrultusunda perde çerçevesi sistemin 3.06 katı, perde sistemin 3.26 katı, y doğrultusunda perde çerçevesi sistemin 2.09 katı, perde sistemin 2.19 katı olduğu gözlenmektedir. 15 katlı modellerin karşılaştırılmasında ise bu değerler çerçevesi sistemin değerinin; x doğrultusunda perde çerçevesi sistemin 1.90 katı, perde sistemin 2.12 katı, y doğrultusunda perde çerçevesi sistemin 1.53 katı, perde sistemin 1.58 katı olduğu gözlenmektedir.

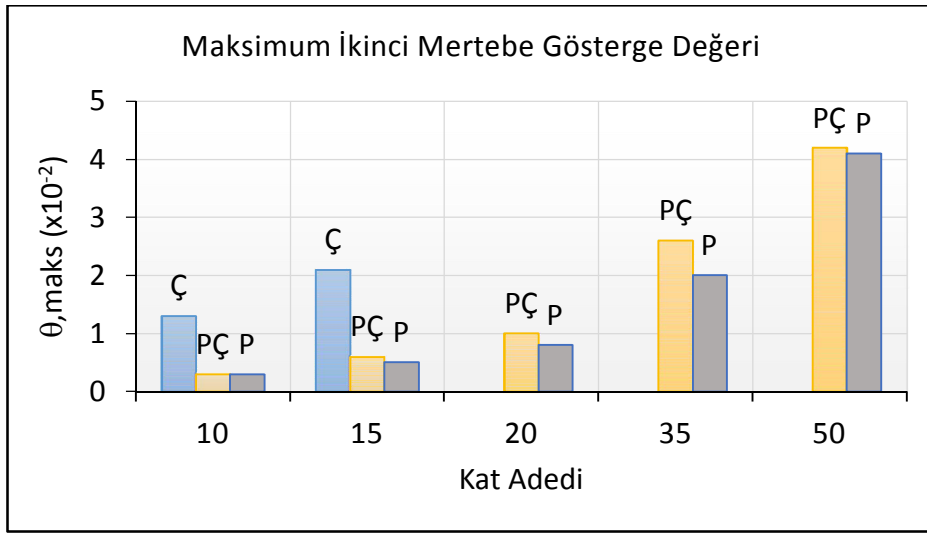
X doğrultusunda perde çerçevesi sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde oranları 1.07 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 1.12, 1.30, 1.50 ve 1.44 olduğu görülmüştür.

Y doğrultusunda perde çerçevesi sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde oranları 1.05 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 1.03, 1.11, 1.23 ve 1.25 olduğu görülmüştür.

Buradan etkin görelî kat ötelemesinin, rijitliğe bağılı olarak çerçevesel sistemin perde çerçevesel sistemden, perde çerçevesel sistemin de perde sistemden daha büyük olduğı ve çerçevesel sistemin etkin görelî kat ötelemesinin, perde çerçevesel ve perde sistemlerinkine oranının, kat adedi arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca perde çerçevesel sistemin etkin görelî kat ötelemesinin, perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmektedir.

### 5.1.3 Taşıyıcı sistem türlerinin ikinci mertebe etkileri

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiğı Şekil 5.3'teki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].



Şekil 5.3 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiğı göre; maksimum ikinci mertebe gösterge değerinî çerçevesel sistemdeki değerinî, perde çerçevesel ve perde sistemlerden daha büyük olduğı söylenebilir. Perde çerçevesel sistemlerin de az katlı karşılaştırmalarda az farkla, kat adedinin artmasıyla da büyük bir farkla perde sistemlerden daha büyük değerler aldığı söylenebilir.

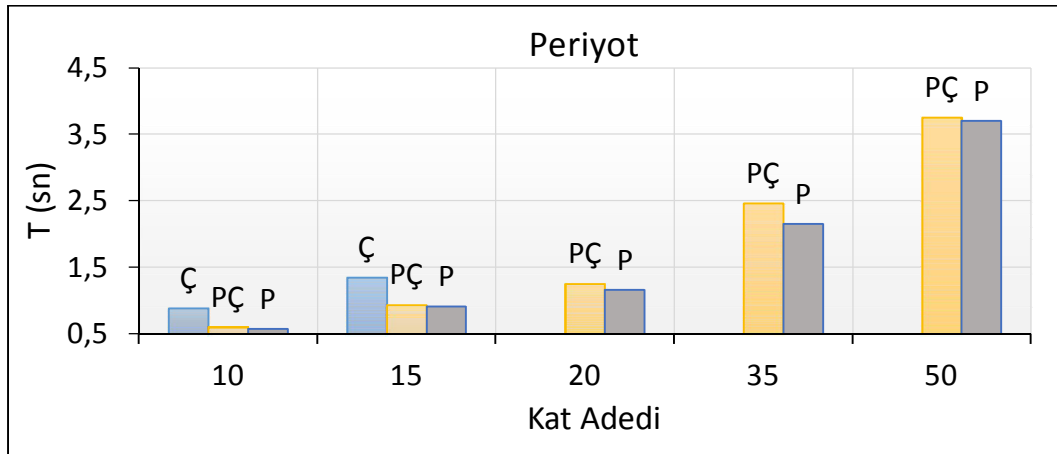
10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında, farklı rijitliklere sahip yapılardan çerçevesel sistemin değerinî; perde çerçevesel ve perde sistemlerin 4.33 katı, 15 katlı modellerde ise perde çerçevesel sistemin 3.50 katı, perde sistemin 4.2 katı olduğı gözlenmektedir.

Perde çerçevesli sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde bu değer 1 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 1.20, 1.25, 1.30 ve 1.02 olduğu görülmüştür.

Buradan ikinci mertebe etkisinin, rijitliğe bağlı olarak çerçevesli sistemin perde çerçevesli sistemden, perde çerçevesli sistemin de 15 kat ve sonrası karşılaştırmalarda perde sistemden daha büyük olduğu ve perde çerçevesli sistemin ikinci mertebe gösterge değerinin perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmektedir.

#### 5.1.4 Taşıyıcı sistem türlerinin periyodu

Modellerin serbest titreşim periyotları Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.

Bu grafiğe göre; periyodun, çerçevesli sistemlerde, perde çerçevesli ve perde sistemlerden daha büyük olduğu söylenebilir. Perde çerçevesli sistemlerin de az katlı karşılaştırmalarda az farkla, kat adedinin artmasıyla da hissedilir bir farkla perde sistemlerden daha büyük periyoda sahip olduğu söylenebilir.

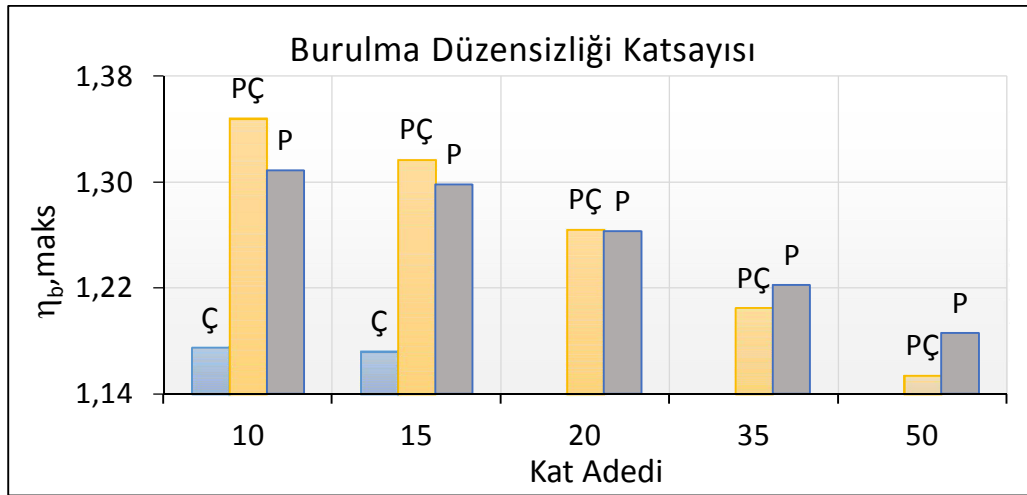
10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında, farklı rijitliklere sahip yapılardan çerçevesli sistemin değerinin; perde çerçevesli sistemin 1.47 katı, perde sistemin 1.54 katı, 15 katlı modellerde ise; perde çerçevesli sistemin 1.45 katı, perde sistemin 1.48 katı olduğu gözlenmektedir.

Perde çerçevesli sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde oranın 1.05 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 1.02, 1.08, 1.14 ve 1.01 olduğu görülmüştür.

Buradan periyotun, rijitliğe bağlı olarak çerçeve sistemi perdesi çerçeve sisteminden, perde çerçeve sisteminin de perde sisteminden daha büyük olduğu ve perde çerçeve sisteminin periyodunun perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmektedir.

### 5.1.5 Taşıyıcı sistem türlerinin burulma düzensizliği

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.5'teki gibidir.



Şekil 5.5 : Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; burulma düzensizliği katsayısının, çerçeve sistemlerde, perde çerçeve ve perde sistemlerden çok daha küçük olduğu söylenebilir. Perde çerçeve sistemlerin de az katlı karşılaştırmalarda perde sistemlerden büyük, çok katlı karşılaştırmalarda ise küçük burulma düzensizlik katsayısına sahip olduğu söylenebilir. Bu çalışmada burulma düzensizliğinin perde çerçeve ve perde sistemlerde eşitlendiği kat adedinin yaklaşık 20 olduğu gözlenmektedir.

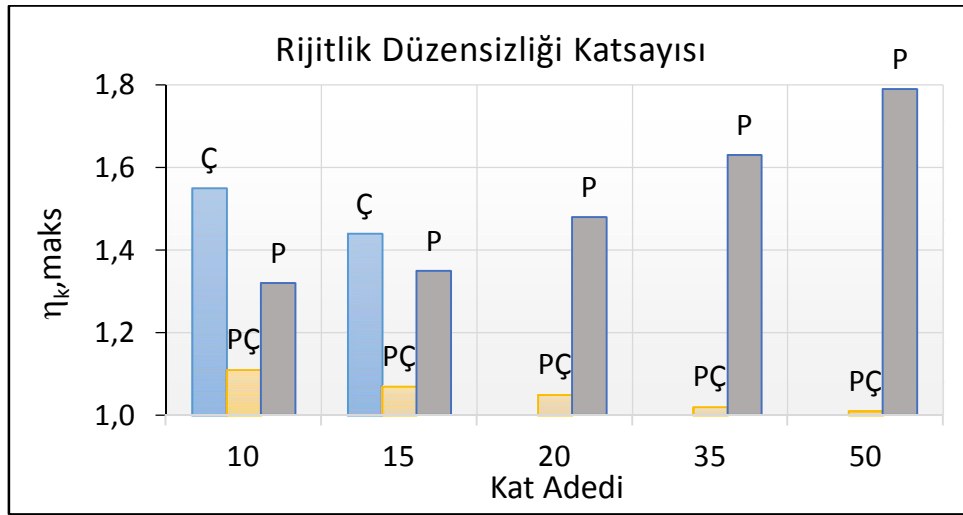
10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında, farklı rijitliklere sahip yapılardan çerçeve sistemin değerinin; perde çerçeve sistemin 0.87 katı, perde sistemin 0.90 katı, 15 katlı modellerde ise; perde çerçeve sistemin 0.90 katı, perde sistemin 0.91 katı olduğu gözlenmektedir.

Perde çerçeve sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde oran 1.03 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 1.01, 1.00, 0.99 ve 0.97 olduğu görülmüştür.

Buradan burulma düzensizliğinin, çerçevesi sistemin, perde çerçevesi ve perde sistemden daha küçük olduğu, perde çerçevesi sistemin ise 20'den az katlı karşılaştırmalarda perde sistemden büyük, 20'den çok katlı karşılaştırmalarda ise perde sistemden daha küçük çıktığı gözlenmektedir.

#### 5.1.6 Taşıyıcı sistem türlerinin rijitlik düzensizliği

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.6'daki gibidir.



Şekil 5.6 : Rijitlik düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; rijitlik düzensizliği katsayısının, çerçevesi sistemdeki değerinin, perde sistemlerden, onun da perde çerçevesi sistemden daha büyük olduğu söylenebilir.

10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında, farklı rijitliklere sahip yapılardan çerçevesi sistemin değerinin; perde çerçevesi sistemin 1.40 katı, perde sistemin 1.17 katı, 15 katlı modellerde ise; perde çerçevesi sistemin 1.35 katı, perde sistemin ise 1.07 katı olduğu gözlenmektedir.

Perde çerçevesi sistemin, perde sisteme oranı karşılaştırıldığında, 10 katlı modelde oranın 0.84 iken, 15, 20, 35 ve 50 katlarındaki oran ise sırayla 0.79, 0.71, 0.63 ve 0.56 olduğu görülmüştür.

Buradan rijitlik düzensizliğinin, çerçevesi sistemin, perde sistemden, onun da perde çerçevesi sistemden daha büyük olduğu, perde çerçevesi sistemin perde sisteme oranının kat adedinin artmasıyla önemli ölçüde azaldığı gözlenmektedir.

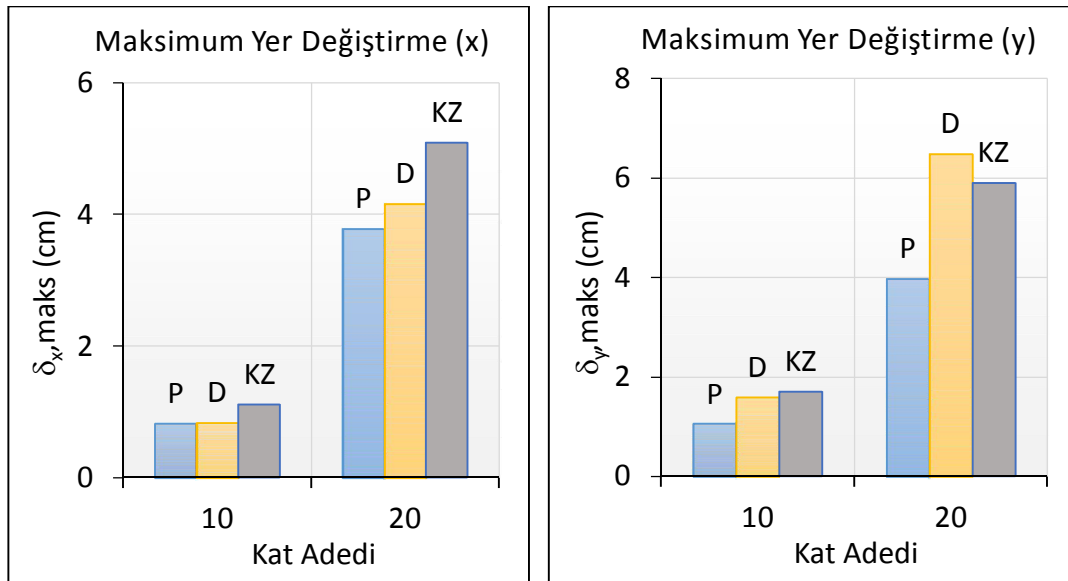
Elde edilen grafikler çerçeveli sistemin yaklaşık 15 katlı yapılara kadar, perde çerçeveli sistemin yaklaşık 35 kata kadar, 35 katın üstünde ise perde sistemin kullanılması gerektiğini teyit etmektedir.

## 5.2 Döşeme Sistemlerinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada üç farklı döşeme sistemi; kirişli plak, dolgu bloklü dişli ve kirişsiz döşeme, karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan döşeme sistem boyutlarıyla ilgili detaylı bilgi Bölüm 4.2'deki gibidir. Bu karşılaştırmalarda yapıların; perde çerçeveli sistemde, 2.° deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar 10 ve 20 katlı modellerde yapılmıştır. Karşılaştırmalarda perde çerçeveli taşıyıcı sistemde aynı boyutlarda kolon ve perdeler kullanılmıştır. Döşeme sistemlerinin özellikleri gereği kolona yük aktarma şekilleri birbirinden farklıdır. Ancak yapılan modellerin yönetmelikteki şartları optimum sağladığı göz önünde bulundurularak karşılaştırmadan çıkan sonuçlar yorumlanabilmektedir [21-23].

### 5.2.1 Döşeme sistemlerinin maksimum yer değiştirmeleri

Modellerin döşeme türlerine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.7'deki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



Şekil 5.7 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

Bu grafiklere göre; x doğrultusundaki maksimum yer değiştirmenin, kirişsiz döşemedeki değerinin, plak ve dişli döşemelerden daha büyük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin, 10 katlı karşılaştırmada az farkla, 20 katlı karşılaştırmada ise daha büyük bir farkla plak döşemeden daha büyük değerler aldığı söylenebilir. Y doğrultusundaki maksimum yer değiştirmenin; plak döşemedeki değerinin, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin; 10 katlı karşılaştırmada kirişsiz döşemeden küçük, 20 katlı karşılaştırmada ise daha büyük değer aldığı söylenebilir.

X doğrultusunda 10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşemenin değerinin, dişli döşeme değerine oranı 1.34 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.22 olarak azalmaktadır. Dişli döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı ise 1.01 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.1 olarak artmaktadır. Kirişsiz döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı 10 ve 20 katlı modellerde 1.35 olarak sabit kaldığı gözlenmiştir.

