



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**BETONARME BİNALARIN DOĞRUSAL  
OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE  
ANALİZİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Süleyman YAĞLIKÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Nisan-2020**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Süleyman YAĞLIKÇI tarafından hazırlanan “Betonarme Binaların Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Üzerine Bir Çalışma” adlı tez çalışması 16/04/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan (Danışman)

Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL

#### Üye

Doç. Dr. Ali KÖKEN

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN

### İmza

  
.....  
  
.....  
  
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Süleyman YAĞLIKÇI

Tarih: 16/04/2020

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## BETONARME BİNALARIN DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Süleyman YAĞLIKÇI

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL

2020, 130 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL

Doç. Dr. Ali KÖKEN

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN

Bu çalışmada ilk olarak konu ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Sonra DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapı sistemlerinin performans analizinden bahsedilmiştir. Ardından sayısal incelemelere konu olan farklı tip betonarme taşıyıcı sistemlerin DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarımları yapılmıştır. Tasarımı yapılan farklı tip betonarme taşıyıcı sistemler mevcut bir yapı sistemi olarak varsayılmıştır. Bu doğrultuda tasarımı yapılan farklı tip betonarme taşıyıcı sistemlerin DBYBHY 2007' de tanımlanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine ve TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen artımsal itme analizleri sonucu farklı tip betonarme taşıyıcı sistemler için elde edilen kapasite eğrileri ve performans noktalarındaki deprem istemleri (tepe yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemeleri) karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar şekil ve çizelgeler üzerinde detaylı olarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, deprem istemleri, performans analizi, performans noktası, sabit tek modlu itme yöntemi

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**A STUDY ON THE ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS  
WITH NONLINEAR CALCULATION METHODS**

**Süleyman YAĞLIKÇI**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL**

**2020, 130 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL**

**Assoc. Prof. Dr. Ali KÖKEN**

**Asst. Prof. Dr. Süleyman Kamil AKIN**

In this study, firstly, general information is given about it and the related works have been investigated. Then, according to DBYBHY 2007 and TBDY 2018, performance analysis of structural systems related to nonlinear methods have been mentioned. After that, different types of reinforced concrete structural systems subject to numerical investigations have been designed according to DBYBHY 2007 and TS 500. These different types of reinforced concrete structural systems are assumed to be an existing structural system. Accordingly, pushover analysis for designed different types of reinforced concrete systems is calculated according to the incremental equivalent earthquake load method defined in DBYBHY 2007 and the fixed single mode pushover method defined in TBDY 2018. The results obtained from pushover analysis of designed different types of reinforced concrete systems, capacity curves and the earthquake demand at the performance point (roof displacements, base shear forces, story shear forces and relative story drifts) were compared. These comparisons are elaborated on figures and tables and the obtained results are interpreted.

**Keywords:** Incremental equivalent earthquake load method, earthquake demands, performance analysis, performance point, fixed single mode pushover method

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman destek olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, başarıya ulaşmam için sürekli teşviklerde ve katkıda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL' e sevgi ve saygı ile teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen annem, babam ve değerli aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Süleyman YAĞLIKÇI  
KONYA-2020



# İÇİNDEKİLER

|  |            |
|--|------------|
| <b>ÖZET .....</b>  | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>v</b>   |
| <b>ÖNSÖZ .....</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>İÇİNDEKİLER .....</b>   | <b>vii</b> |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>   | <b>xi</b>  |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1. Kaynak Araştırması.....   | 2          |
| <b>2. DBYBHY 2007' YE GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ .....</b> | <b>5</b>   |
| 2.1. Giriş.....  | 5          |
| 2.2. Yapı Sistemi İçin Talep Eğrisinin Belirlenmesi.....   | 6          |
| 2.2.1. Yapı sisteminin hedef performansının belirlenmesi.....  | 6          |
| 2.2.2. Yapı sisteminin hedef performansına göre deprem etkisinin belirlenmesi .....                              | 7          |
| 2.3. Yapı Sistemi İçin Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi.....  | 8          |
| 2.3.1. Yapı sistemi için bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesi... ..                            | 8          |
| 2.3.2. Yapı sistemindeki elemanlar için plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi .....                      | 14         |
| 2.3.3. Yapı sisteminin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için matematik modelinin kurulması .....              | 18         |
| 2.3.4. Yapı sisteminin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile kapasite eğrisinin belirlenmesi .....               | 19         |
| 2.4. Yapı Sistemine Ait Kapasite ve Talep Eğrilerinin Karşılaştırılması .....                                    | 21         |
| 2.4.1. AEDYY' ne göre kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılması .....                                      | 22         |
| 2.4.2. Yapı sistemine ait elemanların kesitlerindeki toplam eğriliklerin belirlenmesi .....                      | 25         |
| 2.4.3. Yapı sistemine ait elemanların kesit hasar sınırlarının belirlenmesi .....                                | 26         |
| 2.4.4. Yapı sistemine ait elemanların gevrek eleman olup olmadığının belirlenmesi .....                          | 28         |
| 2.4.5. Yapı sistemine ait elemanların hasar durumlarının belirlenmesi .....                                      | 28         |
| 2.5. Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi .....                           | 29         |
| 2.5.1. Hemen kullanım performans düzeyi .....  | 29         |
| 2.5.2. Can güvenliği performans düzeyi.....  | 29         |
| 2.5.3. Göçme öncesi performans düzeyi .....  | 30         |
| 2.5.4. Göçme durumu .....  | 30         |
| <b>3. TBDY 2018' E GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ .....</b>    | <b>31</b>  |
| 3.1. Giriş.....  | 31         |
| 3.2. Yapı Sistemi İçin Talep Eğrisinin Belirlenmesi.....   | 32         |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.1. Yapı sisteminin hedef performansının belirlenmesi.....  | 32        |
| 3.2.2. Yapı sisteminin hedef performansına göre deprem etkisinin belirlenmesi ...  | 33        |
| 3.3. Yapı Sistemi İçin Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi.....  | 34        |
| 3.3.1. Yapı sistemi için bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesi.   | 34        |
| 3.3.2. Yapı sistemindeki elemanlar için plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi   | 39        |
| 3.3.3. Yapı sisteminin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için matematik modelinin kurulması.....   | 43        |
| 3.3.4. Yapı sisteminin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile kapasite eğrisinin belirlenmesi .....   | 44        |
| 3.4. Yapı Sistemine Ait Kapasite ve Talep Eğrilerinin Karşılaştırılması .....  | 47        |
| 3.4.1. Sabit tek modlu itme yöntemine göre kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılması.....  | 47        |
| 3.4.2. Yapı sistemine ait elemanların kesitlerindeki toplam eğriliklerin belirlenmesi .....  | 51        |
| 3.4.3. Yapı sistemine ait elemanların kesit birim şekil değiştirme ve plastik dönme sınırları.....   | 52        |
| 3.4.4. Yapı sistemine ait elemanların gevrek eleman olup olmadığının belirlenmesi .....  | 55        |
| 3.4.5. Yapı sistemine ait elemanların hasar durumlarının belirlenmesi .....  | 55        |
| 3.5. Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi .....   | 56        |
| 3.5.1. Mevcut yapı sistemlerinde sınırlı hasar performans düzeyi .....   | 56        |
| 3.5.2. Mevcut yapı sistemlerinde kontrollü hasar performans düzeyi.....  | 56        |
| 3.5.3. Mevcut yapı sistemlerinde göçmenin önlenmesi performans düzeyi.....   | 57        |
| 3.5.4. Mevcut yapı sistemlerinde göçme durumu.....   | 57        |
| <b>4. FARKLI KAT SAYILARINA SAHİP HER İKİ YÖNDE DE TEK AÇIKLIKLI MEVCUT BETONARME YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ .....</b> | <b>58</b> |
| 4.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması.....                                      | 58        |
| 4.1.1. Taşıyıcı sistem özellikleri.....  | 58        |
| 4.1.2. Malzeme özellikleri .....   | 60        |
| 4.1.3. Deprem karakteristikleri.....   | 61        |
| 4.1.4. Boyutlandırmada esas alınan yükler.....   | 61        |
| 4.1.5. Taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılması ve elemanların kesit özelliklerinin belirlenmesi .....   | 62        |
| 4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi .....            | 65        |
| 4.3. Tasarımı Yapılan Yapı Sistemlerinin DBYBHY 2007' de Yer Alan AEDYY' ne Göre Analizi ve Sonuçları.....   | 68        |
| 4.3.1. AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar .....   | 68        |
| 4.3.2. Yapı sistemlerindeki elemanların etkin eğilme rijitliği oranlarının belirlenmesi .....  | 69        |
| 4.3.3. Yapı sistemlerine uygulanacak eşdeğer deprem yükü dağılımlarının belirlenmesi .....   | 70        |
| 4.3.4. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi.....  | 71        |
| 4.3.5. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrilerinin elde edilmesi .....                            | 71        |



|  |    |
|--|----|
| 4.3.6. Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi .....   | 72 |
| 4.4. Tasarımı Yapılan Yapı Sistemlerinin TBDY 2018' de Yer Alan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemine Göre Analizi ve Sonuçları.....                  | 77 |
| 4.4.1. Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar .....  | 77 |
| 4.4.2. Yapı sistemlerindeki elemanların etkin kesit rijitliği oranlarının belirlenmesi .....   | 79 |
| 4.4.3. Yapı sistemlerine uygulanacak eşdeğer deprem yükü dağılımlarının belirlenmesi .....   | 80 |
| 4.4.4. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi.....  | 81 |
| 4.4.5. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrilerinin elde edilmesi .....              | 81 |
| 4.4.6. Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi .....   | 82 |
| 4.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması .....   | 87 |
| 4.5.1. Yapı sistemlerine ait kapasite eğrilerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması .....                                     | 88 |
| 4.5.2. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değiştirmesi istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması..... | 89 |
| 4.5.3. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması.....   | 90 |
| 4.5.4. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması.....     | 91 |
| 4.5.5. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması.....  | 92 |
| 4.5.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre elde edilen talep eğrilerinin karşılaştırılması.....   | 93 |

## **5. 7 KATLI HER İKİ YÖNDE DE 4 AÇIKLIKLI MEVCUT BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ**

..... **95**

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması .....                                 | 95  |
| 5.1.1. Taşıyıcı sistem özellikleri.....   | 95  |
| 5.1.2. Malzeme özellikleri .....  | 97  |
| 5.1.3. Deprem karakteristikleri .....   | 98  |
| 5.1.4. Boyutlandırmada esas alınan yükler.....  | 98  |
| 5.1.5. Taşıyıcı sistemin boyutlandırılması ve elemanların kesit özelliklerinin belirlenmesi .....   | 99  |
| 5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan 7 Katlı Betonarme Taşıyıcı Sistemin Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi..... | 102 |
| 5.3. Tasarımı Yapılan 7 Katlı Yapı Sisteminin DBYBHY 2007' de Yer Alan AEDYY' ne Göre Analizi ve Sonuçları.....                                       | 105 |
| 5.3.1. AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar .....  | 105 |
| 5.3.2. 7 katlı yapı sistemindeki elemanların etkin eğilme rijitliği oranlarının belirlenmesi .....  | 106 |
| 5.3.3. 7 katlı yapı sistemine uygulanacak EDYD' nin belirlenmesi .....  | 108 |
| 5.3.4. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi....  | 108 |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3.5. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi<br>sonucunda kapasite eğrisinin elde edilmesi.....                    | 108        |
| 5.3.6. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi .....  | 109        |
| 5.4. Tasarımı Yapılan 7 Katlı Yapı Sisteminin TBDY 2018’ de Yer Alan Sabit Tek<br>Modlu İtme Yöntemine Göre Analizi ve Sonuçları .....                 | 112        |
| 5.4.1. Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilirliği için sağlanması gereken<br>şartlar .....   | 112        |
| 5.4.2. 7 katlı yapı sistemindeki elemanların etkin kesit rijitliği oranlarının<br>belirlenmesi .....   | 113        |
| 5.4.3. 7 katlı yapı sistemine uygulanacak EDYD’ nın belirlenmesi .....   | 114        |
| 5.4.4. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi....   | 115        |
| 5.4.5. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi<br>sonucunda kapasite eğrisinin elde edilmesi.....                    | 115        |
| 5.4.6. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi .....  | 115        |
| 5.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması<br>.....  | 118        |
| 5.5.1. 7 katlı yapı sistemine ait kapasite eğrilerinin DBYBHY 2007 ve TBDY<br>2018’ e göre karşılaştırılması .....                                     | 118        |
| 5.5.2. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki tepe yer değiştirmesi<br>istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e göre karşılaştırılması..... | 119        |
| 5.5.3. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti<br>istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e göre karşılaştırılması.....   | 120        |
| 5.5.4. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti<br>istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e göre karşılaştırılması.....     | 121        |
| 5.5.5. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki görece kat öteleme<br>istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e göre karşılaştırılması.....    | 121        |
| 5.5.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’ e göre elde edilen talep eğrilerinin<br>karşılaştırılması.....  | 122        |
| <b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>   | <b>123</b> |
| 6.1. Sonuçlar.....   | 123        |
| 6.2. Öneriler .....  | 127        |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>   | <b>128</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>  | <b>130</b> |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|                |   |
|----------------|---|
| $A_c$          | : Kolon veya perdenin brüt kesit alanı  |
| $A_o$          | : Etkin yer ivmesi kat sayısı   |
| $A_{os}$       | : Enine donatının alanı (dairesel kesit)  |
| $A_{sh}$       | : Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit)   |
| $a_i$          | : Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık                                     |
| $a_{y1}$       | : Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi  |
| $a_1^{(i)}$    | : (i). itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme   |
| $b_k$          | : Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)  |
| $b_o$          | : Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu   |
| $C_{R1}$       | : Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranı  |
| $D$            | : Spiral/sargı donatısı eksenleri arasındaki uzaklık  |
| $d_b$          | : Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama)   |
| $d_{max}^e$    | : Eşit yer değiştirme kuralı kullanılarak elastik sistem için elde edilen elastik yer değiştirme  |
| $d_{max}^{ep}$ | : Eşit yer değiştirme kuralına göre hesaplanan elastik sistemin elastik yer değiştirmesi kullanılarak elde edilen elasto-plastik yer değiştirme |
| $d_1^{(i)}$    | : (i)' inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme  |
| $d_1^{(p)}$    | : Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi  |
| $E_d^{(z)}$    | : Düşey deprem etkisi   |
| $(EI)_e$       | : Çatlamış kesite ait eğilme rijitliği  |
| $(EI)_o$       | : Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği  |
| $f_{ce}$       | : Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı   |
| $f_{cm}$       | : Mevcut beton basınç dayanımı  |
| $f_{ctm}$      | : Mevcut betonun çekme dayanımı   |
| $f_{ywe}$      | : Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı   |
| $G$            | : Sabit yük   |
| $h$            | : Elemanın deprem doğrultusunda zorlanan kesitinin boyutu   |
| $h_o$          | : Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu   |
| $I$            | : Bina önem kat sayısı  |
| $L_p$          | : Plastik mafsalsal boyu  |
| $L_s$          | : Kesme açıklığı  |
| $M_{x1}$       | : x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle   |
| $m$            | : Çatı eğimine bağlı azaltma kat sayısı   |
| $m_i$          | : Binanın i' inci katının kütlesi   |
| $N_D$          | : Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet                           |
| $n$            | : Hareketli yük katılım kat sayısı  |
| $P_k$          | : Kar yükü hesap değeri   |
| $P_{ko}$       | : Zati kar yükü   |
| $Q$            | : Hareketli yük   |
| $R$            | : Taşıyıcı sistem davranış kat sayısı   |

|                  |   |
|------------------|---|
| $R_{y1}$         | : Birinci (hakim) moda ait dayanım azaltma kat sayısı   |
| $S$              | : Kar yükü  |
| $S_a$            | : Spektral ivme   |
| $S_{ae1}$        | : İtme analizinin ilk adımındaki birinci moda ait doğrusal elastik spektral ivme  |
| $S_d$            | : Spektral yer değiştirme   |
| $S_{de1}$        | : İtme analizinin ilk adımındaki birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme  |
| $S_{di1}$        | : Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme   |
| $s$              | : Sargı donatısı aralığı  |
| $T$              | : Periyot   |
| $T_A, T_B$       | : Spektrum karakteristik periyotları  |
| $T_1^{(1)}$      | : İtme analizinin ilk adımındaki birinci moda ait periyot   |
| $u_{xN1}^{(i)}$  | : Binanın tepe noktasında (N' inci katında) x deprem doğrultusunda (i)' inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme |
| $u_{xN1}^{(p)}$  | : Binanın performans noktasındaki tepe yer değiştirmesi istemi  |
| $V_{x1}^{(i)}$   | : x deprem doğrultusunda (i)' inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvveti                              |
| $W$              | : Binanın toplam ağırlığı   |
| $\alpha_{se}$    | : Sargı donatısı etkinlik kat sayısı  |
| $\epsilon_c$     | : Sargılı beton birim kısalması   |
| $\epsilon_{cg}$  | : Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi   |
| $\epsilon_{cu}$  | : Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi  |
| $\epsilon_s$     | : Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi  |
| $\epsilon_{su}$  | : Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması  |
| $\Phi_p$         | : Plastik eğrilik istemi  |
| $\Phi_t$         | : Toplam eğrilik istemi   |
| $\Phi_u$         | : Göçme öncesi eğrilik  |
| $\Phi_{xin}$     | : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n' inci mod şeklinin i' inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni |
| $\Phi_{xN1}$     | : Binanın tepesinde (N' inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği   |
| $\Phi_y$         | : Eşdeğer akma eğriliği   |
| $\Gamma_{x1}$    | : x deprem doğrultusunda birinci moda ait modal katkı çarpanı   |
| $\eta_{bi}$      | : Burulma düzensizliği kat sayısı   |
| $\omega$         | : Açısal frekans  |
| $\omega_{we}$    | : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı  |
| $\omega_1^{(1)}$ | : İtme analizinin ilk adımındaki birinci moda ait açısal frekans  |
| $\rho_s$         | : Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı   |
| $\rho_{sh}$      | : Göz önüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı  |
| $\rho_{sh,min}$  | : İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı   |
| $\rho_{sm}$      | : Kesitte DBYBHY 2007' ye göre bulunması gerekli olan enine donatının hacimsel oranı  |
| $\theta_p$       | : Plastik dönme istemi  |

### Kısaltmalar

|       |  |
|-------|--|
| AEDYY | : Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi |
| BYS   | : Bina Yükseklik Sınıfı                |

|           |   |
|-----------|---|
| CG        | : Can Güvenliği   |
| DBYBHY    | : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik |
| DD-1      | : Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1                            |
| DD-2      | : Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2                            |
| DD-3      | : Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3                            |
| DD-4      | : Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4                            |
| EDYD      | : Eşdeğer Deprem Yüğü Dağılımı                              |
| EDYY      | : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi                               |
| FEMA      | : Federal Emergency Management Agency                       |
| GÇ        | : Göçme Sınırı  |
| GÖ        | : Göçme Öncesi  |
| GÖ        | : Göçmenin Önlenmesi  |
| GV        | : Güvenlik Sınırı   |
| HK        | : Hemen Kullanım  |
| ideCAD    | : Statik Analiz Programı                                    |
| KH        | : Kontrollü Hasar   |
| MN        | : Minimum Hasar Sınırı                                      |
| PERFORM3D | : Yapısal Analiz Programı                                   |
| SAP       | : Integrated Software for Structural Analysis and Design    |
| SH        | : Sınırlı Hasar   |
| Sta4CAD   | : Statik Analiz Programı                                    |
| TBDY      | : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği                           |
| TDY       | : Türkiye Deprem Yönetmeliği                                |
| TS        | : Türk Standartı  |
| XTRACT    | : Cross-sectional X Structural Analysis of Components       |
| ZTADOHY   | : Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi       |

## 1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan metotlarla analizi son senelerde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu metotlar mevcut binaların performansının belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra yeni yapılacak binaların tasarımının yeterli düzeyde olup olmadığını belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır.

Ülkemizde 1999 yılında yaşanan büyük hasarlı depremlerin ardından, 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY)' nin yetersiz olduğu anlaşılmış ve bu yönetmeliğe önemli yenilikler getirilmiştir. 1997 TDY' ne getirilen en önemli yenilik, 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' bölümünün eklenmesi olmuştur. Bu kapsamda yapılan çalışmalar doğrultusunda Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007 yayınlanmıştır. Sonra DBYBHY 2007' nin kapsamlı bir şekilde geliştirilmesiyle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 yayınlanmıştır.

Böylelikle ülkemizde yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışlarının dikkate alındığı hesap yöntemleri gelişmiştir. Fakat doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile ilgili yönetmeliklerde aynı yaklaşımlar olduğu gibi farklılıklarda bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, DBYBHY 2007 ve TS 500 yönetmeliklerine göre tasarlanan farklı tip mevcut betonarme taşıyıcı sistemlerin, DBYBHY 2007' de tanımlanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine (AEDYY) ve TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizlerini gerçekleştirmek ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesini sağlamaktır.

Bu tez çalışması farklı kat sayılarına sahip her iki yönde de tek açıklıklı ve 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı mevcut betonarme yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne ve TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizlerini ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesini kapsar.

Bu tez çalışmasında henüz yeni yürürlüğe giren TBDY 2018' de yer alan sabit tek modlu itme yöntemine göre farklı kat sayılarına sahip her iki yönde de tek açıklıklı ve 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı mevcut betonarme yapı sistemlerinin analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu açıdan yapılan tez çalışması diğer tezlerden farklılık göstermekte ve literatür adına önem arz etmektedir.

Bu tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. Aşağıda her bölümün içeriği kısaca açıklanmıştır.

1. bölümde, tez çalışması ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve tezin amacından, kapsamından, öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca bu bölümde tez çalışması ile ilgili yapılan kaynak araştırmasından bahsedilmiştir.

2. bölümde, DBYBHY 2007' ye göre doğrusal olmayan metotlar ile analizlerin ve performans değerlendirilmesinin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

3. bölümde, TBDY 2018' e göre doğrusal olmayan metotlar ile analizlerin ve performans değerlendirilmesinin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

4. bölümde, farklı kat sayılarına sahip her iki yönde de tek açıklıklı mevcut betonarme yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne ve TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

5. bölümde, 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı mevcut betonarme yapı sisteminin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDDY' ne ve TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

6. bölümde, tez çalışmasında elde edilen genel sonuçlardan bahsedilmiştir.

### **1.1. Kaynak Araştırması**

Bu tez çalışması ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları incelenerek, kronolojik sıra ile aşağıda özet halinde sunulmuştur.

Ali İhsan Özcan (2015) yapmış olduğu çalışmada, betonarme perdelerin kesme güvenliği ve tasarımını iki parametre üzerinde incelemiştir. Bu parametreler perde kalınlığı ve kesme donatısıdır. Bu iki parametreyi farklı kontrol modelleri oluşturarak iki bölümde irdemiştir. Yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye' de yapılan 43 katlı ofis binası kullanılmıştır.

Emirhan Saral (2015) yapmış olduğu çalışmada, 31 katlı ve toplam yüksekliği 110 m olan bir yapı sisteminin AEDYY' ne ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine (ZTADOHY) göre analizlerini gerçekleştirmiş ve elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Böylelikle AEDYY' nin geçerliliğini irdemiştir.

İbrahim Gencer (2015) yapmış olduğu çalışmada, çerçeve tipi yapıların doğrusal olmayan analizlerinde kullanılan SAP2000 ve PERFORM3D programlarını karşılaştırmıştır. Ayrıca kesitlerin moment – eğrilik ilişkisinin karşılaştırılmasında XTRACT programını kullanmıştır.

Hamid Golbandı (2013) yapmış olduğu çalışmada, DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarımını yaptığı iki farklı betonarme taşıyıcı sistemin statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar ile analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan statik metotlardan biri DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY bir diğeri ise FEMA 440 raporunda yer alan eşdeğer doğrusallaştırma yöntemidir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan dinamik metot ise DBYBHY 2007' de tanımlanan ZTADOHY' dir. Böylelikle bu çalışmada seçilen 2 farklı betonarme taşıyıcı sistem üzerinde statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar kullanılmış ve elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır.

Arda Karabulut (2011) yapmış olduğu çalışmada, üç farklı yapı sisteminin DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarımını yapmış ve bu üç farklı yapı sistemini mevcut bir yapı sistemi olarak varsaymıştır. Bu doğrultuda üç farklı betonarme taşıyıcı sistemin statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar ile analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan statik metotlardan biri DBYBHY 2007' de yer alan AEDYY bir diğeri ise FEMA 440 raporunda yer alan eşdeğer doğrusallaştırma yöntemidir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemi ise DBYBHY 2007' de tanımlanan ZTADOHY' dir. Böylelikle bu çalışmada seçilen üç farklı betonarme taşıyıcı sistem üzerinde statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar kullanılmış ve elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır.

Selim Çakırterzi (2011) yapmış olduğu çalışmada, üç farklı yapı sisteminin DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarımını yapmış ve bu üç farklı yapı sistemini mevcut bir yapı sistemi olarak varsaymıştır. Bu doğrultuda üç farklı betonarme taşıyıcı sistemin statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar ile analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan statik metotlardan biri DBYBHY 2007' de yer alan AEDYY bir diğeri ise FEMA 440 raporunda yer alan eşdeğer doğrusallaştırma yöntemidir. Analizlerde kullanmış olduğu doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemi ise DBYBHY 2007' de yer alan ZTADOHY' dir. Böylelikle bu çalışmada seçilen üç farklı betonarme taşıyıcı sistem üzerinde statik ve dinamik doğrusal olmayan metotlar kullanılmış ve elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır.

Ferhat Kıran (2010) yapmış olduğu çalışmada, iki yapı sistemini ele almıştır. DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarlanmış birinci örnek yapıda DBYBHY 2007' de tanımlanan doğrusal metotlardan eşdeğer deprem yükü yöntemini (EDYY) kullanmıştır. DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarlanmış ikinci örnek yapıda ise DBYBHY 2007' de tanımlanan doğrusal metotlardan EDYY' ni ve doğrusal olmayan metotlardan



AEDYY' ni kullanmıştır. Sonra her iki yapı sistemi içinde elde ettiği sonuçlardan faydalanarak ele aldığı örnek yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' ye göre performans değerlendirmesini yapmıştır.

Yasin Arıcı (2010) yapmış olduğu çalışmada, mevcut bir yapı sisteminin doğrusal ve doğrusal olmayan metotlar ile analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde kullandığı doğrusal metot DBYBHY 2007' de tanımlanan EDYY' dir. Analizlerde kullandığı doğrusal olmayan statik metot DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' dir. Analizlerde kullandığı doğrusal olmayan dinamik metot ise DBYBHY 2007' de tanımlanan ZTADOHY' dir. Mevcut yapı sistemi üzerinde bu üç farklı analiz sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak her analiz için mevcut yapı sisteminin deprem performansını belirlemiş ve elde ettiği sonuçları yorumlamıştır.

Cem Yılmaz (2008) yapmış olduğu çalışmada, mevcut bir konut binasını ele almıştır. Bu mevcut konut binasının DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizini yapmış ve elde ettiği sonuçlardan yararlanarak mevcut konut binasının performans seviyesini belirlemiştir. Performans kriterini sağlamayan mevcut konut binasını perdelerle güçlendirmiş ve yeni sistemin performans seviyesini belirlemiştir.

Gökay Uygun (2007) yapmış olduğu çalışmada, yönetmelik esaslarına göre tasarlanmış bir düzlem çerçeve ve bir uzay çerçevenin mevcut bir yapı sistemi olduğunu varsaymıştır ve bu yapı sistemleri üzerinde doğrusal ve doğrusal olmayan metotları kullanmıştır. Bu doğrultuda her iki yapı sistemi içinde doğrusal metot olarak DBYBHY 2007' de tanımlanan EDYY' ni, doğrusal olmayan metot olarak ise DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ni kullanmıştır. Her iki yapı sistemi içinde analizler sonucu elde ettiği verileri yorumlamıştır.

## 2. DBYBHY 2007' YE GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ

### 2.1. Giriş

Deprem yükleri altında yapı sistemlerinin iç kuvvet ve şekil değiştirme istemlerinin hesaplanması amacıyla doğrusal olmayan metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlar mevcut yapı sistemlerinin performansının belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra yeni yapılacak yapı sistemlerinin tasarımının yeterli düzeyde olup olmadığını belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Hem mevcut yapı sistemleri için hem de yeni yapılacak yapı sistemleri için belirlenen iç kuvvet ve şekil değiştirme istemleri yönetmelikte verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılır.

Yapı sistemlerinin deprem performansını belirlemek amacıyla sırasıyla aşağıda verilen adımlar uygulanır. Bunlar;

- Yapı sisteminin talep eğrisi belirlenmelidir. Bu kapsamda yapı sisteminin hedef performansı belirlenir ve bu hedef performansa göre deprem etkisi belirlenir.
- Yapı sisteminin kapasite eğrisi belirlenmelidir. Bu kapsamda yapı sisteminin bilgi düzeyi, malzeme dayanımları ve elemanların plastik mafsallık özellikleri belirlenir. Belirlenen bu değerler ile uyumlu yapı sisteminin matematik modeli kurulur ve yapı sistemine uygulanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi sonucu kapasite eğrisi belirlenir.
- Yapı sistemi için elde edilen kapasite ve talep eğrileri karşılaştırılmalıdır. Bu kapsamda kapasite ve talep eğrileri aynı eksen takımına dönüştürülerek karşılaştırılır ve yapı sisteminin performans noktası belirlenir. Performans noktasında yapı sistemindeki elemanların kesit hasar sınırları belirlenir. Kesit hasar sınırlarından hareketle elemanın hasar bölgesi belirlenir. Sonra yapı sistemi üzerinde performans değerlendirmesi yapılabilir düzeye gelinir.
- Yapı sistemi için performans değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu kapsamda eleman hasar bölgelerine göre yapı sisteminin performans değerlendirilmesi yapılır.
- Sonuç olarak mevcut yapı sistemleri için performans kriteri sağlanıyorsa güçlendirmeye gerek duyulmaz eğer performans kriteri sağlanmıyorsa mevcut yapı sistemi için güçlendirme yapılır. Yeni yapılacak yapı sistemleri için

performans kriteri sağlanıyorsa tasarım yeterlidir eğer performans kriteri sağlanmıyorsa tasarım yeniden yapılır.

## 2.2. Yapı Sistemi İçin Talep Eğrisinin Belirlenmesi

Yapı sisteminin talep eğrisinin belirlenmesi için ilk olarak yapı sisteminin hedef performansı belirlenir. Sonra hedef performansa göre deprem etkisi belirlenir.

### 2.2.1. Yapı sisteminin hedef performansının belirlenmesi

DBYBHY 2007’ de yapı sistemleri için 3 farklı performans düzeyi bulunmaktadır. Bunlar;

- Hemen kullanım (HK) performans düzeyi,
- Can güvenliği (CG) performans düzeyi,
- Göçme öncesi (GÖ) performans düzeyidir.

Yukarıda DBYBHY 2007’ de tanımlanan performans düzeyleri için sağlanması gereken kriterler ‘Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi’ başlığı adı altında anlatılacaktır.

DBYBHY 2007’ de belirtilen performans düzeyleri, yapı sisteminin kullanım amacına, türüne ve depremin aşılma olasılığına göre farklılık göstermektedir. Çizelge 2.1.’ de DBYBHY 2007’ de verilen tablo bulunmaktadır.

**Çizelge 2.1.** DBYBHY 2007’ de yapı sisteminin kullanım amacına, türüne ve depremin aşılma olasılığına göre sağlanması gereken performans düzeyleri

| <i><b>Binanın Kullanım Amacı<br/>ve Türü</b></i>  | <i><b>Depremin Aşılma Olasılığı</b></i> |                                |                               |
|---|---|--------------------------------|-------------------------------|
|   | <i><b>50 yılda<br/>%50</b></i>          | <i><b>50 yılda<br/>%10</b></i> | <i><b>50 yılda<br/>%2</b></i> |
| <b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb. | –                                       | <b>HK</b>                      | <b>CG</b>                     |
| <b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.  | –                                       | <b>HK</b>                      | <b>CG</b>                     |
| <b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri   | <b>HK</b>                               | <b>CG</b>                      | –                             |
| <b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar  | –                                       | <b>HK</b>                      | <b>GÖ</b>                     |
| <b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)   | –                                       | <b>CG</b>                      | –                             |

Çizelge 2.1.' den anlaşılacağı üzere 5 farklı yapı sistemi sınıfı mevcuttur. Bu yapı sistemlerinin önem derecesine göre sağlanması gereken performans düzeyleri de farklılık göstermektedir. Ayrıca yapı sistemi sınıfları için farklı deprem aşılma olasılıklarına göre birden fazla performans hedeflenmektedir.

Çizelge 2.1.' den anlaşılacağı üzere 3 farklı deprem etkisi bulunmaktadır. Bu depremler sırası ile yapı sisteminde sık meydana gelebilecek ve şiddeti az olan kullanım depremi, yapı sisteminde daha az meydana gelebilecek ve şiddeti orta olan tasarım depremi ve yapı sisteminde meydana gelme ihtimali çok az olan ve şiddeti çok olan en büyük depremdir.

Böylelikle yapı sisteminin kullanım amacına, türüne ve depremin aşılma olasılığına göre performans düzeyi belirlenir.

### **2.2.2. Yapı sisteminin hedef performansına göre deprem etkisinin belirlenmesi**

Yapı sisteminden beklenen performans düzeyine göre deprem etkisi belirlenir. Örneğin, insanların uzun süreli ve yoğun bulunduğu yapı sistemlerinde sağlanması gereken 2 performans düzeyi mevcuttur. Bu 2 performans düzeyi içinde deprem etkileri farklılık gösterir. Daha öncede bahsedildiği üzere 3 farklı deprem etkisi mevcuttur. Bu deprem etkileri 50 yılda aşılma olasılıklarına ve dönüş periyodlarına göre ifade edilmektedirler. Bu deprem etkileri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Kullanım depremi: Dönüş periyodu 72 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %50' dir. Kullanım depremi, tasarım depreminin yarısı olarak kabul edilir.
- Tasarım depremi: Dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %10' dur. Yeni yapılacak yapı sistemlerinin tasarımında göz önüne alınan deprem etkisidir.
- En büyük deprem: Dönüş periyodu 2475 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %2' dir. En büyük deprem, tasarım depreminin 1.5 katı olarak kabul edilir.

Sabit tek modlu itme analizinde performans değerlendirilmesi yapılırken talep eğrisinin elde edilebilmesi için elastik spektrum eğrisinden faydalanılır. Elastik spektrum eğrisinin eksen takımı spektral ivme ( $S_a$ ) ve periyot (T) eksen takımından oluşmaktadır. Talep eğrisinin eksen takımı ise spektral ivme ( $S_a$ ) ve spektral yer değiştirmeden ( $S_d$ ) oluşmaktadır. Bu yüzden elastik tasarım spektrumuna eksen dönüşümü uygulanması

gerekir. Bu eksen dönüşümü için denklem (2.1)' den faydalanılır. Bu denklemdeki  $\omega$ , doğal açısal frekansı ifade etmektedir.

$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2} \quad (2.1)$$

Sonuç olarak yapı sisteminden beklenen performans düzeyine göre belirlenen deprem etkisinden dolayı meydana gelecek talep, sabit tek modlu itme analizinde, eksen dönüşümü yapılmış elastik ivme spektrumlar ile ifade edilir.

### 2.3. Yapı Sistemi İçin Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi

Yapı sisteminin kapasite eğrisinin belirlenmesi kapsamında ilk olarak yapı sisteminin bilgi düzeyi, malzeme dayanımları ve elemanların plastik mafsallık özellikleri belirlenir. Sonra belirlenen bu değerler ile uyumlu yapı sisteminin matematik modeli kurulur ve yapı sistemine uygulanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi sonucu kapasite eğrisi belirlenir.

#### 2.3.1. Yapı sistemi için bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesi

Yapı sisteminin bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesinde iki ana husus vardır. Bunlar;

1. Yeni yapılacak yapı sistemlerinde bina bilgi düzeyi katsayısı 1 alınır. Yeni yapılacak yapı sistemlerinde mevcut malzeme dayanımı olarak yapı sisteminin tasarımında kullanılan malzeme dayanımları dikkate alınır.
2. Mevcut yapı sistemlerinde ise bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerine bağlı olarak bilgi düzeyi belirlenir. DBYBHY 2007' de yapı sistemi için 3 farklı bilgi düzeyi mevcuttur. Bunlar;
  - Sınırlı bilgi düzeyi
  - Orta bilgi düzeyi
  - Kapsamlı bilgi düzeyidir.

### 2.3.1.1. Sınırlı bilgi düzeyi

DBYBHY 2007' de ifade edilen sınırlı bilgi düzeyinin şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

#### a.) Kısıtlamalar

Sınırlı bilgi düzeyi, deprem sonrası hemen kullanım gerektiren yapı sistemlerinde ve insanların uzun süreli ve yoğun bir şekilde bulunduğu yapı sistemlerinde uygulanamaz.