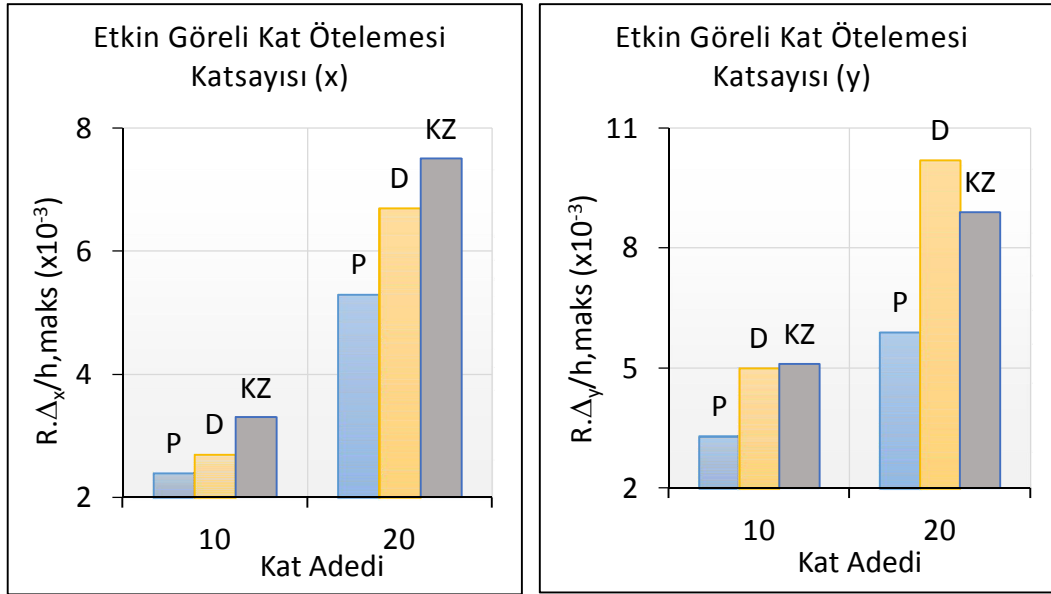
Y doğrultusunda 10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşemenin değerinin, dişli döşeme değerine oranı 1.07 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 0.91 olarak azalmaktadır. Dişli döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı ise 1.5 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.63 olarak artmaktadır. Kirişsiz döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı 1.61 iken, 20 katlı modelde bu oranın 1.49 olarak azaldığı gözlenmiştir.

X doğrultusunda 20 katlı model değerlerinin, 10 katlı model değerlerine oranı; plak döşemede 4.61, dişli döşemede 5.01 ve kirişsiz döşemede 4.59 olduğu gözlenmiştir. Y doğrultusunda ise bu oran; plak döşemede 3.74, dişli döşemede 4.08 ve kirişsiz döşemede 3.45 olduğu gözlenmiştir.

Buradan maksimum yer değiştirmelerin, dişli döşemenin doğrultusuna bağlı olarak büyük değişiklikler gösterdiği söylenebilir. Plak döşemenin, dişli ve kirişsiz döşemelere göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla ötelemedeki artış oranı en az kirişsiz döşemede, en çok ise dişli döşemededir.

### **5.2.2 Döşeme sistemlerinin etkin görelî kat ötelemeleri**

Modellerin döşeme türlerine göre x ve y doğrultusundaki etkin görelî kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.8'deki gibidir. Etkin görelî kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



**Şekil 5.8 :** İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

Bu grafiklere göre; x doğrultusundaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, kirişsiz döşemedeki değerinin, plak ve dişli döşemelerden daha büyük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin de plak döşemelerden daha büyük değerler aldığı söylenebilir. Y doğrultusundaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının; plak döşemedeki değerinin, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin; 10 katlı karşılaştırmada kirişsiz döşemeden küçük, 20 katlı karşılaştırmada ise daha büyük değer aldığı söylenebilir.

X doğrultusunda 10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşemenin değerinin, dişli döşeme değerine oranı 1.22 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.12 olarak azalmaktadır. Dişli döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı ise 1.13 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.26 olarak artmaktadır. Kirişsiz döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı 1.38 iken, 20 katlı modelde bu oranın 1.42 olarak arttığı gözlenmiştir.

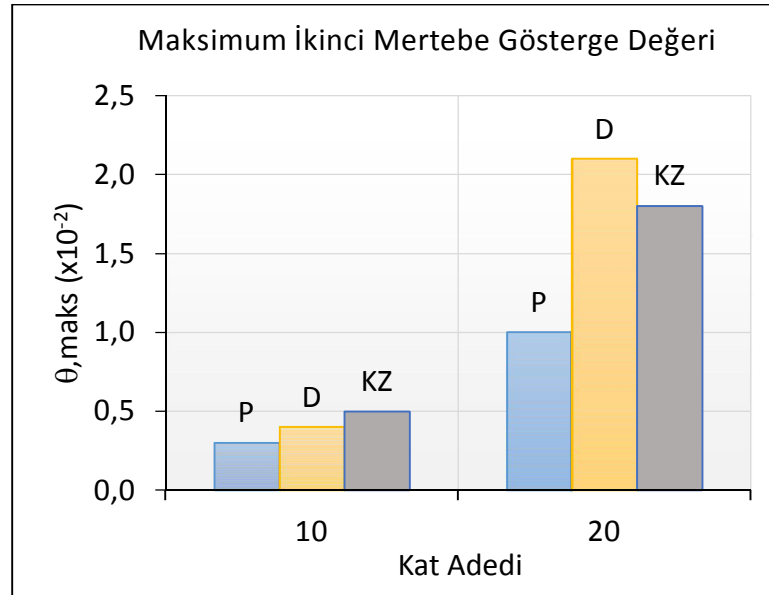
Y doğrultusunda 10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşemenin değerinin, dişli döşeme değerine oranı 1.02 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 0.87 olarak azalmaktadır. Dişli döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı ise 1.52 iken, 20 katlı model karşılaştırmasında bu oran 1.73 olarak artmaktadır. Kirişsiz döşeme değerinin, plak döşeme değerine oranı 1.55 iken, 20 katlı modelde bu oranın 1.51 olarak azaldığı gözlenmiştir.

X doğrultusunda 20 katlı model değerlerinin, 10 katlı model değerlerine oranı; plak döşemede 2.21, dişli döşemede 2.48 ve kirişsiz döşemede 2.27 olduğu gözlenmiştir. Y doğrultusunda ise bu oran; plak döşemede 1.79, dişli döşemede 2.04 ve kirişsiz döşemede 1.75 olduğu gözlenmiştir.

Buradan maksimum etkin görelî kat öteleme katsayısının, dişli döşemenin doğrultusuna bağılı olarak büyük değışiklikler gösterdiği söylenebilir. Plak döşemenin, dişli ve kirişsiz döşemelere göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla maksimum etkin görelî kat öteleme katsayısındaki artışın en çok ise dişli döşemede olduğu görölmektedir.

### 5.2.3 Döşeme sistemlerinin ikinci mertebe etkileri

Modellerin döşeme türlerine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiğı Şekil 5.9'daki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].



Şekil 5.9 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiğı göre; maksimum ikinci mertebe gösterge değeri plak döşemede değeri, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin de 10 katlı karşılaştırmalarda kirişsiz döşemeden küçük, 20 katlı karşılaştırmalarda ise kirişsiz döşemeden büyük değerler aldığı söylenebilir.

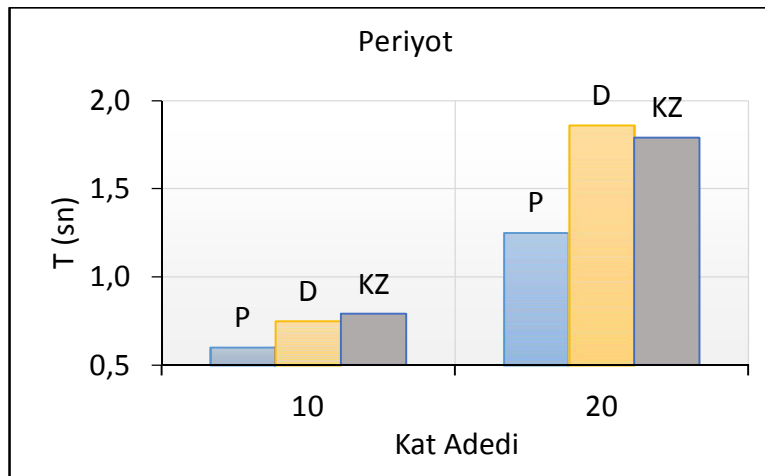
10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşeme değerinin dişli döşemenin 1.25, plak döşemenin 1.67 katı olduğu; 20 katlı modellerde ise dişli döşemenin 0.86 katı, plak döşemenin 1.80 katı olduğu gözlenmektedir.

20 katlı model değerlerinin, 10 katlı model değerlerine oranı; plak döşemede 3.33, dişli döşemede 5.25 ve kirişsiz döşemede 3.60 olduğu gözlenmiştir.

Buradan maksimum ikinci mertebe gösterge değerini, plak döşemede dişli ve kirişsiz döşemelere göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla ikinci mertebe gösterge değerindeki artış oranının en az plak döşemede, en çok ise dişli döşemede olduğu görülmüştür.

#### 5.2.4 Döşeme sistemlerinin taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin serbest titreşim periyotları Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.

Bu grafiğe göre; periyodun plak döşemede ki değerinin, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu söylenebilir. Dişli döşemenin de 10 katlı karşılaştırmalarda kirişsiz döşemeden küçük, 20 katlı karşılaştırmalarda ise kirişsiz döşemeden büyük değerler aldığı söylenebilir.

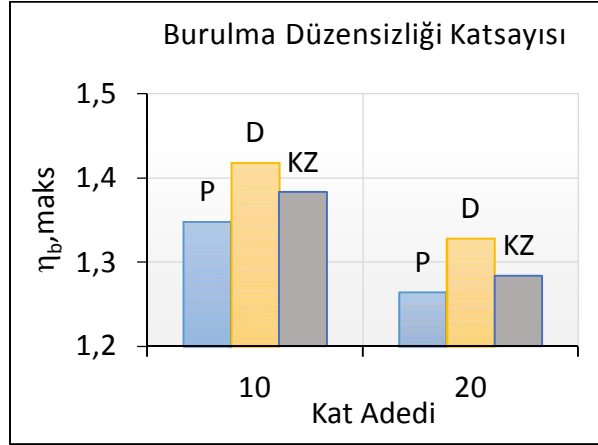
10 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; kirişsiz döşeme periyodunun dişli döşemenin 1.05, plak döşemenin 1.32 katı olduğu; 20 katlı modellerde ise dişli döşemenin 0.96 katı, plak döşemenin 1.43 katı olduğu gözlenmektedir.

20 katlı model değerlerinin, 10 katlı model değerlerine oranı; plak döşemede 2.08, dişli döşemede 2.48 ve kirişsiz döşemede 2.27 olduğu gözlenmiştir.

Buradan periyodun, plak döşemede dişli ve kirişsiz döşemelere göre daha küçük olduğu gözlenmiştir. Kat adetinin artmasıyla ikinci mertebe gösterge değerindeki artış oranının en az plak döşemede, en çok ise dişli döşemede olduğu görülmüştür.

#### 5.2.5 Döşeme sistemlerinin burulma düzensizliği

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.11'deki gibidir.



Şekil 5.11 : Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; burulma düzensizliği katsayısının plak döşemede değeri, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu söylenebilir. Kirişsiz döşemenin de dişli döşemeden daha küçük değerler aldığı söylenebilir.

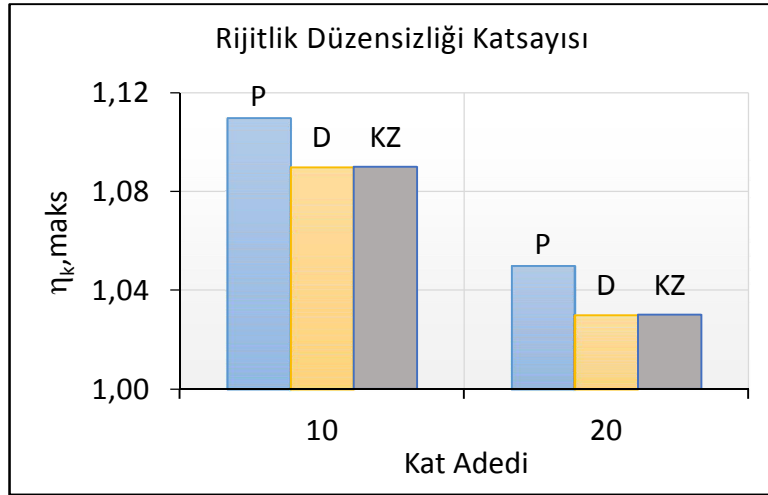
10 ve 20 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; dişli döşeme değerinin kirişsiz döşemenin 1.03, plak döşemenin 1.05 katı olduğu gözlenmektedir.

10 katlı model değerlerinin, 20 katlı model değerlerine oranı; plak ve dişli döşemede 1.07, kirişsiz döşemede 1.08 olduğu gözlenmiştir.

Buradan burulma düzensizliği katsayısını bakımından, plak döşemenin kirişsiz döşemeye, onun da dişli döşemeye göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Kat adetinin artmasıyla burulma düzensizliği katsayısındaki azalış oranının en fazla kirişsiz döşemede olduğu görülmüştür.

#### 5.2.6 Döşeme sistemlerinin rijitlik düzensizliği

Modellerin döşeme türlerine göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.12'deki gibidir.



**Şekil 5.12 :** Rijitlik düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; rijitlik düzensizliği katsayısının plak döşemedeki değerinin, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha büyük olduğu söylenebilir.

10 ve 20 katlı modellerin karşılaştırılması göz önüne alındığında; plak döşeme değerinin dişli ve kirişsiz döşemelerin 1.02 katı olduğu gözlenmektedir.

10 katlı model değerlerinin, 20 katlı model değerlerine oranı; plak, dişli ve kirişsiz döşemelerde 1.06 olduğu gözlenmiştir.

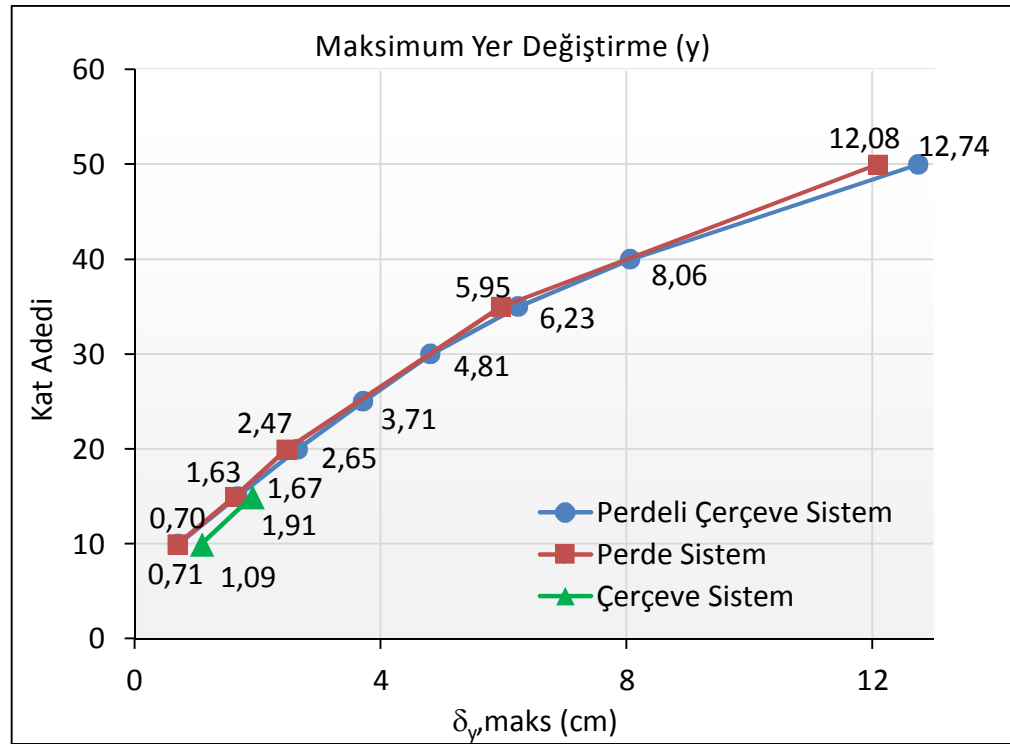
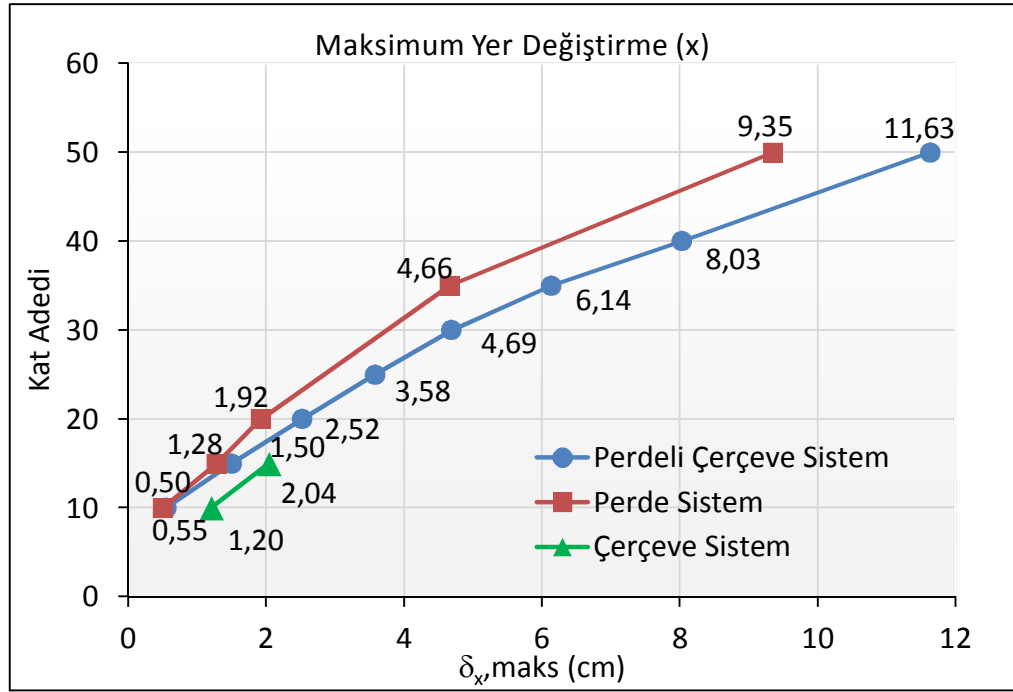
Buradan rijitlik düzensizliği katsayısını bakımından, dişli ve kirişsiz döşemelerin, plak döşemeye göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

### 5.3 Kat Adedinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada üç farklı taşıyıcı sistemin, çerçeve, perde çerçeve ve perde, kat adetiyle parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, 3.° deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar; çerçeve sistemde 10 ve 15 katlı modellerde, perde çerçeve sistemde 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 50 katlı modellerde, perde sistemlerde ise 10, 15, 20, 35 ve 50 katlı modellerde yapılmıştır.