#### b.) Bina Geometrisi

Sınırlı bilgi düzeyinde taşıyıcı sistem projeleri mevcut olmayıp yapı sisteminin hesap modelinin oluşturulması amacıyla yapı sistemindeki betonarme elemanların, dolgu duvarların rölevesi çıkartılır ve temel sistemini öğrenmek amacıyla inceleme çukurları açılır. Ayrıca yapı sistemindeki kısa kolon ve benzeri olumsuzluklar göz önüne alınır. Buna ek olarak yapı sistemlerinin komşu yapı sistemleri ile olan ilişkisi (bitişik, ayrık vs.) belirlenir.

#### c.) Eleman Detayları

Sınırlı bilgi düzeyinde taşıyıcı sistem projeleri mevcut olmadığından yapı sistemlerindeki elemanlarda donatı miktarı ve detaylarının o dönemde kabul edilen yönetmeliklerde belirtilen minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilir. Bu varsayımın ne derece doğru olduğunu belirlemek amacıyla yapı sistemlerinin her katında en az birer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %10' unun kirişlerin ise %5' inin pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri DBYBHY 2007' de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan yapı sistemi elemanlarının %20' sinde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan yapı sistemi elemanlarındaki mevcut donatı miktarı ile binanın yapıldığı tarihte kabul gören yönetmelik veya koşullarda varsayılan minimum donatı miktarı oranlanarak perde, kolon ve kiriş için donatı gerçekleşme kat sayısı

belirlenir. Bu donatı gerçekteleşme katsayısı donatı tespiti yapılmayan diğere perde, kolon ve kiriş yapı sistemi elemanlarına uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir.

#### d.) Malzeme Özellikleri

Sınırlı bilgi düzeyinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi kapsamında mevcut beton dayanımını belirlemek amacıyla her katta perdeler veya kolonlardan en az iki adet karot TS-10465' de belirtilen koşullara göre alınır. Bu alınan karotlardan elde edilen en düşük basınç dayanımlı beton, mevcut beton basınç dayanımı olarak kabul edilir. Mevcut çelik dayanımını belirlemek amacıyla ise pas payı sıyrılan yüzeylerde görsel inceleme yapılacaktır ve donatı sınıfı belirlenecektir. Bu donatı sınıfındaki inşaat demirinin akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilecektir. Ayrıca pas payı sıyrılması sonucu korozyon tespit edilen elemanlar kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

#### 2.3.1.2. Orta bilgi düzeyi

DBYBHY 2007' de ifade edilen orta bilgi düzeyinin şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

##### a.) Kısıtlamalar

Orta bilgi düzeyinde, sınırlı bilgi düzeyinde olduğu gibi yapı sistemi sınıfları bazında bir kısıtlama yoktur.

##### b.) Bina Geometrisi

Orta bilgi düzeyinde eğer yapı sisteminin taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise yapı sistemleri üzerinde yapılacak ölçümler ile projenin uygunluğu kontrol edilir. Eğer yapı sisteminin projesi mevcut değil ise yapı sisteminin hesap modelinin oluşturulması amacıyla yapı sistemindeki betonarme elemanların, dolgu duvarların rölevesi çıkartılır ve temel sistemini öğrenmek amacıyla inceleme çukurları açılır. Ayrıca yapı sistemindeki kısa kolon ve benzeri olumsuzluklar göz önüne alınır. Buna ek olarak yapı sistemlerinin komşu yapı sistemleri ile olan ilişkisi (bitişik, ayrık vs.) belirlenir.

### c.) Eleman Detayları

Orta bilgi düzeyinde eğer taşıyıcı sistem projeleri mevcut değil ise yapı sistemlerindeki elemanlarda donatı miktarı ve detaylarının o dönemde kabul edilen yönetmeliklerde belirtilen minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilir. Bu varsayımın ne derece doğru olduğunu belirlemek amacıyla yapı sistemlerinin her katında en az ikişer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %20' sinin kirişlerin ise %10' unun pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri DBYBHY 2007' de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan yapı sistemi elemanlarının %20' sinde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan yapı sistemi elemanlarındaki mevcut donatı miktarı ile binanın yapıldığı tarihte kabul gören yönetmelik veya koşullarda varsayılan minimum donatı miktarı oranlanarak perde, kolon ve kiriş için donatı gerçekleştirme kat sayısı belirlenir. Bu donatı gerçekleştirme katsayısı donatı tespiti yapılmayan diğer perde, kolon ve kiriş yapı sistemi elemanlarına uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir. Orta bilgi düzeyinde eğer taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise yapı sistemlerinin her katında en az birer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %10' unun kirişlerin ise %5' inin pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri DBYBHY 2007' de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan yapı sistemi elemanlarının %20' sinde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan yapı sistemi elemanlarındaki mevcut donatı miktarı ile mevcut projedeki donatı miktarı oranlanarak perde, kolon ve kiriş için donatı gerçekleştirme kat sayısı belirlenir. Bu donatı gerçekleştirme katsayısı 1' den büyük alınamaz ve bu kat sayı donatı tespiti yapılmayan diğer perde, kolon ve kiriş yapı sistemi elemanlarına uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir.

### d.) Malzeme Özellikleri

Orta bilgi düzeyinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi kapsamında mevcut beton dayanımını belirlemek amacıyla her katta perdeler veya kolonlardan en az 3 adet, yapı sisteminden toplam en az 9 adet ve her 400 m<sup>2</sup>' den bir adet karot TS-10465' de



belirtilen koşullara göre alınır. Bu alınan karotlardan elde edilen sonuçların ortalaması mevcut beton basınç dayanımı olarak kabul edilir. Ayrıca yapı sistemi üzerinde beton basınç dağılımını öğrenmek amacıyla hasarsız inceleme araçları kullanılabilir. Mevcut çelik dayanımını belirlemek amacıyla ise pas payı sıyrılan yüzeylerde görsel inceleme yapılacaktır ve donatı sınıfı belirlenecektir. Bu donatı sınıfındaki inşaat demirinin akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilecektir. Ayrıca pas payı sıyrılması sonucu korozyon tespit edilen elemanlar kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

### **2.3.1.3. Kapsamlı bilgi düzeyi**

DBYBHY 2007' de ifade edilen kapsamlı bilgi düzeyinin şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

#### **a.) Kısıtlamalar**

Kapsamlı bilgi düzeyinde, sınırlı bilgi düzeyinde olduğu gibi yapı sistemi sınıfları bazında bir kısıtlama yoktur.

#### **b.) Bina Geometrisi**

Kapsamlı bilgi düzeyinde yapı sisteminin taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Bu mevcut projenin bina geometrisine uygunluğu kontrol edilir. Eğer mevcut proje ile bina geometrisi arasında önemli farklılıklar varsa proje yok sayılacak ve yapı sistemi orta bilgi düzeyine uygun şekilde incelenecektir. Temel sistemini öğrenmek amacıyla inceleme çukurları açılır. Ayrıca yapı sistemindeki kısa kolon ve benzeri olumsuzluklar göz önüne alınır. Buna ek olarak yapı sistemlerinin komşu yapı sistemleri ile olan ilişkisi (bitişik, ayrık vs.) belirlenir.

#### **c.) Eleman Detayları**

Kapsamlı bilgi düzeyinde yapı sisteminin projesi mevcuttur. Kapsamlı bilgi düzeyinde her katta en az ikişer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %20' sinde kirişlerin ise %10' unun pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri DBYBHY 2007'

de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan yapı sistemi elemanlarının %20' sinde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan yapı sistemi elemanlarındaki mevcut donatı miktarı ile mevcut projedeki donatı miktarı oranlanarak perde, kolon ve giriş için donatı gerçekleşme kat sayısı belirlenir. Bu donatı gerçekleşme katsayısı 1' den büyük alınamaz ve bu kat sayı donatı tespiti yapılmayan diğer perde, kolon ve giriş yapı sistemi elemanlarına uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir.

#### d.) Malzeme Özellikleri

Kapsamlı bilgi düzeyinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi kapsamında mevcut beton dayanımını belirlemek amacıyla her katta perdeler veya kolonlardan en az 3 adet, yapı sisteminden toplam en az 9 adet ve her 200 m<sup>2</sup>' den bir adet karot TS-10465' de belirtilen koşullara göre alınır. Bu alınan karotlardan elde edilen sonuçların ortalaması mevcut beton basınç dayanımı olarak kabul edilir. Ayrıca yapı sistemi üzerinde beton basınç dağılımını öğrenmek amacıyla hasarsız inceleme araçları kullanılabilir. Mevcut çelik dayanımını belirlemek amacıyla ise pas payı sıyrılan yüzeylerde her donatı sınıfı için birer adet örnek alınır. Bu alınan örneklerin sonuçları projede verilen değerlerle karşılaştırılır. Eğer projede verilen değerler ile alınan donatı örneklerinin sonuçları tutuyorsa mevcut çelik dayanımı projede belirtilen değer olarak alınır. Eğer projede verilen değerler ile alınan örneklerin sonuçları farklılık gösteriyorsa her donatı sınıfı için 3 adet daha donatı numunesi alınır ve bu donatı numunelerinin sonuçlarından en elverişsiz olanı her donatı sınıfı için mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilir. Ayrıca pas payı sıyrılmaması sonucu korozyon tespit edilen elemanlar kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

Mevcut yapı sistemlerinin yukarıda ifade edilen bilgi düzeylerinden hangi sınıfa girdiği belirlenir ve mevcut yapı sistemindeki malzeme dayanımları bu bilgi düzeylerinde ifade edilen katsayılarla çarpılarak mevcut malzeme dayanımları belirlenir. Çizelge 2.2.' de bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Bilgi düzeyi katsayıları

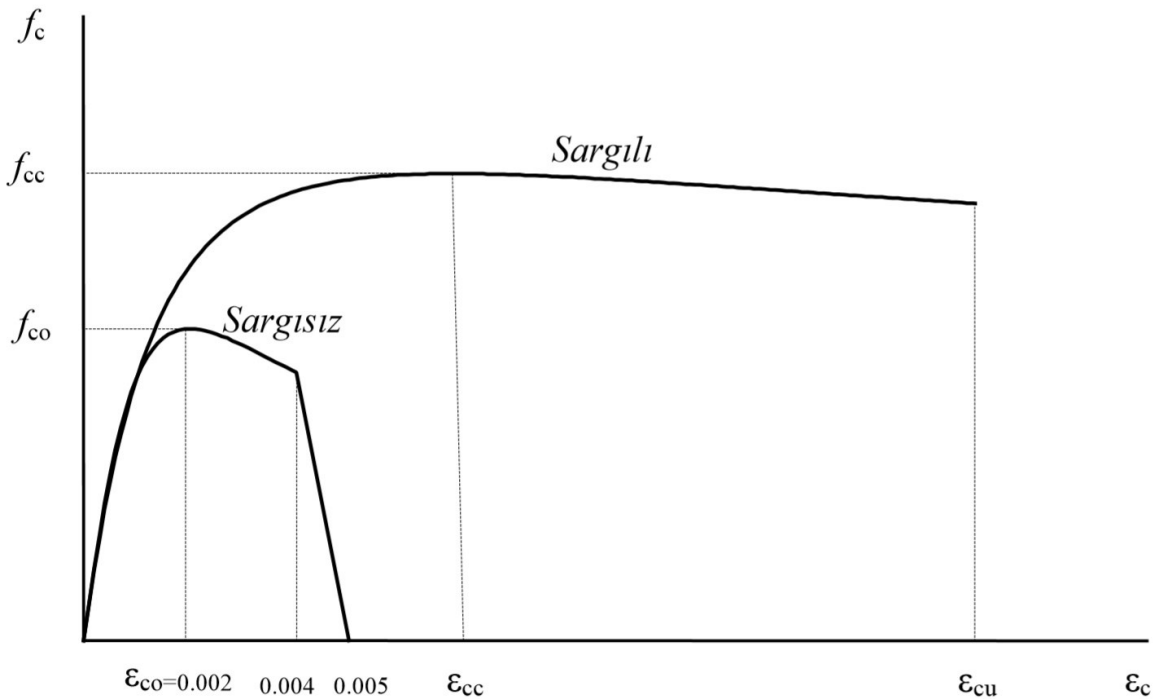
| <b>Bilgi Düzeyi</b> | <b>Bilgi Düzeyi Katsayısı</b> |
|---------------------|-------------------------------|
| Sınırlı             | 0.75                          |
| Orta                | 0.9                           |
| Kapsamlı            | 1                             |

Görüldüğü üzere sınırlı ve orta bilgi düzeyinde, bilgi düzeyi katsayısı 1' den küçük alınarak cezalandırılmıştır. Kapsamlı bilgi düzeyinde ise böyle bir cezalandırma yoktur. Bu bilgi düzeyi katsayıları yapı sistemlerinde belirlenen donatı çeliği ve beton dayanımları ile çarpılarak mevcut malzeme dayanımları elde edilir.

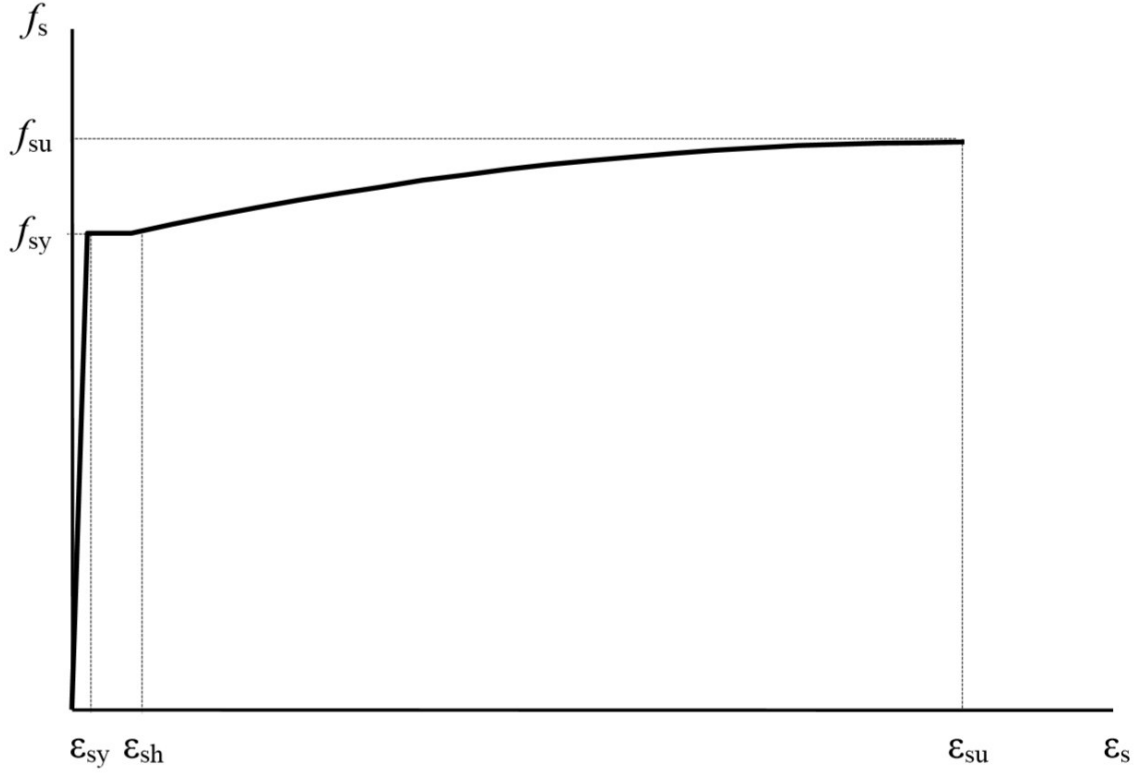
### 2.3.2. Yapı sistemindeki elemanlar için plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi

Yapı sistemindeki elemanların kesit özellikleri ve malzeme dayanımları belirlendikten sonra doğrusal olmayan davranışlarının ifade edilmesi gerekir. Bu doğrusal olmayan davranışı ifade edebilmek için plastik mafsallardan faydalanılır. Plastik mafsallar, yapı sistemindeki elemanların kesit özelliklerine ve malzeme özelliklerine bağlı olarak doğrusal olmayan davranışı ifade ederler.

Plastik mafsalların doğrusal olmayan davranışını ifade edebilmek için kesit özellikleri ve malzeme özellikleri bilinmelidir. Bu kapsamda malzeme özelliklerinin belirlenmesinde DBYBHY 2007' de belirtilen sargısız ve sargılı beton modeli ve donatı çeliği modeli kullanılabilir. DBYBHY 2007' de tanımlanan beton modellerinde Mander Beton Modeli temel alınmaktadır. DBYBHY 2007' de tanımlanan sargısız ve sargılı beton modeli için gerilme – şekil değiştirme ilişkisi Şekil 2.1.' de, donatı çeliği modeli için gerilme - şekil değiştirme ilişkisi ise Şekil 2.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. DBYBHY 2007' de tanımlanan sargısız ve sargılı beton modeli



Şekil 2.2. DBYBHY 2007' de tanımlanan donatı çeliği modeli

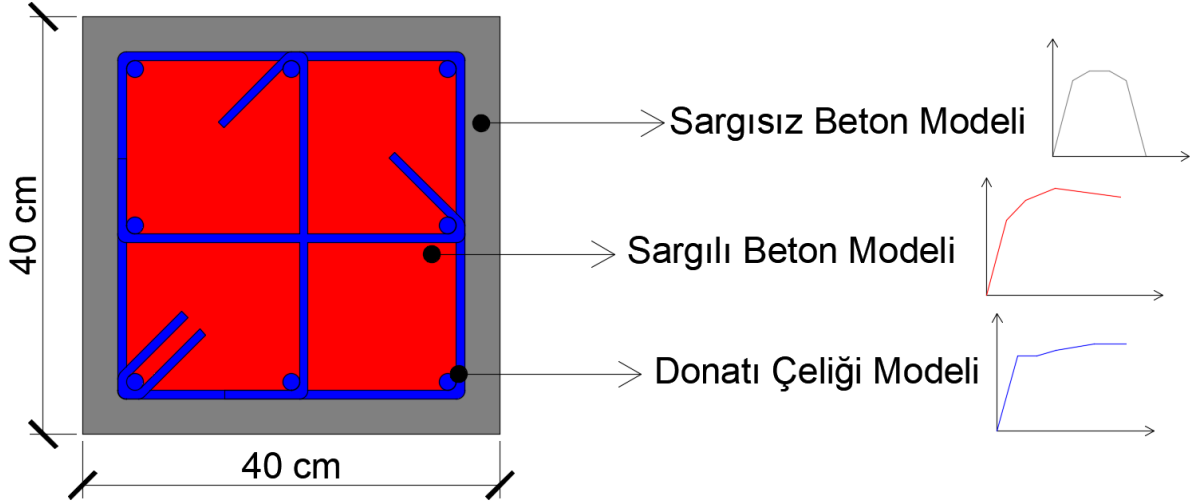
Şekil 2.1.' den de anlaşılacağı üzere sargılı beton, sargısız betona göre daha sünek bir davranış gösterir. Bu sayede deprem etkisi gibi yatay yükler altında yapı sistemleri daha fazla deprem enerjisi yutarlar.

Sargısız beton sadece kabuk betonu olarak algılanmamalıdır. Eğer DBYBHY 2007' de verilen sargılama donatısı koşullarını sağlamıyorsa yine sargısız beton kabul edilmelidir. Sargılı beton ise dış etriye kollarının merkezleri arasında kalan alan olarak kabul edilir.

Sargılı betonda sargı etkisinin artması sünekliliği artırır. Bu kapsamda sargılı betonun sargılama etkisini artırmak için aşağıda verilen koşullar uygulanabilir. Bunlar;

- Enine donatılar arasındaki mesafe azaltılabilir.
- Eleman kesitine ek enine donatı elemanları (etriye ve çiroz gibi) yerleştirilebilir.
- Enine donatı hacmi artırılabilir.
- Enine donatının akma kapasitesi artırılabilir.
- Mümkün olan durumlarda dikdörtgen etriye yerine dairesel (spiral) etriyeler kullanılabilir.

Şekil 2.3.' de plastik mafsalların belirlenmesinde kullanılan sargısız ve sargılı beton ile donatı çeliği modeli kesit üzerinde gösterilmiştir.



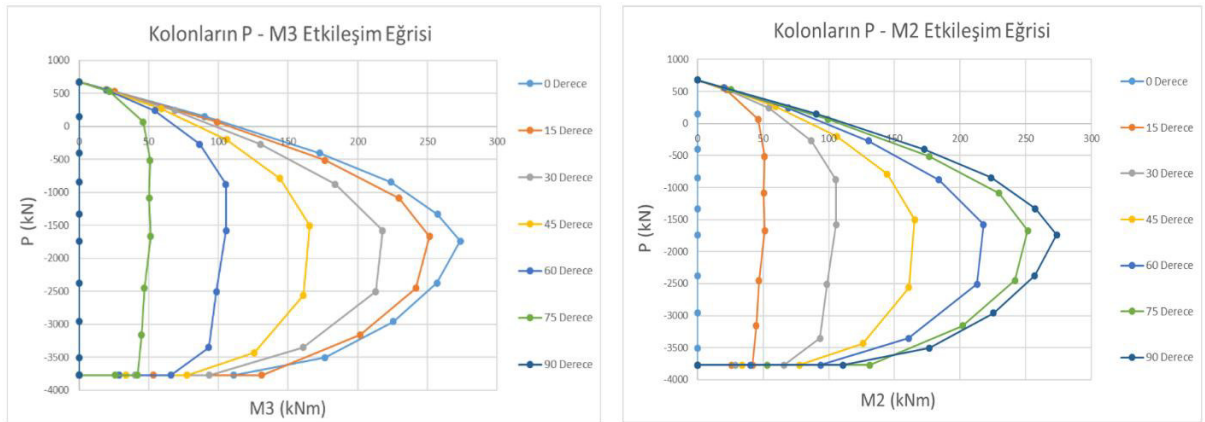
Şekil 2.3. Plastik mafsalların belirlenmesinde kullanılan malzeme modelleri

Yapı sistemindeki kolon ve kirişlerin mesnetlerinde plastik mafsal oluştuğu kabul edilirken perdelerde ise en alt kattaki perde de plastik mafsal oluştuğu kabul edilir. Ancak kirişlerde düşey yüklerden ötürü açıklık ortasında da plastik mafsal oluşabilir.

Kolonların ve perdelerin plastik mafsallarının modellenebilmesi için 2 farklı özelliğinin bilinmesi gerekir. Bunlar;

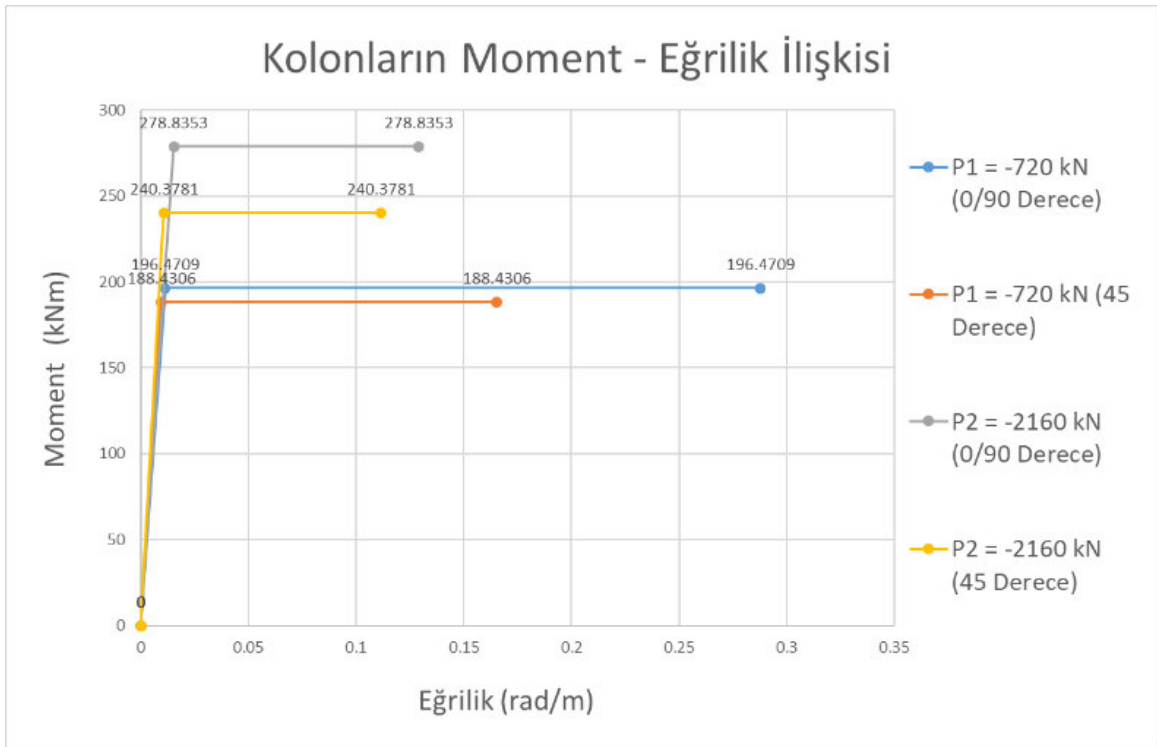
- 3 boyutlu normal kuvvet - moment etkileşim eğrileri
- Moment - eğrilik ilişkisidir.

Şekil 2.4.' de bir kolon kesiti için 3 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrilerinin elde edilmesinde kullanılan 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri verilmiştir. Bu normal kuvvet – moment etkileşim eğrisinin dışında kolonlar artık doğrusal olmayan davranış göstermeye başlarlar.



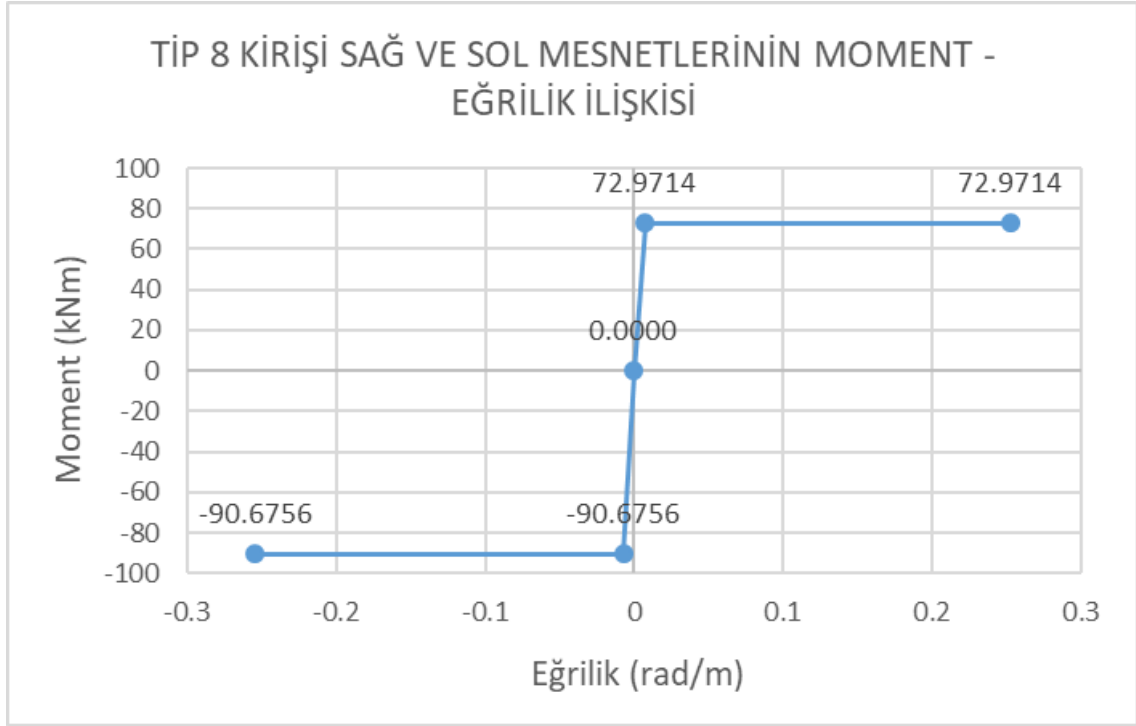
Şekil 2.4. Kolonların 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri

Şekil 2.5.' de bir kolon kesiti için farklı eksenel yükler altında idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 2.5.' den de anlaşılacağı üzere kolon kesitindeki eksenel yük arttıkça akma momenti artsada süneklilikde önemli bir azalma görülmektedir. Süneklilikdeki azalmadan ötürü deprem gibi yatay yük etkileri altında kolonların enerji yutma kapasiteleri azalır. Bu yüzden kolonlar için DBYBHY 2007' de eksenel yük sınırlandırılması getirilmiştir. Eğer bir kolon kesitinde eksenel yük çok fazla ise deprem gibi yatay yükler altında gevrek kırılma meydana gelebilir.



Şekil 2.5. Kolonların moment – eğrilik ilişkisi

Kirişlerin plastik mafsallarının modellenenilmesi için ise sadece moment – eğrilik ilişkisinin bilinmesi yeterlidir. Çünkü kirişlerin teorik olarak eksenel yük almadığı kabul edilir. Kirişlerde eksenel yük sıfır alındığı için kolonlara göre daha sünek davranış gösterirler. Ayrıca kirişlerde, kolonlar gibi farklı eksenel yükler altında farklı moment – eğrilik ilişkileri yoktur. Kirişler için moment – eğrilik ilişkisi sabittir. Şekil 2.6.' da bir kiriş kesiti için moment – eğrilik ilişkisi verilmiştir.



Şekil 2.6. Kirişlerin moment – eğrilik ilişkisi

### 2.3.3. Yapı sisteminin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için matematik modelinin kurulması

Yapı sistemine ait kapasite eğrisinin belirlenmesi amacıyla yapı sisteminin matematik modelinin kurulması gerekir. Yapı sisteminin matematik modeli kurulurken aşağıda verilen maddeler göz önüne alınmalıdır.

- Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa DBYBHY 2007’ de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri kullanılır. Aşağıda perde, kolon ve kiriş için DBYBHY 2007’ de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri verilmiştir.
  - Kirişlerde:  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
  - Kolon ve perdelerde:  $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$   
 $N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

$N_D$ , yapı sisteminin  $W = G + nQ$  yüklemesi altında analiz edilmesi ile elde edilir.
- Yatayda döşeme elemanlarının rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü yapılabilir.
- Kısa kolonlar taşıyıcı sistem modeline gerçek boyları ile tanımlanır.
- Yapı sisteminin elemanlarının birleştiği bölgeler sonsuz rijit olarak kabul edilir.

5. Mevcut yapı sistemindeki belirsizlikler, yapı sisteminden toplanan verilere göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığıyla bina matematik modeline yansıtılmalıdır.
6. Betonarme tablalı kirişlerin plastik mafsal özellikleri belirlenirken tabla betonu ve içinde bulunan donatı hesaba katılabilir.
7. Gerekli görüldüğü takdirde yapı – zemin etkileşimli çözüm yapılabilir.

Yukarıda bahsedilen maddeler göz önüne alınarak yapı sisteminin matematik modeli hazırlanır. Yapı sistemi üzerinde performans değerlendirmesi yapabilmek için deprem yükleri matematik modeli hazır olan yapı sistemine 4 farklı doğrultuda (X, -X, Y, -Y) etkililir. 4 farklı doğrultu içinde yapı sisteminin elemanlarının kesitlerinde elde edilen en elverişsiz durumlar göz önüne alınır.

#### **2.3.4. Yapı sisteminin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile kapasite eğrisinin belirlenmesi**

DBYBHY 2007' de üç farklı doğrusal olmayan metottan bahsedilmektedir.

Bunlar;

- AEDYY
- Artımsal mod birleştirme yöntemi
- ZTADOHY' dir.

Yukarıda bahsedilen AEDYY ve artımsal mod birleştirme yöntemi, artımsal itme analizi ile performans değerlendirilmesi yapılırken kullanılan yöntemlerdir.

Bu tez çalışmasında analizlerde sadece AEDYY kullanılacağından ötürü sadece bu yöntem açıklanacaktır.

##### **2.3.4.1. AEDYY ile yapı sisteminin kapasitesinin belirlenmesi**

AEDYY ile itme analizinin temel amacı, bir yapı sisteminin deprem yönündeki birinci mod şekli ile orantılı bir şekilde depremin istediği sınıra kadar monotonik olarak adım adım eşdeğer deprem yükleri artırılarak yapı sistemine ait kapasite eğrisinin elde edilmesidir. Bu kapsamda düşey yük analizini takip eden her bir itme adımında yapı sistemine ait plastik şekil değiştirme, yer değiştirme ve iç kuvvet sonuçları ile bu değerlere ait toplam sonuçlar ve son adımda depremin istediği sınıra karşı gelen en büyük sonuçlar hesaplanır.



AEDYY' nin uygulanabilmesi için sağlanması gereken koşullar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bodrum kat hariç yapı sisteminin kat sayısı 8' i geçmemelidir.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite verilmez.)
- Doğrusal davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu dikkate alınan deprem yönündeki birinci moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.

Artımsal itme analizi sırasında yapı sisteminde oluşan plastik mafsallardan bağımsız olarak eşdeğer deprem yükü dağılımının (EDYD) sabit kaldığı varsayılabilir. Bu durumda yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu dikkate alınan deprem yönündeki birinci mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir. Çizelge 2.3.' de EDYD' nı belirlemek için kullanılan değişkenler ve hesap adımları verilmiştir.

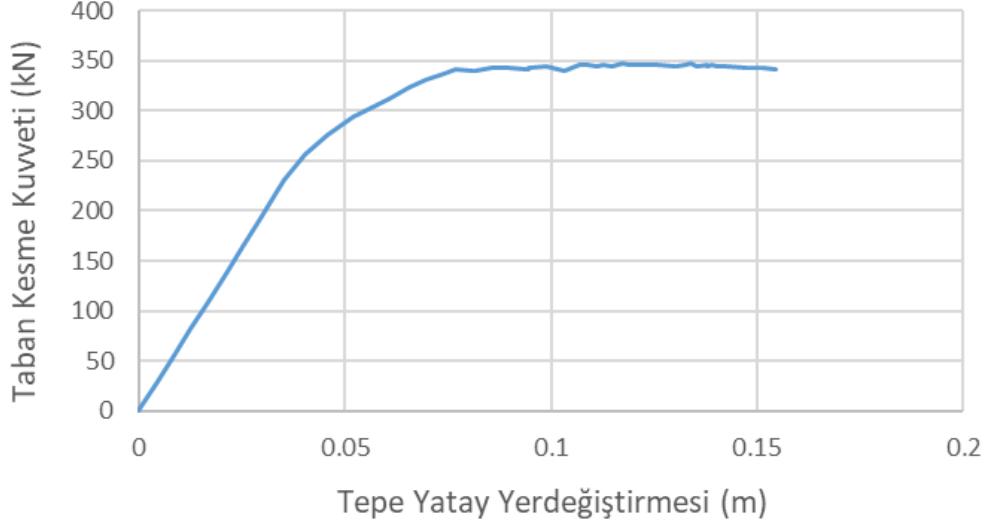
**Çizelge 2.3.** EDYD' nın hesaplanması

| 1      | 2             | 3                    | 4           | 5                                     |
|--------|---------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|
| Kat No | Kat Kütleleri | 1. Mod Şekli Genliği | 2*3         | EDYD                                  |
| 1      | $M_1$         | $u_1$                | $M_1 * u_1$ | $P_1 = (M_1 * u_1) / (M_7 * u_7)$     |
| 2      | $M_2$         | $u_2$                | $M_2 * u_2$ | $P_2 = (M_2 * u_2) / (M_7 * u_7)$     |
| 3      | $M_3$         | $u_3$                | $M_3 * u_3$ | $P_3 = (M_3 * u_3) / (M_7 * u_7)$     |
| 4      | $M_4$         | $u_4$                | $M_4 * u_4$ | $P_4 = (M_4 * u_4) / (M_7 * u_7)$     |
| 5      | $M_5$         | $u_5$                | $M_5 * u_5$ | $P_5 = (M_5 * u_5) / (M_7 * u_7)$     |
| 6      | $M_6$         | $u_6$                | $M_6 * u_6$ | $P_6 = (M_6 * u_6) / (M_7 * u_7)$     |
| 7      | $M_7$         | $u_7$                | $M_7 * u_7$ | $P_7 = (M_7 * u_7) / (M_7 * u_7) = 1$ |

Çizelge 2.3.' e göre belirlenen EDYD her katın kütle merkezine eksantrisite uygulanmadan tanımlanmaktadır.

Yukarıda ifade edilen yük dağılımına göre matematik modeli hazır olan yapı sistemine yapılan artımsal itme analizi sonucu koordinatları taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi olan kapasite eğrisi elde edilir. Tepe yer değiştirmesi, yapı sisteminin en

üst katının kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda meydana gelen yer değiştirir. Taban kesme kuvveti ise göz önüne alınan deprem doğrultusundaki her itme adımında eşdeğer deprem yüklerinin toplamıdır. Şekil 2.7.' de artımsal itme analizi yapılmış bir yapı sisteminin kapasite eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Artımsal itme analizi yapılmış bir yapı sisteminin kapasite eğrisi

Talep ve kapasite eğrilerinin karşılaştırılabilmeleri için aynı eksen takımına dönüştürülmeleri gerekir. Bu kapsamda koordinatları taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirme olan kapasite eğrisinin koordinatları, modal ivme – modal yer değiştirme olacak şekilde değiştirilir. Bu koordinat dönüşümünün nasıl yapıldığı aşağıda sırasıyla denklem (2.2) ve denklem (2.3.) de verilmiştir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (2.2)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (2.3)$$

#### 2.4. Yapı Sistemine Ait Kapasite ve Talep Eğrilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde yapı sisteminin deprem etkisini temsil eden talep eğrisi ile doğrusal ötesi davranışını temsil eden kapasite eğrisi karşılaştırılacaktır. Bu kapsamda aşağıda takip eden konu başlığında AEDYY' ne göre talep ve kapasite eğrilerinin karşılaştırılmasından bahsedilecektir.

### 2.4.1. AEDYY' ne göre kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılması

Yapı sisteminin deprem etkisini temsil eden talep eğrisi ile doğrusal ötesi davranışını temsil eden kapasite eğrisi aynı eksen takımına dönüştürülür ve bu iki eğri birbirleriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir.

Aşağıda DBYBHY 2007' de eşit yer değiştirme kuralına göre elasto – plastik yer değiştirmenin nasıl bulunduğu aşağıda anlatılmıştır.

Doğrusal olmayan spektral yer değiştirme  $S_{di1}$ , doğrusal spektral yer değiştirmeye  $S_{de1}$ , bağlı olarak denklem (2.4) ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (2.4)$$

Doğrusal spektral yer değiştirme  $S_{de1}$  ise spektral ivmeye  $S_{ae1}$  ve doğal açılal frekansa  $\omega$ , bağlı olarak denklem (2.5) ile elde edilir.

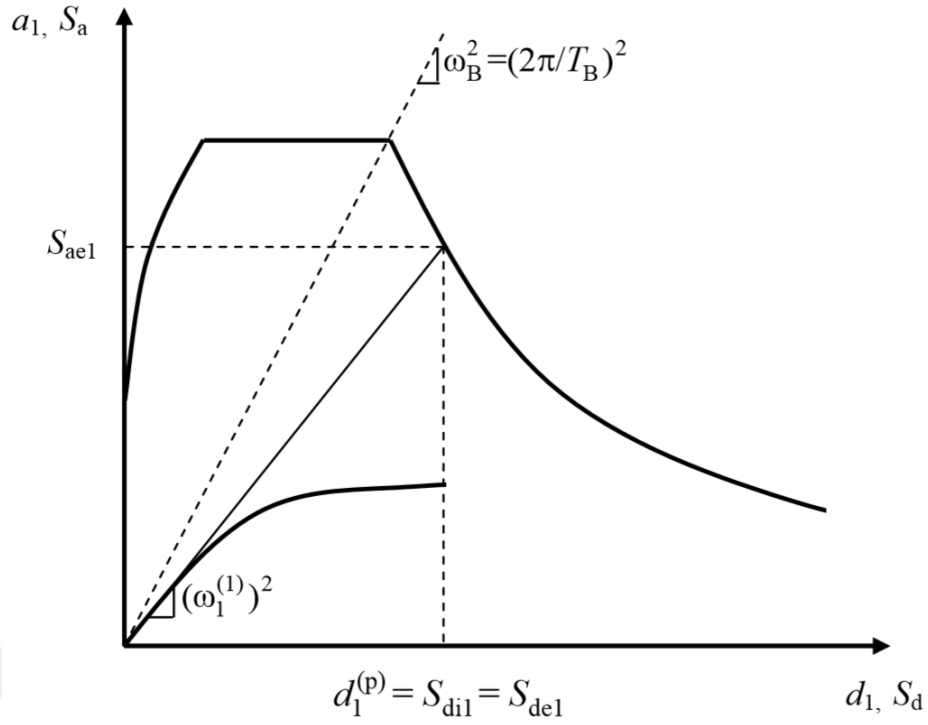
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (2.5)$$

Denklem (2.4)' de ifade edilen spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ ' e bağlı olarak 2 farklı yolla belirlenir.

1. Eğer başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ , zemin parametresine bağlı olarak değişkenlik gösteren  $T_B$  karakteristik periyoduna eşit veya daha büyükse spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , denklem (2.6)' dan elde edilir.

$$C_{R1} = 1 \quad (2.6)$$

Şekil 2.8.' de  $T_1^{(1)} \geq T_B$  durumu için doğrusal olmayan spektral yer değiştirmenin nasıl belirlendiği gösterilmiştir.



Şekil 2.8.  $T_1^{(1)} \geq T_B$  durumu

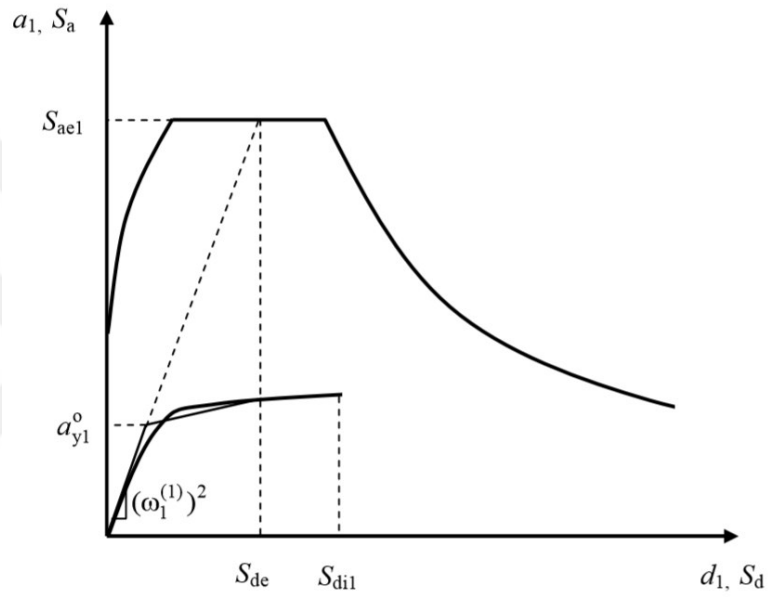
2. Eğer başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ , zemin parametresine bağlı olarak değişkenlik gösteren  $T_B$  karakteristik periyodundan küçükse  $C_{R1}$ , ardışık yaklaşımla aşağıdaki maddeler uygulanarak hesaplanır.
  - Artımsal itme analizi sonucu belirlenen kapasite eğrisi Şekil 2.9.' da ki gibi iki doğrulu bir eğriye dönüştürülür. Bu dönüştürülen iki doğrulu eğrinin başlangıç eğimi, artımsal itme analizinin ilk adımındaki hakim moda ait değerle ( $T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$ ) eşit alınır.
  - Ardışık yaklaşımın ilk adımında spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1} = 1$  kabulü yapılır ve eşdeğer akma noktasının eksenleri eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 2.9.' da gösterilen  $a_{y1}^{(0)}$  esas alınarak spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$  denklem (2.7)' deki gibi tanımlanır.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (2.7)$$

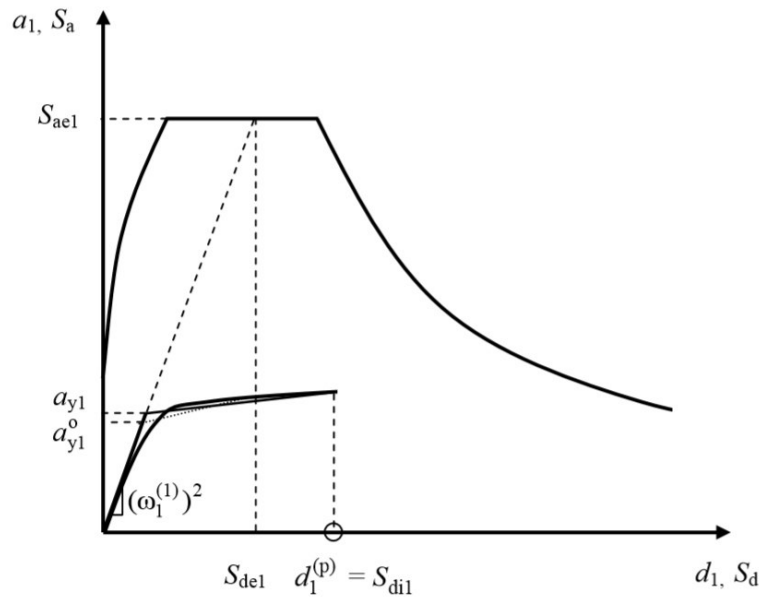
Denklem (2.7)' deki  $R_{y1}$ , hakim moda ait dayanım azaltma kat sayısını göstermektedir ve denklem (2.8) ile tanımlanır.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (2.8)$$

- Denklem (2.7)' den bulunan  $C_{R1}$  kullanılarak denklem (2.4)' e göre hesaplanan  $S_{di1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının eksenleri, Şekil 2.10.' da gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile tekrar belirlenir ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  değerleri tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçlar birbirine yaklaştığı anda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 2.9.  $T_1^{(1)} < T_B$  durumu



Şekil 2.10.  $T_1^{(1)} < T_B$  durumu

Böylelikle  $S_{di1}$  belirlenir.  $S_{di1}$  değerinden hareketle tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$ , denklem (2.9) ile uzunluk (mm, cm, m vb.) cinsinden bulunur.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (2.9)$$

Deprem doğrultusunda birinci moda ait modal katkı çarpanı  $\Gamma_{x1}$ , denklem (2.10)' da gösterildiği gibi tanımlanır.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (2.10)$$

Denklem (2.10)' da ifade edilen  $L_{x1}$  ve  $M_1$  parametreleri x deprem doğrultusunda taşıyıcı sisteme ait başlangıç adımının doğrusal elastik davranışı için tanımlanmıştır ve sırasıyla denklem (2.11) ve denklem (2.12) ile bulunur.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad (2.11)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin}^2 \quad (2.12)$$

Tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$ , yapı sisteminin performans noktasıdır. Bulunan bu performans noktasına kadar yapı sistemi itilir ve bu performans noktasında yapı sisteminde oluşan şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler ve iç kuvvetler belirlenir. Belirlenen şekil değiştirme istemlerinden eleman kesitlerindeki plastik eğrilikler elde edilir. Elde edilen plastik ve elastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilikler bulunur. Eleman kesitlerindeki toplam eğriliklerden hareketle donatı ve betonun birim şekil değiştirmesi elde edilir. Elde edilen birim şekil değiştirmelerden eleman kesitlerindeki hasar seviyelerine geçilir ve elemanın hasar durumu belirlenir. Elemanın hasar durumundan hareketle de yapı sistemi üzerinde performans değerlendirilmesi yapılır.

#### 2.4.2. Yapı sistemine ait elemanların kesitlerindeki toplam eğriliklerin belirlenmesi

Artımsal itme analizi ile yapı sisteminin performans noktasındaki iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirme istemleri belirlenir. Performans noktasında yapı sisteminin eleman kesitlerindeki şekil değiştirmelerden hareketle plastik dönmeler  $\theta_p$  belirlenir.

Plastik dönmelerden, plastik eğriliklerin elde edilebilmesi için denklem (2.13)' den faydalanılır.

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (2.13)$$

$L_p$  plastik mafsal boyunu ifade eder ve denklem (2.14) ile tanımlanır. Denklem (2.14)' de ifade edilen  $h$ , elemanın deprem doğrultusunda zorlanan kesitinin boyutudur.

$$L_p = 0.5h \quad (2.14)$$

Yapı sisteminde plastik mafsal özellikleri belirlenen kesitlerin, performans noktasında aksenal yükleri dikkate alınarak moment – eğrilik ilişkileri belirlenir. Moment – eğrilik ilişkileri belirlenen elemanların akma eğrilikleri  $\Phi_y$  bulunur. Akma eğrilikleri ile plastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilikler  $\Phi_t$  denklem (2.15)' e göre belirlenir.

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (2.15)$$

Böylelikle eleman kesitinin performans noktasındaki aksenal yükü dikkate alınarak belirlenen moment – eğrilik ilişkisine göre toplam eğrilik istemine karşı gelen betonun ve çeliğin birim şekil değiştirme istemleri bulunur. Bu birim şekil değiştirme istemlerinden hareketle kesit hasar sınırları belirlenir. Kesit hasar sınırlarından hareketle ise elemanın hasar sınırı belirlenir (Eleman hasar sınırı, en fazla hasar gören kesite göre belirlenir.). Böylelikle eleman hasar sınırı belirlenen yapı sisteminin performans değerlendirilmesi yapılır.

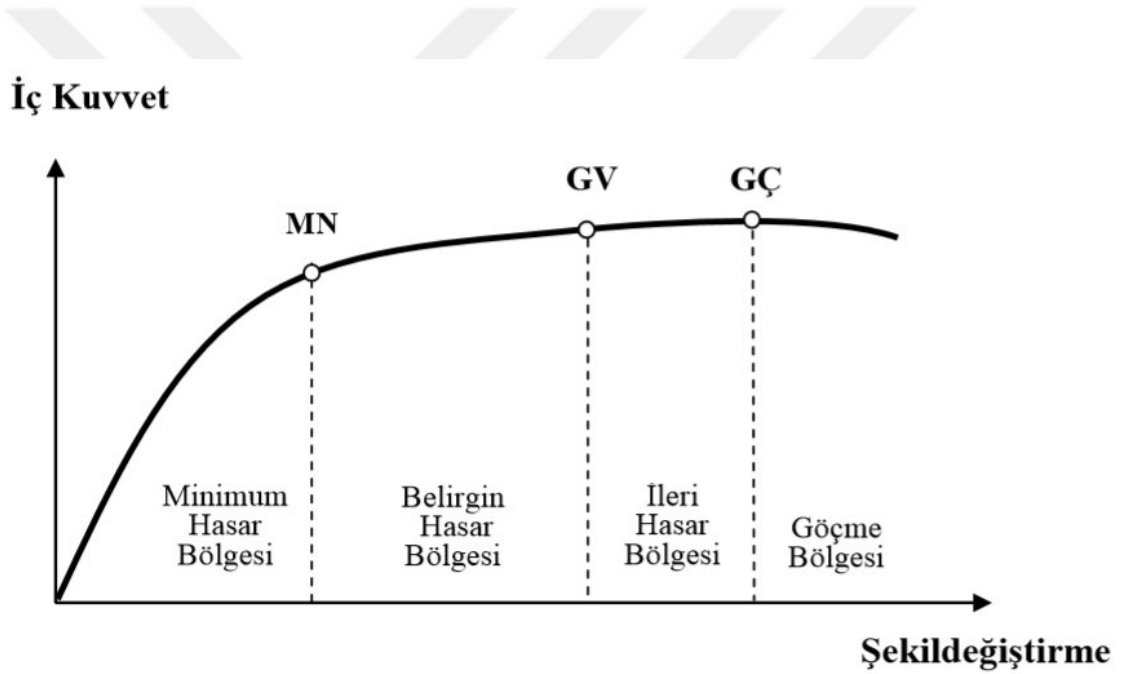
### 2.4.3. Yapı sistemine ait elemanların kesit hasar sınırlarının belirlenmesi

DBYBHY 2007' de kesit düzeyinde sünek yapı elemanları için üç sınır durum tanımlanır. Bunlar;

- Minimum hasar sınırı (MN),
- Güvenlik sınırı (GV)
- Göçme sınırı (GÇ)' dir.

MN dikkate alınan kesitte doğrusal olmayan davranışın başlangıcını ifade ederken GV dikkate alınan kesitin dayanımını güvenli bir şekilde sağlayabileceği doğrusal olmayan davranışın sınırını ifade eder. GÇ ise dikkate alınan kesitin göçme öncesi doğrusal olmayan davranışının sınırını ifade eder. Yapı sisteminde gevrek bir şekilde hasar gören elemanlar için yukarıda belirtilen sınıflandırma geçerli değildir.

Yukarıda belirtilen hasar sınırlarından hareketle kesit hasar bölgeleri belirlenir. Buna göre kritik kesitlerinin hasarı MN geçmeyen elemanlar minimum hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı GV ile GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı GÇ geçen elemanlar ise göçme bölgesinde yer alırlar. Şekil 2.11.' de yukarıda ifade edilen hasar bölgeleri ve kesit hasar sınırları gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Kesit hasar bölgeleri ve hasar sınırları

Yukarıda ifade edilen kesit hasar sınırları DBYBHY 2007' de donatı çeliği ve beton için izin verilen şekil değiştirme üst sınırları ile belirlenir. Buna göre DBYBHY 2007' de donatı çeliği ve beton için verilen üst sınırlar sırasıyla denklem (2.16), (2.17) ve (2.18)' de verilmiştir.

- Kesit MN için üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (2.16)$$



- Kesit GV için üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2.17)$$

- Kesit GÇ için üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GÇ} = 0.004 + 0.014 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GÇ} = 0.060 \quad (2.18)$$

Betonun basınç birim şekil değiştirmesi üst sınırı tanımlanırken kullanılan  $\rho_s$  yapı elemanının kritik kesitinde mevcut bulunan yatay donatının hacimsel oranını ifade ederken  $\rho_{sm}$  yapı elemanının kritik kesitinde DBYBHY 2007' ye göre bulunması gerekli olan yatay donatının hacimsel oranını ifade eder. Kesitte bulunan mevcut donatının DBYBHY 2007' de belirtilen kurallara uygun olması gereklidir.

#### 2.4.4. Yapı sistemine ait elemanların gevrek eleman olup olmadığının belirlenmesi

Yapı sistemindeki elemanların gevrek olarak hasar görüp görmediği 2 farklı duruma göre belirlenir.

- a.) Kolon – kiriş birleşim bölgeleri dışında yapı sistemi elemanlarının gevrek kırılma kontrolü TS 500' de verilen formüller kullanılarak yapılır.
- b.) Kolon – kiriş birleşimleri için yapı sistemi elemanlarının gevrek kırılma kontrolü DBYBHY 2007' de verilen formüller kullanılarak yapılır.

Bu çalışmada ele alınan yapı sistemlerinin tasarımı yüksek sünek kriterlerini sağlayacak şekilde yapılmıştır. Bu yüzden ele alınan yapı sistemlerinin performans değerlendirmesi yapılırken tüm elemanlar gevrek olarak hasar görmemektedir.

#### 2.4.5. Yapı sistemine ait elemanların hasar durumlarının belirlenmesi

Yapı sisteminde artımsal itme analizi sonucu belirlenen performans noktasına göre eleman kesitlerinin toplam eğrilikleri belirlenir. Bu toplam eğriliklerden hareketle betonun ve donatı çeliğinin şekil değiştirme istemleri moment – eğrilik ilişkisine göre belirlenir. Belirlenen betonun ve çeliğinin şekil değiştirme istemleri yukarıda belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu yapı elemanlarının kritik kesitlerindeki

hasar durumları belirlenir. Eleman hasar durumu ise 4 doğrultuda (X, -X, Y, -Y) yapılan analizler sonucu en olumsuz sonuç veren kesite göre belirlenir.

## **2.5. Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi**

Yapı sistemlerinin deprem performansı, dikkate alınan deprem yükü altında yapı sistemindeki elemanlarda oluşması beklenen hasar durumları ile bağlantılıdır. Bu doğrultuda yukarıda anlatılanlar dikkate alınarak yapı sistemindeki elemanların hasar durumları belirlenir. Eleman hasar durumlarından hareketle ise yapı sisteminin deprem performans düzeyi belirlenir. Bu doğrultuda DBYBHY 2007' de yapı sistemleri için üç farklı performans düzeyinden bahsedilmiştir. Bunlar;

- Hemen kullanım performans düzeyi
- Can güvenliği performans düzeyi
- Göçme öncesi performans düzeyidir.

### **2.5.1. Hemen kullanım performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %10' luk kısmı belirgin hasar bölgesine geçebilir, fakat diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tümü minimum hasar bölgesinde olmak zorundadır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmelidir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin hemen kullanım performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

### **2.5.2. Can güvenliği performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %30' luk kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir, fakat burada belirtilen kirişlere, ikincil kirişler dahil değildir. Ayrıca herhangi bir katta ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm kolonların toplam kesme kuvvetine oranı %20' nin altında olacaktır ve en üst katta ileri hasar bölgesindeki kolonların toplam kesme kuvvetinin en üst kattaki tüm kolonların toplam kesme kuvvetine oranı %40' ın altında olacaktır. Ayrıca herhangi bir

katta alt ve üst kesitleri minimum hasar sınırını aşmış olan kolonların taşıyacağı toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm kolonların toplam kesme kuvvetine oranı %30' un altında olmalıdır. Diğer tüm taşıyıcı elemanlar minimum veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmelidir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin can güvenliği performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

### **2.5.3. Göçme öncesi performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20' lik kısmı göçme bölgesine geçebilir, fakat burada belirtilen kirişlere, ikincil kirişler dahil değildir. Ayrıca herhangi bir katta alt ve üst kesitleri minimum hasar sınırını aşmış olan kolonların taşıyacağı toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm kolonların toplam kesme kuvvetine oranı %30' un altında olmalıdır. Diğer tüm taşıyıcı elemanlar minimum, belirgin veya ileri hasar bölgesinde olmalıdır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanların göçme bölgesinde olduğu kabul edilir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin göçme öncesi performans düzeyinde olduğu kabul edilir. Yapı sisteminin mevcut durumda kullanımı sakıncalıdır.

### **2.5.4. Göçme durumu**

Yapı sistemi göçme öncesi performans düzeyi şartlarını sağlamıyorsa göçme durumundadır. Yapı sisteminin mevcut durumda kullanımı sakıncalıdır.

### 3. TBDY 2018' E GÖRE DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE YAPI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ

#### 3.1. Giriş

Deprem etkisi altında yapı sistemlerinin iç kuvvet ve şekil değiştirme istemlerinin hesaplanması amacıyla doğrusal olmayan metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlar mevcut yapı sistemlerinin performansının belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra yeni yapılacak yapı sistemlerinin tasarımının yeterli düzeyde olup olmadığını belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Hem mevcut yapı sistemleri için hem de yeni yapılacak yapı sistemleri için belirlenen iç kuvvet ve şekil değiştirme istemleri yönetmelikte verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılır.

Yapı sistemlerinin deprem performansını belirlemek amacıyla sırasıyla aşağıda verilen adımlar uygulanır. Bunlar;

- Yapı sisteminin talep eğrisi belirlenmelidir. Bu kapsamda yapı sisteminin hedef performansı belirlenir ve bu hedef performansa göre deprem etkisi belirlenir.
- Yapı sisteminin kapasite eğrisi belirlenmelidir. Bu kapsamda yapı sisteminin bilgi düzeyi, malzeme dayanımları ve elemanların plastik mafsallık özellikleri belirlenir. Belirlenen bu değerler ile uyumlu yapı sisteminin matematik modeli kurulur ve yapı sistemine uygulanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi sonucu kapasite eğrisi belirlenir.
- Yapı sistemi için elde edilen kapasite ve talep eğrileri karşılaştırılmalıdır. Bu kapsamda kapasite ve talep eğrileri aynı eksen takımına dönüştürülerek karşılaştırılır ve yapı sisteminin performans noktası belirlenir. Performans noktasında yapı sistemindeki elemanların kesit hasar sınırları belirlenir. Kesit hasar sınırlarından hareketle elemanın hasar bölgesi belirlenir. Sonra yapı sistemi üzerinde performans değerlendirmesi yapılabilir düzeye gelinir.
- Yapı sistemi için performans değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu kapsamda eleman hasar bölgelerine göre yapı sisteminin performans değerlendirilmesi yapılır.
- Sonuç olarak mevcut yapı sistemleri için performans kriteri sağlanıyorsa güçlendirmeye gerek duyulmaz eğer performans kriteri sağlanmıyorsa mevcut yapı sistemi için güçlendirme yapılır. Yeni yapılacak yapı sistemleri için

performans kriteri sağlanıyorsa tasarım yeterlidir eğer performans kriteri sağlanmıyorsa tasarım yeniden yapılır.

### 3.2. Yapı Sistemi İçin Talep Eğrisinin Belirlenmesi

Yapı sisteminin talep eğrisinin belirlenmesi için ilk olarak yapı sisteminin hedef performansı belirlenir. Sonra hedef performansa göre deprem etkisi belirlenir.

#### 3.2.1. Yapı sisteminin hedef performansının belirlenmesi

TBDY 2018’ de mevcut yapı sistemleri için 3 farklı performans düzeyi bulunmaktadır. Bunlar;

- Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi,
- Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi,
- Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyidir.

Yukarıda TBDY 2018’ de tanımlanan performans düzeyleri için sağlanması gereken kriterler ‘Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi’ başlığı adı altında anlatılacaktır.

TBDY 2018’ de mevcut yapı sistemleri için belirtilen performans düzeyleri, deprem yer hareketi düzeyine ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak farklılık göstermektedir ve mevcut yapı sistemleri için TBDY 2018’ de performans değerlendirmesi yaklaşımı şekil değiştirmeye göre yapılmaktadır. Çizelge 3.1.’ de TBDY 2018’de mevcut yapı sistemleri için performans düzeyinin belirlenmesinde kullanılan tablo bulunmaktadır.

**Çizelge 3.1.** TBDY 2018’ de mevcut yapı sistemleri için deprem yer hareketi düzeyine ve deprem tasarım sınıfına bağlı olarak değişkenlik gösteren performans düzeyleri

| Deprem Yer H. Düzeyi | DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a |                                 | DTS = 1a, 2a            |                                 |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|                      | Normal Performans Hedefi | Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı | İleri Performans Hedefi | Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı |
| DD-3                 | —                        | —                               | SH                      | ŞGDT                            |
| DD-2                 | KH                       | ŞGDT                            | —                       | —                               |
| DD-1                 | —                        | —                               | KH                      | ŞGDT                            |

Çizelge 3.1.' den anlaşılacağı üzere mevcut yapı sisteminin deprem tasarım sınıfına bağlı olarak farklı deprem yer hareketi düzeyleri için farklı performans hedefleri şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımıyla belirlenmektedir.

Böylelikle mevcut yapı sistemi için deprem tasarım sınıfına ve deprem yer hareketi düzeyine bağlı olarak performans düzeyi belirlenir.

### 3.2.2. Yapı sisteminin hedef performansına göre deprem etkisinin belirlenmesi

Yapı sisteminden beklenen performans düzeyine göre deprem etkisi belirlenir. TBDY 2018'de dört farklı deprem etkisi mevcuttur. Bu deprem etkileri 50 yılda aşılma olasılıklarına ve dönüş periyodlarına göre ifade edilmektedirler. Bu deprem etkileri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Deprem yer hareketi düzeyi – 4 (DD-4) (Servis deprem yer hareketi) : Dönüş periyodu 43 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %68' dir. Yapı sisteminde çok sık karşılaşılabilecek bir deprem etkisidir.
- Deprem yer hareketi düzeyi – 3 (DD-3) (Sık deprem yer hareketi) : Dönüş periyodu 72 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %50' dir.
- Deprem yer hareketi düzeyi – 2 (DD-2) (Standart tasarım deprem yer hareketi) : Dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %10' dur.
- Deprem yer hareketi düzeyi – 1 (DD-1) (En büyük deprem yer hareketi) : Dönüş periyodu 2475 yıl olan bu deprem etkisinin 50 yıllık süreçte aşılma olasılığı %2' dir.

Sabit tek modlu itme analizinde performans değerlendirilmesi yapılırken talep eğrisinin elde edilebilmesi için elastik spektrum eğrisinden faydalanılır. Elastik spektrum eğrisinin eksen takımı spektral ivme ( $S_a$ ) ve periyot (T) eksen takımından oluşmaktadır. Talep eğrisinin eksen takımı ise spektral ivme ( $S_a$ ) ve spektral yer değiştirmeden ( $S_d$ ) oluşmaktadır. Bu yüzden elastik tasarım spektrumuna eksen dönüşümü uygulanması gerekir. Bu eksen dönüşümü için denklem (3.1)' den faydalanılır. Bu denklemdeki  $\omega$ , doğal açısal frekansı ifade etmektedir.

$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2} \quad (3.1)$$

Sonuç olarak yapı sisteminden beklenen performans düzeyine göre belirlenen deprem etkisinden dolayı meydana gelecek talep, sabit tek modlu itme analizinde, eksen dönüşümü yapılmış elastik ivme spektrumlar ile ifade edilir.

### **3.3. Yapı Sistemi İçin Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi**

Yapı sisteminin kapasite eğrisinin belirlenmesi kapsamında ilk olarak yapı sisteminin bilgi düzeyi, malzeme dayanımları ve elemanların plastik mafsallık özellikleri belirlenir. Sonra belirlenen bu değerler ile uyumlu yapı sisteminin matematik modeli kurulur ve yapı sistemine uygulanan doğrusal olmayan metotlar ile analizi sonucu kapasite eğrisi belirlenir.

#### **3.3.1. Yapı sistemi için bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesi**

Yapı sisteminin bilgi düzeyinin ve malzeme dayanımlarının belirlenmesinde iki ana husus vardır. Bunlar;

1. Yeni yapılacak yapı sistemleri için bilgi düzeyi katsayısı 1 alınır. Yeni yapılacak yapı sistemlerinde mevcut malzeme dayanımı olarak TBDY 2018’de belirtilen beklenen (ortalama) dayanımlar esas alınır. Betonarme elemanlar için betonun beklenen (ortalama) basınç dayanımı, karakteristik basınç dayanımının 1.3 katı alınırken donatı çeliğinin beklenen (ortalama) akma dayanımı, karakteristik akma dayanımının 1.2 katı alınır.
2. Mevcut yapı sistemlerinde ise bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerine bağlı olarak bilgi düzeyi belirlenir. TBDY 2018’ de mevcut yapı sistemleri için 2 farklı bilgi düzeyi mevcuttur. Bunlar;
  - Sınırlı bilgi düzeyi
  - Kapsamlı bilgi düzeyidir.

##### **3.3.1.1. Sınırlı bilgi düzeyi**

TBDY 2018’ de ifade edilen sınırlı bilgi düzeyinin şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

#### a.) Kısıtlamalar

Sınırlı bilgi düzeyi, TBDY 2018' de tanımlanan 'Diğer Binalar (Bina Kullanım Sınıfı = 3)' sınıfına giren binalar için uygulanabilir.

#### b.) Bina Geometrisi

Sınırlı bilgi düzeyinde yapılacak olan saha çalışmaları ile mevcut yapının taşıyıcı sistem plan rölevesi oluşturulur. Mevcut yapının mimari projesi mevcutsa röleve çalışmalarında kullanılır. Elde edilen bilgiler betonarme elemanların ve dolgu duvarların tüm yerlerini, boyutlarını, eksen açıklıklarını ve malzeme özelliklerini içermelidir ve bina matematik modelinin kurulmasında yeterli olmalıdır. Bunun yanı sıra temel sistemini öğrenmek amacıyla inceleme çukurları açılır. Ayrıca yapı sistemindeki kısa kolon ve benzeri olumsuzluklar göz önüne alınır. Buna ek olarak yapı sistemlerinin komşu yapı sistemleri ile olan ilişkisi (bitişik, ayrık vs.) belirlenir.

#### c.) Eleman Detayları

Sınırlı bilgi düzeyinde taşıyıcı sistem projeleri mevcut olmadığından yapı sistemlerindeki elemanlarda donatı miktarı ve detaylarının o dönemde kabul edilen yönetmeliklerde belirtilen minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilir. Bu varsayımın ne derece doğru olduğunu belirlemek amacıyla yapı sistemlerinin her katında en az birer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %5' inin pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Kirişlerde ise her kattan bir adet kirişin pas payı sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri TBDY 2018' de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan perde ve kolonların %20' sinde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan perde ve kolonlardaki mevcut donatı miktarı ile binanın yapıldığı tarihte kabul gören yönetmelik veya koşullarda varsayılan minimum donatı miktarı oranlanarak perde ve kolon için donatı gerçekleşme kat sayısı belirlenir. Bu katsayı 1' den büyük alınamaz ve bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer perde ve kolonlara uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir. Kirişler için ise yalnızca düşey tasarım yüklerinden dolayı gerekli olan donatı kullanılır.



#### d.) Malzeme Özellikleri

Sınırlı bilgi düzeyinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi kapsamında mevcut beton dayanımını belirlemek amacıyla her katta perdeler veya kolonlardan en az 3 adet karot TS EN 12504-1' de belirtilen koşullara göre alınır. Alınan bu karotlar farklı uzunluk/çap oranlarına sahip olabilirler. Bu yüzden karotların deney sonucunda elde edilen değerlerinde gerekli kat sayılarla düzeltmeler yapılarak karotun mevcut dayanımında göz önüne alınacak değer elde edilir. Bu alınan karotların toplam örnek sayısı üç ise elde edilen en düşük basınç dayanımlı beton, mevcut beton basınç dayanımı olarak kabul edilir. Eğer alınan karotların toplam örnek sayısı üçten fazla ise örneklerden elde edilen (ortalama – standart sapma) değeri ile (0.85 x ortalama) değeri arasında büyük olan değer hangisi ise mevcut beton dayanımı olarak o değer dikkate alınır. Bir grup karot örneğine ait deney sonuçlarında elde edilen en küçük değer ile geriye kalan karot örneklerinin ortalaması arasında sapmanın çok olup olmadığı kontrolü yapılacaktır. Eğer elde edilen en küçük değer geriye kalan karot örneklerinin ortalamasının %75'inden daha küçük ise en küçük değere sahip olan karot örneği değerlendirmeye alınmaz. Mevcut çelik dayanımını belirlemek amacıyla ise pas payı sıyrılan yüzeylerde görsel inceleme yapılacaktır ve donatı sınıfı belirlenecektir. Bu donatı sınıfındaki inşaat demirinin akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilecektir. Ayrıca pas payı sıyrılması sonucu korozyon tespit edilen elemanlar kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

#### 3.3.1.2. Kapsamlı bilgi düzeyi

TBDY 2018' de ifade edilen kapsamlı bilgi düzeyinin şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

##### a.) Kısıtlamalar

Kapsamlı bilgi düzeyinde, sınırlı bilgi düzeyinde olduğu gibi bina kullanım sınıfına bağlı olarak bir kısıtlama yoktur.

## b.) Bina Geometrisi

Kapsamlı bilgi düzeyinde yapı sisteminin taşıyıcı sistem projesi mevcut ise yapılacak olan çalışmalarla mevcut geometrinin projeye uygunluğu tespit edilir. Eğer mevcut proje ile bina geometrisi arasında önemli farklılıklar varsa proje yok sayılır. Proje yoksa, yapılacak olan saha çalışmaları ile mevcut yapının taşıyıcı sistem plan rölevesi oluşturulur. Mevcut yapının mimari projesi mevcutsa röleve çalışmalarında kullanılır. Elde edilen bilgiler betonarme elemanların ve dolgu duvarların tüm yerlerini, boyutlarını, eksen açıklıklarını ve malzeme özelliklerini içermelidir ve bina matematik modelinin kurulmasında yeterli olmalıdır. Bunun yanı sıra temel sistemini öğrenmek amacıyla inceleme çukurları açılır. Ayrıca yapı sistemindeki kısa kolon ve benzeri olumsuzluklar göz önüne alınır. Buna ek olarak yapı sistemlerinin komşu yapı sistemleri ile olan ilişkisi (bitişik, ayırık vs.) belirlenir.

## c.) Eleman Detayları

Kapsamlı bilgi düzeyinde yapı sisteminin projesi mevcut ise donatının projeye uygunluğunu tespit etmek için yapı sisteminin her katında en az birer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %5' inin pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Kirişlerde ise her kattan bir adet kirişin pas payı sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Perdelerin, kolonların ve kirişlerin pas payı sıyrılacak yerleri TBDY 2018' de belirtilen şekilde yapılacaktır. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan perde ve kolonların %20' sinde ve kirişlerin %10' unda donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir. Eğer mevcut proje ile uygulama arasında önemli farklar varsa donatı tespiti yapılan yapı sistemi elemanlarındaki mevcut donatı miktarı ile mevcut projedeki donatı miktarı oranlanarak perde, kolon ve kiriş için donatı gerçekleşme kat sayısı belirlenir. Bu donatı gerçekleşme katsayısı 1' den büyük alınamaz ve bu kat sayısı donatı tespiti yapılmayan diğer perde, kolon ve kiriş yapı sistemi elemanlarına uygulanarak o elemanların donatı miktarları belirlenir. Eğer taşıyıcı sistem projeleri mevcut değil ise yapı sistemlerinin her katında en az ikişer tane olmak koşuluyla perdelerin ve kolonların %10' unun pas payları sıyrılarak donatı miktarı ve donatı bindirme boyları belirlenir. Ayrıca bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan kolon ve perdelerin %30' unda ve kirişlerin %15' inde donatı tespit cihazları ile boyuna ve enine donatı sayısı ve yerleşimi belirlenecektir.