#### 5.3.1 Kat adetine göre maksimum yer değiştirmeler

Modellerin kat adetine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.13'teki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



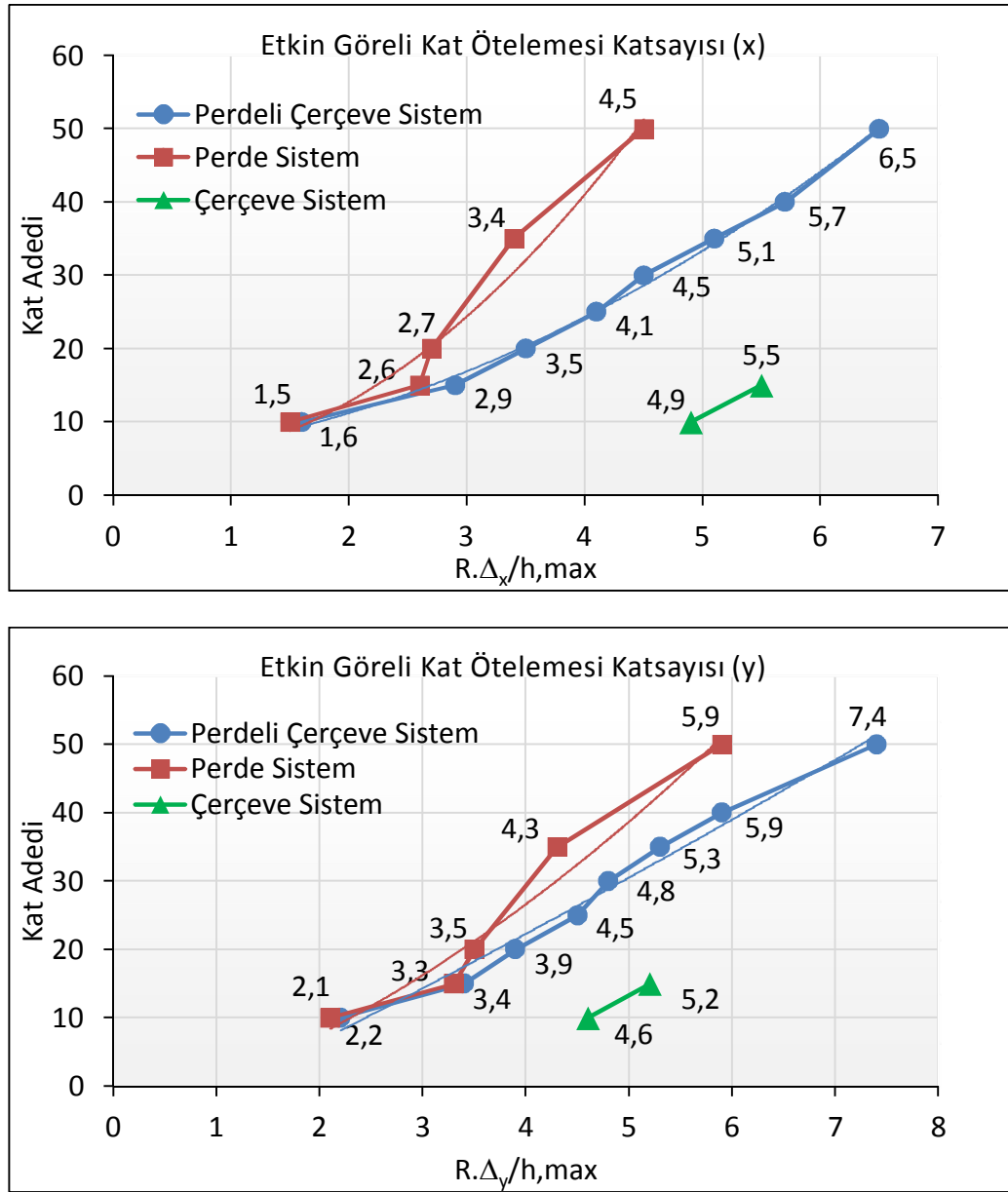
**Şekil 5.13 :** İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

Bu grafiklere göre; her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, kat adetinin artmasıyla artan bir artış gösterdiği söylenebilir. Kat adetinin artmasıyla, perdeli çerçeve sistemin maksimum yer değiştirmesindeki artış eğiminin, perde taşıyıcı sistemin maksimum yer değiştirme artış eğimine göre daha fazla arttığı gözlenmektedir. 50 katlı modellerin karşılaştırılmasında, perde taşıyıcı sistemin tepe

noktası maksimum yer değiştirmesinin, perdeli çerçeve taşıyıcı sisteminkinden daha az olduğu gözlenmektedir. Karşılaştırmalarda, taşıyıcı sistemlerin kat adetinin artmasıyla rijitlikleri değişmektedir. Farklı taşıyıcı sistemlerin rijitliğindeki değişimin aynı olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

### 5.3.2 Kat adedine göre etkin görelî kat ötelemeleri

Modellerin kat adetinin değişimine göre x ve y doğrultularındaki etkin görelî kat öteleme değeri grafikleri şekil 5.14'teki gibidir. Etkin görelî kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



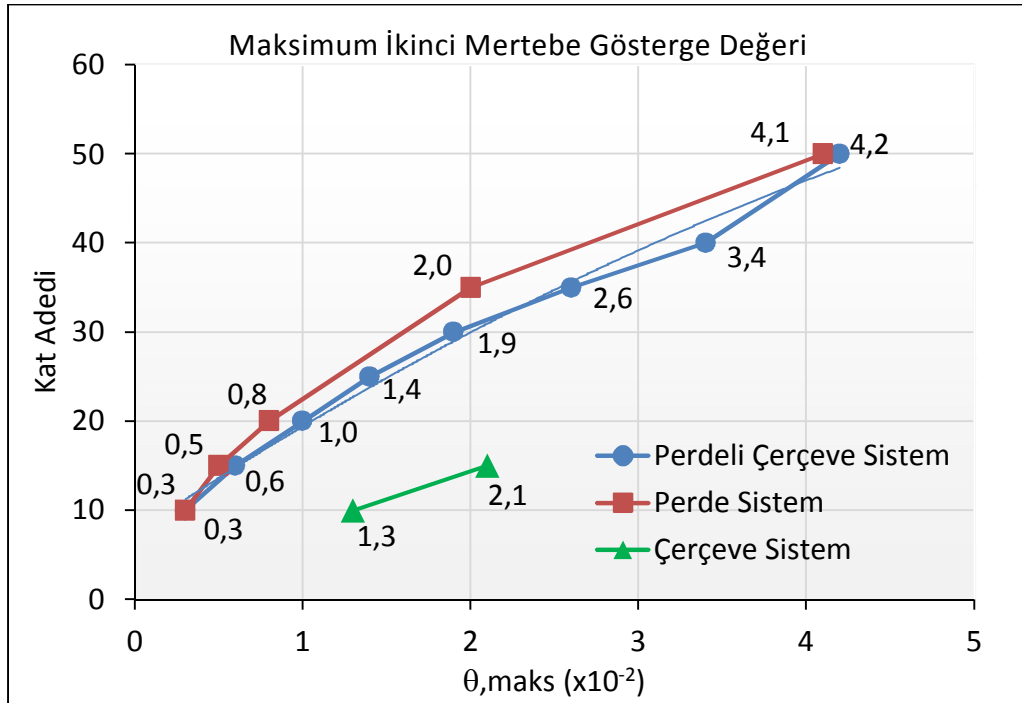
şekil 5.14 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistemlerdeki modeller için, her iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, kat adetinin artmasıyla arttığı gözlenmektedir. Perde sistem etkin görelî ötelemesi değeri, kat adetinin artmasıyla perdeli çerçeve ve çerçeve sistem etkin görelî kat ötelemesi değeriinden daha fazla arttığı gözlenmektedir. Perdeli çerçeve ve çerçeve sistemlerin artış eğimlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmektedir.

Yapıların yönetmeliklere uygunluğunu sağlamak için farklı kat adetlerinde farklı rijitlikteki elemanlar kullanıldığından artışın yönü hakkında net bir sonuca ulaşmak güçtür.

### 5.3.3 Kat adedine göre ikinci mertebe etkileri

Modellerin kat adeti değişimine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiğı Şekil 5.15'teki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].

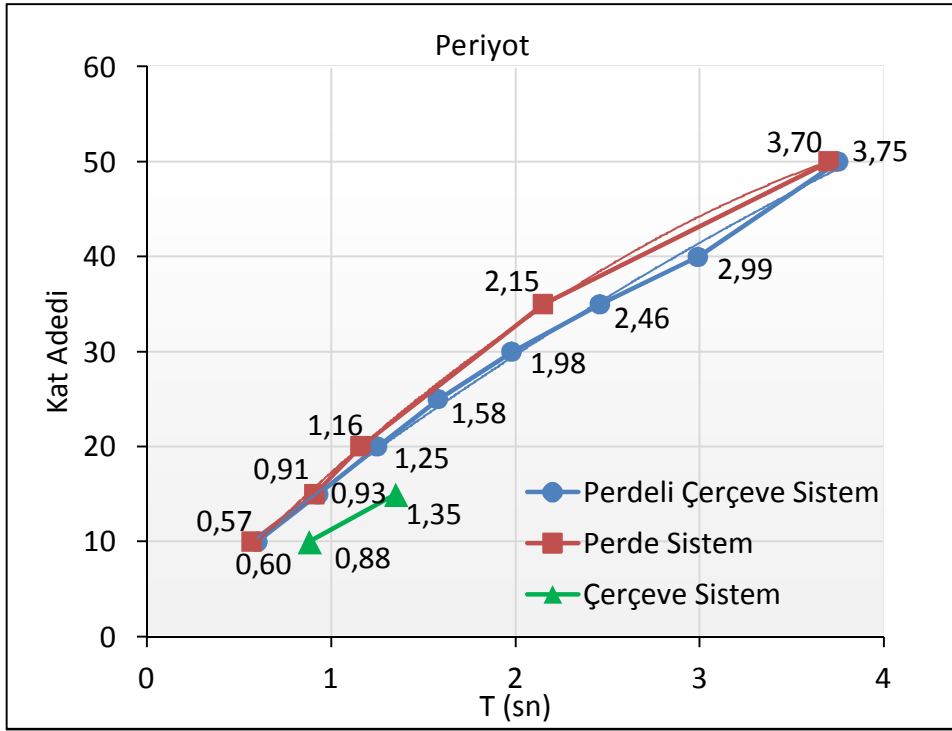


Şekil 5.15 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistemlerdeki modeller için, maksimum ikinci mertebe gösterge değeri, kat adetinin artmasıyla azalan bir artış göstermektedir.

### 5.3.4 Kat adedine göre taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin serbest titreşim periyotları Şekil 5.16'da verilmiştir.

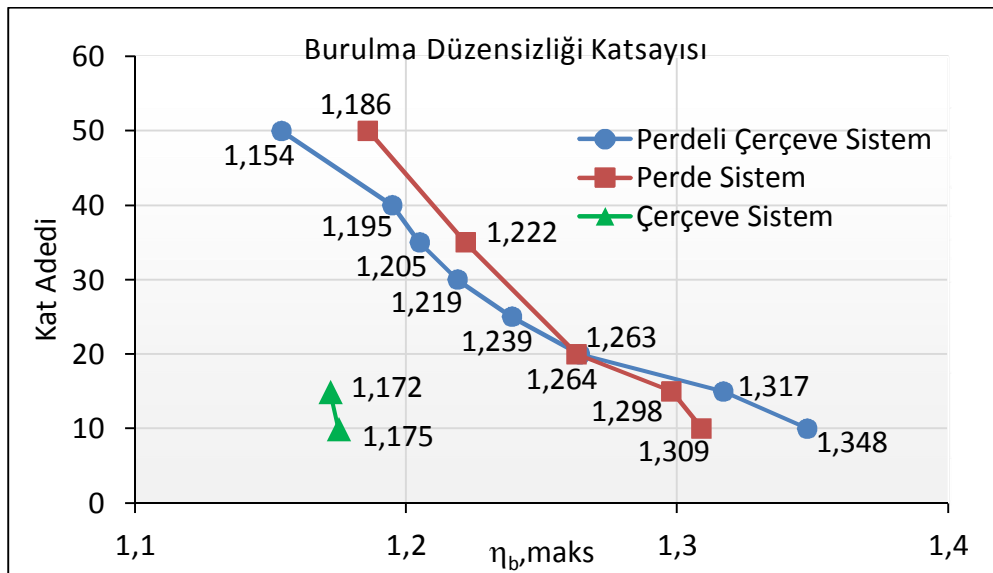


Şekil 5.16 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistemlerdeki modeller için, periyot kat adedinin artmasıyla arttığı gözlenmektedir.

### 5.3.5 Kat adedine göre burulma düzensizliği

Modellerin kat adedinin değişimine göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.17'deki gibidir.



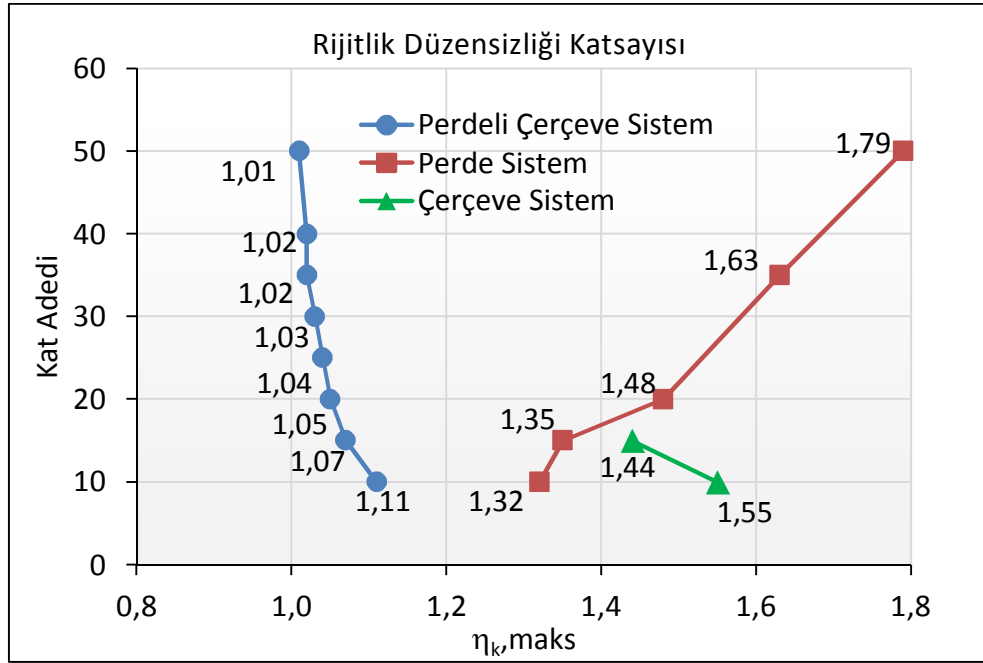
Şekil 5.17 : Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistemlerdeki modeller için, burulma düzensizliği katsayısı, kat adetinin artmasıyla azaldığı gözlenmektedir.

Burulma düzensizliği katsayısındaki azalma perde çerçeve sistemde, perde sistemden, onun da çerçeve sistemden daha az olduğu görülmektedir.

### 5.3.6 Kat adedine göre rijitlik düzensizliği

Modellerin kat adetinin değişimine göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.18'deki gibidir.



Şekil 5.18 : Rijitlik düzensizliği katsayısı.

Bu grafiklere göre; çerçeve ve perde çerçeve modellerde burulma düzensizliği katsayısı, kat adetinin artmasıyla azalırken, perde model değerinin kat adetinin artmasıyla arttığı gözlenmektedir.

Grafikteki serilerin eğiminden çerçeve modeldeki azalmanın perde çerçeve modelden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

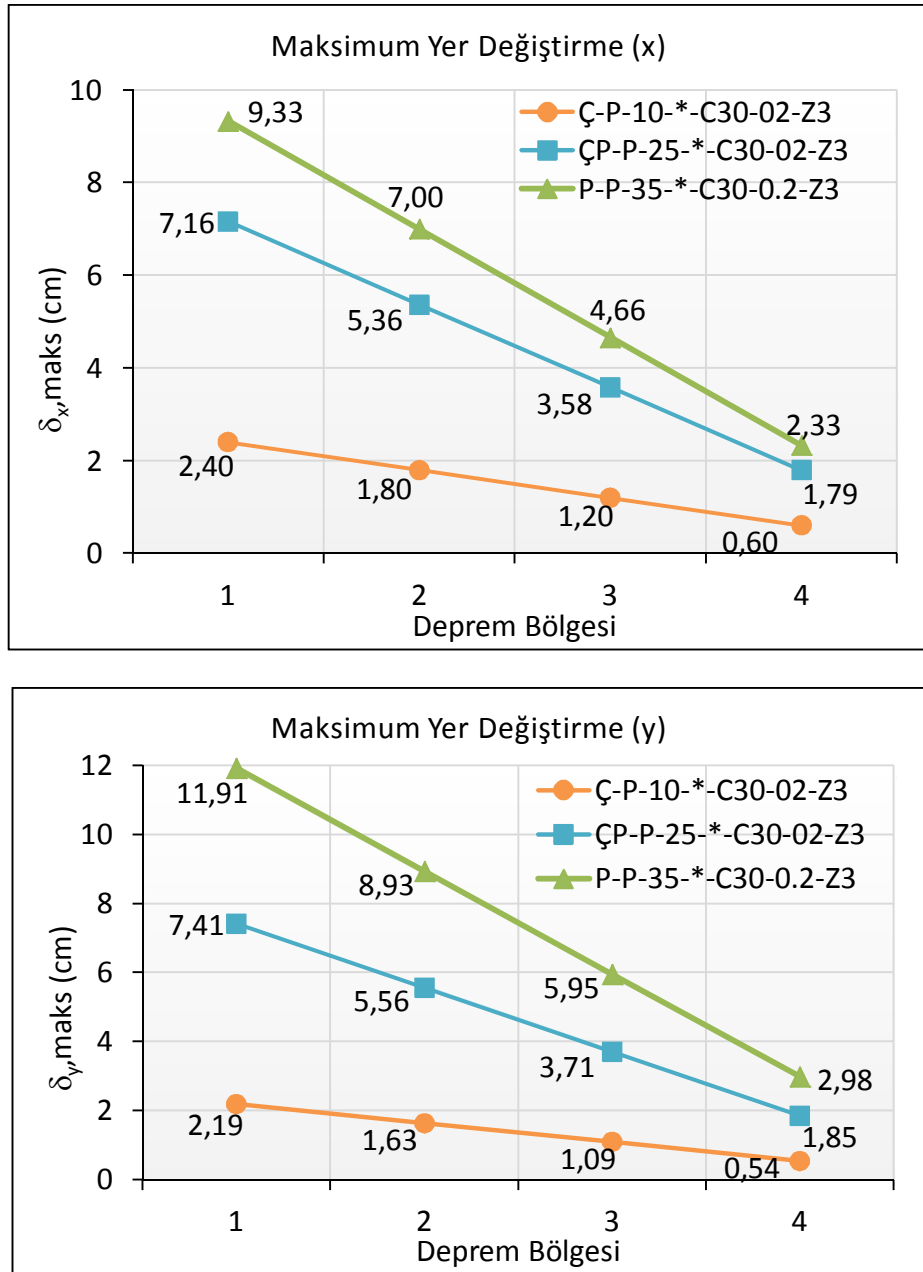
### 5.4 Deprem Bölgelerinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada üç farklı taşıyıcı sistemin, çerçeve, perde çerçeve ve perde, deprem bölgeleriyle parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, C30 beton sınıfının kullanıldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu

karşılaştırmalar; çerçeve sistemde 10 katlı modelde, perde çerçeve sistemde 25 katlı modelde, perde sistemlerde ise 35 katlı modelde yapılmıştır. Üç farklı taşıyıcı sistemin ve üç farklı kat adetiyle yapılan karşılaştırmalarla, deprem bölgesinin değişiminin parametrelere etkisi gözlenmiştir.

#### 5.4.1 Deprem bölgesine göre maksimum yer değiştirmeler

Modellerin deprem bölgesi değişimine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.19'daki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



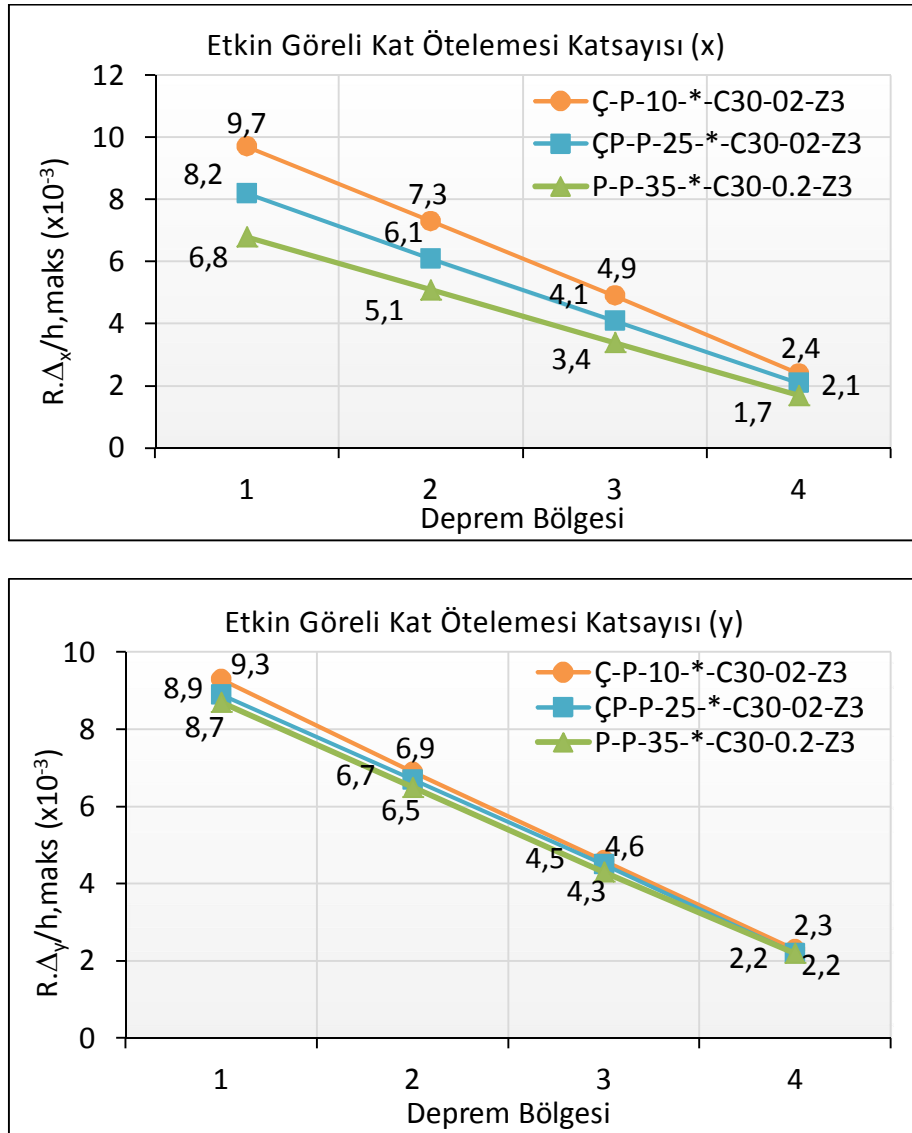
Şekil 5.19 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

Bu grafiklere göre; üç farklı taşıyıcı sistem ve kat adedi için, her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, deprem bölgelerinin 1.°den 4.°ye doğru değişimiyle lineer azalış gösterdiği gözlenmektedir.

Tüm karşılaştırmalarda maksimum yer değiştirmelerinin,  $A_0$  değerleri oranında değiştiği görülmektedir.

#### 5.4.2 Deprem bölgesine göre etkin görelî kat ötelemeleri

Modellerin deprem bölgesi değişimine göre x ve y doğrultularındaki etkin görelî kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.20'deki gibidir. Etkin görelî kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



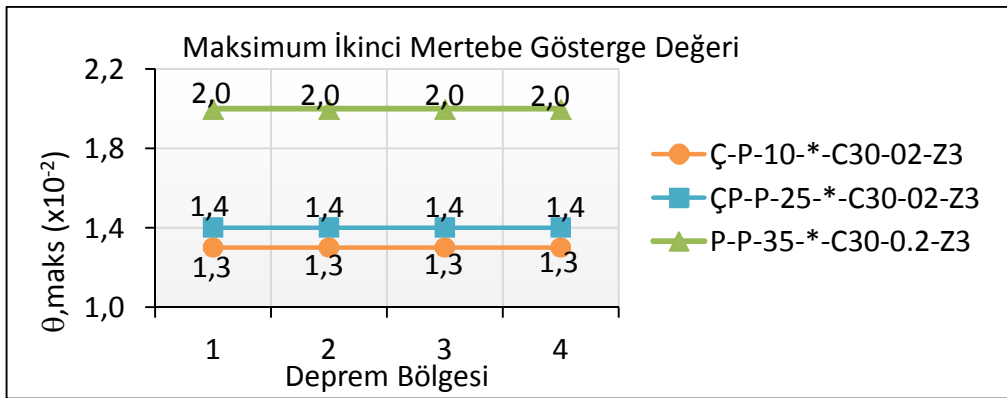
Şekil 5.20 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

Bu grafiklere göre; her iki doğrultudaki maksimum etkin görel kat ötelemesi katsayısının, deprem bölgelerinin değişimiyle lineer olarak azaldığı gözlenmektedir.

Tüm karşılaştırmalarda maksimum etkin görel kat ötelemesi katsayısının,  $A_0$  değerleri oranında değiştiği görülmektedir.

#### 5.4.3 Deprem bölgesine göre ikinci mertebe etkileri

Modellerin deprem bölgelerine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiği Şekil 5.21'deki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].

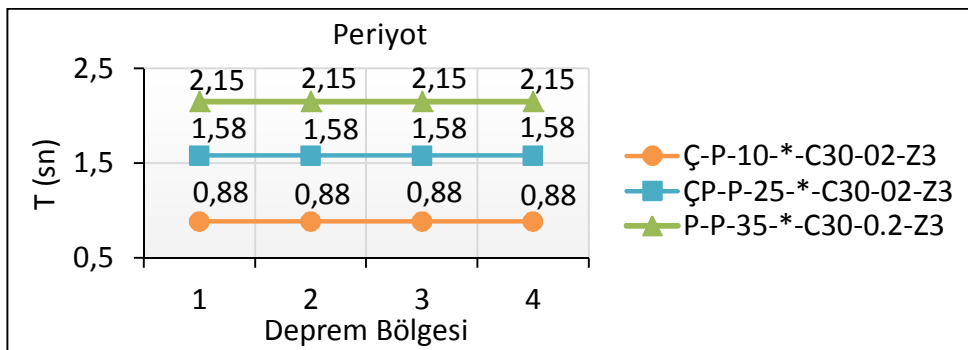


Şekil 5.21 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiğe göre; maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin, modellenen üç farklı taşıyıcı sistem olan çerçeve, perdeli çerçeve ve perde taşıyıcı sistemlerin sırasıyla 10, 25 ve 35 katlı modellerinde deprem bölgesinin değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

#### 5.4.4 Deprem bölgesine göre taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin serbest titreşim periyotları Şekil 5.22'de verilmiştir.

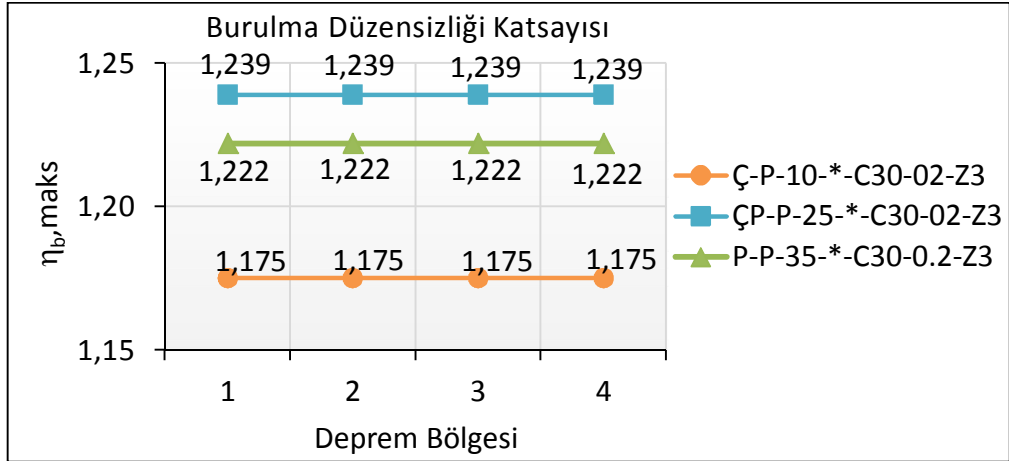


Şekil 5.22 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.

Bu grafiğe göre; periyodun, deprem bölgesinin değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

#### 5.4.5 Deprem bölgesine göre burulma düzensizliği

Modellerin deprem bölgesine göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.23'teki gibidir.

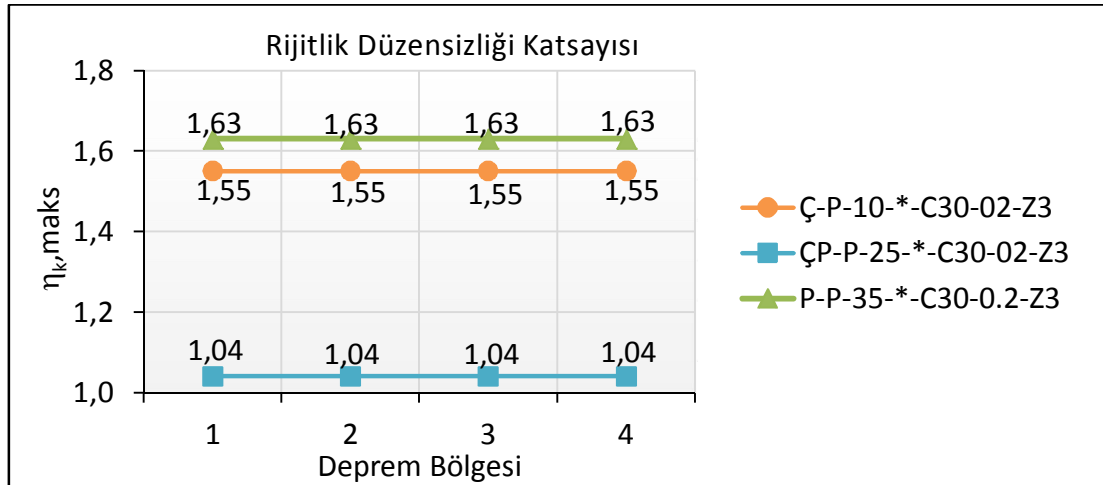


Şekil 5.23 : Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; burulma düzensizliği katsayısının, deprem bölgesinin değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

#### 5.4.6 Deprem bölgesine göre rijitlik düzensizliği

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.24'teki gibidir.



Şekil 5.24 : Rijitlik düzensizliği katsayısı.

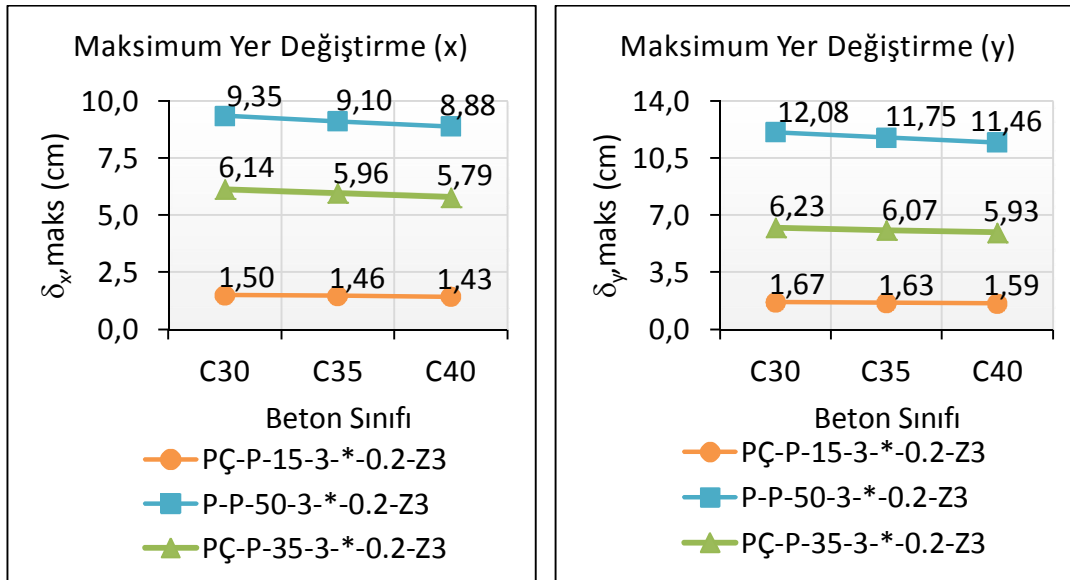
Bu grafiğe göre; rijitlik düzensizliği katsayısının, deprem bölgesinin değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

## 5.5 Beton Sınıflarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada iki farklı taşıyıcı sistemin, perde çerçevesi ve perde, beton sınıfıyla parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Çok katlı yapılarda sıklıkla kullanılan üç beton sınıfı olan C30, C35 ve C40 incelenmiştir. Yalnızca beton sınıfının etkisinin görülebilmesi için tüm beton sınıfları için aynı boyuttaki yapı elemanlarına sahip modeller kullanılmış, beton kalitesinin yüksek olduğu modellerde daha narin kesitler kullanılmamıştır. Bu karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, 3.° deprem bölgesinde yer aldığı, konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar; perde çerçevesi sistemde 15 ve 35 katlı modellerde, perde sistemde ise 50 katlı modelde yapılmıştır [24].