#### d.) Malzeme Özellikleri

Kapsamlı bilgi düzeyinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi kapsamında mevcut beton dayanımını belirlemek amacıyla zemin katta 3 ve diğer katlarda 2 adetten az olmamak koşuluyla, yapı sisteminden toplam en az 9 adet ve her 400 m<sup>2</sup>' den bir adet karot kolon veya perdelerden TS EN 12504-1' de belirtilen koşullara göre alınır. Alınan bu karotlar farklı uzunluk/çap oranlarına sahip olabilirler. Bu yüzden karotların deney sonucunda elde edilen değerlerinde gerekli kat sayılarla düzeltmeler yapılarak karotun mevcut dayanımında göz önüne alınacak değer elde edilir. Alınan karot örneklerinden elde edilen (ortalama – standart sapma) değeri ile (0.85 x ortalama) değeri arasında büyük olan değer hangisi ise mevcut beton dayanımı olarak o değer dikkate alınır. Bir grup karot örneğine ait deney sonuçlarında elde edilen en küçük değer ile geriye kalan karot örneklerinin ortalaması arasında sapmanın çok olup olmadığı kontrolü yapılacaktır. Eğer elde edilen en küçük değer geriye kalan karot örneklerinin ortalamasının %75'inden daha küçük ise en küçük değere sahip olan karot örneği değerlendirmeye alınmaz. Ayrıca yapı sistemi üzerinde beton basınç dağılımını öğrenmek amacıyla hasarsız inceleme araçları kullanılabilir. Mevcut çelik dayanımını belirlemek amacıyla ise pas payı sıyrılan yüzeylerde her donatı sınıfı için birer adet örnek alınır. Bu alınan örneklerin sonuçları projede verilen değerlerle karşılaştırılır. Eğer projede verilen değerler ile alınan donatı örneklerinin sonuçları tutuyorsa mevcut çelik dayanımı projede belirtilen değer olarak alınır. Eğer projede verilen değerler ile alınan örneklerin sonuçları farklılık gösteriyorsa her donatı sınıfı için 3 adet daha donatı numunesi alınır ve bu donatı numunelerinin sonuçlarından en elverişsiz olanı her donatı sınıfı için mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilir. Ayrıca pas payı sıyrılması sonucu korozyon tespit edilen elemanlar kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

Mevcut yapı sistemlerinin yukarıda ifade edilen bilgi düzeylerinden hangi sınıfa girdiği belirlenir ve mevcut yapı sistemindeki malzeme dayanımları bu bilgi düzeylerinde ifade edilen katsayılarla çarpılarak mevcut malzeme dayanımları belirlenir. Çizelge 3.2.' de bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Bilgi düzeyi katsayıları

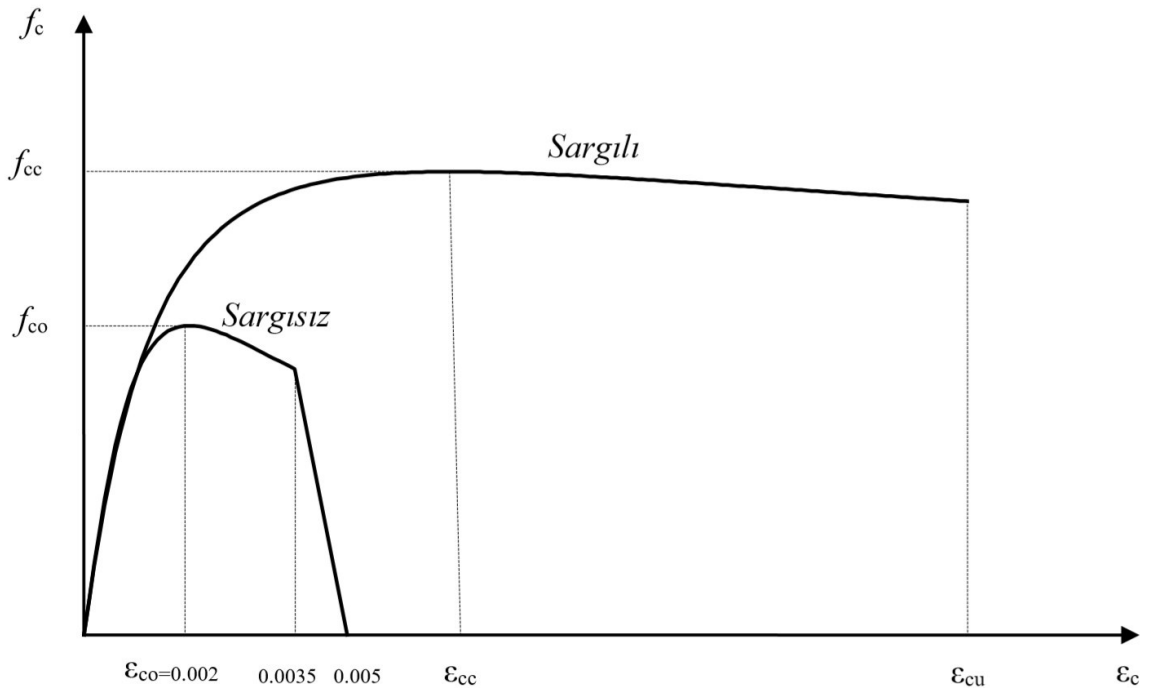
| Bilgi Düzeyi | Bilgi Düzeyi Katsayısı |
|--------------|------------------------|
| Sınırlı      | 0.75                   |
| Kapsamlı     | 1                      |

Görüldüğü üzere sınırlı bilgi düzeyinde, bilgi düzeyi katsayısı 1' den küçük alınarak cezalandırılmıştır. Kapsamlı bilgi düzeyinde ise böyle bir cezalandırma yoktur. Bu bilgi düzeyi katsayıları yapı sistemlerinde belirlenen donatı çeliği ve beton dayanımları ile çarpılarak mevcut malzeme dayanımları elde edilir.

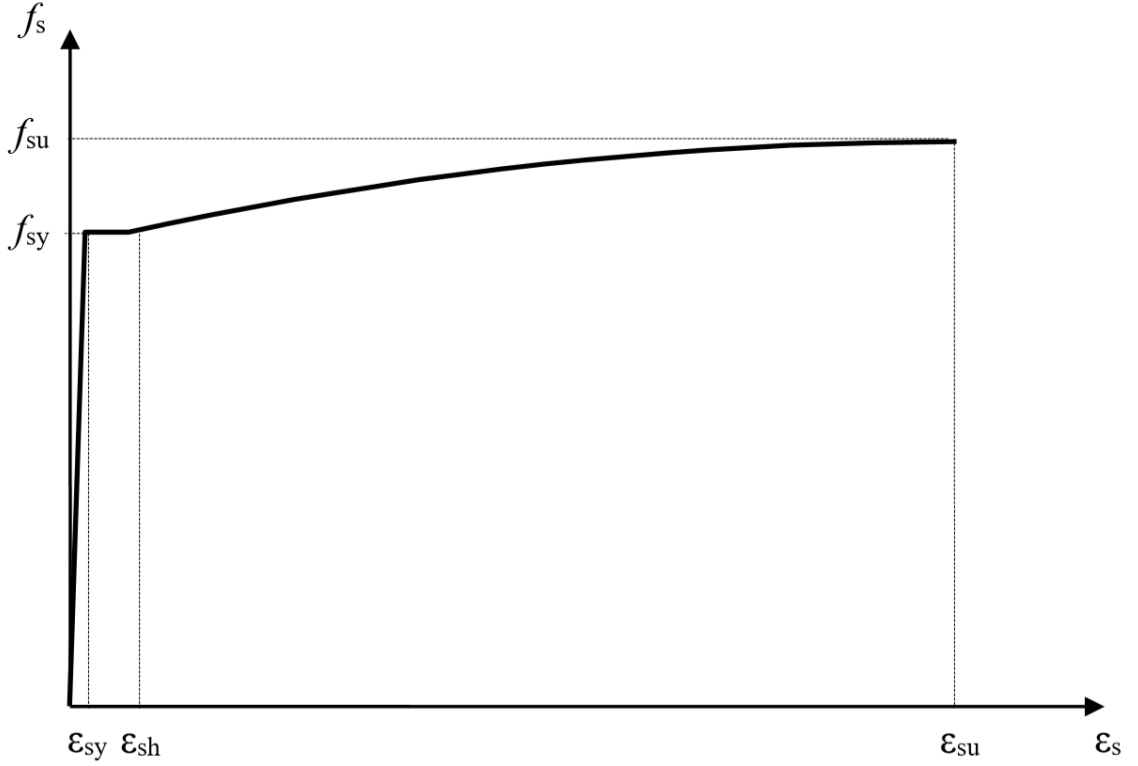
### 3.3.2. Yapı sistemindeki elemanlar için plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi

Yapı sistemindeki elemanların kesit özellikleri ve malzeme dayanımları belirlendikten sonra doğrusal olmayan davranışlarının ifade edilmesi gerekir. Bu doğrusal olmayan davranışı ifade edebilmek için plastik mafsallardan faydalanılır. Plastik mafsallar, yapı sistemindeki elemanların kesit özelliklerine ve malzeme özelliklerine bağlı olarak doğrusal olmayan davranışı ifade ederler.

Plastik mafsalların doğrusal olmayan davranışını ifade edebilmek için kesit özellikleri ve malzeme özellikleri bilinmelidir. Bu kapsamda malzeme özelliklerinin belirlenmesinde TBDY 2018' de belirtilen sargısız ve sargılı beton modeli ile donatı çeliği modeli kullanılabilir. TBDY 2018' de tanımlanan beton modellerinde Mander Beton Modeli temel alınmaktadır. TBDY 2018' de tanımlanan sargısız ve sargılı beton modeli için gerilme – şekil değiştirme ilişkisi Şekil 3.1.' de, donatı çeliği modeli için gerilme - şekil değiştirme ilişkisi ise Şekil 3.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. TBDY 2018' de tanımlanan sargısız ve sargılı beton modeli



Şekil 3.2. TBKY 2018' de tanımlanan donatı çeliği modeli

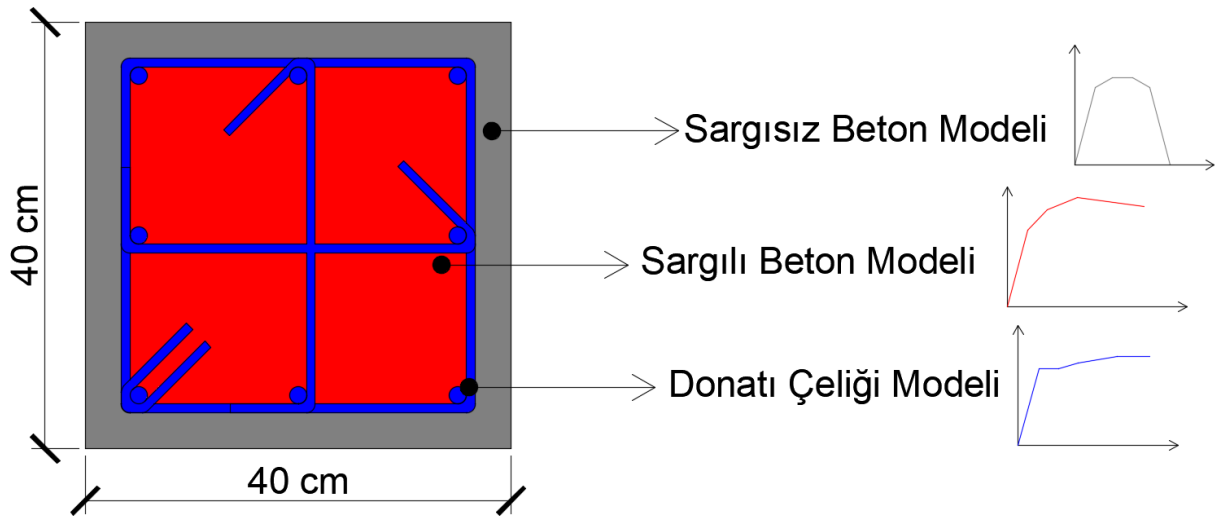
Şekil 3.1.' den de anlaşılacağı üzere sargılı beton, sargısız betona göre daha sünek bir davranış gösterir. Bu sayede deprem etkisi gibi yatay yükler altında yapı sistemleri daha fazla deprem enerjisi yutarlar.

Sargısız beton sadece kabuk betonu olarak algılanmamalıdır. Eğer TBKY 2018' de verilen sargılama donatısı koşullarını sağlamıyorsa yine sargısız beton kabul edilmelidir. Sargılı beton ise dış etriye kollarının merkezleri arasında kalan alan olarak kabul edilir.

Sargılı betonda sargı etkisinin artması sünekliliği artırır. Bu kapsamda sargılı betonun sargılama etkisini artırmak için aşağıda verilen koşullar uygulanabilir. Bunlar;

- Enine donatılar arasındaki mesafe azaltılabilir.
- Eleman kesitine ek enine donatı elemanları (etriye ve çiroz gibi) yerleştirilebilir.
- Enine donatı hacmi artırılabilir.
- Enine donatının akma kapasitesi artırılabilir.
- Mümkün olan durumlarda dikdörtgen etriye yerine dairesel (spiral) etriyeler kullanılabilir.

Şekil 3.3.' de plastik mafsalların belirlenmesinde kullanılan sargısız beton, sargılı beton ve donatı çeliği modeli kesit üzerinde gösterilmiştir.



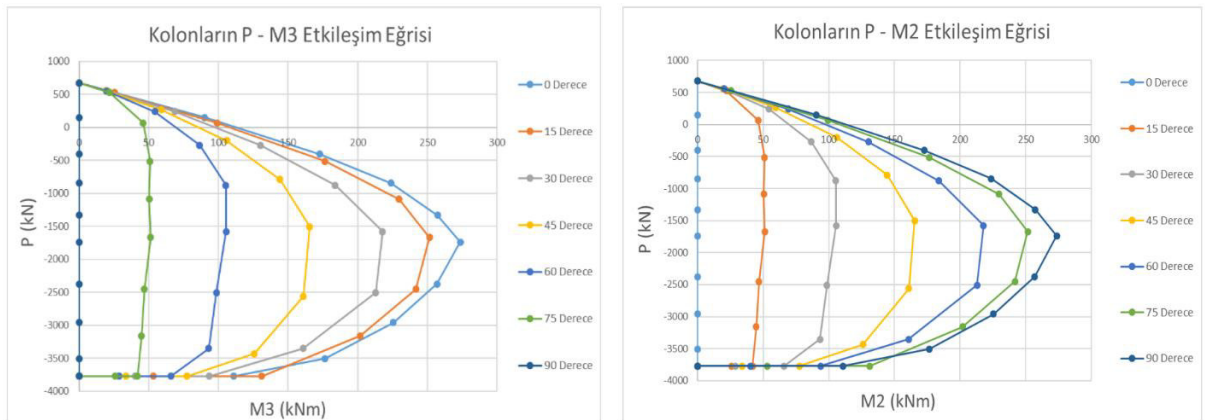
Şekil 3.3. Plastik mafsalların belirlenmesinde kullanılan malzeme modelleri

Yapı sistemindeki kolon ve kirişlerin mesnetlerinde plastik mafsal oluştuğu kabul edilirken perdelerde ise en alt kattaki perde de plastik mafsal oluştuğu kabul edilir. Ancak kirişlerde düşey yüklerden ötürü açıklık ortasında da plastik mafsal oluşabilir.

Kolonların ve perdelerin plastik mafsallarının modellenenilmesi için 2 farklı özelliğinin bilinmesi gerekir. Bunlar;

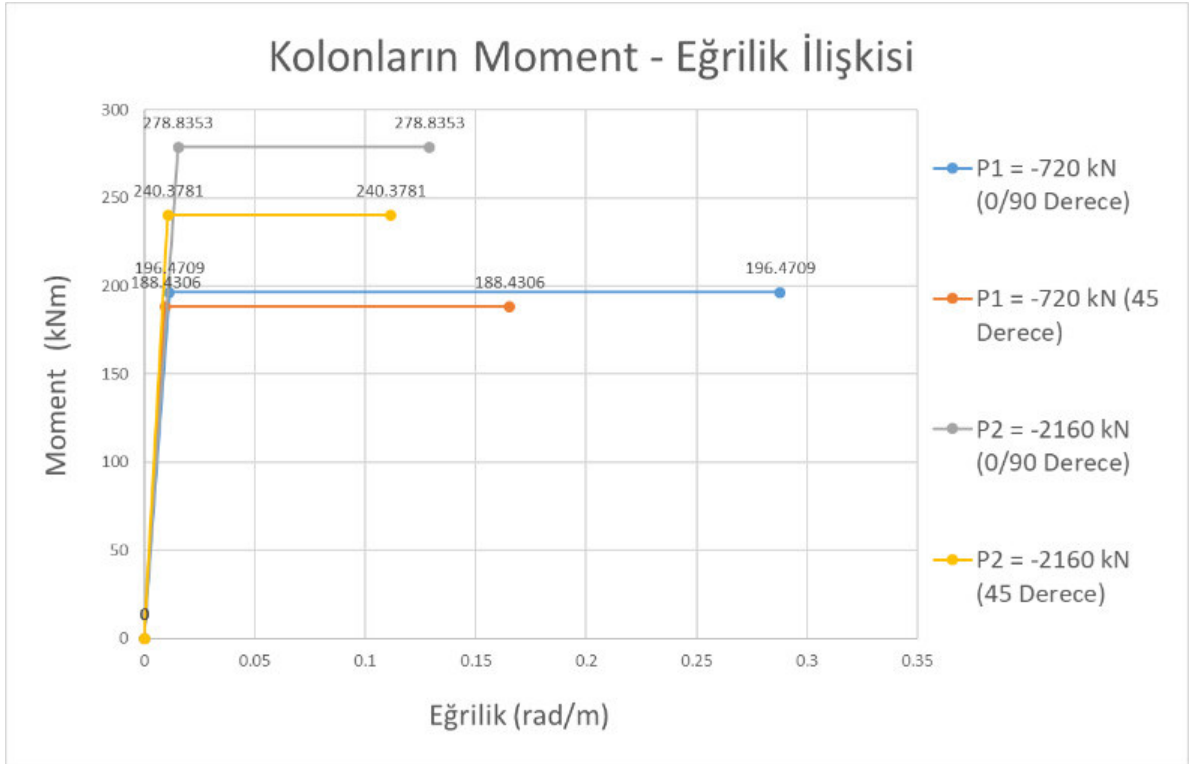
- 3 boyutlu normal kuvvet - moment etkileşim eğrileri
- Moment - eğrilik ilişkisidir.

Şekil 3.4.' de bir kolon kesiti için 3 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrilerinin elde edilmesinde kullanılan 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri verilmiştir. Bu normal kuvvet – moment etkileşim eğrisinin dışında kolonlar artık doğrusal olmayan davranış göstermeye başlarlar.



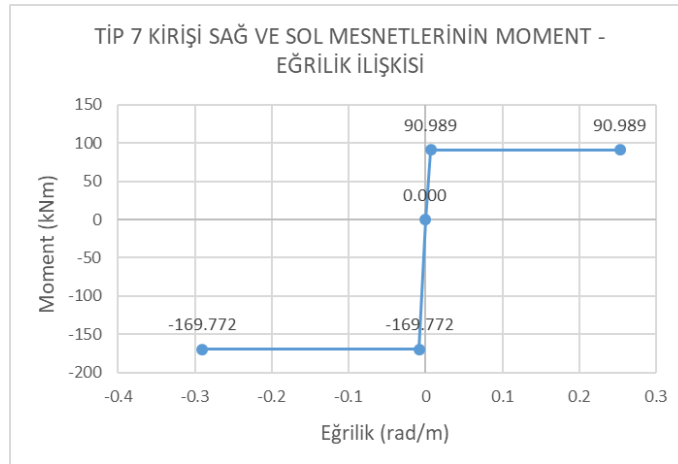
Şekil 3.4. Kolonların 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri

Şekil 3.5.' de bir kolon kesiti için farklı eksenel yükler altında idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 3.5.' den de anlaşılacağı üzere kolon kesitindeki eksenel yük arttıkça akma momenti artsada süneklilikde önemli bir azalma görülmektedir. Süneklilikteki azalmadan ötürü deprem gibi yatay yük etkileri altında kolonların enerji yutma kapasiteleri azalır. Bu yüzden kolonlar için TBDY 2018' de eksenel yük sınırlandırılması getirilmiştir. Eğer bir kolon kesitinde eksenel yük çok fazla ise deprem gibi yatay yükler altında gevrek kırılma meydana gelebilir.



**Şekil 3.5.** Kolonların moment – eğrilik ilişkisi

Kirişlerin plastik mafsallarının modellenenilmesi için ise sadece moment – eğrilik ilişkisinin bilinmesi yeterlidir. Çünkü kirişlerin teorik olarak eksenel yük almadığı kabul edilir. Kirişlerde eksenel yük sıfır alındığı için kolonlara göre daha sünek davranış gösterirler. Ayrıca kirişlerde, kolonlar gibi farklı eksenel yükler altında farklı moment – eğrilik ilişkileri yoktur. Kirişler için moment – eğrilik ilişkisi sabittir. Şekil 3.6.' da bir kiriş kesiti için moment – eğrilik ilişkisi verilmiştir.



Şekil 3.6. Kirişlerin moment – eğrilik ilişkisi

### 3.3.3. Yapı sisteminin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için matematik modelinin kurulması

Yapı sistemine ait kapasite eğrisinin belirlenmesi amacıyla yapı sisteminin matematik modelinin kurulması gerekir. Yapı sisteminin matematik modeli kurulurken aşağıda verilen maddeler göz önüne alınmalıdır.

1. Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa TBDY 2018’ de belirtilen etkin kesit rijitlikleri kullanılır. Çizelge 3.3.’ de TBDY 2018’ de betonarme yapı sistemlerinin elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları verilmiştir.

Çizelge 3.3. TBDY 2018’de betonarme yapı sistemlerinin elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı          | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı |                     |
|--|-------------------------------|---------------------|
|  | <i>Eksenel</i>                | <i>Kayma</i>        |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i></b>  |                               |                     |
| Perde                                      | 0.50                          | 0.50                |
| Bodrum perdesi                             | 0.80                          | 0.50                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 0.25                |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i></b> | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Perde                                      | 0.25                          | 1.00                |
| Bodrum perdesi                             | 0.50                          | 1.00                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 1.00                |
| <b><i>Çubuk eleman</i></b>                 | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Bağ kirişi                                 | 0.15                          | 1.00                |
| Çerçeve kirişi                             | 0.35                          | 1.00                |
| Çerçeve kolonu                             | 0.70                          | 1.00                |
| Perde (eşdeğer çubuk)                      | 0.50                          | 0.50                |



Deprem hesabında başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabında ise, Çizelge 3.3.' den elde edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılacaktır. (Yani yapı sisteminin başlangıçta  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  yükü altında Çizelge 3.3.' de ifade edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak analizi yapılacaktır. Burada G sabit yükü, n bina kullanım amacına göre değişkenlik gösteren bir katsayıyı, Q hareketli yükü, S kar yükünü ve  $E_d^{(z)}$ ' de düşey deprem etkisini ifade etmektedir.) Sonra deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

2. Yatayda döşeme elemanlarının rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü yapılabilir.
3. Kısa kolonlar taşıyıcı sistem modeline gerçek boyları ile tanımlanır.
4. Yapı sisteminin elemanlarının birleştiği bölgeler sonsuz rijit olarak kabul edilir.
5. Mevcut yapı sistemindeki belirsizlikler, yapı sisteminden toplanan verilere göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığıyla bina matematik modeline yansıtılmalıdır.
6. Betonarme tablalı kirişlerin plastik mafsallık özellikleri belirlenirken tabla betonu ve içinde bulunan donatı hesaba katılabilir.
7. Gerekli görüldüğü takdirde yapı – zemin etkileşimli çözüm yapılabilir.

Yukarıda bahsedilen maddeler göz önüne alınarak yapı sisteminin matematik modeli hazırlanır. Yapı sistemi üzerinde performans değerlendirmesi yapabilmek için deprem yükleri matematik modeli hazır olan yapı sistemine 4 farklı doğrultuda (X, -X, Y, -Y) etkililir. 4 farklı doğrultu içinde yapı sisteminin elemanlarının kesitlerinde elde edilen en elverişsiz durumlar göz önüne alınır.

### 3.3.4. Yapı sisteminin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile kapasite eğrisinin belirlenmesi

TBDY 2018' de ifade edilen doğrusal olmayan hesap yöntemleri aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Doğrusal olmayan itme yöntemleri
  - Tek modlu itme yöntemleri
    - ✓ Sabit tek modlu itme yöntemi
    - ✓ Değişken tek modlu itme yöntemi
  - Çok modlu itme yöntemleri
- ZTADOHY

Yukarıda bahsedilen tek modlu itme yöntemleri ve çok modlu itme yöntemleri, artımsal itme analizi ile performans değerlendirilmesi yapılırken kullanılan yöntemlerdir.

Bu tez çalışmasında analizlerde sadece sabit tek modlu itme yöntemi kullanılacağından ötürü sadece bu yöntem açıklanacaktır.

### 3.3.4.1. Sabit tek modlu itme yöntemi ile yapı sisteminin kapasitesinin belirlenmesi

Sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizinin temel amacı, bir yapı sisteminin deprem doğrultusunda birinci mod şekli ile orantılı bir şekilde depremin istediği sınıra kadar monotonik olarak adım adım eşdeğer deprem yükleri artırılarak yapı sistemine ait kapasite eğrisinin elde edilmesidir. Bu kapsamda düşey yük analizini takip eden her bir itme adımında yapı sistemine ait iç kuvvet, şekil değiştirme ve yer değiştirme sonuçları ile bu değerlere ait toplam sonuçlar ve son adımda depremin istediği sınıra karşı gelen en büyük sonuçlar bulunur.

Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bina yükseklik sınıfı (BYS)  $\geq 5$  olmalıdır.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite alınmaz.)
- Doğrusal davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.
- Ayrıca yapı sisteminde ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması gerektiği durumlarda sabit tek modlu itme yönteminin kullanılması tavsiye edilmez.

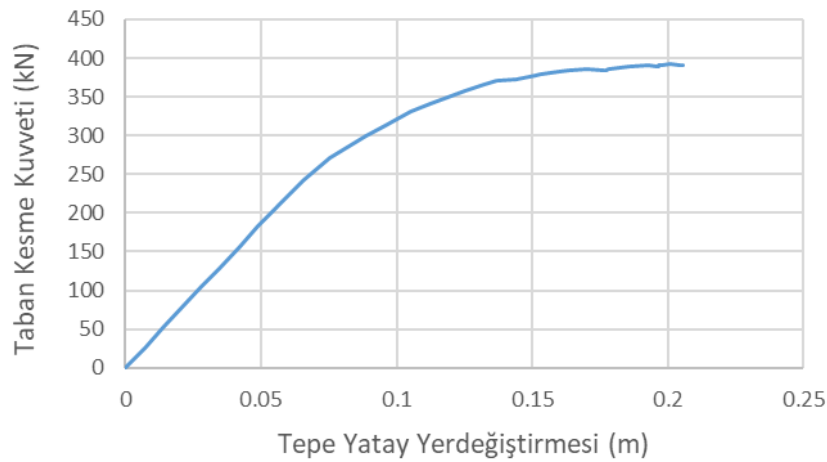
Sabit tek modlu itme analizinde, yapı sisteminde oluşan plastik mafsallardan bağımsız olarak EDYD' nın sabit kaldığı varsayılır. Bu durumda yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu dikkate alınan deprem doğrultusundaki birinci mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir. Çizelge 3.4.' de EDYD' nı belirlemek için kullanılan değişkenler ve hesap adımları verilmiştir.

Çizelge 3.4. EDYD' nın hesaplanması

| 1      | 2           | 3                    | 4           | 5                                     |
|--------|-------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|
| Kat No | Kat Kütlesi | 1. Mod Şekli Genliği | 2*3         | EDYD                                  |
| 1      | $M_1$       | $u_1$                | $M_1 * u_1$ | $P_1 = (M_1 * u_1) / (M_7 * u_7)$     |
| 2      | $M_2$       | $u_2$                | $M_2 * u_2$ | $P_2 = (M_2 * u_2) / (M_7 * u_7)$     |
| 3      | $M_3$       | $u_3$                | $M_3 * u_3$ | $P_3 = (M_3 * u_3) / (M_7 * u_7)$     |
| 4      | $M_4$       | $u_4$                | $M_4 * u_4$ | $P_4 = (M_4 * u_4) / (M_7 * u_7)$     |
| 5      | $M_5$       | $u_5$                | $M_5 * u_5$ | $P_5 = (M_5 * u_5) / (M_7 * u_7)$     |
| 6      | $M_6$       | $u_6$                | $M_6 * u_6$ | $P_6 = (M_6 * u_6) / (M_7 * u_7)$     |
| 7      | $M_7$       | $u_7$                | $M_7 * u_7$ | $P_7 = (M_7 * u_7) / (M_7 * u_7) = 1$ |

Çizelge 3.4.' e göre belirlenen EDYD her katın kütle merkezine eksantrisite uygulanmadan tanımlanmaktadır.

Yukarıda ifade edilen yük dağılımına göre matematik modeli hazır olan yapı sistemine yapılan artımsal itme analizi sonucu koordinatları taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi olan kapasite eğrisi elde edilir. Tepe yer değiştirmesi, yapı sisteminin en üst katının kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda meydana gelen yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise göz önüne alınan deprem doğrultusundaki her itme adımında eşdeğer deprem yüklerinin toplamıdır. Şekil 3.7.' de sabit tek modlu itme analizi yapılmış bir yapı sisteminin kapasite eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Sabit tek modlu itme analizi yapılmış bir yapı sisteminin kapasite eğrisi

Kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılabilmesi için aynı eksen takımında olmaları gerekmektedir. Bu kapsamda koordinatları taban kesme kuvveti – tepe yer

değiştirmesi olan kapasite eğrisinin koordinatları, modal ivme – modal yer değiştirme olacak şekilde değiştirilir. Bu koordinat dđnüşümünün nasıl yapıldığı aşağıda sırasıyla denklem (3.2) ve denklem (3.3) de verilmiştir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.2)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.3)$$

### 3.4. Yapı Sistemine Ait Kapasite ve Talep Eğrilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde yapı sisteminin deprem etkisini temsil eden talep eğrisi ile doğrusal ötesi davranışını temsil eden kapasite eğrisi karşılaştırılacaktır. Bu kapsamda aşağıda takip eden konu başlığında sabit tek modlu itme yöntemine göre kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılmasından bahsedilecektir.

#### 3.4.1. Sabit tek modlu itme yöntemine göre kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılması

Yapı sisteminin deprem etkisini temsil eden talep eğrisi ile doğrusal ötesi davranışını temsil eden kapasite eğrisi aynı eksen takımına dđnüşürülür ve bu iki eğri birbirleriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir.

Aşağıda TBDY 2018' de eşit yer değiştirme kuralına göre elasto – plastik yer değiştirmenin nasıl bulunduğu aşağıda anlatılmıştır.

$S_{di1}$ ,  $S_{de1}$  bağlı olarak denklem (3.4) ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.4)$$

$S_{de1}$  ise  $S_{ae1}$  ve  $\omega$ , bağlı olarak denklem (3.5) ile elde edilir.

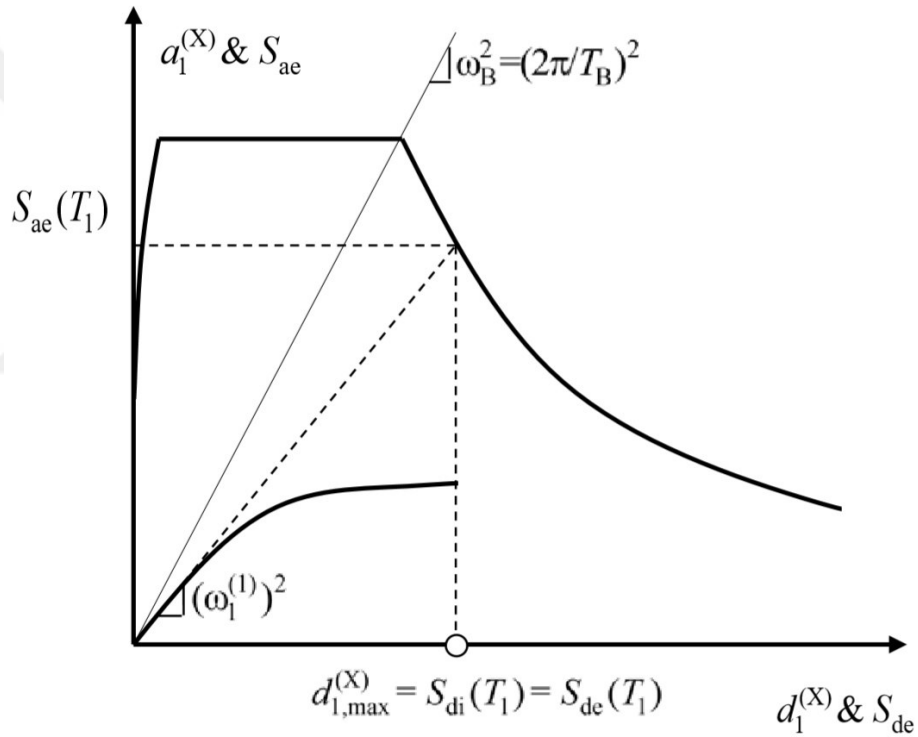
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.5)$$

Denklem (3.4)' de ifade edilen  $C_{R1}$ , başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ ' e bağlı olarak 2 farklı yolla belirlenir.

1. Eğer başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ , zemin ve deprem parametresine bağlı olarak değişkenlik gösteren  $T_B$  köşe periyodundan daha büyükse  $C_{R1}$ , denklem (3.6)' dan elde edilir.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.6)$$

Şekil 3.8.' de  $T_1^{(1)} > T_B$  durumu için doğrusal olmayan spektral yer değiştirmenin nasıl belirlendiği gösterilmiştir.



Şekil 3.8.  $T_1^{(1)} > T_B$  durumu

2. Eğer başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ , zemin ve deprem parametresine bağlı olarak değişkenlik gösteren  $T_B$  köşe periyoduna eşit veya daha küçükse  $C_{R1}$ , ardışık yaklaşımla aşağıdaki maddeler uygulanarak hesaplanır.
- Artımsal itme analizi sonucu belirlenen kapasite eğrisi Şekil 3.9.' da ki gibi iki doğrulu bir eğriye dönüştürülür. Bu dönüştürülen iki doğrulu eğrinin başlangıç eğimi, artımsal itme analizinin ilk adımındaki hakim moda ait değerle ( $T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$ ) eşit alınır.

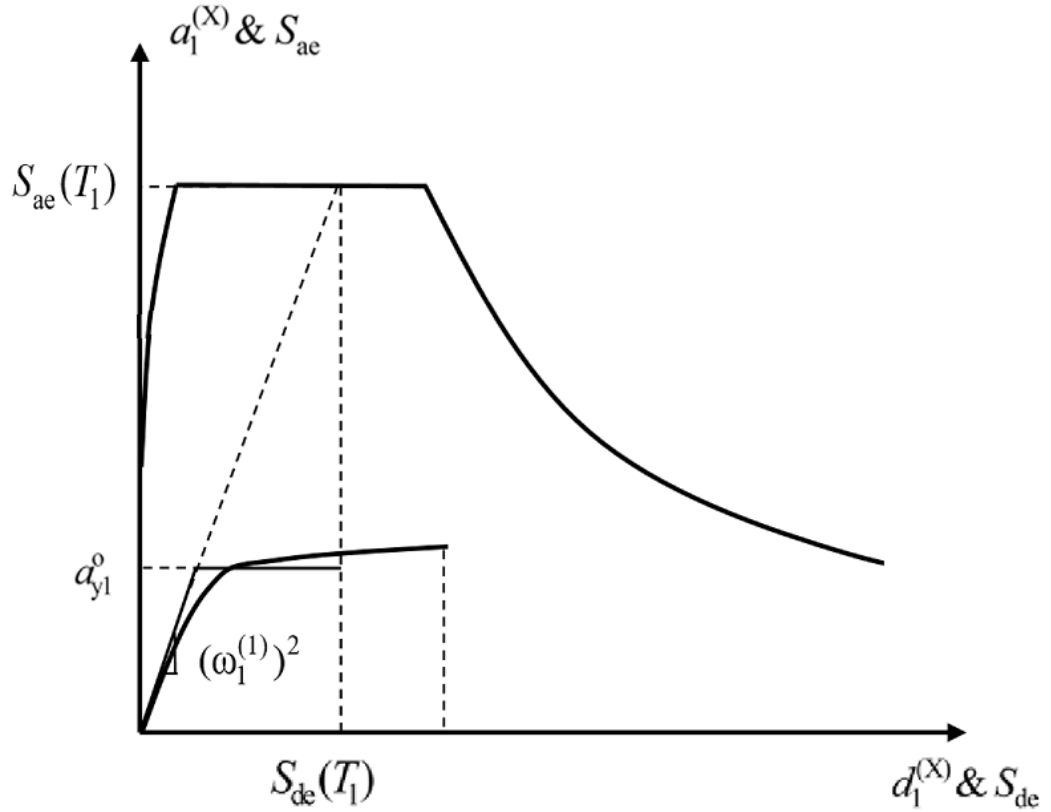
- Ardışık yaklaşımın ilk adımında  $C_{R1} = 1$  kabulü yapılır ve eşdeğer akma noktasının eksenleri eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.9.' da gösterilen  $a_{y1}^{(0)}$  esas alınarak  $C_{R1}$  denklem (3.7)' deki gibi tanımlanır.

$$C_{R1} = \frac{1+(R_{y1}-1)T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.7)$$

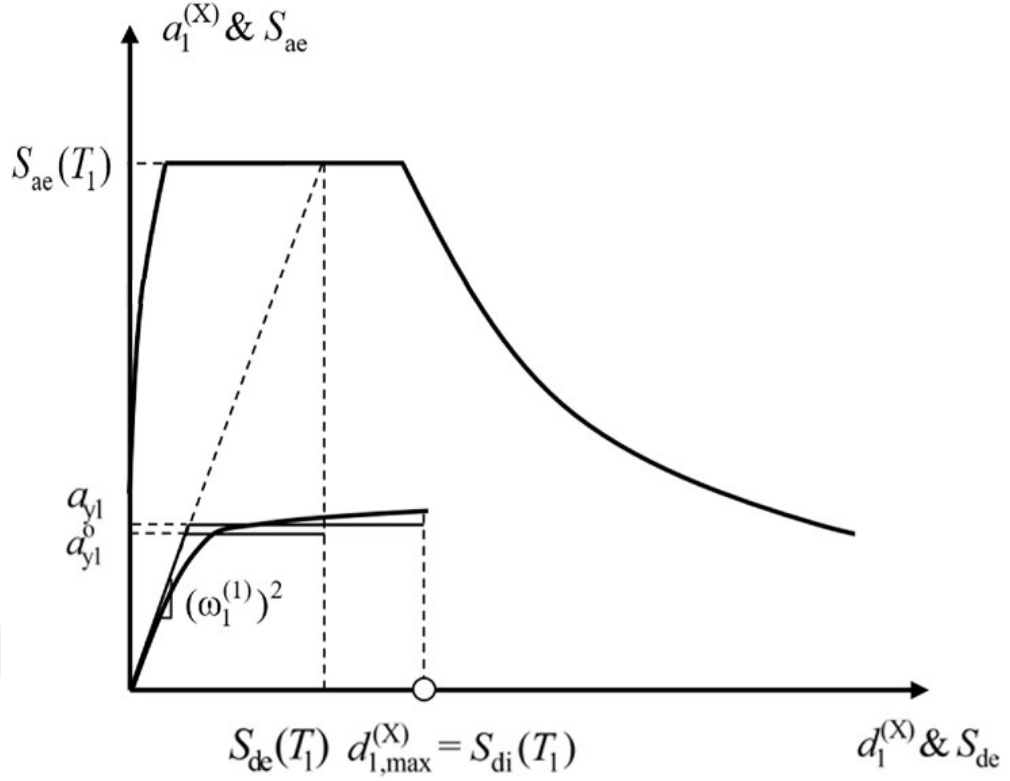
Denklem (3.7)' deki  $R_{y1}$ , denklem (3.8) ile tanımlanır.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.8)$$

- Denklem (3.7)' den bulunan  $C_{R1}$  kullanılarak denklem (3.4)' e göre hesaplanan  $S_{d1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının eksenleri, Şekil 3.10.' da gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  değerleri tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçlar birbirine yaklaştığı anda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 3.9.  $T_1^{(1)} \leq T_B$  durumu



Şekil 3.10.  $T_1^{(1)} \leq T_B$  durumu

Böylelikle  $S_{di1}$  belirlenir.  $S_{di1}$  değerinden hareketle tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$ , denklem (3.9) ile uzunluk (mm, cm, m vb.) cinsinden bulunur.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.9)$$

Deprem doğrultusunda birinci moda ait  $\Gamma_{x1}$ , denklem (3.10)' dan yararlanılarak bulunur.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.10)$$

Denklem (3.10)' da ifade edilen  $L_{x1}$  denklem (3.11)' den ve  $M_1$  parametresi ise denklem (3.12)' den bulunur.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad (3.11)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin}^2 \quad (3.12)$$

Tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$ , yapı sisteminin performans noktasıdır. Bulunan bu performans noktasına kadar yapı sistemi itilir ve bu performans noktasında yapı sisteminde oluşan Şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler ve iç kuvvetler belirlenir. Belirlenen Şekil değiştirme istemlerinden elaman kesitlerindeki plastik eğrilikler elde edilir. Elde edilen plastik ve elastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilikler bulunur. Eleman kesitlerindeki toplam eğriliklerden hareketle donatı ve betonun birim Şekil değiştirmesi elde edilir. Elde edilen birim Şekil değiştirmelerden eleman kesitlerindeki hasar seviyelerine geçilir ve elemanın hasar durumu belirlenir. Elemanın hasar durumundan hareketle de yapı sistemi üzerinde performans değerlendirilmesi yapılır.

$S_{dil}$ ' nin denklem (3.4)' e göre hesabı aşağıda ifade edilen durumlarda geçerli değildir. Bunlar;

- Yapı sistemine en yakın fay hattının uzaklığının 15 km' den daha az olması durumunda TBDY 2018'e göre seçilerek ölçeklendirilmiş yakın-saha deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında hesap yapılmalıdır.
- Yapı sisteminde ikinci mertebe etkisinden dolayı kapasite eğrisinin akma sonrasındaki eğiminin negatif olması durumunda TBDY 2018'e göre seçilerek ölçeklendirilmiş yakın-saha deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında hesap yapılmalıdır.

### 3.4.2. Yapı sistemine ait elamanların kesitlerindeki toplam eğriliklerin belirlenmesi

Artımsal itme analizi ile yapı sisteminin performans noktasındaki iç kuvvet, yer değiştirme ve Şekil değiştirme istemleri belirlenir. Performans noktasında yapı sisteminin eleman kesitlerindeki Şekil değiştirmelerden hareketle plastik dönmeler  $\theta_p$  belirlenir. Plastik dönmelerden, plastik eğriliklerin elde edilebilmesi için denklem (3.13)' den faydalanılır.

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.13)$$

$L_p$  plastik mafsal boyunu ifade eder ve denklem (3.14) ile tanımlanır. Denklem (3.14)' de ifade edilen h, elemanın deprem doğrultusunda zorlanan kesitinin boyutudur.

$$L_p = 0.5h \quad (3.14)$$



Yapı sisteminde plastik mafsal özellikleri belirlenen kesitlerin, performans noktasında eksenel yükleri dikkate alınarak moment – eğrilik ilişkileri belirlenir. Moment – eğrilik ilişkileri belirlenen elemanların akma eğrilikleri  $\Phi_y$  bulunur. Akma eğrilikleri ile plastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilikler  $\Phi_t$  denklem (3.15)' e göre belirlenir.

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (3.15)$$

Böylelikle eleman kesitinin performans noktasındaki eksenel yükü dikkate alınarak belirlenen moment – eğrilik ilişkisine göre toplam eğrilik istemine karşı gelen betonun ve çeliğin birim şekil değiştirme istemleri bulunur. Bu birim şekil değiştirme istemlerinden hareketle kesit hasar sınırları belirlenir. Kesit hasar sınırlarından hareketle ise elemanın hasar sınırı belirlenir (Eleman hasar sınırı, en fazla hasar gören kesite göre belirlenir.). Böylelikle eleman hasar sınırı belirlenen yapı sisteminin performans değerlendirilmesi yapılır.

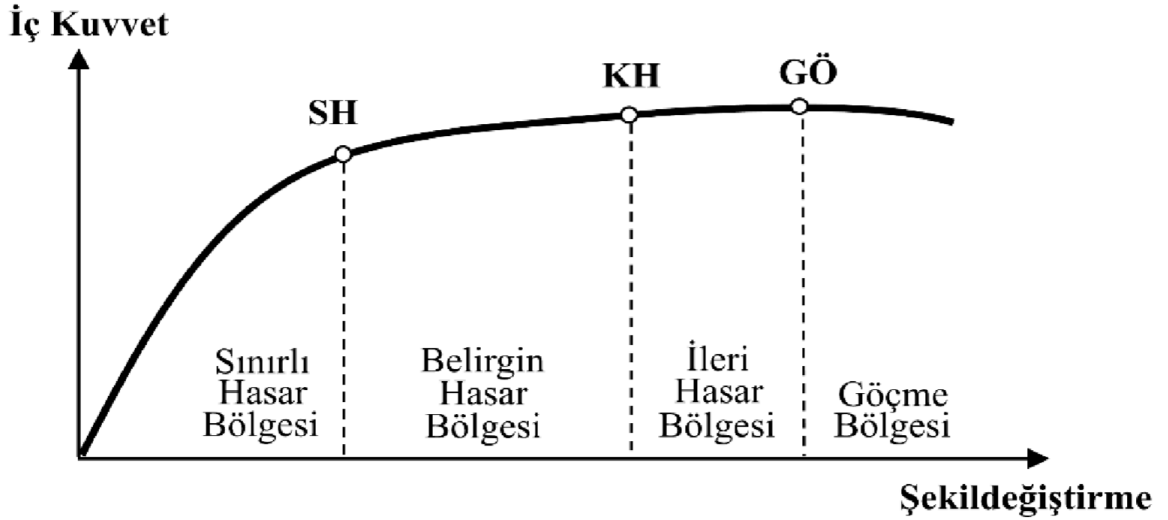
### 3.4.3. Yapı sistemine ait elemanların kesit birim şekil değiştirme ve plastik dönme sınırları

TBDY 2018' de kesit düzeyinde sünek yapı elemanları için üç sınır durum tanımlanır. Bunlar;

- Göçme öncesi hasar (GÖ)
- Kontrollü hasar (KH)
- Sınırlı hasar (SH)' dir.

Sınırlı hasar kritik kesitte doğrusal olmayan davranışın başlangıcını ifade ederken kontrollü hasar kritik kesitin dayanımını güvenli bir şekilde sağlayabileceği doğrusal olmayan davranışın sınırını ifade eder. Göçme öncesi hasar ise kritik kesitin göçme öncesi doğrusal olmayan davranışının sınırını ifade eder. Yapı sisteminde gevrek bir şekilde hasar gören elemanlar için yukarıda belirtilen sınıflandırma geçerli değildir.

Yukarıda belirtilen hasar sınırlarından hareketle kesit hasar bölgeleri belirlenir. Buna göre kritik kesitlerinin hasarı, SH geçemeyen elemanlar sınırlı hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı, SH ile KH arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, kritik kesitlerinin hasarı, GÖ geçen elemanlar ise göçme bölgesinde yer alırlar. Şekil 3.11.' de yukarıda ifade edilen hasar bölgeleri ve hasar sınırları gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Kesit hasar bölgeleri ve hasar sınırları

Yukarıda ifade edilen kesit hasar sınırları, TBDY 2018’ de donatı çeliği ve beton için şekil değişime değerleri ile plastik dönme değerlerine bağlı olarak belirlenir. Bu doğrultuda TBDY 2018’ de donatı çeliği ve beton şekil değiştirmesi ile plastik dönme değeri için performans düzeylerine göre verilen üst sınırlar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

- Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için üst sınırlar (Yayıllı plastik davranış için geçerli) ;
  - Dikdörtgen kesitlerde beton birim kısalması için üst sınır denklem (3.16)’ da verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.16)$$

- Dairesel kesitlerde beton birim kısalması için üst sınır denklem (3.17)’ de verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.17)$$

Denklem (3.16) ve (3.17)’ de ifade edilen ilk terim sargısız betonun birim kısalmasına karşı gelirken  $\omega_{we}$  değeri denklem (3.18)’e göre bulunur.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.18)$$

Dikdörtgen sargı donatısı için.  $\alpha_{se}$  ve  $\rho_{sh}$  sırasıyla denklem (3.19) ve (3.20) ile bulunur.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad (3.19)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.20)$$

Dairesel sargı donatısının etkinlik kat sayısı  $\alpha_{se}$  ve dairesel enine donatı oranı  $\rho_{sh}$  sırasıyla denklem (3.21) ve (3.22)' ye göre bulunur.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n \quad (3.21)$$

$$\rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{D s} \quad (3.22)$$

- Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırı denklem (3.23)' de verilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4 \varepsilon_{su} \quad (3.23)$$

- Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için üst sınır denklem (3.24) de verilmiştir (Yığılı plastik davranış için geçerli) ;

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} [ (\Phi_u - \Phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5 \Phi_u d_b ] \quad (3.24)$$

- Kontrollü hasar performans düzeyi için üst sınırlar sırasıyla denklem (3.25), (3.26) ve (3.27)' de verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)} \quad (3.25)$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (3.26)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (3.27)$$

- Sınırlı hasar performans düzeyi için üst sınırlar sırasıyla denklem (3.28), (3.29) ve (3.30)' da verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad (3.28)$$

$$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (3.29)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0.00 \quad (3.30)$$

Mevcut yapı sistemlerinde eğer boyuna donatılar nervürsüz olarak düzenlenmiş ise donatı çeliği için birim şekil değiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1.5 ile çarpılarak arttırılır.

Mevcut yapı sistemlerinde şekil değiştirme hesabı yapılan kesitin kesme kuvveti oranı  $V_e / (b_w d f_{ctm}) < 0.65$  ise yukarıda verilen şekil değiştirme üst sınırları geçerlidir. Eğer kesme kuvveti oranı 1.30' dan büyükse yukarıda verilen şekil değiştirme üst sınırları 0.50 ile çarpılarak azaltılacaktır. Kesme kuvveti oranının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.

#### **3.4.4. Yapı sistemine ait elemanların gevrek eleman olup olmadığının belirlenmesi**

Bu çalışmada ele alınan yapı sistemlerinin tasarımı yüksek sünek kriterlerini sağlayacak şekilde yapılmıştır. Bu yüzden ele alınan yapı sistemlerinin performans değerlendirmesi yapılırken tüm elemanlar gevrek olarak hasar görmemektedir.

#### **3.4.5. Yapı sistemine ait elemanların hasar durumlarının belirlenmesi**

Yapı sisteminde sabit tek modlu itme analizi sonucu belirlenen performans noktasına göre eleman kesitlerinin toplam eğrilikleri belirlenir. Bu toplam eğriliklerden hareketle donatı çeliğinin ve betonun şekil değiştirme istemleri moment – eğrilik ilişkisine göre belirlenir. Belirlenen donatı çeliğinin ve betonun şekil değiştirme istemleri ile plastik dönme değerleri de dikkate alınarak yukarıda belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu yapı sistemlerinin elemanlarının kesitlerindeki hasar durumları belirlenir. Eleman hasar durumu ise 4 doğrultuda (X, -X, Y, -Y) yapılan analizler sonucu en olumsuz sonuç veren kesite göre belirlenir.

### **3.5. Yapı Sistemine Ait Hedef Performansın Sağlanıp Sağlanmadığının Belirlenmesi**

Yapı sistemlerinin deprem performansı, dikkate alınan deprem yükleri altında yapı sistemindeki elemanlarda oluşması beklenen hasar durumları ile ilişkilidir. Bu doğrultuda yukarıda anlatılanlar dikkate alınarak yapı sistemindeki elemanların hasar durumları belirlenir. Eleman hasar durumlarından hareketle ise yapı sisteminin deprem performans düzeyi belirlenir. Bu doğrultuda TBDY 2018' de mevcut yapı sistemleri için 3 farklı performans düzeyinden bahsedilmiştir. Bunlar;

- Sınırlı hasar performans düzeyi
- Kontrollü hasar performans düzeyi
- Göçmenin önlenmesi performans düzeyidir.

#### **3.5.1. Mevcut yapı sistemlerinde sınırlı hasar performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20' lik kısmı belirgin hasar bölgesine geçebilir, fakat diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tümü sınırlı hasar bölgesinde olmak zorundadır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmelidir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin sınırlı hasar performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

#### **3.5.2. Mevcut yapı sistemlerinde kontrollü hasar performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %35' lik kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir, fakat burada belirtilen kirişlere, ikincil kirişler dahil değildir. Ayrıca herhangi bir katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm düşey elemanların toplam kesme kuvvetine oranı %20' nin altında olacaktır ve en üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların toplam kesme kuvvetinin en üst kattaki tüm düşey elemanların toplam kesme kuvvetine oranı %40' ın altında olacaktır. Ayrıca herhangi bir katta alt ve üst kesitleri belirgin hasar sınırını aşmış olan düşey elemanların taşıyacağı toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm düşey elemanların toplam kesme kuvvetine oranı %30' un altında olmalıdır. Diğer tüm

taşıyıcı elemanlar sınırlı veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanlar güçlendirilmelidir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

### **3.5.3. Mevcut yapı sistemlerinde göçmenin önlenmesi performans düzeyi**

Yapı sisteminde 4 farklı deprem doğrultusu (X, -X, Y, -Y) için yapılan hesaplar sonucunda herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20' lik kısmı göçme bölgesine geçebilir, fakat burada belirtilen kirişlere, ikincil kirişler dahil değildir. Ayrıca herhangi bir katta alt ve üst kesitleri belirgin hasar sınırını aşmış olan düşey elemanların taşıyacağı toplam kesme kuvvetinin dikkate alınan kattaki tüm düşey elemanların toplam kesme kuvvetine oranı %30' un altında olmalıdır. Diğer tüm taşıyıcı elemanlar sınırlı, belirgin veya ileri hasar bölgesinde olmalıdır. Ayrıca gevrek olarak hasar gören elemanların göçme bölgesinde olduğu kabul edilir. Eğer bu şartların hepsi sağlanıyorsa yapı sisteminin göçmenin önlenmesi performans düzeyinde olduğu kabul edilir. Yapı sisteminin mevcut durumda kullanımı sakıncalıdır.

### **3.5.4. Mevcut yapı sistemlerinde göçme durumu**

Yapı sistemi göçmenin önlenmesi performans düzeyi şartlarını sağlamıyorsa göçme durumundadır. Yapı sisteminin mevcut durumda kullanımı sakıncalıdır.

#### 4. FARKLI KAT SAYILARINA SAHİP HER İKİ YÖNDE DE TEK AÇIKLIKLI MEVCUT BETONARME YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Bu konu başlığı altında ilk olarak TS 500 ve DBYBHY 2007' ye göre farklı kat sayılarına sahip her iki yönde de tek açıklıklı betonarme taşıyıcı sistemlerin tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan bu taşıyıcı sistemler mevcut bir taşıyıcı sistem olarak varsayılmıştır. Bu doğrultuda tasarımı yapılan betonarme taşıyıcı sistemlerin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizleri yapılmış ve bulunan sonuçlar kendi içinde kıyaslanmıştır. Sonra tasarımı yapılan betonarme taşıyıcı sistemlerin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizleri yapılmış ve bulunan sonuçlar kendi içinde kıyaslanmıştır. Son olarak da hem DBYBHY 2007' ye hem de TBDY 2018' e göre bulunan sonuçlar arasında kıyaslama yapılmıştır.

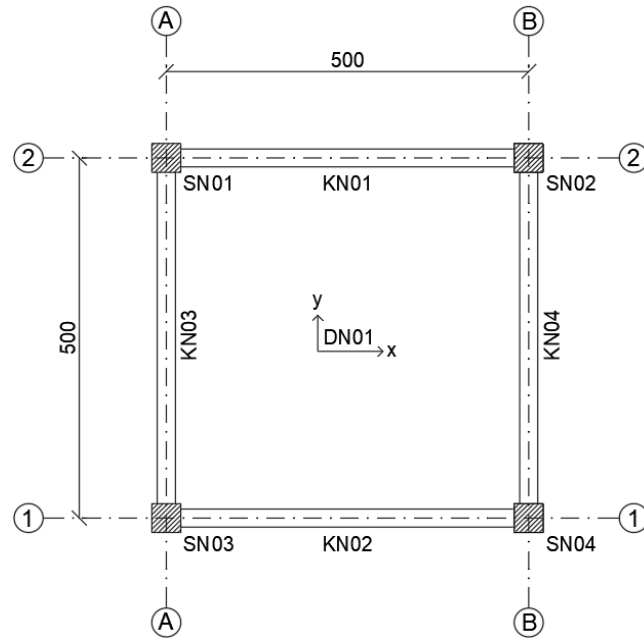
#### 4.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması

##### 4.1.1. Taşıyıcı sistem özellikleri

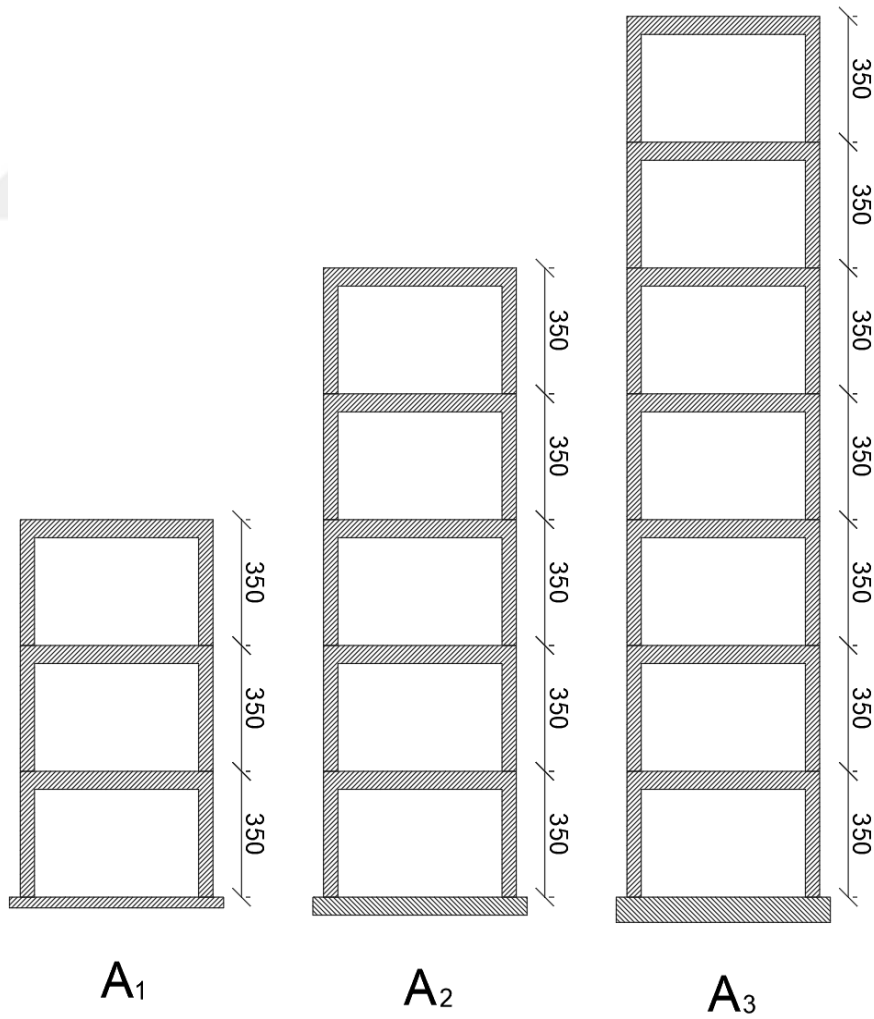
Çalışmaya konu olan yapı sistemlerinin genel özellikleri Çizelge 4.1.' de, tipik kat planları Şekil 4.1.' de ve bina tipi kesitleri ise Şekil 4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yapı sistemlerinin genel özellikleri

| Bina Tipi      | Kat Sayısı | Taşıyıcı Sistem Tipi |
|----------------|------------|----------------------|
| A <sub>1</sub> | 3          | Çerçeve Sistem       |
| A <sub>2</sub> | 5          | Çerçeve Sistem       |
| A <sub>3</sub> | 7          | Çerçeve Sistem       |



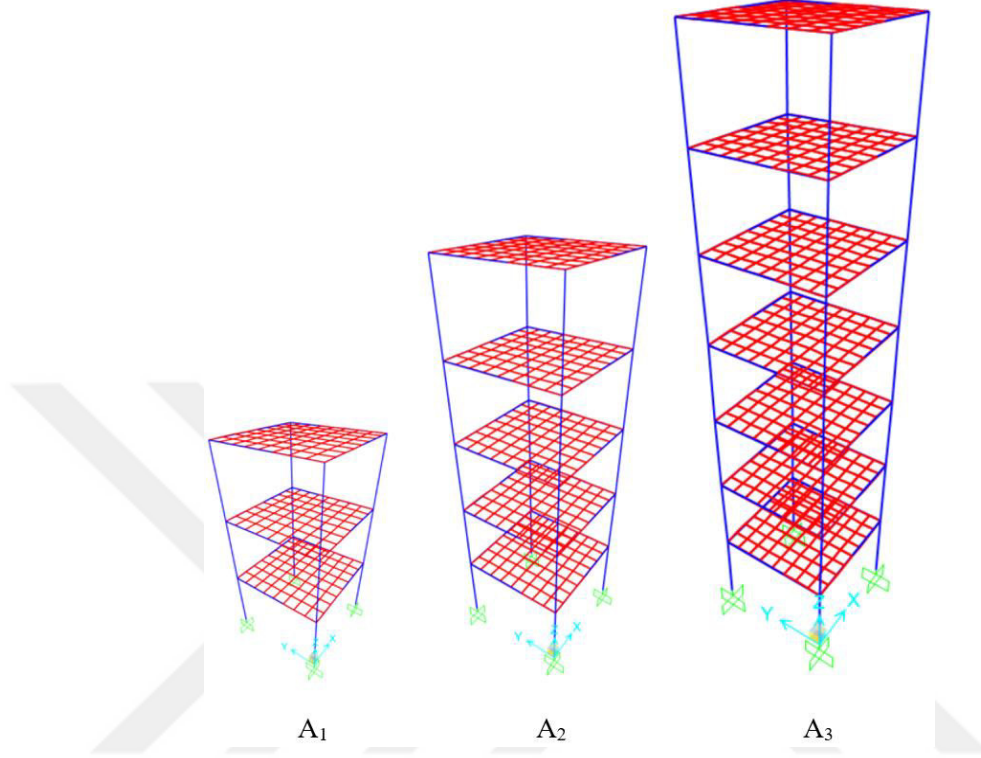
Şekil 4.1. Tipik kat planları



Şekil 4.2. Bina tipi kesitleri



Tüm yapı sistemleri için, her iki yönde de aks aralıkları 500 cm ve kat yükseklikleri 350 cm' dir. Çalışmaya konu olan bina tiplerinin 3 boyutlu görünüşleri aşağıda Şekil 4.3.' de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Bina tiplerinin 3 boyutlu görünüşleri

#### 4.1.2. Malzeme özellikleri

Çalışmaya konu olan betonarme taşıyıcı sistemlerin tasarımında C30 beton ve S420a donatı çeliği kullanılmıştır. Bu malzemelerin TS 500' e göre mekanik özellikleri sırasıyla Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. C30 betonun mekanik özellikleri

| Beton Sınıfı | Karakteristik Basınç Dayanımı, $f_{ck}$ (Mpa) | Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı (Mpa) | Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, $f_{ctk}$ (Mpa) | 28 Günlük Elastisite Modülü, $E_c$ (Mpa) |
|--------------|---|--|---|--|
| C30          | 30  | 37   | 1,9   | 32000                                    |

Çizelge 4.3. S420a donatı çeliğinin mekanik özellikleri

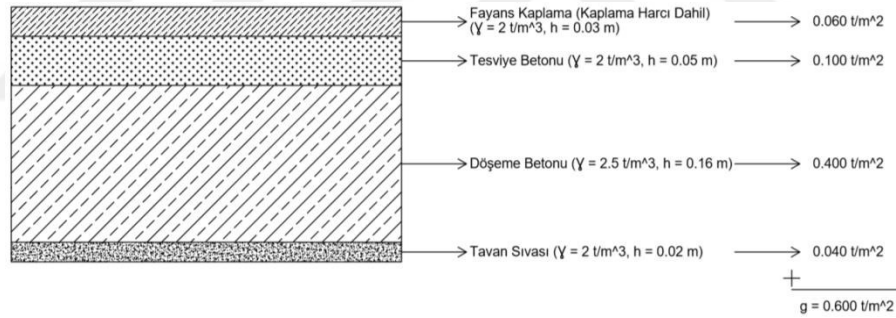
| Donatı Sınıfı | Minimum Akma Dayanımı, $f_{yk}$ (Mpa) | Minimum Kopma Dayanımı, $f_{su}$ (Mpa) | $\varnothing \leq 32$ için Minimum Kopma Uzaması, $\epsilon_{su}$ (%) | $32 < \varnothing \leq 50$ için Minimum Kopma Uzaması, $\epsilon_{su}$ (%) | Elastisite Modülü, $E_s$ (Mpa) |
|---------------|---------------------------------------|--|---|--|--------------------------------|
| S420a         | 420                                   | 500                                    | 12  | 10   | 200000                         |

#### 4.1.3. Deprem karakteristikleri

Tüm yapı sistemlerinin Konya ili Akşehir ilçesinin merkezinde olduğu varsayılmıştır. Bu doğrultuda DBYBHY 2007 ve TS 500'e göre tasarlanan betonarme taşıyıcı sistem modellerinde; bina önem katsayısı  $I = 1$ , hareketli yük katılım katsayısı  $n = 0.30$ , etkin yer ivmesi katsayısı  $A_0 = 0.40$ , yapı davranış katsayısı  $R = 8$  (x ve y yönlerinin her ikisi içinde), yerel zemin sınıfı  $Z_2$ , spektrum karakteristik periyotları da  $T_A = 0.15$  s,  $T_B = 0.40$  s olarak alınmıştır.

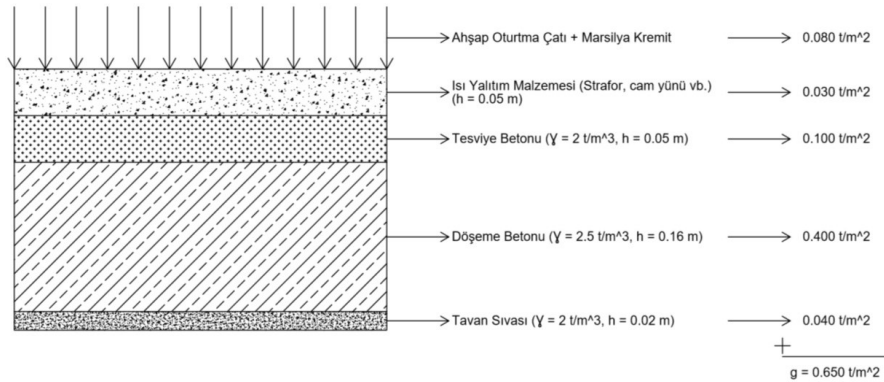
#### 4.1.4. Boyutlandırmada esas alınan yükler

Çalışmaya konu olan tüm yapı sistemler için, normal kat döşemelerine etkiyen zati yükler Şekil 4.4.' de, çatı katı döşemelerine etkiyen zati yükler Şekil 4.5.' de ve normal kat kirişlerine etkiyen duvar yükü de Şekil 4.6.' da gösterilmiştir. Çatı katı kirişleri için duvar yükü alınmamıştır.



Şekil 4.4. Normal kat döşemelerine etkiyen zati yükler

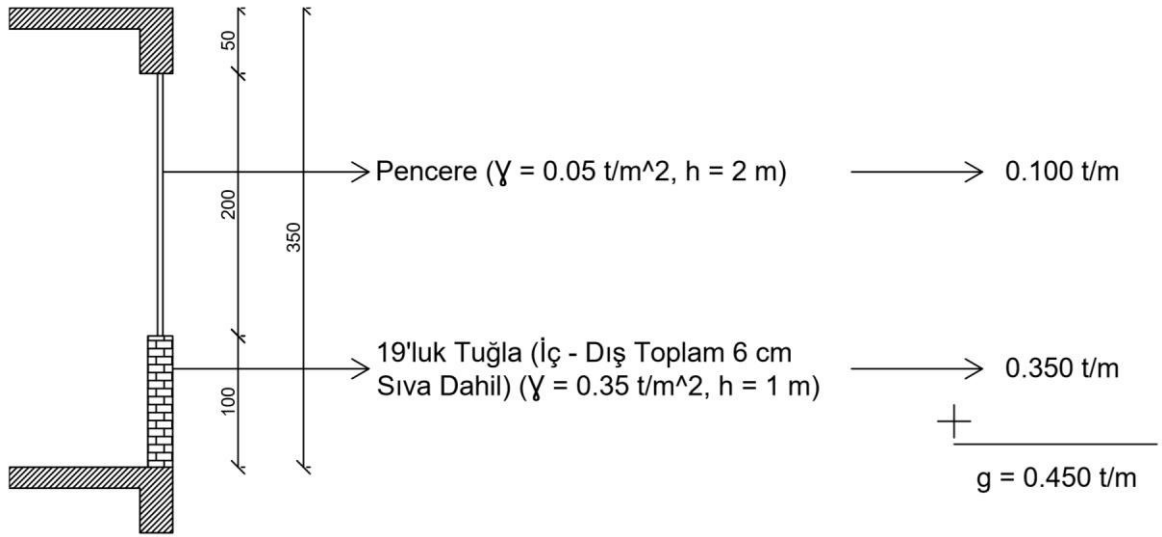
Normal kat döşemesi için hareketli yük:  $0.35$  t/m<sup>2</sup> alınmıştır.