### 5.5.1 Beton sınıfına göre maksimum yer değiştirmeler

Modellerin beton sınıfı değişimine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.25'teki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



Şekil 5.25 : İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

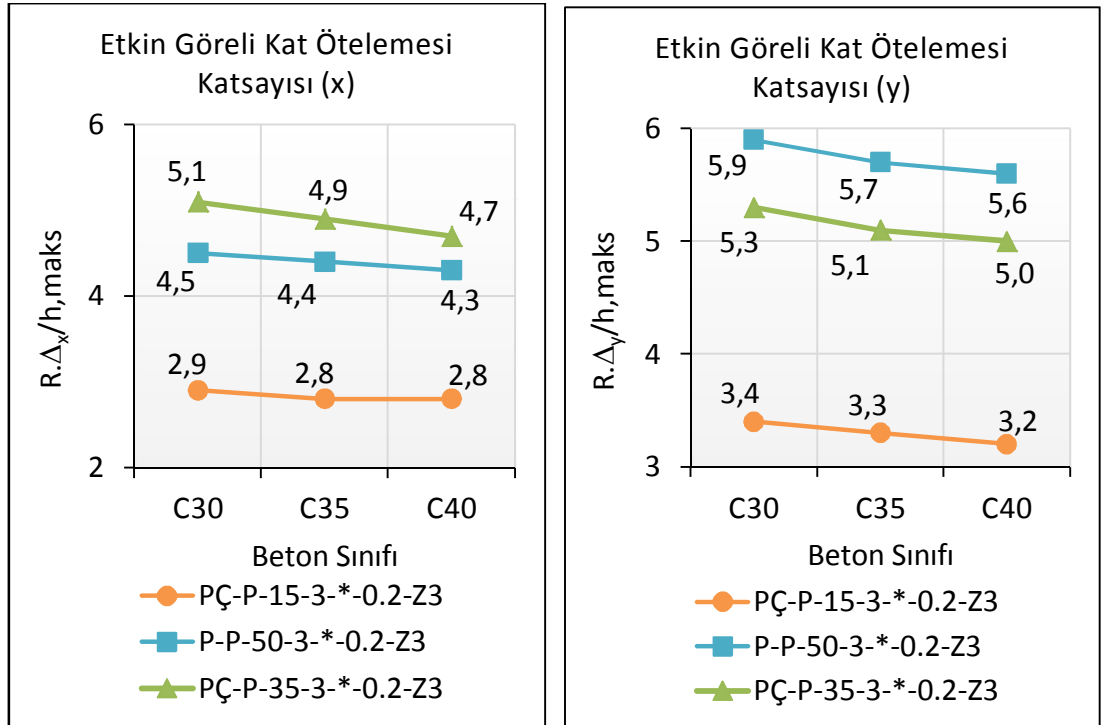
Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, beton sınıfının artmasıyla azaldığı gözlenmektedir.

15 katlı perde çerçeveli model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.7-%2.1 azalış gösterirken, y doğrultusunda %2.5-%2.5 azalış göstermektedir. 35 katlı perde çerçeveli model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %3.0-%3.0 azalış gösterirken, y doğrultusunda %2.6-%2.4 azalış göstermektedir. 50 katlı perde model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.7-%2.5 azalış gösterirken, y doğrultusunda %2.8-%2.5 azalış göstermektedir.

Buradan beton sınıfının artmasıyla, maksimum yer değiştirmelerde azalan bir azalış olduğu gözlenmektedir. Ayrıca kat adetlerinin artmasıyla beton sınıfının artmasının maksimum yer değiştirmeye katkısının arttığı görülmektedir.

### 5.5.2 Beton sınıfına göre etkin görelî kat ötelemeleri

Modellerin beton sınıfı değişimine göre x ve y doğrultularındaki etkin görelî kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.26'daki gibidir. Etkin görelî kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



Şekil 5.26 : İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

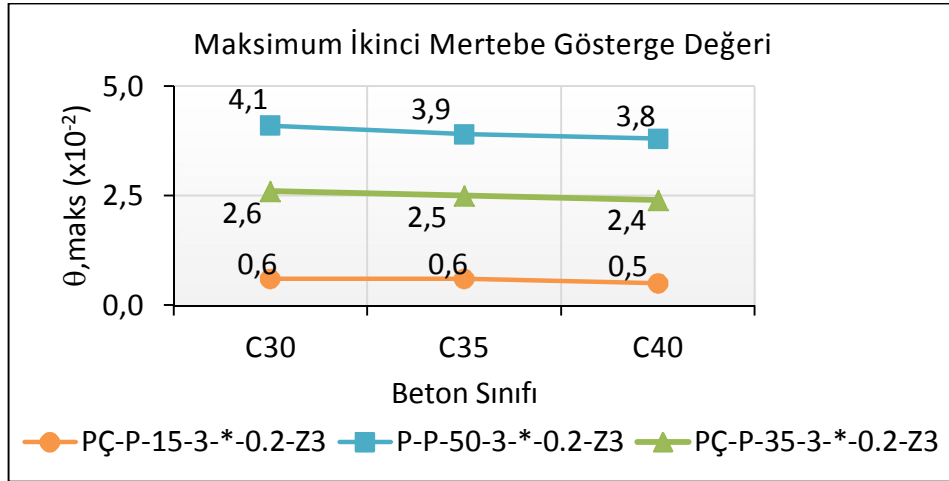
Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, her iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, beton sınıfının artmasıyla azaldığı gözlenmektedir.

15 katlı perde çerçevesi model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %3.6-%0 azalış gösterirken, y doğrultusunda %3-%3.1 azalış göstermektedir. 35 katlı perde çerçevesi model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %4.1-%4.3 azalış gösterirken, y doğrultusunda %4.0-%2.0 azalış göstermektedir. 50 katlı perde model değerleri x doğrultusunda, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.3-%2.3 azalış gösterirken, y doğrultusunda %3.5-%1.8 azalış göstermektedir. İki doğrultudaki rijitlik farkına bağlı olarak etkin görece kat ötelemesi katsayısının iki doğrultuda farklı sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

Buradan beton sınıfının artmasıyla, maksimum etkin görece kat ötelemesi katsayılarında azalan bir azalış olduğu gözlenmektedir.

### 5.5.3 Beton sınıfına göre ikinci mertebe etkileri

Modellerin beton sınıfı değişimine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiği Şekil 5.27'deki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].

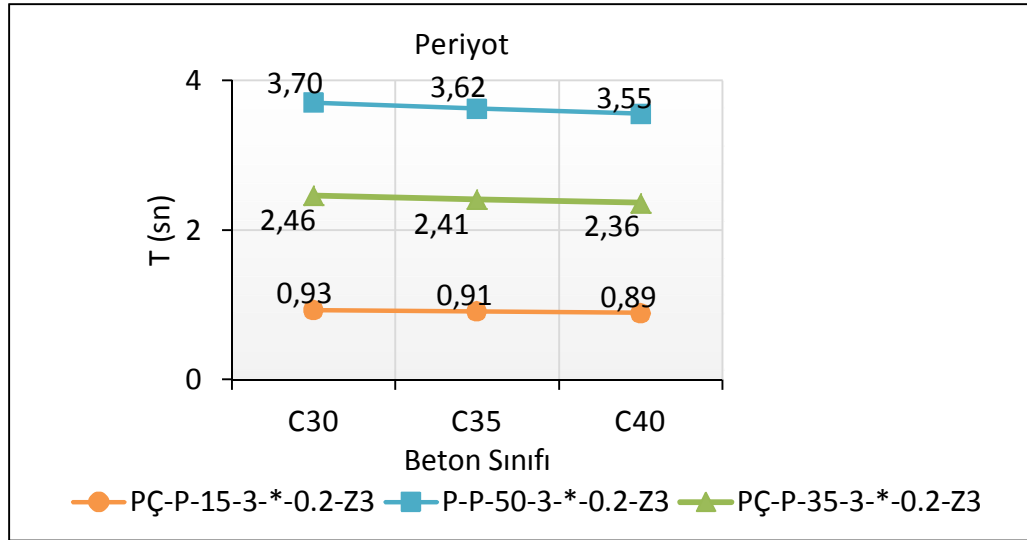


Şekil 5.27 : Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin, beton sınıfının artmasıyla azaldığı gözlenmektedir.

### 5.5.4 Beton sınıfına göre taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin serbest titreşim periyotları Şekil 5.28'de verilmiştir.



**Şekil 5.28 :** Taşıyıcı sistem periyot değeri.

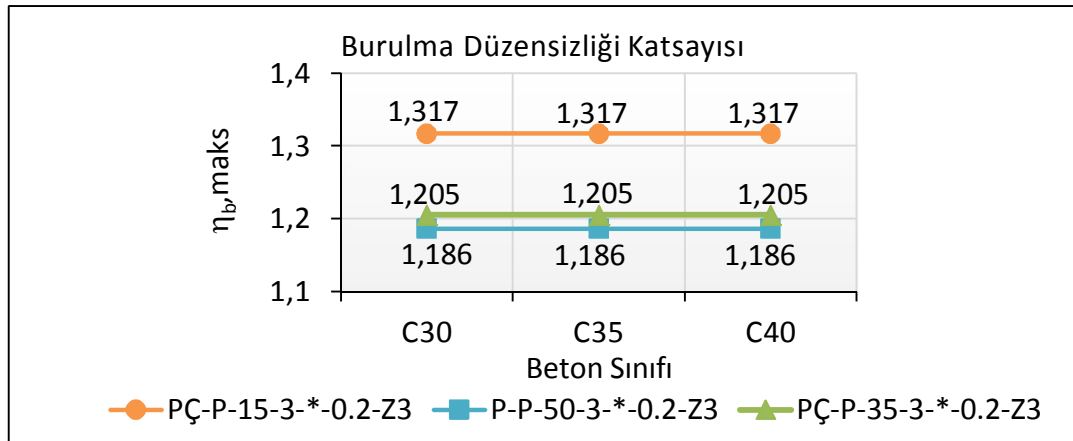
Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, periyodun, beton sınıfının artmasıyla azaldığı gözlenmektedir.

15 katlı perde çerçevesi model değerleri, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.1-%2.2 azalış göstermektedir. 35 katlı perde çerçevesi model değerleri, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.1-%2.1 azalış göstermektedir. 50 katlı perde model değerleri, beton sınıfının artmasıyla sırayla %2.2-%2.2 azalış göstermektedir.

Buradan C30'dan C40'a beton karakteristik basınç dayanımının 5Mpa artmasıyla, periyodun %2.1~%2.2 oranında azaldığı gözlenmektedir.

### 5.5.5 Beton sınıfına göre burulma düzensizliği

Modellerin beton sınıfına göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.29'daki gibidir.

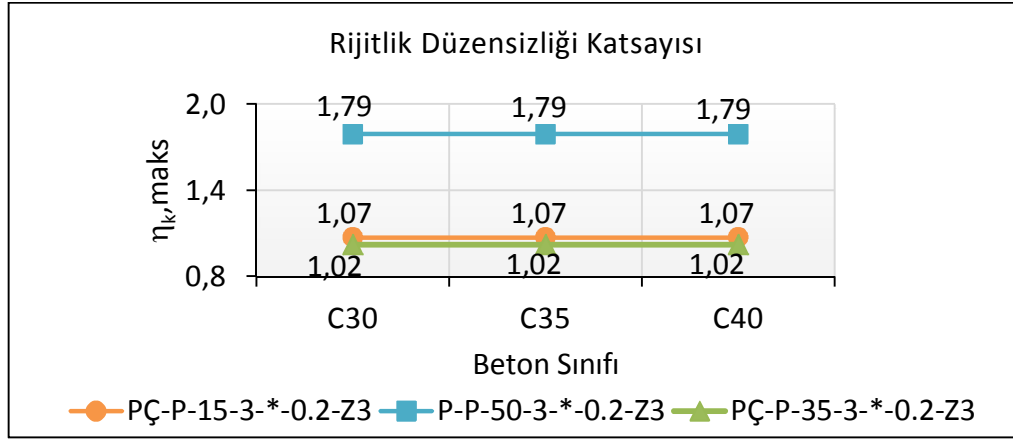


**Şekil 5.29 :** Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; burulma düzensizliği katsayısının, beton sınıfının değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

### 5.5.6 Beton sınıfına göre rijitlik düzensizliği

Modellerin beton sınıfına göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.30'daki gibidir.



**Şekil 5.30 :** Rijitlik düzensizliği katsayısı.

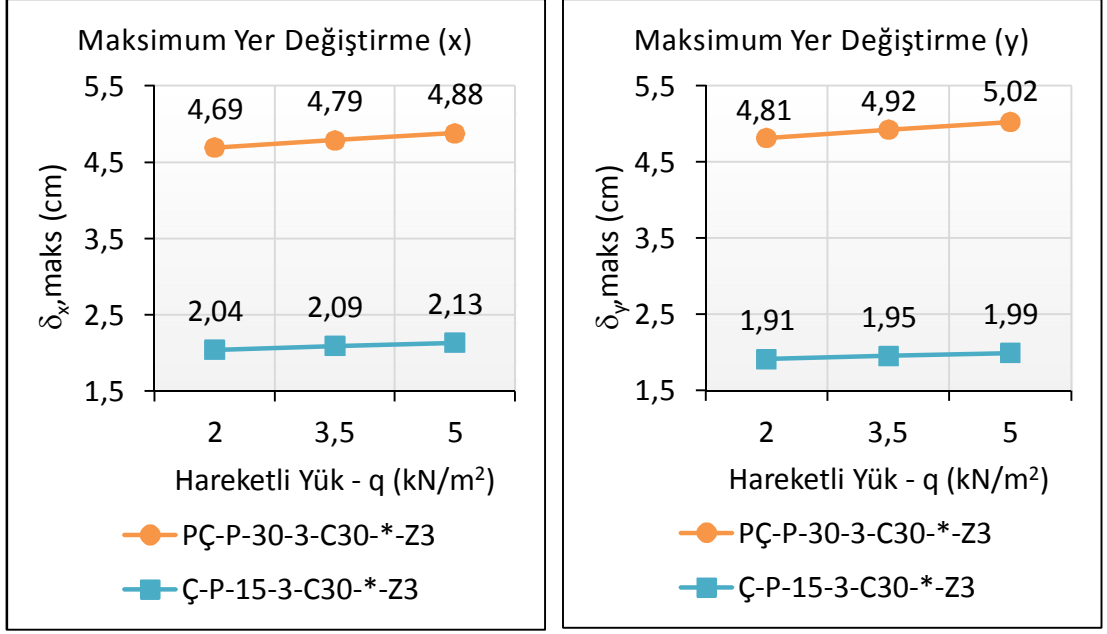
Bu grafiğe göre; rijitlik düzensizliği katsayısının, beton sınıfının değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

## 5.6 Hareketli Yükün Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada iki farklı taşıyıcı sistemin, çerçeve ve perde çerçeve, hareketli yük değişimiyle parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Bu değişimle hem statik hem dinamik yüklerdeki artış nedeniyle parametrelerdeki değişim gözlenmek istenmiştir. Bu karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, 3.° deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı ve Z3 sınıfı zemine inşa edildiği kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar; çerçeve sistemde 15 katlı modelde, perde çerçeve sistemde ise 30 katlı modelde yapılmıştır.

### 5.6.1 Hareketli yüke göre maksimum yer değiştirmeler

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.31'deki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



**Şekil 5.31 :** İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

Bu grafiklere göre; iki farklı taşıyıcı sistem ve kat adeti için, her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, 2 kN/m<sup>2</sup>–3.5 kN/m<sup>2</sup>-5 kN/m<sup>2</sup>’lik lineer artan hareketli yükler karşısında artış gösterdiği gözlenmektedir.

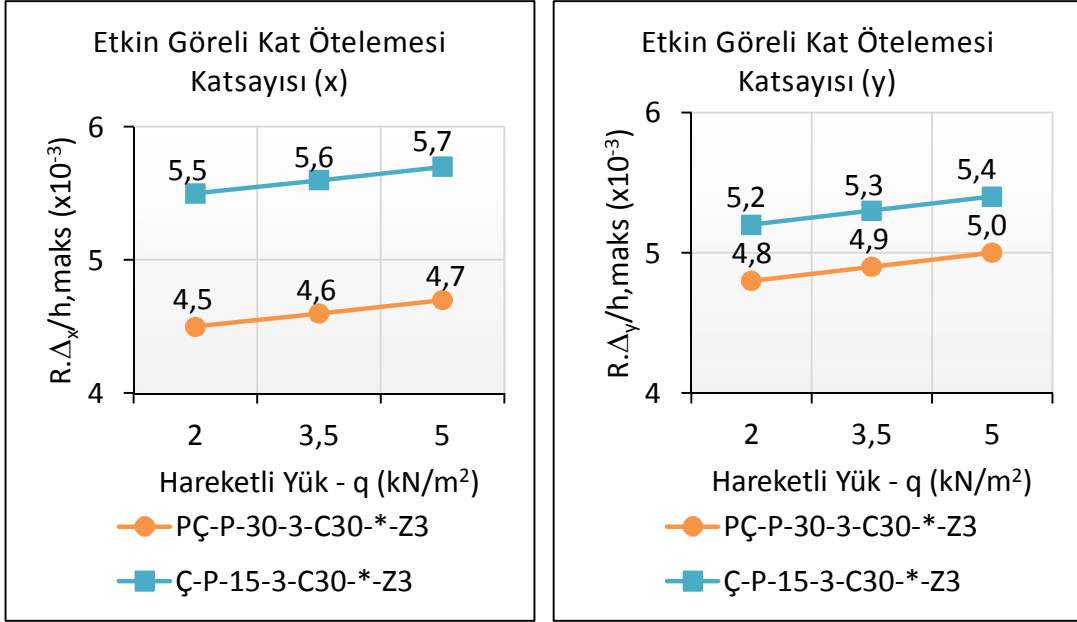
X doğrultusunda iki modelin 2 kN/m<sup>2</sup>den 3.5 kN/m<sup>2</sup>’ye, 3.5 kN/m<sup>2</sup>den 5 kN/m<sup>2</sup>’ye artış eğimi incelendiğinde; perde çerçeve sistemde 0.67, 0.73, çerçeve sistemde 0.33, 0.27 olduğu gözlenmektedir.

Y doğrultusunda iki modelin 2 kN/m<sup>2</sup>den 3.5 kN/m<sup>2</sup>’ye, 3.5 kN/m<sup>2</sup>den 5 kN/m<sup>2</sup>’ye artış eğimi incelendiğinde; perde çerçeve sistemde 0.60, 0.67 , çerçeve sistemde 0.27, 0.27 olduğu gözlenmektedir.

Buradan yapıya etkitilen hareketli yükün lineer olarak arttırılmasıyla, maksimum yer değiştirmedeki artışın lineere yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Modellerin iki yönde farklı rijitliklere sahip olmaları nedeniyle iki yöndeki maksimum yer değiştirme değerleri arasında fark olduğu gözlenmektedir.