Şekil 4.5. Çatı katı döşemelerine etkiyen zati yükler

TS 498' e göre Konya ili Akşehir ilçesi 2. dereceden iklim bölgesidir. Konya ili Akşehir ilçesinin rakımı 1050 metredir. Rakım 1000 metreden büyük olduğu için zati kar yükü % 10 artırılabacaktır. Bu bilgiler ışığında, TS 498' de verilen zati kar yükü değerlerine göre Konya ili Akşehir ilçesi için zati kar yükü  $P_{ko} = 105 \times (1 + 0.1) = 115.5 \text{ kg/m}^2$ ' dir. TS 498' e göre kar yükü hesap değeri  $P_k = m \times P_{ko}$ ' dir. m, çatı eğimine bağlı azaltma katsayısıdır. Mimari bilgilere göre çatı eğimi % 30 alınmıştır. % 30 çatı eğimi için  $m = 1$ ,  $P_k = 1 \times 115.5 = 115.5 \text{ kg/m}^2$ ' dir. Buna göre;

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Çatı katı döşemesi için hareketli yük        | : 0.15 t/m <sup>2</sup> ' dir.       |
| Çatı katı döşemesi için kar yükü             | : 0.116 t/m <sup>2</sup> ' dir.      |
| Çatı katı döşemesi için toplam hareketli yük | : 0.266 t/m <sup>2</sup> alınmıştır. |



Şekil 4.6. Normal kat kirişlerine etkiyen duvar yükü

#### 4.1.5. Taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılması ve elemanların kesit özelliklerinin belirlenmesi

Tüm yapı sistemleri için kolonlar 40x40 cm, kirişler 25x50 cm boyutlarında ve döşemeler 16 cm kalınlığında seçilmiştir. Kolonlar ve kirişlerde pas payı 5 cm, döşemelerde 2 cm seçilmiştir. Tüm yapı sistemlerinin DBYBHY 2007 ve TS 500' e göre tasarımı ideCAD Statik programı yardımıyla yapılmıştır. Tasarlanan kolonların kesit özellikleri Çizelge 4.4.' de, kirişlerin kesit özellikleri Çizelge 4.5.' de ve kiriş tipleri ise Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kolonların kesit özellikleri

| Bina Tipi  | Kolon                          | Boyut (cm) | Düşey Donatı | Yatay Donatı | Boyuna Donatı Oranı |
|--|--------------------------------|------------|--------------|--------------|---------------------|
| A <sub>1</sub><br>A <sub>2</sub><br>A <sub>3</sub> | Yapılardaki<br>Tüm<br>Kolonlar | 40 x 40    | 8Φ16         | Φ8/19/7      | 0.01005             |

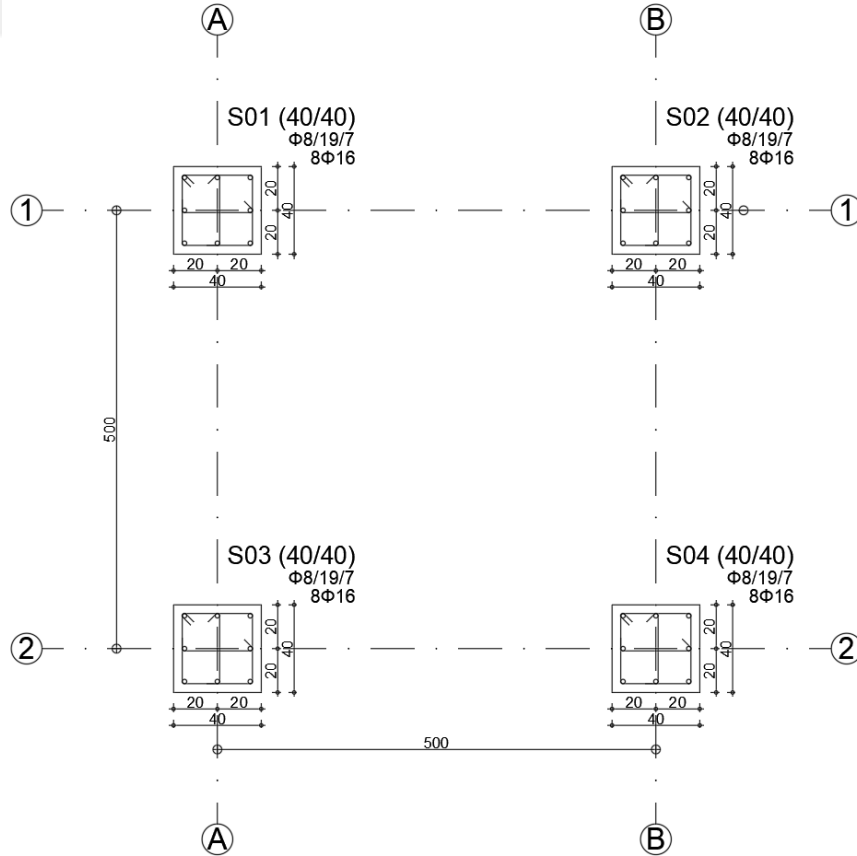
Çizelge 4.5. Kirişlerin kesit özellikleri

| <b>A<sub>1</sub> Tipi Bina</b>                             |        |     |             |         |             |
|--|--------|-----|-------------|---------|-------------|
| Kiriş  | Katlar |     | Sol Mesnet  | Açıklık | Sağ Mesnet  |
| K101 - K102<br>K103 - K104                                 | 1. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ14 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ14 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K201 - K202<br>K203 - K204                                 | 2. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ12 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ12 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| K301 - K302<br>K303 - K304                                 | 3. Kat | Üst | 2Φ12 + 1Φ12 | 2Φ12    | 2Φ12 + 1Φ12 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| NOT : Tüm kat kirişlerinde Φ8/20/10 etriye kullanılmıştır. |        |     |             |         |             |
| <b>A<sub>2</sub> Tipi Bina</b>                             |        |     |             |         |             |
| Kiriş  | Katlar |     | Sol Mesnet  | Açıklık | Sağ Mesnet  |
| K101 - K102<br>K103 - K104                                 | 1. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ16 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ16 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K201 - K202<br>K203 - K204                                 | 2. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ16 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ16 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K301 - K302<br>K303 - K304                                 | 3. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ14 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ14 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K401 - K402<br>K403 - K404                                 | 4. Kat | Üst | 2Φ12 + 1Φ18 | 2Φ12    | 2Φ12 + 1Φ18 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| K501 - K502<br>K503 - K504                                 | 5. Kat | Üst | 2Φ12 + 1Φ12 | 2Φ12    | 2Φ12 + 1Φ12 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| NOT : Tüm kat kirişlerinde Φ8/20/10 etriye kullanılmıştır. |        |     |             |         |             |
| <b>A<sub>3</sub> Tipi Bina</b>                             |        |     |             |         |             |
| Kiriş  | Katlar |     | Sol Mesnet  | Açıklık | Sağ Mesnet  |
| K101 - K102<br>K103 - K104                                 | 1. Kat | Üst | 2Φ12 + 4Φ14 | 2Φ12    | 2Φ12 + 4Φ14 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ14 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ14 |
| K201 - K202<br>K203 - K204                                 | 2. Kat | Üst | 2Φ12 + 4Φ14 | 2Φ12    | 2Φ12 + 4Φ14 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K301 - K302<br>K303 - K304                                 | 3. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ16 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ16 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K401 - K402<br>K403 - K404                                 | 4. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ14 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ14 |
|  |        | Alt | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12    | 3Φ12 + 1Φ12 |
| K501 - K502<br>K503 - K504                                 | 5. Kat | Üst | 2Φ12 + 3Φ12 | 2Φ12    | 2Φ12 + 3Φ12 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| K601 - K602<br>K603 - K604                                 | 6. Kat | Üst | 2Φ12 + 1Φ16 | 2Φ12    | 2Φ12 + 1Φ16 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| K701 - K702<br>K703 - K704                                 | 7. Kat | Üst | 2Φ12 + 1Φ12 | 2Φ12    | 2Φ12 + 1Φ12 |
|  |        | Alt | 3Φ12        | 3Φ12    | 3Φ12        |
| NOT : Tüm kat kirişlerinde Φ8/20/10 etriye kullanılmıştır. |        |     |             |         |             |

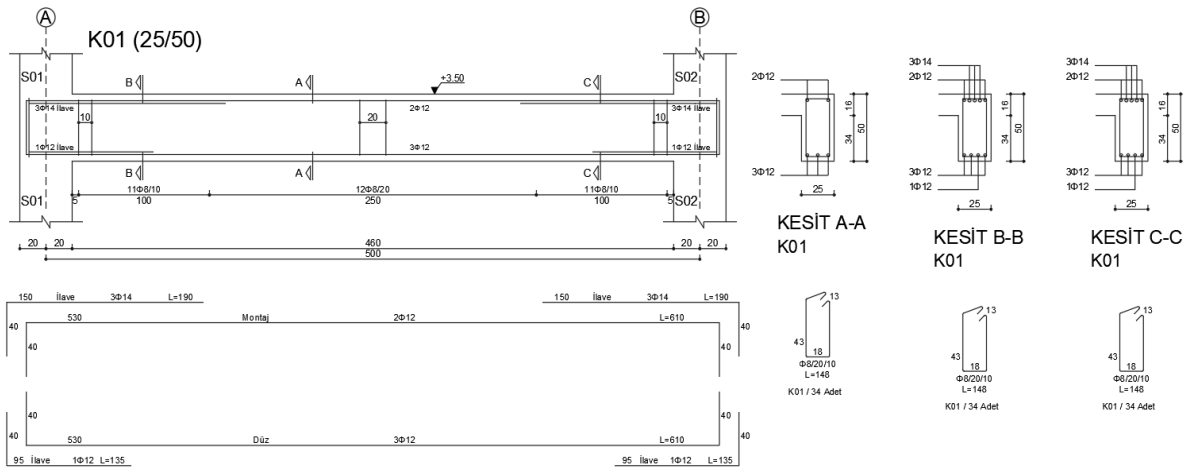
Çizelge 4.6. Kiriş tipleri

| ÖZELLİKLER | Sol Mesnet | Açıklık     | Sağ Mesnet | Bulunduğu Yerler |   |
|------------|------------|-------------|------------|------------------|---|
| TİP 1      | Üst        | 2Φ12 + 3Φ14 | 2Φ12       | 2Φ12 + 3Φ14      | A <sub>1</sub> /1.Kat - A <sub>2</sub> /3.Kat - A <sub>3</sub> /4.Kat |
|            | Alt        | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12       | 3Φ12 + 1Φ12      |   |
| TİP 2      | Üst        | 2Φ12 + 3Φ12 | 2Φ12       | 2Φ12 + 3Φ12      | A <sub>1</sub> /2.Kat - A <sub>3</sub> /5.Kat                         |
|            | Alt        | 3Φ12        | 3Φ12       | 3Φ12             |   |
| TİP 3      | Üst        | 2Φ12 + 1Φ12 | 2Φ12       | 2Φ12 + 1Φ12      | A <sub>1</sub> /3.Kat - A <sub>2</sub> /5.Kat - A <sub>3</sub> /7.Kat |
|            | Alt        | 3Φ12        | 3Φ12       | 3Φ12             |   |
| TİP 4      | Üst        | 2Φ12 + 3Φ16 | 2Φ12       | 2Φ12 + 3Φ16      | A <sub>2</sub> /1.Kat - A <sub>2</sub> /2.Kat - A <sub>3</sub> /3.Kat |
|            | Alt        | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12       | 3Φ12 + 1Φ12      |   |
| TİP 5      | Üst        | 2Φ12 + 1Φ18 | 2Φ12       | 2Φ12 + 1Φ18      | A <sub>2</sub> /4.Kat   |
|            | Alt        | 3Φ12        | 3Φ12       | 3Φ12             |   |
| TİP 6      | Üst        | 2Φ12 + 4Φ14 | 2Φ12       | 2Φ12 + 4Φ14      | A <sub>3</sub> /1.Kat   |
|            | Alt        | 3Φ12 + 1Φ14 | 3Φ12       | 3Φ12 + 1Φ14      |   |
| TİP 7      | Üst        | 2Φ12 + 4Φ14 | 2Φ12       | 2Φ12 + 4Φ14      | A <sub>3</sub> /2.Kat   |
|            | Alt        | 3Φ12 + 1Φ12 | 3Φ12       | 3Φ12 + 1Φ12      |   |
| TİP 8      | Üst        | 2Φ12 + 1Φ16 | 2Φ12       | 2Φ12 + 1Φ16      | A <sub>3</sub> /6.Kat   |
|            | Alt        | 3Φ12        | 3Φ12       | 3Φ12             |   |

Kolon ve kiriş kesitlerindeki donatıların örnek yerleşim düzeni sırasıyla Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.' de verilmiştir.

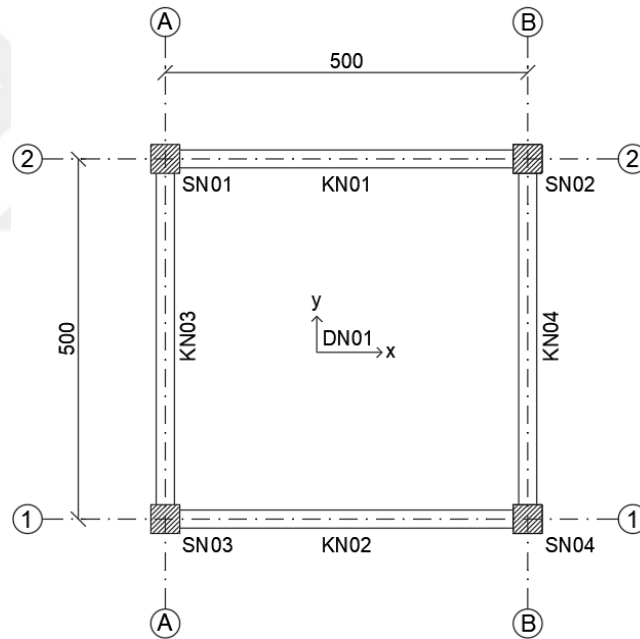


Şekil 4.7. Kolonların donatı düzeni



Şekil 4.8. Kirişlerin donatı düzeni

Yukarıda bahsedilen kolonların ve kirişlerin, kat planlarındaki konumlarının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Şekil 4.9.' da verilen örnek kat planından faydalanılabilir.



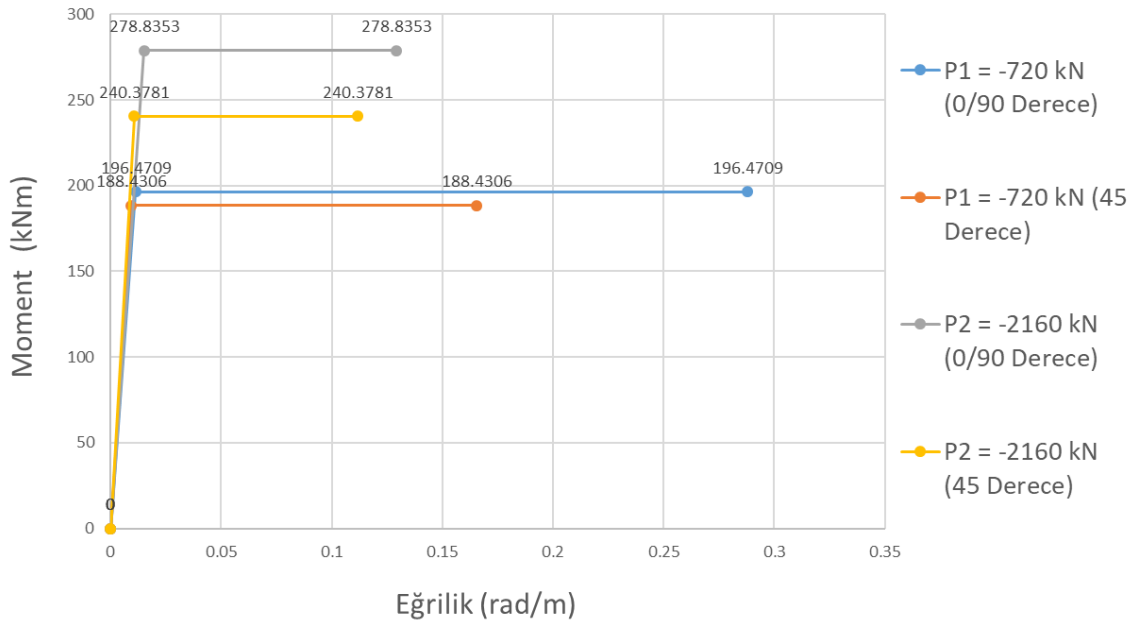
Şekil 4.9. Örnek kat planı

## 4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

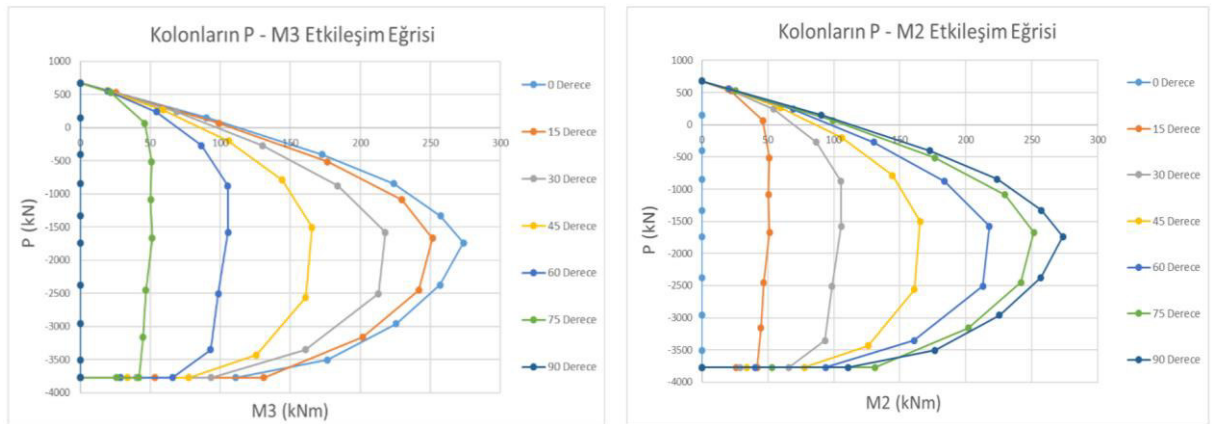
Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz yapılmasından dolayı, tasarlanan farklı tip betonarme taşıyıcı sistemlerdeki kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda bu tez çalışmasında Bölüm 2'

de ayrıntılı olarak anlatılan sargılı ve sargısız beton modeli ile donatı çeliği modeli kullanılarak kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özellikleri belirlenmiştir. Kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinde SAP 2000 programından yararlanılmıştır.

Kolonların plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması için kolonların moment - eğrilik ilişkisi ve 2 boyutlu normal kuvvet - moment etkileşim eğrilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda SAP 2000 programında yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlara göre kolonların idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkileri Şekil 4.10.’ da ve kolonların idealleştirilmiş 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri de Şekil 4.11.’ de verilmiştir.

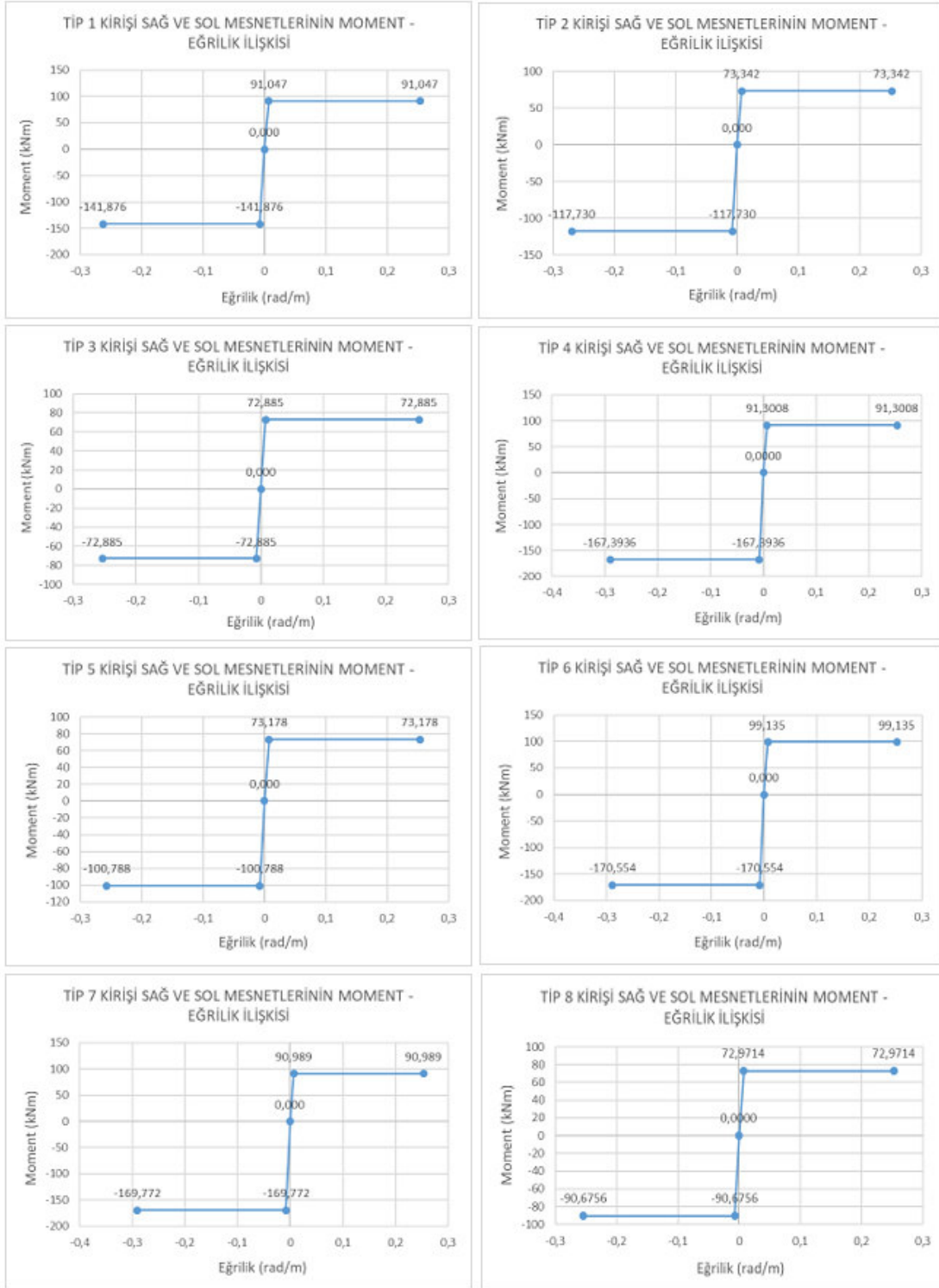


Şekil 4.10. Kolonların idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi



Şekil 4.11. Kolonların idealleştirilmiş 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri

Kirişlerin plastik mafsallı özelliklerinin tanımlanması için kirişlerin moment - eğrilik ilişkisi bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda SAP 2000 programında yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlara göre kirişlerin idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkileri Şekil 4.12’ de verilmiştir.



Şekil 4.12. Kirişlerin idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi



Yapı sistemindeki kolon ve kirişlerin mesnetlerinde plastik mafsal olduğu kabul edilirken perdelerde ise en alt kattaki perde de plastik mafsal olduğu kabul edilir. Ancak kirişlerde düşey yüklerden ötürü açıklık ortasında da plastik mafsal oluşabilir.

Bu tez çalışmasında belirlenen plastik mafsal özellikleri kolonların alt ve üst mesnetlerine, kirişlerin ise sol ve sağ mesnetlerine tanımlanmıştır.

### 4.3. Tasarımı Yapılan Yapı Sistemlerinin DBYBHY 2007' de Yer Alan AEDYY' ne Göre Analizi ve Sonuçları

#### 4.3.1. AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar

AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bodrum kat hariç yapı sisteminin kat sayısı 8' i geçmemelidir.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemleri 3, 5 ve 7 katlıdır.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite alınmaz.)
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemleri hem kütle hem de rijitlik bakımından planda simetriktir. Dolayısıyla burulma meydana gelmemektedir.
- Doğrusal davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemlerinin birinci (hakim) modlarına ait etkin kütle oranları Çizelge 4.7.' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yapı sistemlerinin birinci (hakim) modlarına ait etkin kütle oranları

| Bina Tipi      | Mod No | Periyot (sn) | Etkin Kütle Oranları |    |    |
|----------------|--------|--------------|----------------------|----|----|
|                |        |              | UX                   | UY | RZ |
| A <sub>1</sub> | 1      | 0.654        | 0.803                | 0  | 0  |
| A <sub>2</sub> | 1      | 1.120        | 0.773                | 0  | 0  |
| A <sub>3</sub> | 1      | 1.578        | 0.754                | 0  | 0  |

Yukarıdan da anlaşılacağı üzere DBYBHY 2007' de yer alan AEDYY' nin uygulanabilmesi için sağlanması gereken koşullar tüm yapı sistemleri için sağlanmaktadır.

#### 4.3.2. Yapı sistemlerindeki elemanların etkin eğilme rijitliği oranlarının belirlenmesi

Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa DBYBHY 2007' de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri kullanılır. Aşağıda perde, kolon ve kiriş için DBYBHY 2007' de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri verilmiştir.

- Kirişlerde:  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
- Kolon ve perdelerde:  $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$   
 $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

$N_D$ , yapı sisteminin  $W = G + nQ$  yüklemesi altında analiz edilmesi ile elde edilir.

Yapı sistemleri üzerinde yapılan düşey yük analizleri sonucunda kolonlar için elde edilen etkin eğilme rijitliği oranları Çizelge 4.8.' de verilmiştir. Yapı sistemlerindeki kirişlerin etkin eğilme rijitliği oranı ise 0.4 alınmıştır.

Çizelge 4.8. Tüm yapı sistemlerinin kolonlarında elde edilen etkin eğilme rijitliği oranları

| A <sub>1</sub> Tipi Bina |                    |            |                                   |                                      |   |                        |
|--------------------------|--------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|
| KOLONLAR                 | N <sub>d</sub> (N) | B - H (mm) | A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>cm</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | N <sub>d</sub> / A <sub>c</sub> f <sub>cm</sub> | Etkin Eğilme Rijitliği |
| 1. Kat Kolonları         | 267610             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.066   | 0.4                    |
| 2. Kat Kolonları         | 171420             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.042   | 0.4                    |
| 3. Kat Kolonları         | 75240              | 400        | 160000                            | 26.5                                 | 0.018   | 0.4                    |
| A <sub>2</sub> Tipi Bina |                    |            |                                   |                                      |   |                        |
| KOLONLAR                 | N <sub>d</sub> (N) | B - H (mm) | A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>cm</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | N <sub>d</sub> / A <sub>c</sub> f <sub>cm</sub> | Etkin Eğilme Rijitliği |
| 1. Kat Kolonları         | 459990             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.11274   | 0.417                  |
| 2. Kat Kolonları         | 363800             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.089   | 0.4                    |
| 3. Kat Kolonları         | 267610             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.066   | 0.4                    |
| 4. Kat Kolonları         | 171420             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.042   | 0.4                    |
| 5. Kat Kolonları         | 75240              | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.018   | 0.4                    |
| A <sub>3</sub> Tipi Bina |                    |            |                                   |                                      |   |                        |
| KOLONLAR                 | N <sub>d</sub> (N) | B - H (mm) | A <sub>c</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>cm</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | N <sub>d</sub> / A <sub>c</sub> f <sub>cm</sub> | Etkin Eğilme Rijitliği |
| 1. Kat Kolonları         | 652360             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.1599  | 0.48                   |
| 2. Kat Kolonları         | 556170             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.1363  | 0.448                  |
| 3. Kat Kolonları         | 459990             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.1127  | 0.417                  |
| 4. Kat Kolonları         | 363800             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.089   | 0.4                    |
| 5. Kat Kolonları         | 267610             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.066   | 0.4                    |
| 6. Kat Kolonları         | 171420             | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.042   | 0.4                    |
| 7. Kat Kolonları         | 75240              | 400        | 160000                            | 25.5                                 | 0.018   | 0.4                    |

### 4.3.3. Yapı sistemlerine uygulanacak eşdeğer deprem yükü dağılımlarının belirlenmesi

Yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu dikkate alınan deprem doğrultusundaki birinci mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir.

Yapı sistemleri kütle ve rijitlik bakımından planda simetrik olduğu için x ve y doğrultularındaki birinci (hakim) modları aynı özellikleri gösterir. Bundan dolayı yapı sistemleri için sadece x doğrultusunda ve tek yönde artımsal itme analizlerinin yapılması yeterlidir.

Yukarıda kolonlar ve kirişler için belirlenen etkin eğilme rijitliği oranları kullanılarak yapı sistemlerinin modal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu modal analizler sonucunda elde edilen genlikler ile ilgili kütleler çarpılarak yapı sistemleri için eşdeğer deprem yükü dağılımları belirlenmiştir. Çizelge 4.9.' da yapı sistemleri için elde edilen eşdeğer deprem yükü dağılımları verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Yapı sistemleri için elde edilen eşdeğer deprem yükü dağılımları

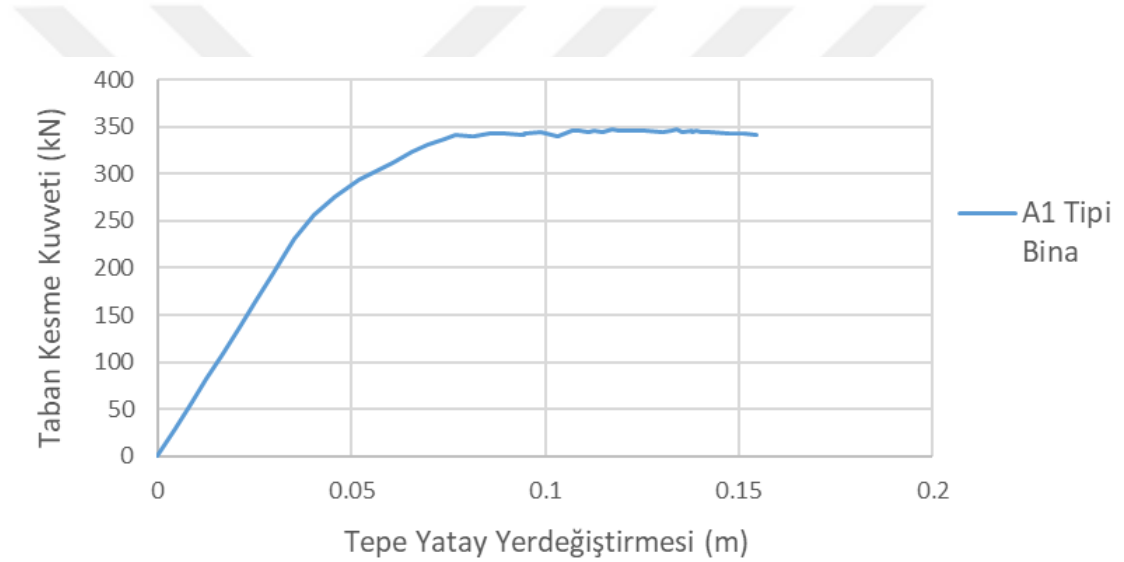
| <b>A<sub>1</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
|--------------------------------|---------------------|---|-------------------------|-------------------------------------|
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 384.75              | 0.0456  | 17.5446                 | 0.4537                              |
| 2                              | 384.75              | 0.0988  | 38.0133                 | 0.9830                              |
| 3                              | 300.95              | 0.1285  | 38.6721                 | 1.0000                              |
| <b>A<sub>2</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 384.75              | 0.0204  | 7.8489                  | 0.2611                              |
| 2                              | 384.75              | 0.0489  | 18.8143                 | 0.6258                              |
| 3                              | 384.75              | 0.0735  | 28.2791                 | 0.9406                              |
| 4                              | 384.75              | 0.0909  | 34.9738                 | 1.1633                              |
| 5                              | 300.95              | 0.0999  | 30.0649                 | 1.0000                              |
| <b>A<sub>3</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 384.75              | 0.0113  | 4.3477                  | 0.1696                              |
| 2                              | 384.75              | 0.0284  | 10.9269                 | 0.4262                              |
| 3                              | 384.75              | 0.0453  | 17.4292                 | 0.6797                              |
| 4                              | 384.75              | 0.0604  | 23.2389                 | 0.9063                              |
| 5                              | 384.75              | 0.0724  | 27.8559                 | 1.0864                              |
| 6                              | 384.75              | 0.0808  | 31.0878                 | 1.2124                              |
| 7                              | 300.95              | 0.0852  | 25.6409                 | 1.0000                              |

#### 4.3.4. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi

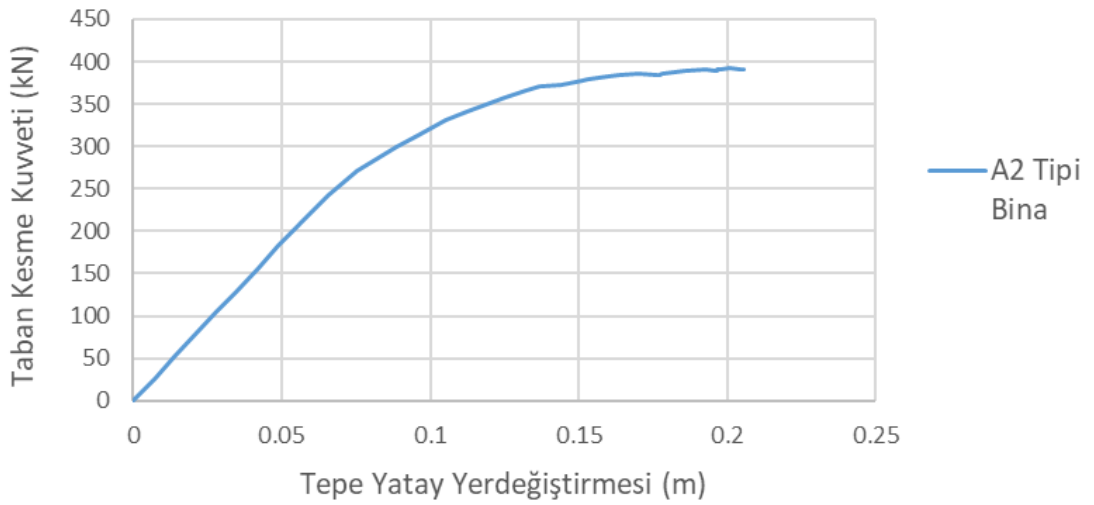
Yukarıda ifade edilen etkin eğilme rijitlikleri, eşdeğer deprem yükü dağılımları ve plastik mafsal özellikleri kullanılarak yapı sistemlerinin SAP 2000 programında artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiştir.

#### 4.3.5. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrilerinin elde edilmesi

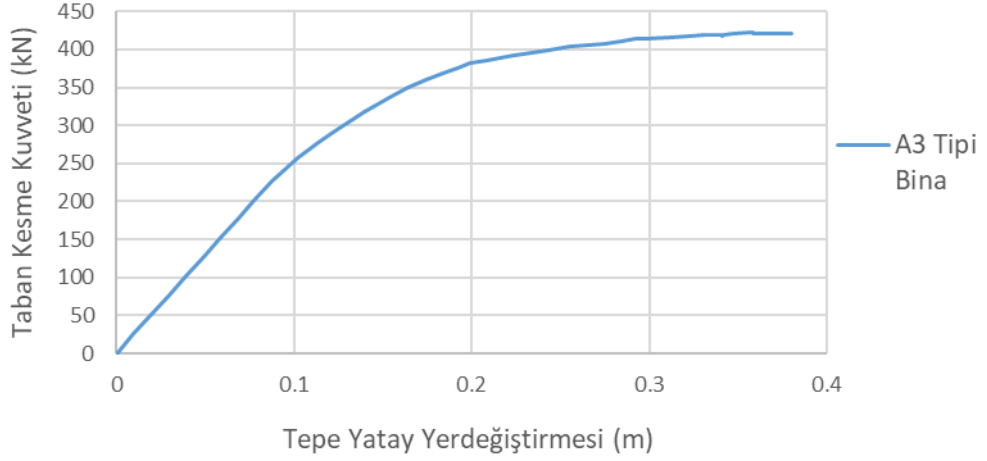
Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen kapasite eğrileri sırasıyla Şekil 4.13., Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.' de verilmiştir.



Şekil 4.13. A<sub>1</sub> tipi binanın x eksenine doğru kapasite eğrisi

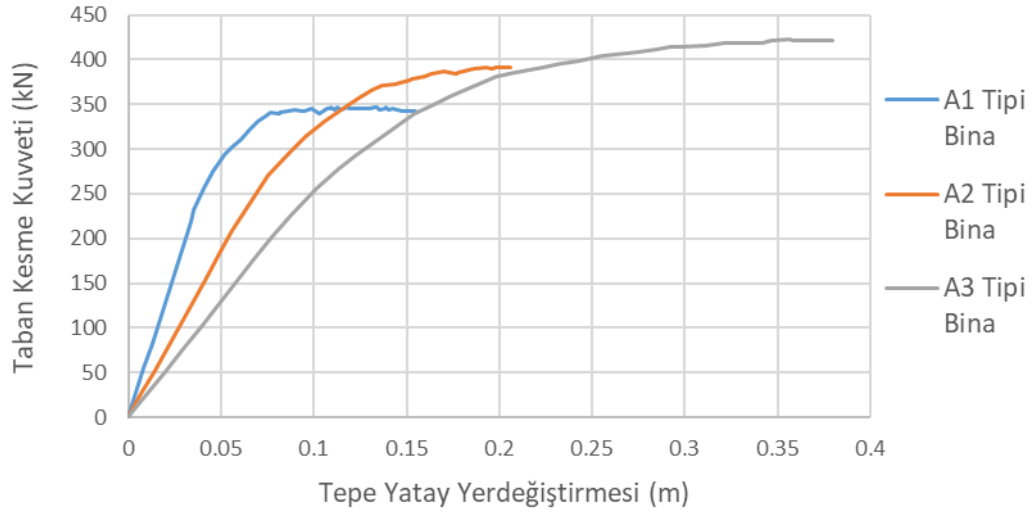


Şekil 4.14. A<sub>2</sub> tipi binanın x eksenine doğru kapasite eğrisi



Şekil 4.15. A<sub>3</sub> tipi binanın x eksenli doğrultusunda için kapasite eğrisi

Yapı sistemleri için elde edilen kapasite eğrileri Şekil 4.16.'da karşılaştırılmıştır. Şekil 4.16.'dan da anlaşıldığı gibi çerçeve tipi yapılarda kat sayısı azaldıkça daha rijit bir davranış görülmektedir.



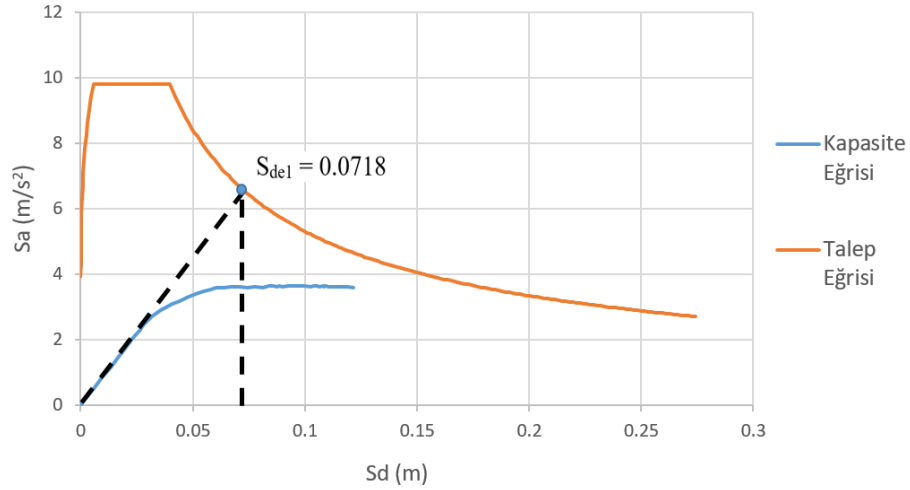
Şekil 4.16. Yapı sistemlerinin x eksenli doğrultusunda için kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

#### 4.3.6. Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi

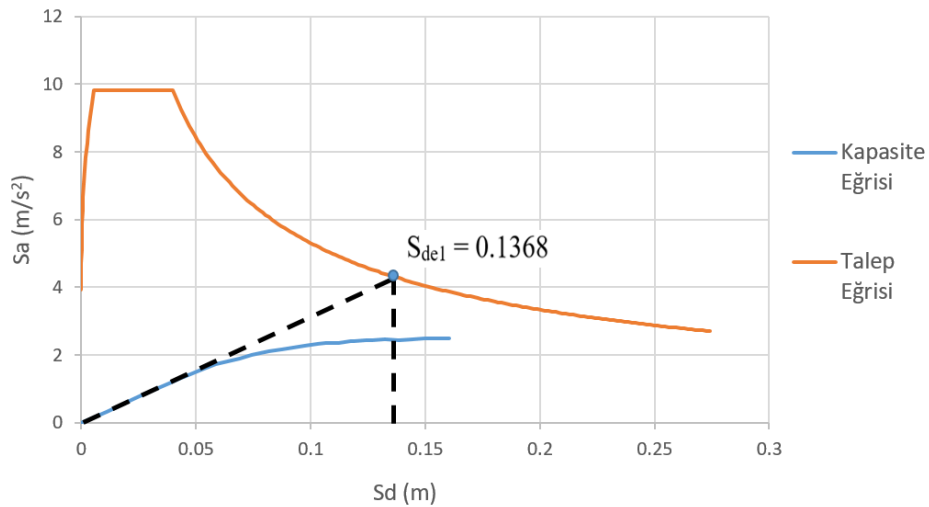
Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi amacıyla, yapı sistemleri için elde edilen ve eksenleri taban kesme kuvveti (kN) - tepe yer değiştirmesi (m) olan kapasite eğrilerinin, spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüşümü yapılır. Sonra deprem etkisini temsil eden, eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - periyot (T) olan talep eğrisinin eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ )

eksen takımına dönüştürülür. Kapasite ve talep eğrilerinin her ikisi içinde eksen dönüşümlerinin nasıl yapıldığı bu tez çalışmasında Bölüm 2 kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Aynı eksen takımına dönüştürülen kapasite ve talep eğrileri artık birbiriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir. Bu kapsamda birbiriyle ilişkilendirilen kapasite ve talep eğrileri aynı grafik üzerinde çizilerek bu tez çalışmasında Bölüm 2 kısmında anlatılan performans noktası belirleme işlemi uygulanır. Böylelikle yapı sistemlerinin performans noktası belirlenir.

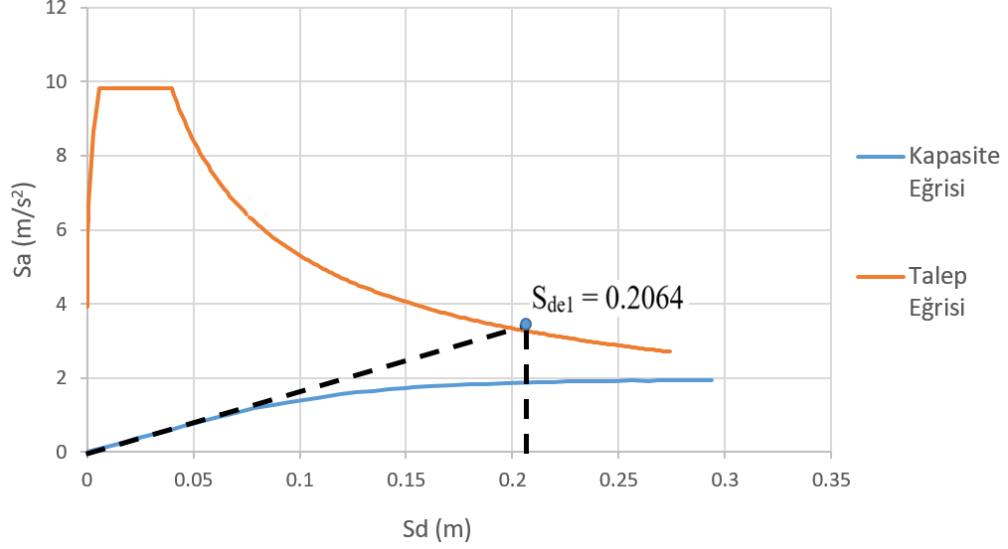
Şekil 4.17., Şekil 4.18. ve Şekil 4.19.' da yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değiştirme istemlerinin bulunabilmesi için gerekli olan, itme analizinin ilk adımında birinci (hakim) moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme ( $S_{del}$ ) belirlenmiştir.



Şekil 4.17. A<sub>1</sub> tipi binada x eksenini doğrultusu için doğrusal elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi



Şekil 4.18. A<sub>2</sub> tipi binada x eksenini doğrultusu için doğrusal elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi



**Şekil 4.19.** A<sub>3</sub> tipi binada x eksenine doğrultusunda doğrusal elastik spektral yer değiştiriminin belirlenmesi

Yukarıdaki grafiklerde her bir yapı sistemi için elde edilen doğrusal elastik spektral yer değiştirme değerlerinden hareketle tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  hesaplanır. Bu hesaplanan değerler Çizelge 4.10.' da verilmiştir.

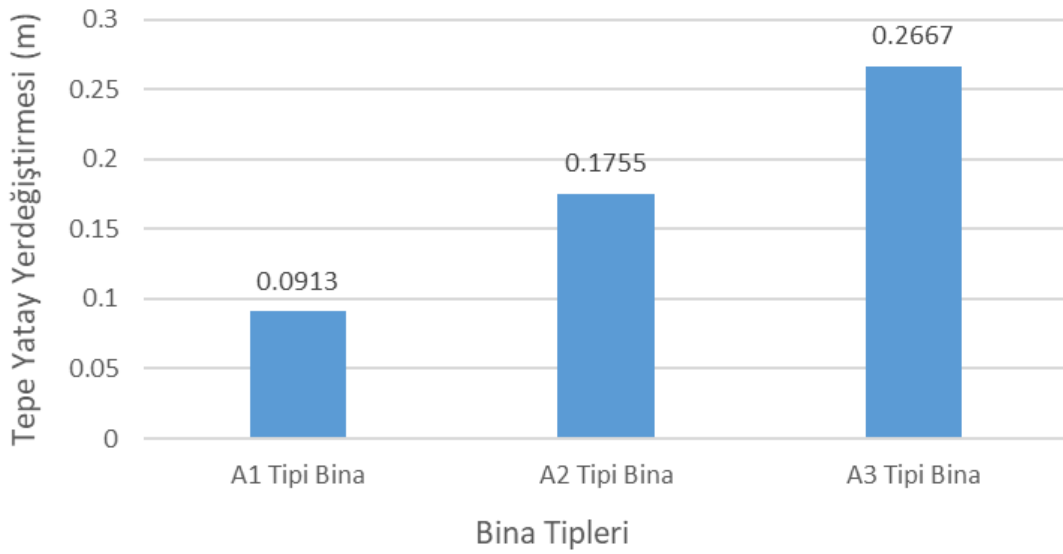
**Çizelge 4.10.** Yapı sistemleri için tepe yer değiştirme istemleri  $u_{xN1}^{(p)}$ ' nin hesaplanması

| Parametreler   | Bina Tipi                |                          |                          | Birimler |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
|  | A <sub>1</sub> Tipi Bina | A <sub>2</sub> Tipi Bina | A <sub>3</sub> Tipi Bina |          |
| $C_{R1}$   | 1.0000                   | 1.0000                   | 1.0000                   |          |
| $S_{de1}$  | 0.0718                   | 0.1368                   | 0.2064                   | m        |
| $d_1^{(p)} = S_{di1} = C_{R1} * S_{de1}$               | 0.0718                   | 0.1368                   | 0.2064                   | m        |
| $\Phi_{XN1}$   | 0.1285                   | 0.0999                   | 0.0852                   | m        |
| $\Gamma_{X1}$  | 9.8928                   | 12.8442                  | 15.1661                  | 1/m      |
| $u_{XN1}^{(p)} = \Phi_{XN1} * \Gamma_{X1} * d_1^{(p)}$ | 0.0913                   | 0.1755                   | 0.2667                   | m        |

Çizelge 4.10.' da elde edilen  $u_{xN1}^{(p)}$  tepe yer değiştirme istemi büyüklüklerine yapı sistemlerinin performans noktası denir. Yapı sistemlerinin performans değerlendirmesi bu tepe yer değiştirmesine göre yapılır. SAP 2000'de gerçekleştirilen artımsal itme analizlerinin sonucunda, A<sub>1</sub> tipi binada 24. hesap adımı, A<sub>2</sub> tipi binada 25. hesap adımı ve A<sub>3</sub> tipi binada 25. hesap adımı, yapı sistemlerinin performans değerlendirilmelerinin yapılacağı hesap adımları olarak belirlenmiştir. Yapı sistemlerinin performans değerlendirilmelerinin yapılacağı adımlardaki istemler (tepe yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve görel kat ötelemeleri) aşağıda karşılaştırılmıştır.

#### 4.3.6.1. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değıştirmesi istemlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.20.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen tepe yer değıştirmesi istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için tepe yer değıştirmeleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe tepe yer değıştirmesi artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe tepe yer değıştirmesinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.

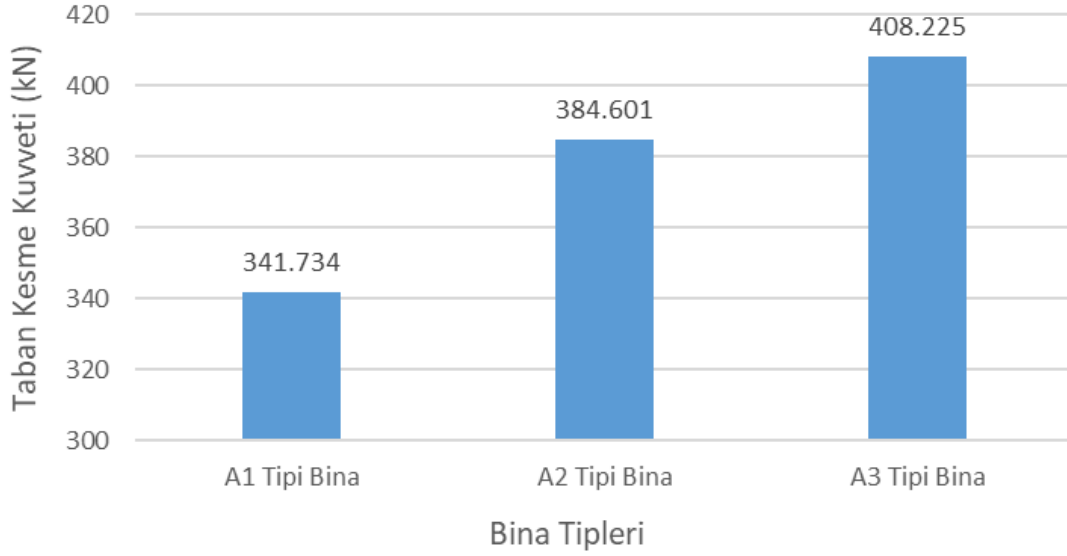


Şekil 4.20. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değıştirmesi istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.3.6.2. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.21.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen taban kesme kuvveti istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe taban kesme kuvveti artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe taban kesme kuvvetinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.

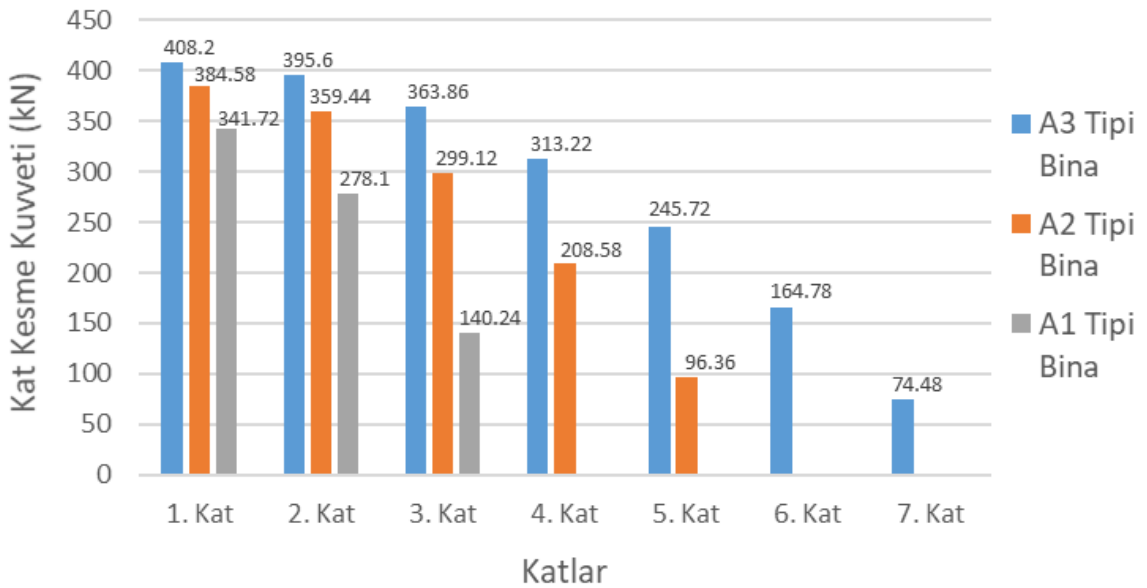




Şekil 4.21. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.3.6.3. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

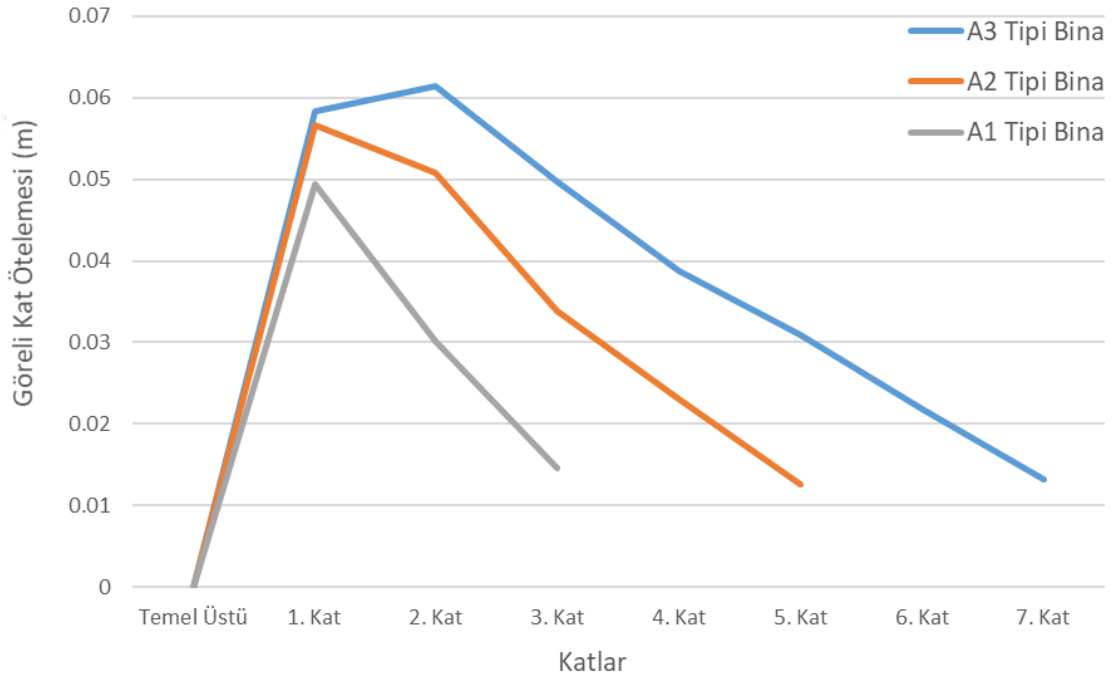
Şekil 4.22.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen kat kesme kuvveti istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için kat kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe kat kesme kuvveti artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe kat kesme kuvvetinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.22. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.3.6.4. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen görelî kat ötelemesi istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemesi artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemesinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.23. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.4. Tasarımı Yapılan Yapı Sistemlerinin TBDY 2018' de Yer Alan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemine Göre Analizi ve Sonuçları

##### 4.4.1. Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar

Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bina yükseklik sınıfı (BYS)  $\geq 5$  olmalıdır.

- ✓ Bu çalışmaya konu olan  $A_1$  tipi binanın  $BYS = 7$ ,  $A_2$  tipi binanın  $BYS = 6$  ve  $A_3$  tipi binanın  $BYS = 5$ ' dir.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite göz önüne alınmaz.)
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemleri hem kütle hem de rijitlik bakımından planda simetriktir. Dolayısıyla burulma etkisi oluşmamaktadır.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemlerinin birinci (hakim) modlarına ait etkin kütle oranları Çizelge 4.11.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Yapı sistemlerinin birinci (hakim) modlarına ait etkin kütle oranları

| Bina Tipi | Mod No | Periyot (sn) | Etkin Kütle Oranları |    |    |
|-----------|--------|--------------|----------------------|----|----|
|           |        |              | UX                   | UY | RZ |
| $A_1$     | 1      | 0.638        | 0.784                | 0  | 0  |
| $A_2$     | 1      | 1.122        | 0.761                | 0  | 0  |
| $A_3$     | 1      | 1.624        | 0.751                | 0  | 0  |

- Ayrıca yapı sisteminde ikinci mertebeye etkilerinin dikkate alınması gerektiği durumlarda sabit tek modlu itme yöntemi yerine değişken tek modlu itme yönteminin kullanılması tavsiye edilir.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemlerinde ikinci mertebeye etkileri dikkate alınmamıştır.

Yukarıdan da anlaşılacağı üzere TBDY 2018' de yer alan sabit tek modlu itme yönteminin uygulanabilmesi için sağlanması gereken koşullar tüm yapı sistemleri için sağlanmaktadır.

#### 4.4.2. Yapı sistemlerindeki elemanların etkin kesit rijitliği oranlarının belirlenmesi

Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa TBDY 2018’ de belirtilen etkin kesit rijitlikleri kullanılır. Çizelge 4.12.’ de TBDY 2018’ de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** TBDY 2018’de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı          | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı |                     |
|--|-------------------------------|---------------------|
|  | <i>Eksenel</i>                | <i>Kayma</i>        |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i></b>  |                               |                     |
| Perde                                      | 0.50                          | 0.50                |
| Bodrum perdesi                             | 0.80                          | 0.50                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 0.25                |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i></b> | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Perde                                      | 0.25                          | 1.00                |
| Bodrum perdesi                             | 0.50                          | 1.00                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 1.00                |
| <b><i>Çubuk eleman</i></b>                 | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Bağ kirişi                                 | 0.15                          | 1.00                |
| Çerçeve kirişi                             | 0.35                          | 1.00                |
| Çerçeve kolonu                             | 0.70                          | 1.00                |
| Perde (eşdeğer çubuk)                      | 0.50                          | 0.50                |

Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, Çizelge 4.12.’ den elde edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılacaktır. (Yani yapı sisteminin başlangıçta  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  yükü altında Çizelge 4.12.’ de ifade edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak analizi yapılacaktır. Burada G sabit yükü, n bina kullanım amacına göre değişkenlik gösteren bir katsayıyı, Q hareketli yükü, S kar yükünü ve  $E_d^{(z)}$  de düşey deprem etkisini ifade etmektedir.) Sonra deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Çizelge 4.12.’ de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları tüm yapı sistemlerindeki elemanlara uygulanmıştır.

#### 4.4.3. Yapı sistemlerine uygulanacak eşdeğer deprem yükü dağılımlarının belirlenmesi

Yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu dikkate alınan deprem doğrultusundaki hakim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir.

Yapı sistemleri kütle ve rijitlik bakımından planda simetrik olduğu için x ve y doğrultularındaki birinci (hakim) modları aynı özellikleri gösterir. Bundan dolayı yapı sistemleri için sadece x doğrultusunda ve tek yönde artımsal itme analizlerinin yapılması yeterlidir.

Yukarıda yapı sistemlerinin elemanları için belirlenen etkin kesit rijitliği oranları kullanılarak yapı sistemlerinin modal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu modal analizler sonucunda elde edilen genlikler ile ilgili kütleler çarpılarak yapı sistemleri için eşdeğer deprem yükü dağılımları belirlenmiştir. Çizelge 4.13.' de yapı sistemleri için elde edilen eşdeğer deprem yükü dağılımları verilmiştir.

Çizelge 4.13. Yapı sistemleri için elde edilen eşdeğer deprem yükü dağılımları

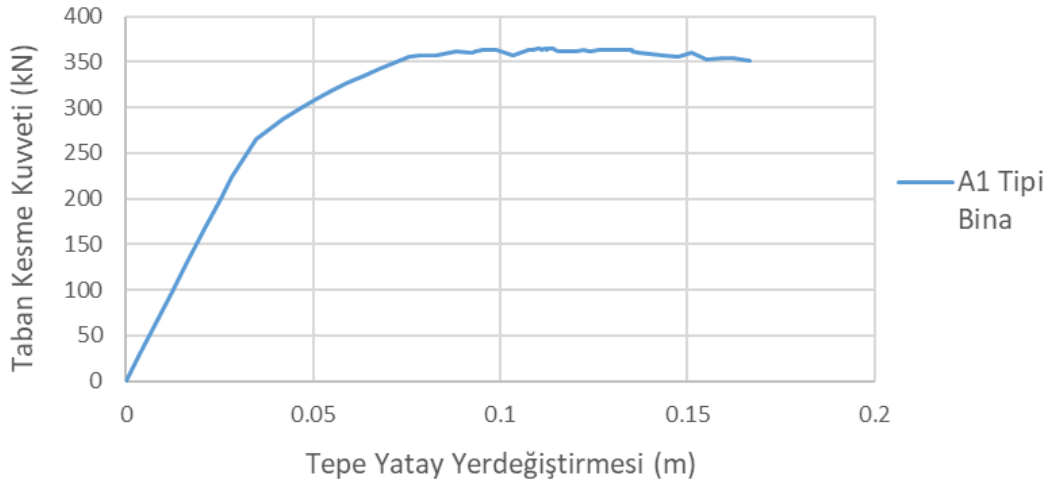
| <b>A<sub>1</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
|--------------------------------|---------------------|---|-------------------------|-------------------------------------|
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 460.3218            | 0.0381  | 17.5383                 | 0.4077                              |
| 2                              | 460.3218            | 0.0888  | 40.8766                 | 0.9502                              |
| 3                              | 357.2850            | 0.1204  | 43.0171                 | 1.0000                              |
| <b>A<sub>2</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 460.3218            | 0.0169  | 7.7794                  | 0.2344                              |
| 2                              | 460.3218            | 0.0430  | 19.7938                 | 0.5963                              |
| 3                              | 460.3218            | 0.0665  | 30.6114                 | 0.9223                              |
| 4                              | 460.3218            | 0.0835  | 38.4369                 | 1.1580                              |
| 5                              | 357.2850            | 0.0929  | 33.1918                 | 1.0000                              |
| <b>A<sub>3</sub> Tipi Bina</b> |                     |   |                         |                                     |
| <b>Kat</b>                     | <b>Ağırlık (kN)</b> | <b>X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m)</b> | <b>Ağırlık x Genlik</b> | <b>Eşdeğer Deprem Yükü Dağılımı</b> |
| 1                              | 460.3218            | 0.0098  | 4.5112                  | 0.1610                              |
| 2                              | 460.3218            | 0.0255  | 11.7382                 | 0.4191                              |
| 3                              | 460.3218            | 0.0412  | 18.9653                 | 0.6771                              |
| 4                              | 460.3218            | 0.0550  | 25.3177                 | 0.9038                              |
| 5                              | 460.3218            | 0.0661  | 30.4273                 | 1.0863                              |
| 6                              | 460.3218            | 0.0740  | 34.0638                 | 1.2161                              |
| 7                              | 357.2850            | 0.0784  | 28.0111                 | 1.0000                              |

#### 4.4.4. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi

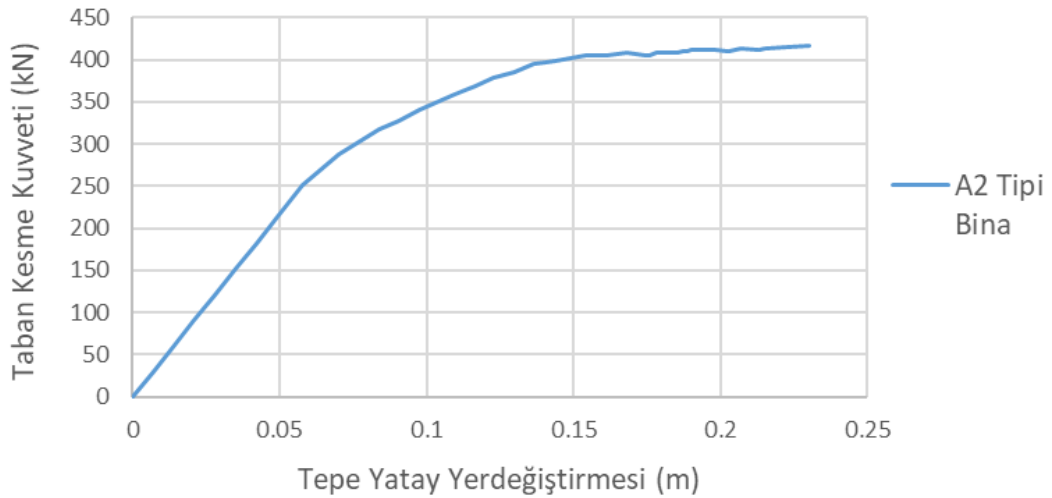
Yukarıda ifade edilen etkin kesit rijitlikleri, eşdeğer deprem yükü dağılımları ve plastik mafsal özellikleri kullanılarak yapı sistemlerinin SAP 2000 programında artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiştir.

#### 4.4.5. Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrilerinin elde edilmesi

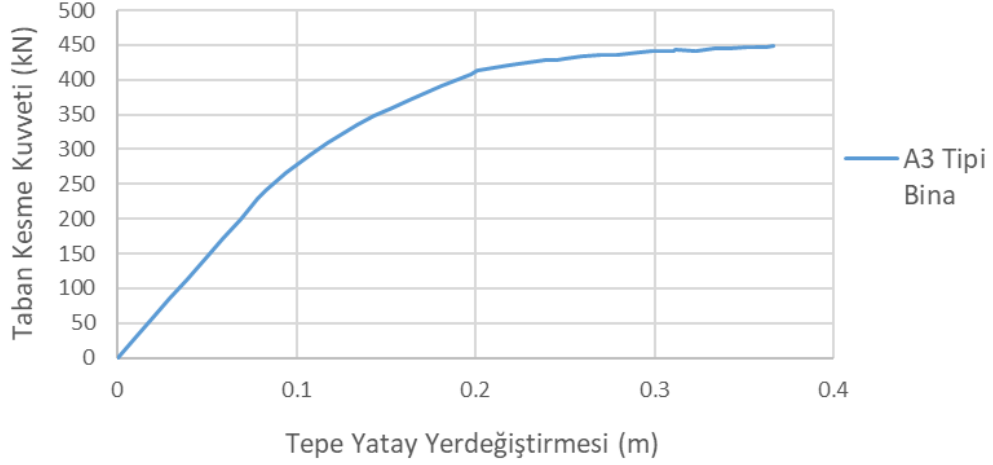
Yapı sistemleri üzerinde artımsal itme analizlerinin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen kapasite eğrileri sırasıyla Şekil 4.24., Şekil 4.25. ve Şekil 4.26.' de verilmiştir.



Şekil 4.24. A1 tipi binanın x eksenli doğrultusunda için kapasite eğrisi

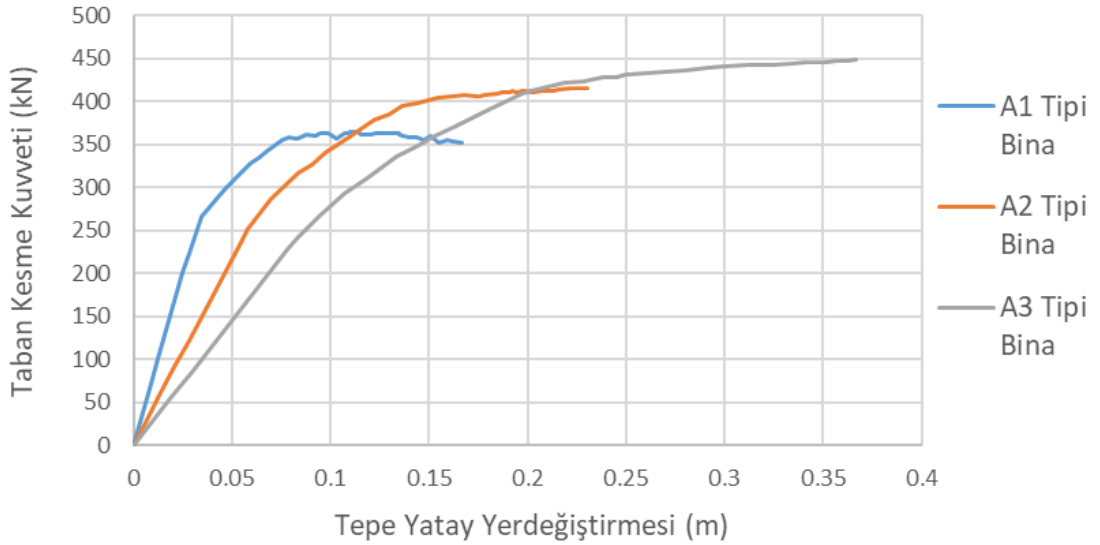


Şekil 4.25. A2 tipi binanın x eksenli doğrultusunda için kapasite eğrisi



Şekil 4.26. A<sub>3</sub> tipi binanın x eksenini doğrultusunda için kapasite eğrisi

Yapı sistemleri için elde edilen kapasite eğrileri Şekil 4.27.'de karşılaştırılmıştır. Şekil 4.27.'den de anlaşıldığı gibi çerçeve tipi yapılarda kat sayısı azaldıkça daha rijit bir davranış görülmektedir.



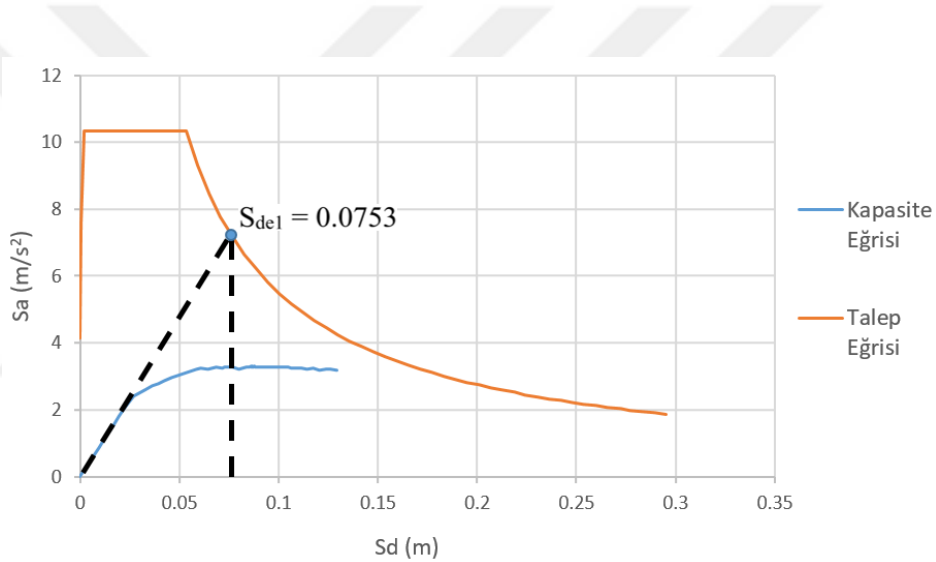
Şekil 4.27. Yapı sistemlerinin x eksenini doğrultusunda için kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

#### 4.4.6. Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi

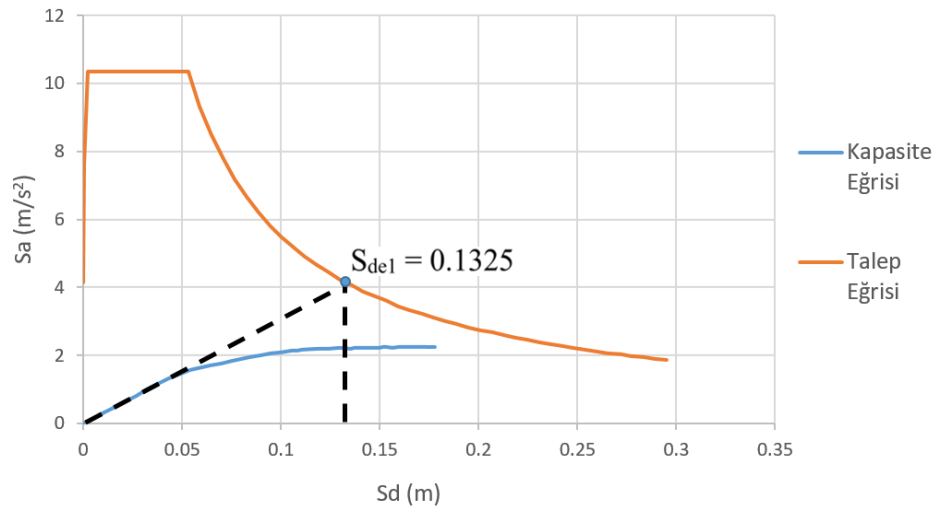
Yapı sistemlerinin performans noktalarının belirlenmesi amacıyla, yapı sistemleri için elde edilen ve eksenleri taban kesme kuvveti (kN) - tepe yer değiştirmesi (m) olan kapasite eğrilerinin, spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüşümü yapılır. Sonra deprem etkisini temsil eden, eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - periyot (T) olan talep eğrisinin eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ )

eksen takımına dönüştürülür. Kapasite ve talep eğrilerinin her ikisi içinde eksen dönüşümlerinin nasıl yapıldığı bu tez çalışmasında Bölüm 3 kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Aynı eksen takımına dönüştürülen kapasite ve talep eğrileri artık birbiriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir. Bu kapsamda birbiriyle ilişkilendirilen kapasite ve talep eğrileri aynı grafik üzerinde çizilerek bu tez çalışmasında Bölüm 3 kısmında anlatılan performans noktası belirleme işlemi uygulanır. Böylelikle yapı sistemlerinin performans noktası belirlenir.

Şekil 4.28., Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.' da yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değiştirme istemlerinin bulunabilmesi için gerekli olan, itme analizinin ilk adımında birinci (hakim) moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme ( $S_{del}$ ) belirlenmiştir.

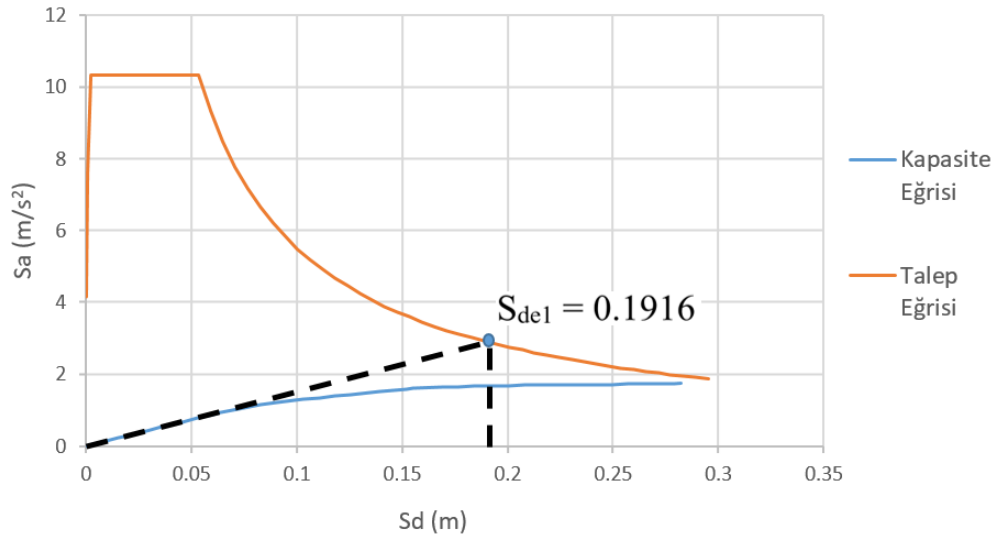


Şekil 4.28. A<sub>1</sub> tipi binada x eksenini doğrultusu için doğrusal elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi



Şekil 4.29. A<sub>2</sub> tipi binada x eksenini doğrultusu için doğrusal elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi





**Şekil 4.30.** A<sub>3</sub> tipi binada x eksenini doğrultusunda için doğrusal elastik spektral yer değıştirmenin belirlenmesi

Yukarıdaki grafiklerde her bir yapı sistemi için elde edilen doğrusal elastik spektral yer değıştirme değeri hareketle tepe yer değıştirmesi istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  hesaplanır. Bu hesaplanan değeri Çizelge 4.14.' de verilmiştir.