### 5.6.2 Hareketli yüke göre etkin görelî kat ötelemeleri

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre x ve y doğrultularındaki etkin görelî kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.32’deki gibidir. Etkin görelî kat öteleme değeri DBYBHY’de yer alan Denklem 3.22’ye göre hesaplanmıştır [1].



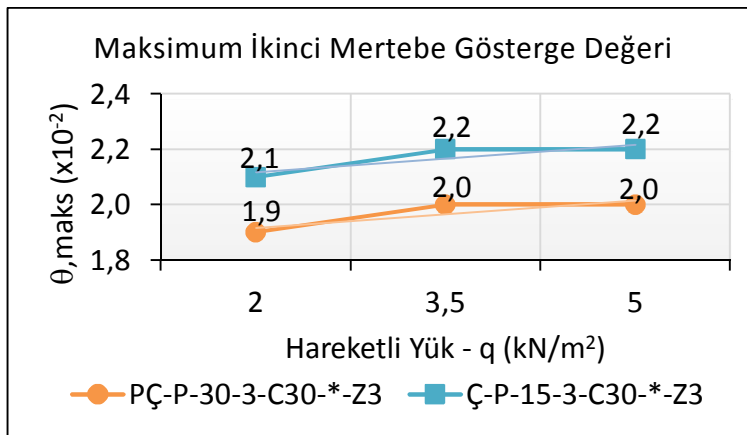
**Şekil 5.32 :** İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

Bu grafiklere göre; etkin görelî kat ötelemesinin, çerçeve ve perde çerçeve sistemlerdeki 15 ve 30 katlı modellerin her iki doğrultuda da hareketli yükün artmasıyla arttığı söylenebilir.

Elde edilen 2 grafikte de hareketli yükün lineer artışıyla etkin görelî kat ötelemesindeki artışın x ve y doğrultularında aynı ve 1/1500 olduğu, yani artışın da lineer olduğu gözlenmektedir.

### 5.6.3 Hareketli yüke göre ikinci mertebe etkileri

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiği Şekil 5.33'teki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].



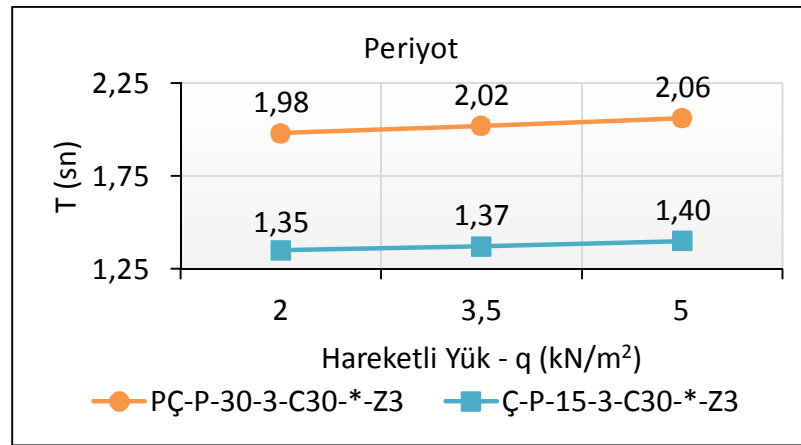
**Şekil 5.33 :** Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiğe göre; maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin, hareketli yükün artmasıyla arttığı söylenebilir.

Modellerde bu parametrenin çok küçük olduğu, değişimlerinin de küçük olduğu ve hassasiyetin az olduğu bilgileri birleştirildiğinde bu grafikteki artışın lineer, artan ya da azalan olduğu yorumlarını yapmamayı gerektirmektedir.

#### 5.6.4 Hareketli yüke göre taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre serbest titreşim periyotları Şekil 5.34'te verilmiştir.



Şekil 5.34 : Taşıyıcı sistem periyot değeri.

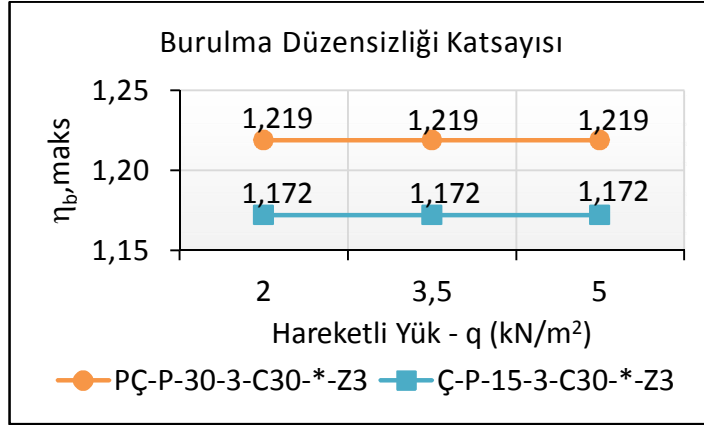
Bu grafiğe göre; taşıyıcı sistem periyodunun, çerçeve ve perde çerçeve sistemlerdeki 15 ve 30 katlı modellerde hareketli yükün artmasıyla arttığı söylenebilir.

İki modelin de 2 kN/m²'den 3.5 kN/m²'ye, 3.5 kN/m²'den 5 kN/m²'ye artış eğimi incelendiğinde; perde çerçeve sistemde 0.27, 0.27 , çerçeve sistemde ise 0.13, 0.20 olduğu gözlenmektedir. Taşıyıcı sistem periyodundaki artış %'si hesaplandığında ise perde çerçeve sistemde %2.0, %2.0, çerçeve sistemde ise %1.5, %2.2 olduğu gözlenmektedir.

Buradan taşıyıcı sistem periyodunun, hareketli yükün artmasıyla arttığı ve perde çerçeve sistemde artışın lineer olduğu gözlenmektedir. Perde çerçeve sistemin periyot artış eğiminin, çerçeve sisteme göre daha fazla olduğu görülmektedir.

### 5.6.5 Hareketli yüke göre burulma düzensizliği

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.35'teki gibidir.

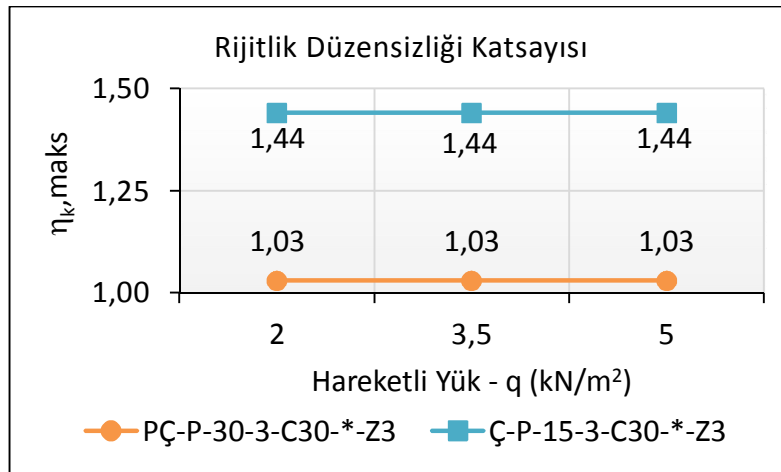


Şekil 5.35 : Burulma düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; çerçeve sistemin 15 ve perde çerçeve sistemin 30 katlı modellerinde burulma düzensizliği katsayısının hareketli yükün artmasıyla değişmediği gözlenmektedir.

### 5.6.6 Hareketli yüke göre rijitlik düzensizliği

Modellerin taşıyıcı sistemlere göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.36'daki gibidir.



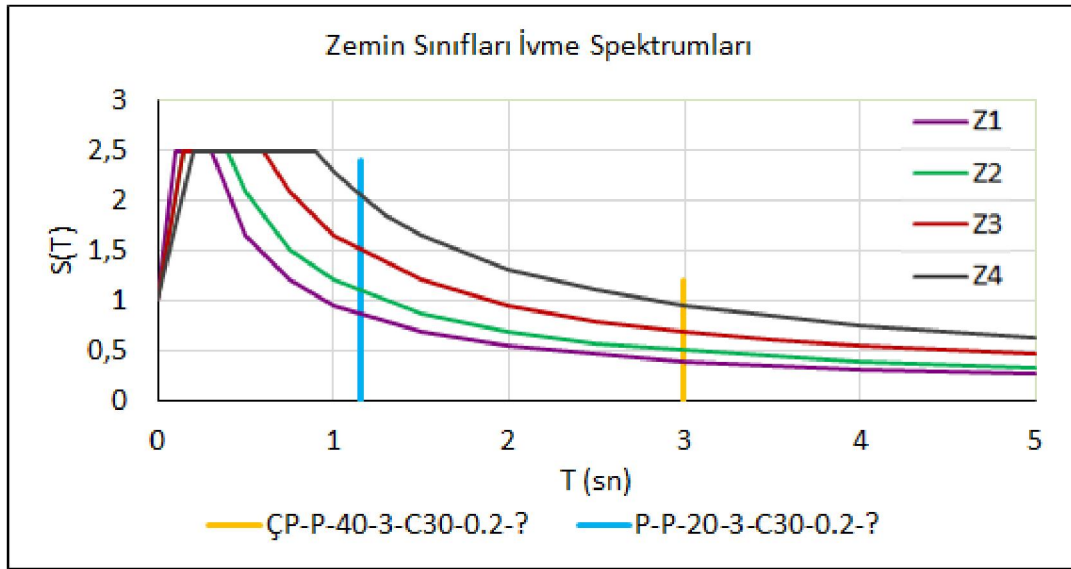
Şekil 5.36 : Rijitlik düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; çerçeve sistemin 15 ve perde çerçeve sistemin 30 katlı modellerinde rijitlik düzensizliği katsayısının hareketli yükün artmasıyla değişmediği gözlenmektedir.

## 5.7 Yerel Zemin Sınıfının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi

Bu çalışmada iki farklı taşıyıcı sistemin, perde çerçevesi ve perde, yerel zemin sınıfı değişimiyle parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda yapıların; plak döşeme olduğu, 3.° deprem bölgesinde yer aldığı, C30 beton sınıfının kullanıldığı ve konut türü yapı olduğu ( $q=2 \text{ kN/m}^2$ ) kabul edilmiştir. Bu karşılaştırmalar; perde çerçevesi sistemde 40 katlı modelde, perde sistemde ise 20 katlı modelde yapılmıştır [25].

Modellerin yerel zemin sınıflarına göre ivme spektrum grafiği Şekil 5.37'deki gibidir.



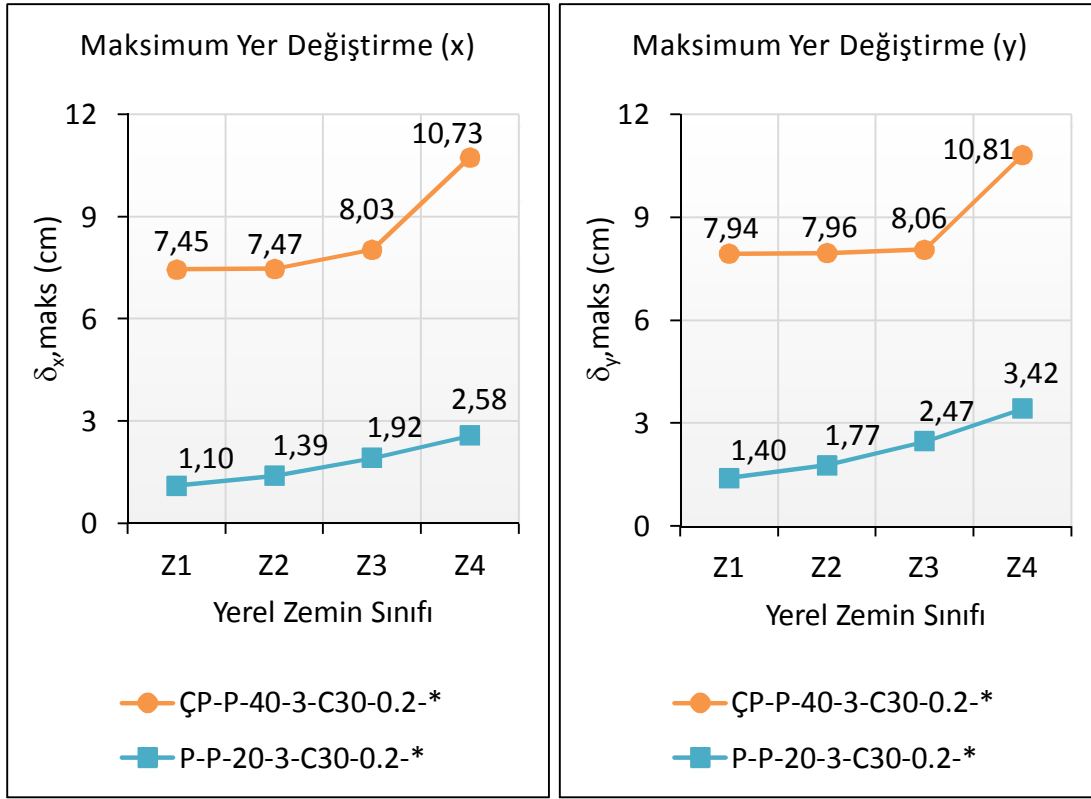
Şekil 5.37 : Spektrum katsayısı.

Bu grafiklere göre, farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, spektrum katsayısının, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle arttığı gözlenmektedir.

20 katlı perde ve 40 katlı perde çerçevesi modellerinin her ikisinin de spektrum katsayısı değerleri, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %26-%38-%38 arttığı görülmektedir.

### 5.7.1 Yerel zemin sınıfına göre maksimum yer değiştirmeler

Modellerin yerel zemin sınıfı değişimine göre x ve y doğrultularındaki maksimum yer değiştirme grafikleri Şekil 5.38'deki gibidir. Maksimum yer değiştirmeler tepe noktalarında oluşmuştur.



**Şekil 5.38 :** İki doğrultudaki maksimum yer değiştirme.

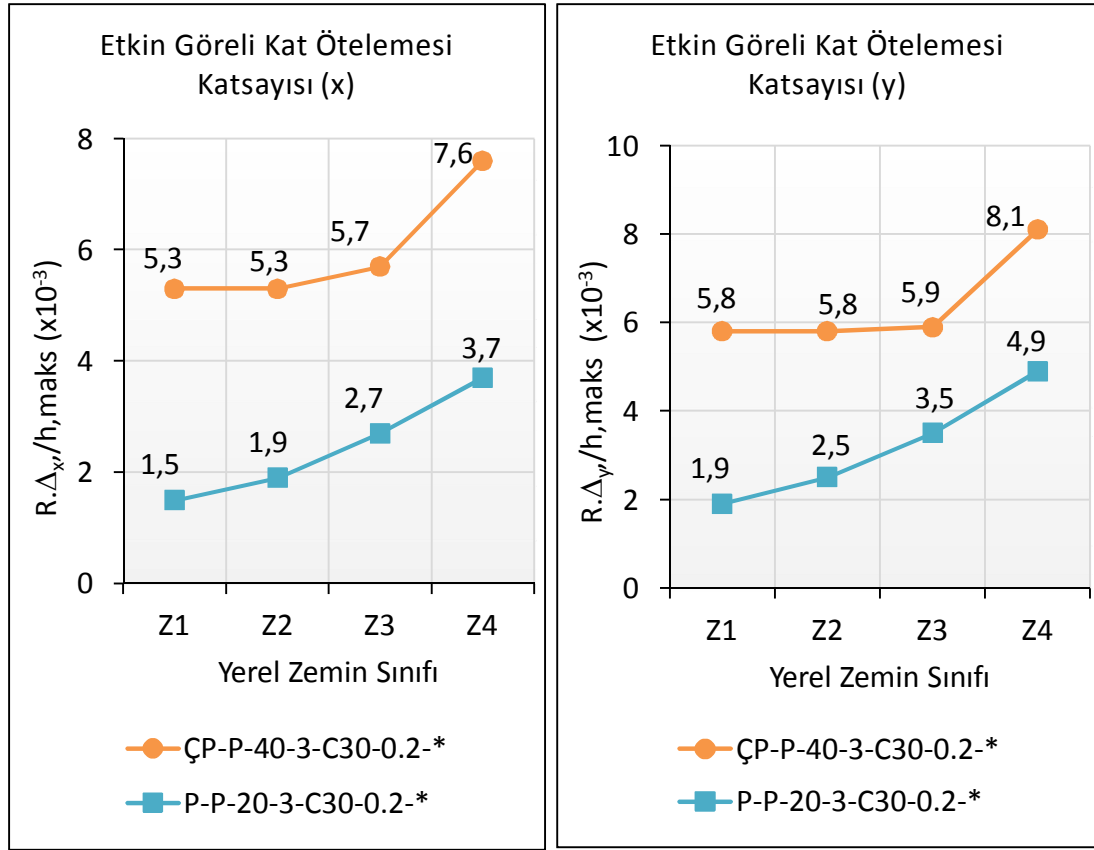
Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle arttığı gözlenmektedir.

20 katlı perde model değerleri x doğrultusunda, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %26-%38-%34 artış gösterirken, y doğrultusunda %26-%40-%38 artış göstermektedir. 40 katlı perde çerçeveli model değerleri x doğrultusunda, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %0.3-%7.5-%22.8 artış gösterirken, y doğrultusunda %0.3-%1.3-%25.1 artış göstermektedir.

Buradan, maksimum yer değiştirmedeki artışın en az Z1-Z2 arasında olduğu görülmektedir.

### 5.7.2 Yerel zemin sınıfına göre etkin görel kat ötelemeleri

Modellerin yerel zemin sınıfı değişimine göre x ve y doğrultularındaki etkin görel kat öteleme değeri grafikleri Şekil 5.39'daki gibidir. Etkin görel kat öteleme değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.22'ye göre hesaplanmıştır [1].



**Şekil 5.39 :** İki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri.

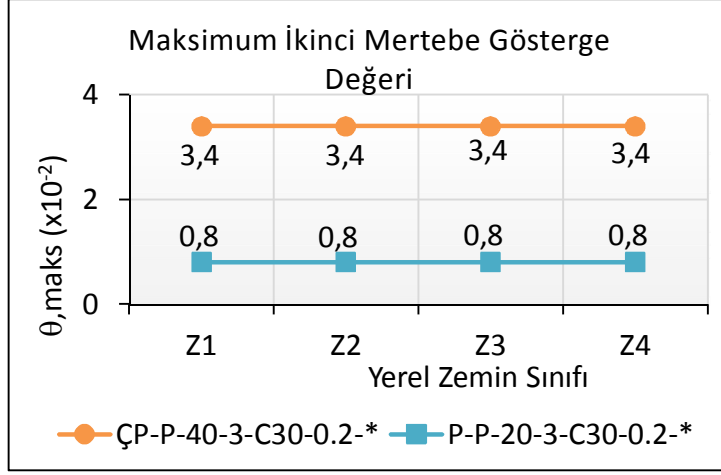
Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, her iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle arttığı gözlenmektedir.

20 katlı perde model değerleri x doğrultusunda, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %27-%42-%37 artış gösterirken, y doğrultusunda %32-%40-%40 artış göstermektedir. 40 katlı perde çerçevesi model değerleri x doğrultusunda, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %0-%7.5-%22.8 artış gösterirken, y doğrultusunda %0-%1.7-%25.4 artış göstermektedir.

Buradan, maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısındaki artışın en az Z1-Z2 arasında olduğu görülmektedir.

### 5.7.3 Yerel zemin sınıfına göre ikinci mertebe etkileri

Modellerin yerel zemin sınıfı değişimine göre maksimum ikinci mertebe gösterge değeri grafiği Şekil 5.40'taki gibidir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri DBYBHY'de yer alan Denklem 3.23'e göre hesaplanmıştır [1].

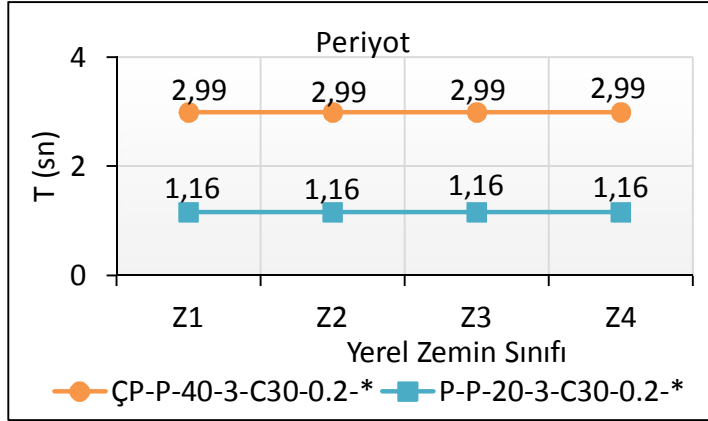


**Şekil 5.40 :** Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

#### 5.7.4 Yerel zemin sınıfına göre taşıyıcı sistem periyodu

Modellerin hareketli yük değerinin değişimine göre serbest titreşim periyotları Şekil 5.41'de verilmiştir.

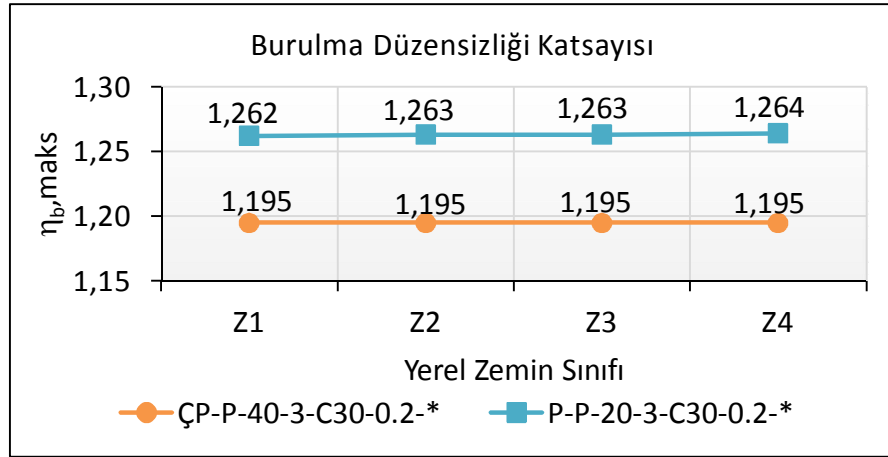


**Şekil 5.41 :** Taşıyıcı sistem periyot değeri.

Bu grafiklere göre; farklı taşıyıcı sistem ve kat adetlerindeki modeller için, periyodun, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

#### 5.7.5 Yerel zemin sınıfına göre burulma düzensizliği

Modellerin yerel zemin sınıfı değişimine göre burulma düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.42'deki gibidir.



**Şekil 5.42 :** Burulma düzensizliği katsayısı.

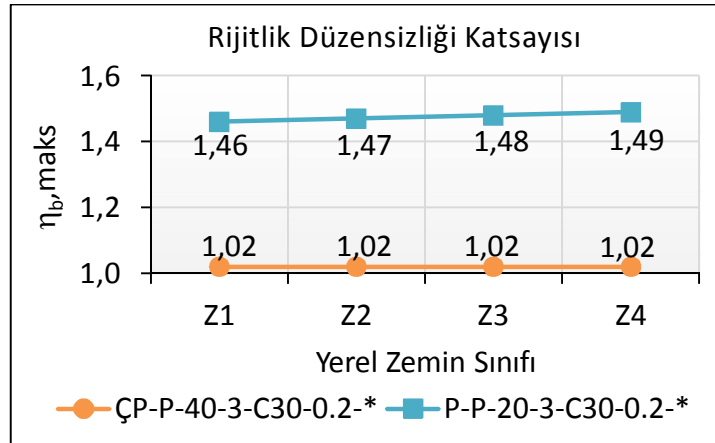
Bu grafiğe göre; burulma düzensizliği katsayısının, 20 katlı perde modelde değişmediği ancak 40 katlı perde çerçevesi modelde artış gösterdiği görülmektedir.

40 katlı perde çerçevesi model değerleri, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle sırayla %0.08-%0-%0.08 artış göstermektedir.

Buradan burulma düzensizliği katsayısının, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle perde sistemde çok az arttığı anlaşılmaktadır.

#### 5.7.6 Yerel zemin sınıfına göre rijitlik düzensizliği

Modellerin yerel zemin sınıfı değişimine göre rijitlik düzensizliği katsayısı grafiği Şekil 5.43'teki gibidir.



**Şekil 5.43 :** Rijitlik düzensizliği katsayısı.

Bu grafiğe göre; rijitlik düzensizliği katsayısının, 40 katlı perde çerçevesi modelde yerel zemin sınıfı değişiminden etkilenmediği, ancak 20 katlı perde modelin yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle lineer olarak arttığı gözlenmektedir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

”Çok Katlı Betonarme Binalarda Taşıyıcı Sistem Türlerinin Davranışlarının İncelenmesi” adlı tez çalışmasında farklı taşıyıcı sistemler; çerçeve, perde çerçeve ve perde taşıyıcı sistem, kat adetleri; 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 50, deprem bölgeleri; 1.° 2.° 3.° ve 4.°, döşeme sistemleri; plak, dolgu bloklulu dişli ve kirişsiz döşeme, yükleme koşulları; 2, 3.5 ve 5 kN/m<sup>2</sup>, yerel zemin sınıfları; Z1, Z2, Z3 ve Z4, beton sınıfları; C30, C35 ve C40, iki doğrultudaki maksimum yer değıştirmeleri, iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe gösterge değeri, periyot, burulma ve rijitlik düzensizliğı katsayısı bakımından karşılaştırılarak, yapıların davranışları en az iki farklı kombinasyonla incelenmiştir.

Taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılmasında, çerçeve sistemin alt katlarda, perde sistemin ise üst katlarda büyük görelî öteleme yaptığı gözlenmiştir. Perde çerçeve sistemde ise ardışık katlar arasındaki yerdeğıştirme artış oranının lineere daha yakın olduğu anlaşılmıştır. Maksimum yer değıştirmeler, rijitliğe bağı olarak çerçeve sistemde perde çerçeve sistemden, perde çerçeve sistemde de perde sistemden daha fazla olduğu görülmektedir. Perde çerçeve sistemin maksimum yer değıştirmesinin perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmektedir. Çerçeve sistemlerin, perde çerçeve ve perde sistemlere göre kat addedinin artmasıyla maksimum yer değıştirmesinin daha fazla arttığı gözlenmektedir. Etkin görelî kat ötelemesinin, rijitliğe bağı olarak çerçeve sistemin perde çerçeve sistemden, perde çerçeve sistemin de perde sistemden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Çerçeve sistemin etkin görelî kat ötelemesinin, perde çerçeve ve perde sistemlerinkine oranı, kat adedi arttıkça azalmıştır. Perde çerçeve sistemin etkin görelî kat ötelemesinin, perde sistemininkine oranı, kat adedi arttıkça artmıştır. İkinci mertebe etkisinin, rijitliğe bağı olarak çerçeve sistemin perde çerçeve sistemden, perde çerçeve sistemin de 15 kat ve sonrası karşılaştırmalarda perde sistemden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Perde çerçeve sistemin ikinci mertebe gösterge değeri, perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmiştir. Periyodun, rijitliğe bağı olarak çerçeve sistemin perde çerçeve

sistemden, perde çerçeveli sistemin de perde sistemden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Perde çerçeveli sistemin periyodunun perde sistemininkine oranının, kat adedi arttıkça arttığı gözlenmiştir. Burulma düzensizliğinin, çerçeveli sistemin perde çerçeveli ve perde sistemden daha küçük olduğu ve perde çerçeveli sistemin ise 20'den az katlı karşılaştırmalarda perde sistemden büyük, 20'den çok katlı karşılaştırmalarda ise perde sistemden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Rijitlik düzensizliğinin, çerçeveli sistemin, perde sistemden, onun da perde çerçeveli sistemden daha büyük olduğu, perde çerçeveli sistemin perde sisteme oranının kat adedinin artmasıyla önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Burulma düzensizliği katsayısındaki azalma perde çerçevelide, perde sistemden, onun da çerçeveli sistemden daha az olduğu görülmektedir.

Döşeme sistemlerinin karşılaştırılmasında, maksimum yer değiştirme ve maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, dişli döşemenin doğrultusuna bağılı olarak büyük değışiklikler gösterdiği gözlenmiştir. Plak döşemenin, dişli ve kirişsiz döşemelere göre maksimum yer değiştirme ve maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısını bakımından daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Maksimum yer değiştirme, maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısı, maksimum ikinci mertebe gösterge değeri ve periyodun, 10 katlı karşılaştırmada dişli döşemenin kirişsiz döşemeden küçük, 20 katlı karşılaştırmada ise daha büyük değeri aldığı gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla maksimum yer değiştirme artış oranının en az kirişsiz döşemede, en çok ise dişli döşemede olduğu gözlenmiştir. Maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısındaki artışın ise en çok ise dişli döşemede olduğu gözlenmiştir. Periyot ve maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin plak döşemedeki değerinin, dişli ve kirişsiz döşemelerden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla periyot ve maksimum ikinci mertebe gösterge değerindeki artış oranının en az plak döşemede, en çok ise dişli döşemede olduğu gözlenmiştir. Burulma düzensizliği katsayısını bakımından, plak döşemenin kirişsiz döşemeye, onun da dişli döşemeye göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Kat adedinin artmasıyla burulma düzensizliği katsayısındaki azalış oranının en fazla kirişsiz döşemede olduğu görülmüştür. Rijitlik düzensizliği katsayısını bakımından, dişli ve kirişsiz döşemelerin, plak döşemeye göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Kat adedi değişiminin karşılaştırılmasında, kat adedinin artmasıyla, her iki doğrultudaki maksimum yer değiştirmenin, her iki doğrultudaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısı, maksimum ikinci mertebe gösterge değeri ve periyodun azalan bir artış gösterdiği gözlenmektedir. Burulma düzensizliği katsayısının, kat adedinin artmasıyla azaldığı gözlenmektedir. Perde çerçevesindeki azalmanın, perde sistemden, onun da çerçevesi sistemden daha az olduğu görülmektedir. Çerçevesi ve perde çerçevesi modellerde burulma düzensizliği katsayısı, kat adedinin artmasıyla azalırken, perde sistem değerinin kat adedinin artmasıyla arttığı gözlenmektedir. Çerçevesi modeldeki azalmanın perde çerçevesinden daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Deprem bölgesi değişiminin karşılaştırılmasında, maksimum yer değiştirmelerin ve maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısının, etkin yer ivmesi katsayısı  $A_0$  değerleri oranında lineer olarak değiştirdiği görülmüştür. Maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin, periyodun, burulma ve rijitlik düzensizliği katsayılarının, deprem bölgesinin değişimiyle değişmediği gözlenmektedir.

Beton sınıfı değişiminin karşılaştırılmasında, beton sınıfının artmasıyla, maksimum yer değiştirmelerde ve maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayılarında azalan bir azalış olduğu gözlenmektedir. Maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin de azaldığı gözlenmektedir. Kat adedinin artmasıyla beton sınıfının artmasının maksimum yer değiştirmeye katkısının arttığı görülmektedir. C30'dan C40'a beton karakteristik basınç dayanımının 5Mpa artmasıyla, periyodun %2.1~%2.2 oranında azaldığı gözlenmektedir.

Hareketli yük değişiminin karşılaştırılmasında, yapıya etkitilen hareketli yükün lineer olarak arttırılmasıyla, maksimum yer değiştirmedeki artışın azalan olduğu, etkin görelî kat ötelemesindeki artışın x ve y doğrultularında aynı ve lineer olduğu gözlenmiştir. Periyodun hareketli yükün artmasıyla arttığı ve perde çerçevesi sistemde artışın lineer olduğu gözlenmiştir. Burulma ve rijitlik düzensizliği katsayısının ise değişmediği gözlenmektedir. Çerçevesi ve perde çerçevesi modellerde burulma düzensizliği katsayısı, kat adedinin artmasıyla azalırken, perde model değerinin kat adedinin artmasıyla arttığı gözlenmektedir.

Yerel zemin sınıfı değişiminin karşılaştırılmasında, yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle, maksimum etkin görelî kat ötelemesi katsayısı ve

maksimum yer değiştirmenin arttığı gözlenmektedir. Maksimum etkin göreli kat ötelemesi katsayısı ve maksimum yer değiştirmedeki artışın en az Z1-Z2 arasında olduğu görülmektedir. Yerel zemin sınıfının Z1'den Z4'e doğru değişimiyle, maksimum ikinci mertebe gösterge değerinin değişmediği, perde sistemde burulma ve rijitlik düzensizliği katsayılarının çok az arttığı, perde çerçeveli sistemde ise değişmediği gözlenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (D.B.Y.B.H.Y)**, (2007). *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara
- [2] **TS 500**, (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul
- [3] **TS 498**, (2000). Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul
- [4] **Hasgür, Z., Gündüz, A. N.**, (1996). Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul
- [5] **Özden, K. Kumbasar, N. Sariakçalı, S.**, (1991). Betonarme Yüksek Yapılar, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul
- [6] **Paulay T, Priestley MJN.**, (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, Inc, New York
- [7] **Nilson, A. H., Darwin, D., Dolan, C. W.**, (2010). Design of Concrete Structures, McGraw-Hill, USA
- [8] **Drozdov, P. F. & Lishak**, (1978). V. I. Spatial Rigidity & Stability of Tall Buildings of Different Structural Schemes, *Central Research and Design Institute for Dwellings*, Moskova
- [9] **Stafford, B. and Couls, A.**, (1991). Tall Building Structure / Analysis & Design
- [10] **Atımtay, E.**, (2001). Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, *Bizim Büro Basımevi*, Ankara
- [11] **Wilson E.L.**, (1997). Three Dimensional Dynamic Analysis of Structures: with Emphasis on Earthquake Engineering, Computers and Structures Inc.
- [12] **Doğangün, A.**, (2007). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, *Birsan Yayınevi*, İstanbul
- [13] **Güler, K., Altan, M. Gülsoy, İ.**, (2003). Betonarme Tüp Sistem Yapılarda Çevre Kiriş Rijitliği ve Beton Dayanımının Yapı Yatay Yük Davranışına Etkisi, 5. *Ulusal Deprem Mühendisliği. Konferansı*, İstanbul
- [14] **Düzgün, M., Bozdağ, Ö.**, (2013). Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzenleme Esasları, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir
- [15] **Ghosh, S. K., Shen, Q.**, (2008). Seismic and Wind Design of Concrete Buildings, *International Code Council*, USA
- [16] **Tozan, S., Güler, K. Erkuş, B.**, (2013). Wind Comfort Assessment of a Tall Building According to Various Structural Codes, *2<sup>nd</sup> Conference on Smart Monitoring Assessment and Rehabilitation of Civil Structures*, İstanbul

- [17] **Kayısoğlu, B.**, (2011). Investigation of Wind Effects on Tall Buildings Through Wind Tunnel Testing, Yüksek Lisans Tezi, *ODTÜ*, Ankara
- [18] **Celep, Z.**, (2011). Yapı Dinamiği, *Beta Dağıtım*, İstanbul
- [19] **Chopra, A. K.**, (2001). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, 2nd Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- [20] **ETABS User's Manual**, (1998). Computers and Structures Inc. *Berkeley*, California
- [21] **Demirok, A.**, (2009). Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sistem Sahip Bir Betonarme Yapıda Farklı Döşeme Türlerinin Davranışa Etkisi
- [22] **Akgün, H.**, (2007). Farklı Döşeme Sistemlerine Sahip Çok Katlı Betonarme Binaların Dinamik Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- [23] **Lee, D., Kim, H., Chun, M.**, (2002). F2002 Efficient Seismic Analysis Of High-Rise Building Structures With The Effects Of Floor Slabs, *Engineering Structures* 24
- [24] **İskenderkaptanoğlu, Z.**, (2009). Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sistem Sahip Betonarme Bir Yapının Farklı Beton Sınıflarına Göre Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- [25] **Uçkul, E.**, (2013). Betonarme Bir Yapıda Farklı Zemin Sınıflarının Deprem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul

## **EKLER**

**EK A:** Taşıyıcı sistemlerin eleman boyutları

**EK B:** Modellerin analiz sonucu parametre değerleri

**EK A****Çizelge A.1:** Çerçeve sistemi eleman boyutları.

| <b>Model İsmi</b>    | <b>Kare kesitli kolon (cm)</b> |             |              | <b>Dikdörtgen kesitli kolon (cm)</b> |             |              |
|----------------------|--------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>İlgili Katlar</b> | <b>1-5</b>                     | <b>6-10</b> | <b>11-15</b> | <b>1-5</b>                           | <b>6-10</b> | <b>11-15</b> |
| Ç-P-10-1-C30-0.2-Z3  | 75x75                          | 75x75       |              | 60x120                               | 60x120      |              |
| Ç-P-10-2-C30-0.2-Z3  | 75x75                          | 75x75       |              | 60x120                               | 60x120      |              |
| Ç-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 75x75                          | 75x75       |              | 60x120                               | 60x120      |              |
| Ç-P-10-4-C30-0.2-Z3  | 75x75                          | 75x75       |              | 60x120                               | 60x120      |              |
| Ç-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 75x75                          | 75x75       | 75x75        | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |
| Ç-P-15-3-C30-0.35-Z3 | 75x75                          | 75x75       | 75x75        | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |
| Ç-P-15-3-C30-0.5-Z3  | 75x75                          | 75x75       | 75x75        | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |

**Çizelge A.2:** Perde çerçevesi sistemin kare kesitli kolon boyutları.

| <b>Model İsmi</b>     | <b>Kare kesitli kolon (cm)</b> |             |              |              |              |              |              |              |              |
|-----------------------|--------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>İlgili Katlar</b>  | <b>1-5</b>                     | <b>6-10</b> | <b>11-15</b> | <b>16-20</b> | <b>21-25</b> | <b>26-30</b> | <b>31-35</b> | <b>36-40</b> | <b>41-50</b> |
| PÇ-D-10-2-C30-0.2-Z3  | 60x60                          | 60x60       |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-KZ-10-2-C30-0.2-Z3 | 60x60                          | 60x60       |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-10-2-C30-0.2-Z3  | 60x60                          | 60x60       |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 60x60                          | 60x60       |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 70x70                          | 60x60       | 60x60        |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C35-0.2-Z3  | 70x70                          | 60x60       | 60x60        |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C40-0.2-Z3  | 70x70                          | 60x60       | 60x60        |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-D-20-2-C30-0.2-Z3  | 80x80                          | 80x80       | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |              |
| PÇ-KZ-20-2-C30-0.2-Z3 | 80x80                          | 80x80       | 80x80,60x60  | 80x80,60x60  |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-20-2-C30-0.2-Z3  | 80x80                          | 80x80       | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-20-3-C30-0.2-Z3  | 80x80                          | 80x80       | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-1-C30-0.2-Z3  | 90x90                          | 80x80       | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-2-C30-0.2-Z3  | 90x90                          | 80x80       | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-3-C30-0.2-Z3  | 90x90                          | 80x80       | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-4-C30-0.2-Z3  | 90x90                          | 80x80       | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.2-Z3  | 100x100                        | 100x100     | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.35-Z3 | 100x100                        | 100x100     | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.5-Z3  | 100x100                        | 100x100     | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |              |
| PÇ-P-35-3-C30-0.2-Z3  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |
| PÇ-P-35-3-C35-0.2-Z3  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |
| PÇ-P-35-3-C40-0.2-Z3  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |              |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z1  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        | 60x60        |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z2  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        | 60x60        |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z3  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        | 60x60        |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z4  | 120x120                        | 100x100     | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        | 60x60        |              |
| PÇ-P-50-3-C30-0.2-Z3  | 120x120                        | 120x120     | 100x100      | 100x100      | 80x80        | 80x80        | 80x80        | 60x60        | 60x60        |

**Çizelge A.3:** Perde çerçevesi sistemin dikdörtgen kesitli kolon boyutları.

| <b>Model İsmi</b>     | <b>Dikdörtgen kesitli kolon (cm)</b> |             |              |              |              |              |              |              |              |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>İlgili Katlar</b>  | <b>1-5</b>                           | <b>6-10</b> | <b>11-15</b> | <b>16-20</b> | <b>21-25</b> | <b>26-30</b> | <b>31-35</b> | <b>36-40</b> | <b>41-50</b> |
| PÇ-D-10-2-C30-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-KZ-10-2-C30-0.2-Z3 | 60x120                               | 60x120      |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-10-2-C30-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      |              |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C35-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-15-3-C40-0.2-Z3  | 60x120                               | 60x120      | 60x120       |              |              |              |              |              |              |
| PÇ-D-20-2-C30-0.2-Z3  | 60x150                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |              |
| PÇ-KZ-20-2-C30-0.2-Z3 | 60x150                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-20-2-C30-0.2-Z3  | 60x150                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-20-3-C30-0.2-Z3  | 60x150                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-1-C30-0.2-Z3  | 60x180                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-2-C30-0.2-Z3  | 60x180                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-3-C30-0.2-Z3  | 60x180                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |
| PÇ-P-25-4-C30-0.2-Z3  | 60x180                               | 60x150      | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.2-Z3  | 70x180                               | 70x180      | 60x150       | 60x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.35-Z3 | 70x180                               | 70x180      | 60x150       | 60x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |
| PÇ-P-30-3-C30-0.5-Z3  | 70x180                               | 70x180      | 60x150       | 60x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |              |
| PÇ-P-35-3-C30-0.2-Z3  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |
| PÇ-P-35-3-C35-0.2-Z3  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |
| PÇ-P-35-3-C40-0.2-Z3  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       |              |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z1  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z2  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z3  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z4  | 80x180                               | 70x180      | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       | 60x120       |              |
| PÇ-P-50-3-C30-0.2-Z3  | 80x180                               | 80x180      | 70x180       | 70x180       | 70x150       | 70x150       | 70x150       | 60x120       | 60x120       |

**Çizelge A.4:** Perde çerçevesi sistemin perde, kiriş ve döşeme boyutları.

| Model İsmi            | Perde Kalınlığı | Kiriş Yüksekliği | Döşeme Kalınlığı |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| İlgili Katlar         | (cm)            | (cm)             | (cm)             |
| PÇ-D-10-2-C30-0.2-Z3  | 30              | 60x32 , 90x32    | 7/32             |
| PÇ-KZ-10-2-C30-0.2-Z3 | 30              |                  | 30               |
| PÇ-P-10-2-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-15-3-C35-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-15-3-C40-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-D-20-2-C30-0.2-Z3  | 30              | 60x32 , 90x32    | 7/32             |
| PÇ-KZ-20-2-C30-0.2-Z3 | 30              |                  | 30               |
| PÇ-P-20-2-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-20-3-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-25-1-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-25-2-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-25-3-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-25-4-C30-0.2-Z3  | 30              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-30-3-C30-0.2-Z3  | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-30-3-C30-0.35-Z3 | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-30-3-C30-0.5-Z3  | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-35-3-C30-0.2-Z3  | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-35-3-C35-0.2-Z3  | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-35-3-C40-0.2-Z3  | 35              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z1  | 40              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z2  | 40              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z3  | 40              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z4  | 40              | 30x60            | 18               |
| PÇ-P-50-3-C30-0.2-Z3  | 45              | 40x80            | 18               |

**Çizelge A.5:** Perde sistemin perde, kiriş ve döşeme boyutları.

| <b>Model İsmi</b>    | <b>Perde Kalınlığı</b> | <b>Kiriş Boyutları</b> | <b>Döşeme Kalınlığı</b> |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>İlgili Katlar</b> | <b>(cm)</b>            | <b>(cm)</b>            | <b>(cm)</b>             |
| P-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 20                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 20                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z1  | 25                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z2  | 25                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z3  | 25                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z4  | 25                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-35-1-C30-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-35-2-C30-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-35-3-C30-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-35-4-C30-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-50-3-C30-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-50-3-C35-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |
| P-P-50-3-C40-0.2-Z3  | 30                     | 30x60                  | 18                      |

# EK B

**Çizelge B.1:** Modellerden elde edilen sonuçlar.

| Modeller              | $\delta x_{\max}$ | $\delta y_{\max}$ | $(\delta x/h)_{\max}$ | $(\delta y/h)_{\max}$ | $\theta_{\max}$ | T    | $\eta_b$ | $\eta_k$ |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------|----------|----------|
|                       | (cm)              | (cm)              |                       |                       |                 | (sn) |          |          |
| Ç-P-10-1-C30-0.2-Z3   | 2,40              | 2,19              | 0,0097                | 0,0093                | 0,013           | 0,88 | 1.175    | 1,55     |
| Ç-P-10-2-C30-0.2-Z3   | 1,80              | 1,63              | 0,0073                | 0,0069                | 0,013           | 0,88 | 1.175    | 1,55     |
| Ç-P-10-3-C30-0.2-Z3   | 1,20              | 1,09              | 0,0049                | 0,0046                | 0,013           | 0,88 | 1.175    | 1,55     |
| Ç-P-10-4-C30-0.2-Z3   | 0,60              | 0,54              | 0,0024                | 0,0023                | 0,013           | 0,88 | 1.175    | 1,55     |
| Ç-P-15-3-C30-0.2-Z3   | 2,04              | 1,91              | 0,0055                | 0,0052                | 0,021           | 1,35 | 1.172    | 1,44     |
| Ç-P-15-3-C30-0.35-Z3  | 2,09              | 1,95              | 0,0056                | 0,0053                | 0,022           | 1,37 | 1.172    | 1,44     |
| Ç-P-15-3-C30-0.5-Z3   | 2,13              | 2,00              | 0,0057                | 0,0054                | 0,022           | 1,40 | 1.172    | 1,44     |
| PÇ-D-10-2-C30-0.2-Z3  | 0,83              | 1,59              | 0,0027                | 0,0050                | 0,004           | 0,75 | 1.418    | 1,09     |
| PÇ-KZ-10-2-C30-0.2-Z3 | 1,11              | 1,71              | 0,0033                | 0,0051                | 0,005           | 0,79 | 1.383    | 1,09     |
| PÇ-P-10-2-C30-0.2-Z3  | 0,82              | 1,06              | 0,0024                | 0,0033                | 0,003           | 0,60 | 1.348    | 1,11     |
| PÇ-P-10-3-C30-0.2-Z3  | 0,55              | 0,71              | 0,0016                | 0,0022                | 0,003           | 0,60 | 1.348    | 1,11     |
| PÇ-P-15-3-C30-0.2-Z3  | 1,50              | 1,67              | 0,0029                | 0,0034                | 0,006           | 0,93 | 1.317    | 1,07     |
| PÇ-P-15-3-C35-0.2-Z3  | 1,46              | 1,63              | 0,0028                | 0,0033                | 0,006           | 0,91 | 1.317    | 1,07     |
| PÇ-P-15-3-C40-0.2-Z3  | 1,43              | 1,59              | 0,0028                | 0,0032                | 0,005           | 0,89 | 1.317    | 1,07     |
| PÇ-D-20-2-C30-0.2-Z3  | 4,16              | 6,48              | 0,0067                | 0,0102                | 0,021           | 1,86 | 1.328    | 1,03     |
| PÇ-KZ-20-2-C30-0.2-Z3 | 5,09              | 5,90              | 0,0075                | 0,0089                | 0,018           | 1,79 | 1.284    | 1,03     |
| PÇ-P-20-2-C30-0.2-Z3  | 3,78              | 3,97              | 0,0053                | 0,0059                | 0,010           | 1,25 | 1.264    | 1,05     |
| PÇ-P-20-3-C30-0.2-Z3  | 2,52              | 2,65              | 0,0035                | 0,0039                | 0,010           | 1,25 | 1.264    | 1,05     |
| PÇ-P-25-1-C30-0.2-Z3  | 7,16              | 7,41              | 0,0082                | 0,0089                | 0,014           | 1,58 | 1.239    | 1,04     |
| PÇ-P-25-2-C30-0.2-Z3  | 5,36              | 5,56              | 0,0061                | 0,0067                | 0,014           | 1,58 | 1.239    | 1,04     |
| PÇ-P-25-3-C30-0.2-Z3  | 3,58              | 3,71              | 0,0041                | 0,0045                | 0,014           | 1,58 | 1.239    | 1,04     |
| PÇ-P-25-4-C30-0.2-Z3  | 1,79              | 1,85              | 0,0021                | 0,0022                | 0,014           | 1,58 | 1.239    | 1,04     |

**Çizelge B.1 (devam):** Modellerden elde edilen sonuçlar.

| <b>Modeller</b>       | $\delta x_{\max}$ | $\delta y_{\max}$ | $(\delta x/h)_{\max}$ | $(\delta y/h)_{\max}$ | $\theta_{\max}$ | <b>T</b>    | $\eta_b$ | $\eta_k$ |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------------|----------|----------|
|                       | <b>(cm)</b>       | <b>(cm)</b>       |                       |                       |                 | <b>(sn)</b> |          |          |
| PÇ-P-30-3-C30-0.2-Z3  | 4,69              | 4,81              | 0,0045                | 0,0048                | 0,019           | 1,98        | 1.219    | 1,03     |
| PÇ-P-30-3-C30-0.35-Z3 | 4,79              | 4,92              | 0,0046                | 0,0049                | 0,020           | 2,02        | 1.219    | 1,03     |
| PÇ-P-30-3-C30-0.5-Z3  | 4,80              | 4,84              | 0,0046                | 0,0049                | 0,020           | 2,00        | 1.230    | 1,03     |
| PÇ-P-35-3-C30-0.2-Z3  | 6,14              | 6,23              | 0,0051                | 0,0053                | 0,026           | 2,46        | 1.205    | 1,02     |
| PÇ-P-35-3-C35-0.2-Z3  | 5,96              | 6,07              | 0,0049                | 0,0051                | 0,025           | 2,41        | 1.205    | 1,02     |
| PÇ-P-35-3-C40-0.2-Z3  | 5,79              | 5,93              | 0,0047                | 0,0050                | 0,024           | 2,36        | 1.205    | 1,02     |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z1  | 7,45              | 7,94              | 0,0053                | 0,0058                | 0,034           | 2,99        | 1.195    | 1,02     |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z2  | 7,47              | 7,96              | 0,0053                | 0,0058                | 0,034           | 2,99        | 1.195    | 1,02     |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z3  | 8,03              | 8,06              | 0,0057                | 0,0059                | 0,034           | 2,99        | 1.195    | 1,02     |
| PÇ-P-40-3-C30-0.2-Z4  | 9,86              | 10,08             | 0,0069                | 0,0074                | 0,034           | 2,99        | 1.195    | 1,02     |
| PÇ-P-50-3-C30-0.2-Z3  | 11,63             | 12,74             | 0,0065                | 0,0074                | 0,042           | 3,75        | 1.154    | 1,01     |
| P-P-10-3-C30-0.2-Z3   | 0,50              | 0,70              | 0,0015                | 0,0021                | 0,003           | 0,57        | 1.309    | 1,32     |
| P-P-15-3-C30-0.2-Z3   | 1,28              | 1,63              | 0,0026                | 0,0033                | 0,005           | 0,91        | 1.298    | 1,35     |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z1   | 1,10              | 1,40              | 0,0015                | 0,0019                | 0,008           | 1,16        | 1.262    | 1,46     |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z2   | 1,39              | 1,77              | 0,0019                | 0,0025                | 0,008           | 1,16        | 1.263    | 1,47     |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z3   | 1,92              | 2,47              | 0,0027                | 0,0035                | 0,008           | 1,16        | 1.263    | 1,48     |
| P-P-20-3-C30-0.2-Z4   | 2,58              | 3,42              | 0,0037                | 0,0049                | 0,008           | 1,16        | 1.264    | 1,49     |
| P-P-35-1-C30-0.2-Z3   | 9,33              | 11,91             | 0,0068                | 0,0087                | 0,020           | 2,15        | 1.222    | 1,63     |
| P-P-35-2-C30-0.2-Z3   | 7,00              | 8,93              | 0,0051                | 0,0065                | 0,020           | 2,15        | 1.222    | 1,63     |
| P-P-35-3-C30-0.2-Z3   | 4,66              | 5,95              | 0,0034                | 0,0043                | 0,020           | 2,15        | 1.222    | 1,63     |
| P-P-35-4-C30-0.2-Z3   | 2,33              | 2,98              | 0,0017                | 0,0022                | 0,020           | 2,15        | 1.222    | 1,63     |
| P-P-50-3-C30-0.2-Z3   | 9,35              | 12,08             | 0,0045                | 0,0059                | 0,041           | 3,70        | 1.186    | 1,79     |
| P-P-50-3-C35-0.2-Z3   | 9,10              | 11,75             | 0,0044                | 0,0057                | 0,039           | 3,62        | 1.186    | 1,79     |
| P-P-50-3-C40-0.2-Z3   | 8,88              | 11,46             | 0,0043                | 0,0056                | 0,038           | 3,55        | 1.186    | 1,79     |

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad : Berk ÖZLÜ**

**Doğum Tarihi ve Yeri: 19.11.1989 - Şanlıurfa**

**E-posta : berkozlu@gmail.com**

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği (3.83/4.00)
- **Lise** : 2007, İzmir Güzelbahçe 60. Yıl Anadolu Lisesi (4.34/5.00)  
2005, Ankara Atatürk Lisesi

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm 1. liği
- Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fakülte 3. lüğü
- Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Üstün Başarı Ödülü
- TÜBİTAK 2228 Yüksek Lisans Başarı Bursu (2012 - 2015)
- YPU Yapı Proje Uygulama Ltd. Şti. (11/2014 – )  
Proje Yönetim Mühendisi
- PBM Proje Danışmanlık Mimarlık Ltd. Şti. (01/2012 – 08/2012)  
Saha Mühendisi