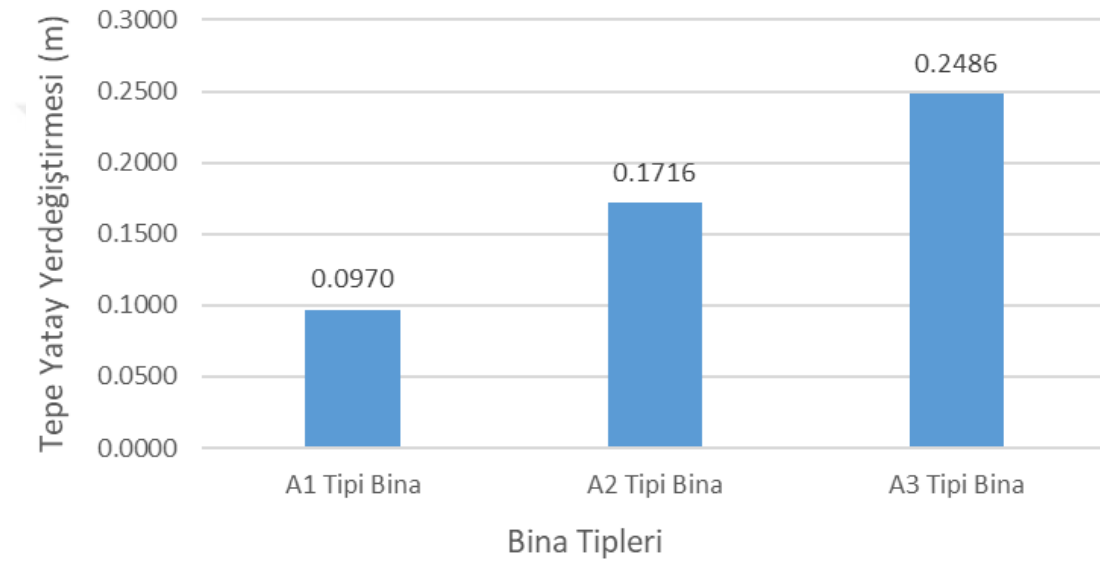
**Çizelge 4.14.** Yapı sistemleri için tepe yer değıştirmesi istemleri  $u_{xN1}^{(p)}$  'nin hesaplanması

| Parametreler   | Bina Tipi                |                          |                          | Birimler |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
|  | A <sub>1</sub> Tipi Bina | A <sub>2</sub> Tipi Bina | A <sub>3</sub> Tipi Bina |          |
| $C_{R1}$   | 1.0000                   | 1.0000                   | 1.0000                   |          |
| $S_{de1}$  | 0.0753                   | 0.1325                   | 0.1916                   | m        |
| $d_1^{(p)} = S_{d1} = C_{R1} * S_{de1}$                | 0.0753                   | 0.1325                   | 0.1916                   | m        |
| $\Phi_{XN1}$   | 0.1204                   | 0.0929                   | 0.0784                   | m        |
| $\Gamma_{X1}$  | 10.7026                  | 13.9415                  | 16.5525                  | 1/m      |
| $u_{XN1}^{(p)} = \Phi_{XN1} * \Gamma_{X1} * d_1^{(p)}$ | 0.0970                   | 0.1716                   | 0.2486                   | m        |

Çizelge 4.14.' de elde edilen  $u_{xN1}^{(p)}$  tepe yer değıştirmesi istemi büyüklüklerine yapı sistemlerinin performans noktası denir. Yapı sistemlerinin performans değeri bu tepe yer değıştirmesine göre yapılır. SAP 2000'de gerçekleştirilen artımsal itme analizlerinin sonucunda, A<sub>1</sub> tipi binada 26. hesap adımı, A<sub>2</sub> tipi binada 24. hesap adımı ve A<sub>3</sub> tipi binada 24. hesap adımı, yapı sistemlerinin performans değeri değerlendirilmelerinin yapılacağı hesap adımları olarak belirlenmiştir. Yapı sistemlerinin performans değeri değerlendirilmelerinin yapılacağı adımlardaki istemler (tepe yer değıştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemeleri) aşağıda karşılaştırılmıştır.

#### 4.4.6.1. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değıştirmesi istemlerinin karşılaştırılması

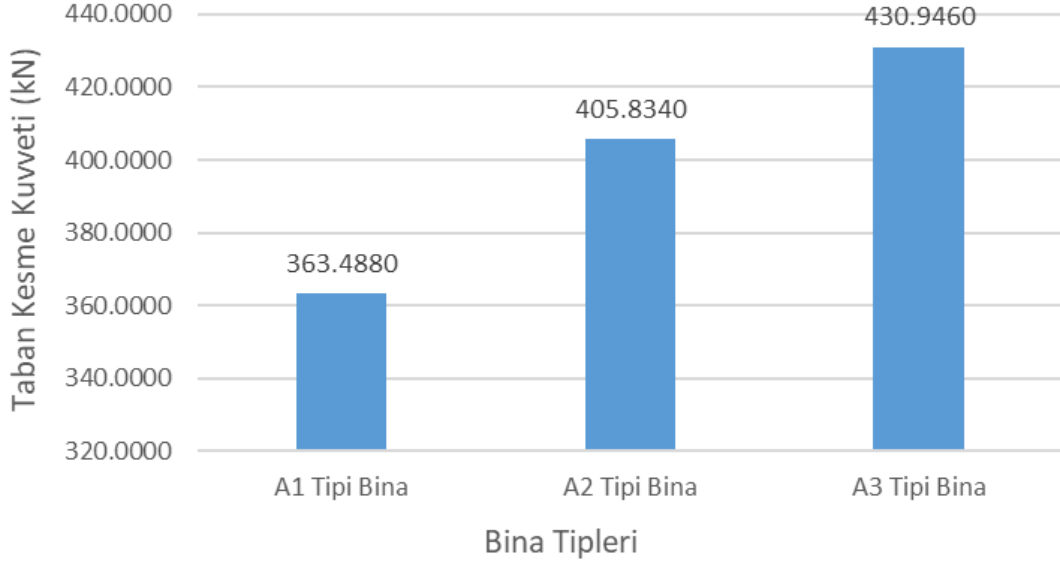
Şekil 4.31.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen tepe yer değıştirmesi istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için tepe yer değıştirmeleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe tepe yer değıştirmesi artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe tepe yer değıştirmesinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.31. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değıştirmesi istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.6.2. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

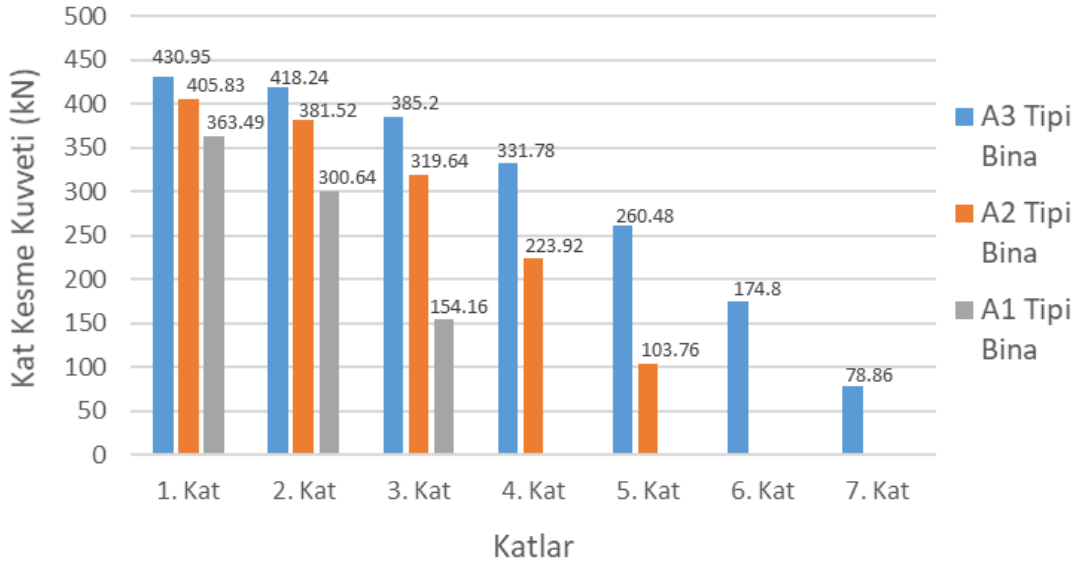
Şekil 4.32.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen taban kesme kuvveti istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe taban kesme kuvveti artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe taban kesme kuvvetinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.32. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.6.3. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

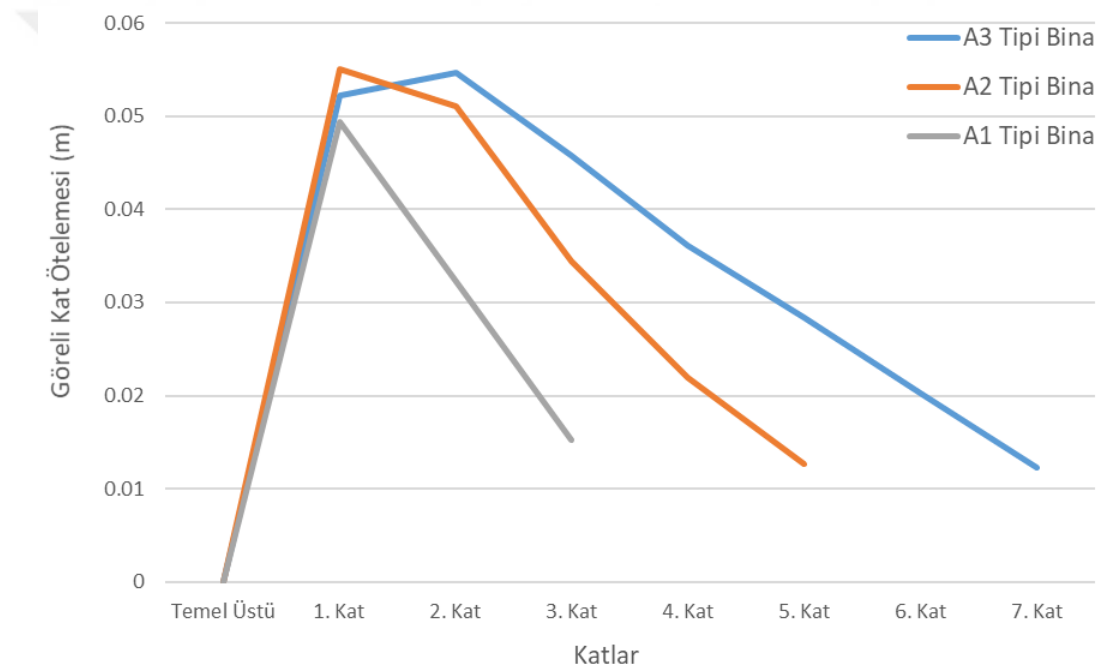
Şekil 4.33.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen kat kesme kuvveti istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için kat kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe kat kesme kuvveti artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe kat kesme kuvvetinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.33. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.6.4. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.34.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen görelî kat ötelemesi istemleri verilmiştir. Buna göre üç farklı yapı sistemi için görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemesi artmaktadır. (A<sub>2</sub> tipi binanın 1. katına ait görelî kat ötelemesi değerinin A<sub>3</sub> tipi binanın 1. katına ait görelî kat ötelemesi değerine göre daha büyük olması durumu istisnadır.) Fakat kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemesinin artması bazında yüzdelik artış azalmaktadır.



Şekil 4.34. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

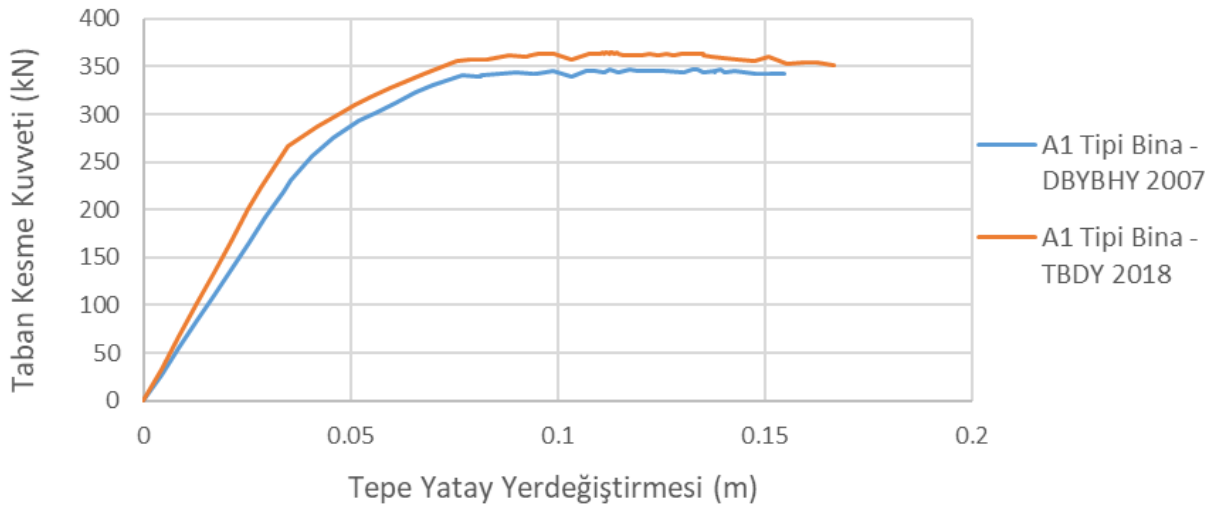
Bu konu başlığı altında tasarımı yapılan yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de yer alan AEDYY' ne göre elde edilen sonuçları ile TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre elde edilen sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda her iki yönetmelik için elde edilen sonuçlara göre yapı sistemlerinin kapasite eğrileri ve performans değerlendirmelerinin yapılacağı adımlardaki deprem istemleri aşağıda

karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki yönetmeliğe göre elde edilen talep eğrileri de aşağıda karşılaştırılmıştır.

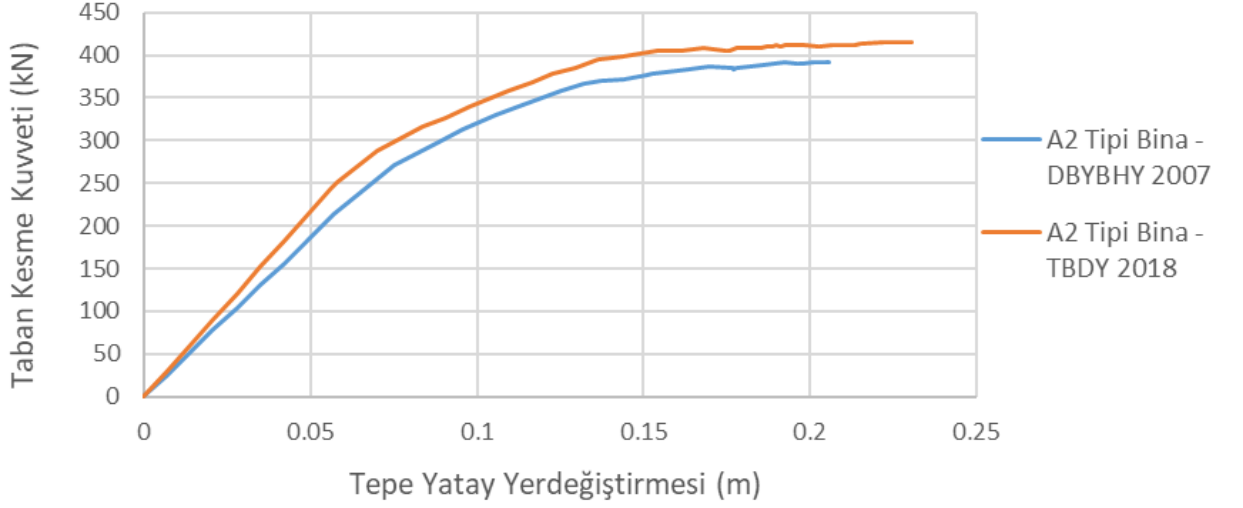
#### 4.5.1. Yapı sistemlerine ait kapasite eğrilerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

Yapı sistemlerine ait kapasite eğrilerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.35., Şekil 4.36. ve Şekil 4.37.'de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekillerden de anlaşılacağı üzere 3 yapı sistemi içinde TBDY 2018' e göre bulunan sonuçlar DBYBHY 2007' ye göre bulunan sonuçlara göre daha rijit bir davranış göstermektedir. Bunun nedenleri;

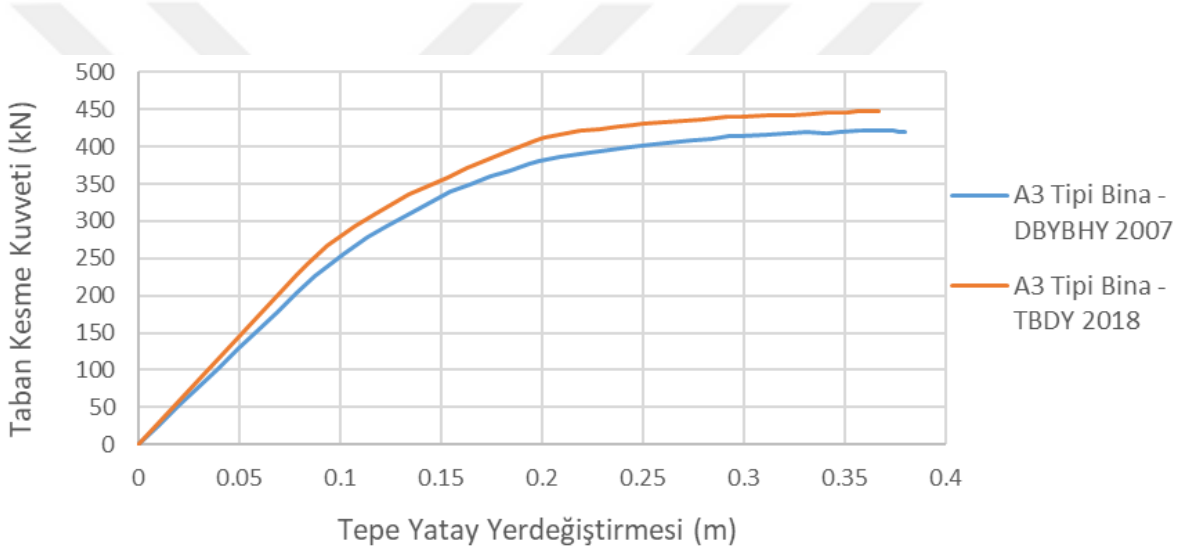
- Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerde tanımlanan plastik mafsallık özellikleri aynı olmasına rağmen yönetmeliklerde eğilme altındaki elemanların çatlamış kesite ait kesit rijitliklerinin farklılık göstermesidir.
- DBYBHY 2007' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ$  alınırken TBDY 2018'de düşey yük hesabında  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  alınmasıdır.



Şekil 4.35. A1 tipi binada x eksenini doğrultusunda her iki yönetmeliğe göre elde edilen kapasite eğrilerinin karşılaştırılması



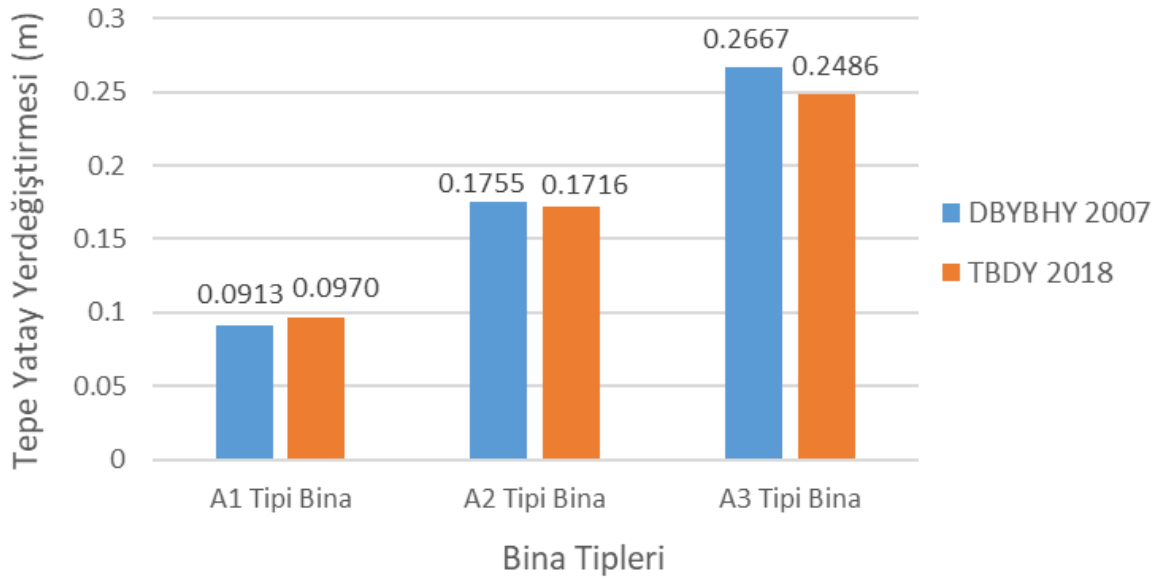
Şekil 4.36. A<sub>2</sub> tipi binada x eksenini doğrultusunda her iki yönetmeliğe göre elde edilen kapasite eğrilerinin karşılaştırılması



Şekil 4.37. A<sub>3</sub> tipi binada x eksenini doğrultusunda her iki yönetmeliğe göre elde edilen kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

#### 4.5.2. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değiştirmesi istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

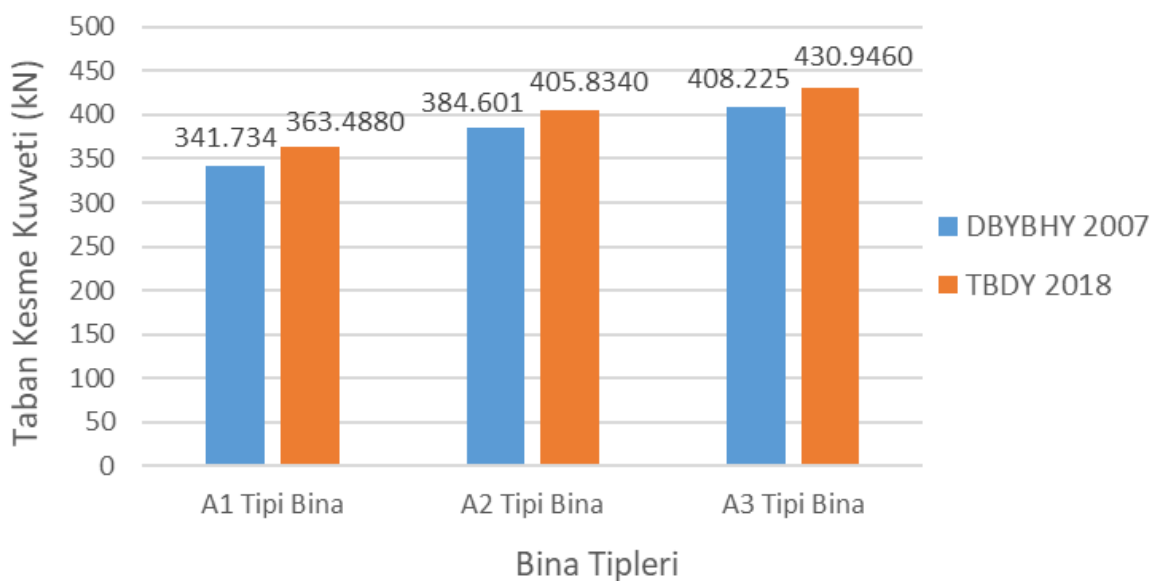
Şekil 4.38.' de yapı sistemleri için performans noktalarında bulunan tepe yer değiştirmesi istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre yapı sistemlerinin kat sayısı arttıkça, TBDY 2018' e göre bulunan tepe yer değiştirmesi değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan tepe yer değiştirmesi değerine göre azalmaktadır.



Şekil 4.38. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki tepe yer değıştirmesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 4.5.3. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

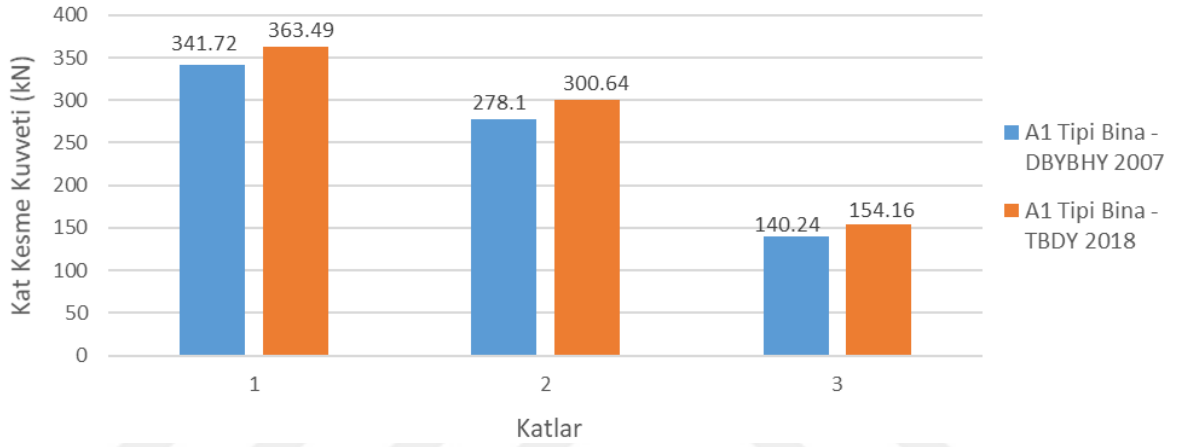
Şekil 4.39.' da yapı sistemleri için performans noktalarında bulunan taban kesme kuvveti istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre tüm yapı sistemleri için TBDY 2018' e göre bulunan taban kesme kuvveti değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan taban kesme kuvveti değeri göre daha büyüktür.



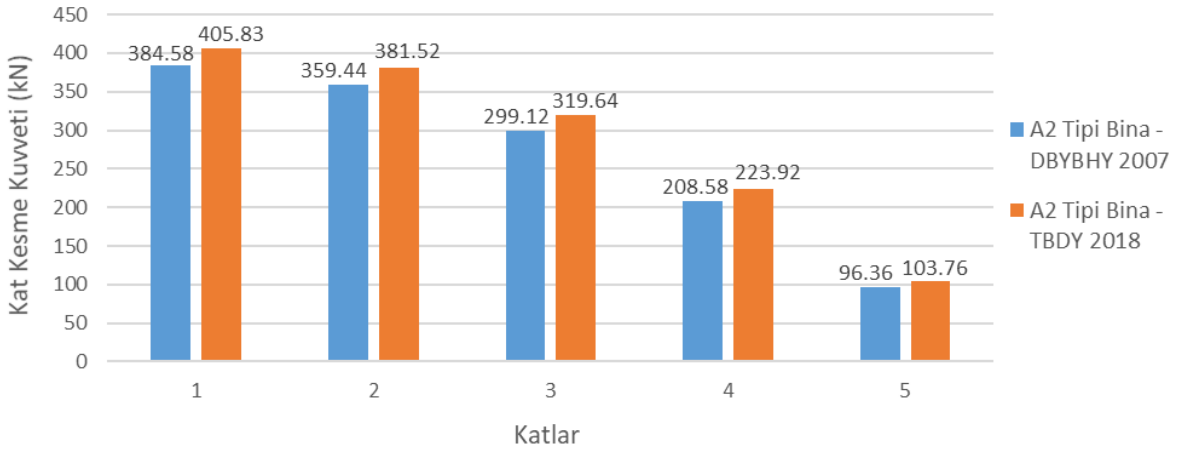
Şekil 4.39. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 4.5.4. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

Sırasıyla Şekil 4.40., Şekil 4.41. ve Şekil 4.42.' de yapı sistemleri için performans noktalarında bulunan kat kesme kuvveti istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre tüm yapı sistemleri için TBDY 2018' e göre bulunan kat kesme kuvveti değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan kat kesme kuvveti değerine göre daha büyüktür.

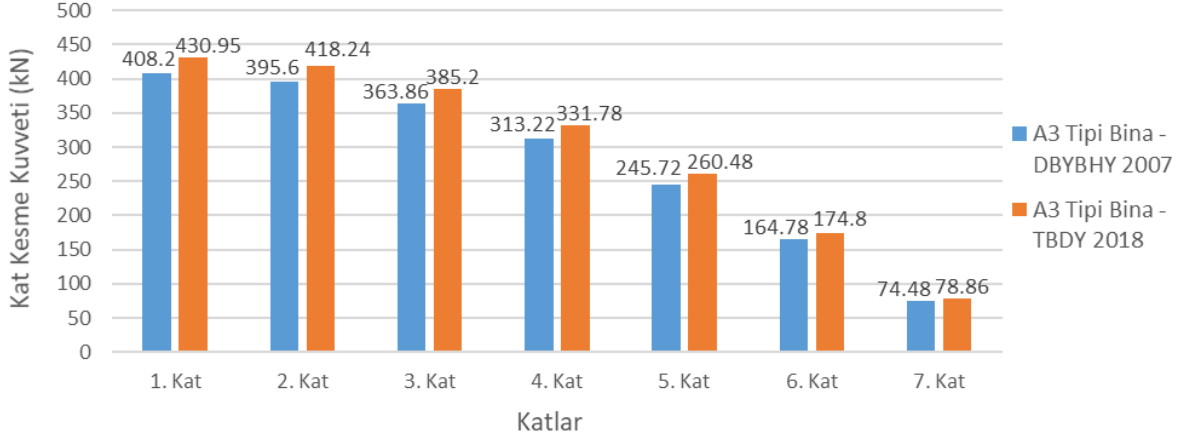


Şekil 4.40. A<sub>1</sub> tipi binanın performans noktasındaki kat kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması



Şekil 4.41. A<sub>2</sub> tipi binanın performans noktasındaki kat kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

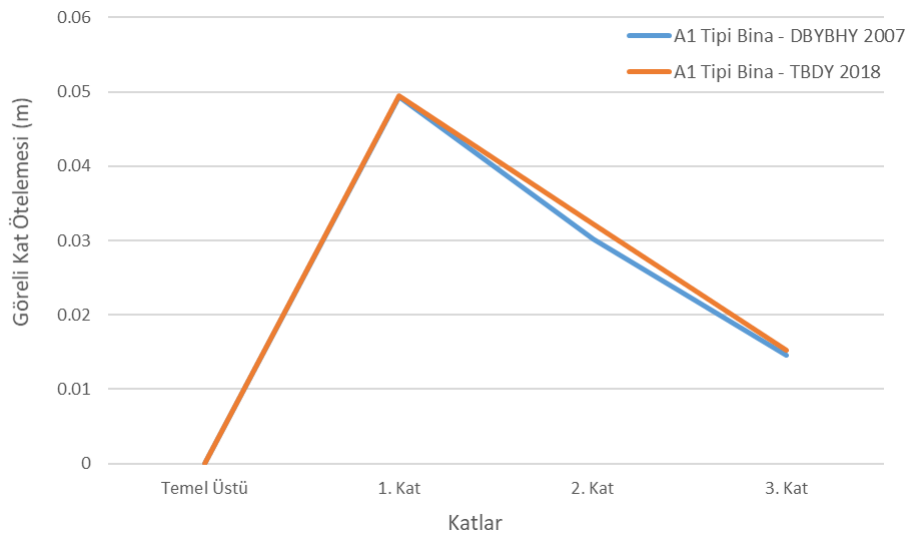




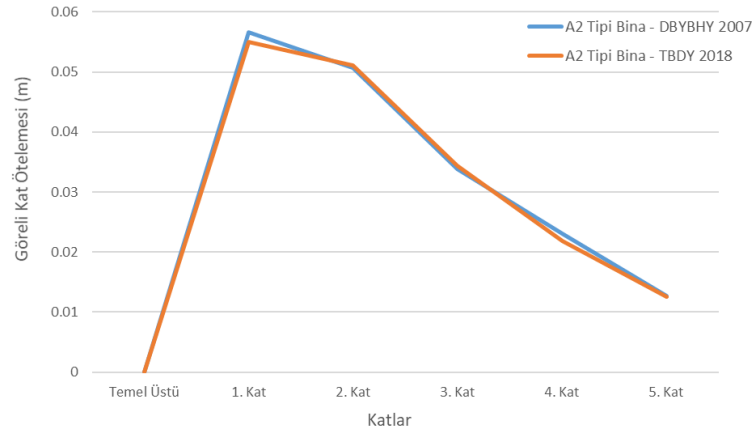
Şekil 4.42. A<sub>3</sub> tipi binanın performans noktasındaki kat kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 4.5.5. Yapı sistemlerinin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

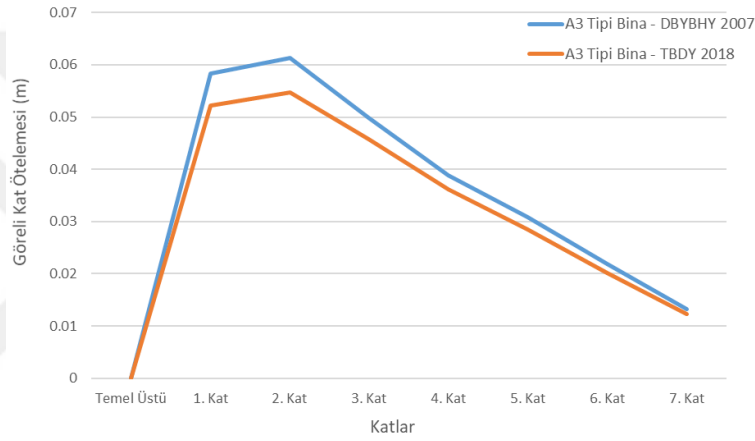
Sırasıyla Şekil 4.43., Şekil 4.44. ve Şekil 4.45.' de yapı sistemleri için performans noktalarında elde edilen görelî kat ötelemesi istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre A<sub>1</sub> ve A<sub>2</sub> tipi binalarda TBDY 2018' e göre bulunan görelî kat ötelemesi değeri ile DBYBHY 2007' ye göre bulunan görelî kat ötelemesi değeri yaklaşık olarak aynıdır. Fakat A<sub>3</sub> tipi binada TBDY 2018' e göre bulunan görelî kat ötelemesi değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan görelî kat ötelemesi değerine göre daha azdır.



Şekil 4.43. A<sub>1</sub> tipi binanın performans noktasındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması



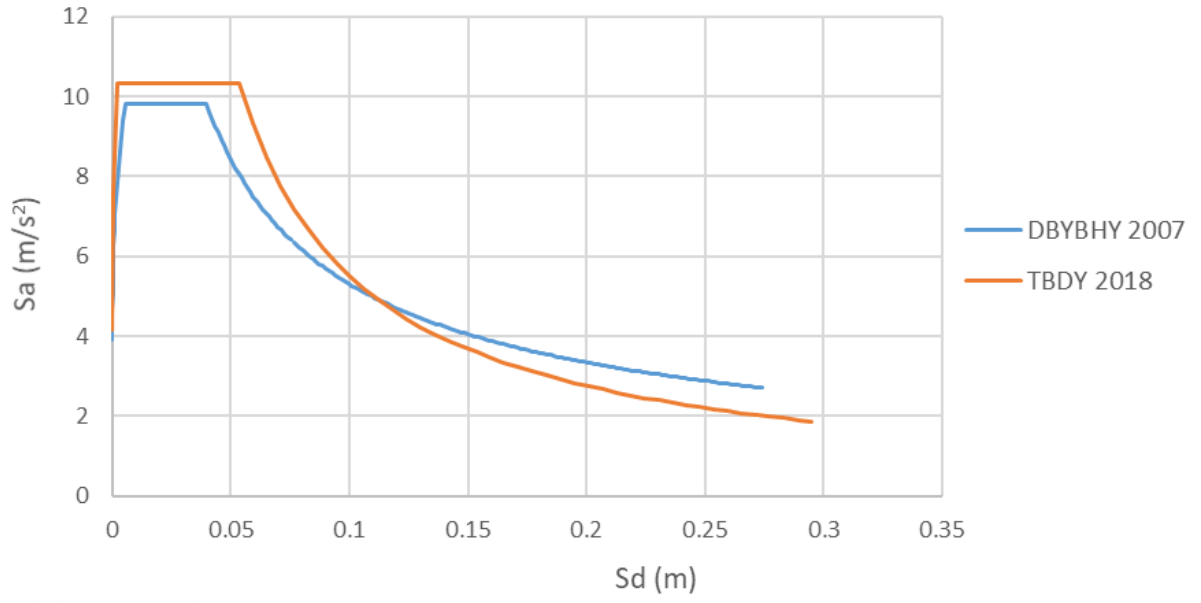
Şekil 4.44. A<sub>2</sub> tipi binanın performans noktasındaki görece kat ötelemesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması



Şekil 4.45. A<sub>3</sub> tipi binanın performans noktasındaki görece kat ötelemesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 4.5.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre elde edilen talep eğrilerinin karşılaştırılması

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre bulunan talep eğrileri Şekil 4.46.'da karşılaştırılmıştır. Şekil 4.46.'dan da anlaşılacağı üzere spektral yer değiştirme ( $S_d$ )  $\leq 0.115$  m değeri için TBDY 2018' e göre bulunan spektral ivme ( $S_a$ ) değeri DBYBHY 2007' e göre bulunan spektral ivme değerine göre daha büyüktür. Fakat spektral yer değiştirme ( $S_d$ )  $> 0.115$  m değeri için TBDY 2018' e göre bulunan spektral ivme ( $S_a$ ) değeri DBYBHY 2007' e göre bulunan spektral ivme değerine göre daha küçüktür. Bunun nedeni; Konya ili Akşehir ilçesinin merkezi için DBYBHY 2007'de 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı Z2 için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulurken TBDY 2018' de ise yapı sistemlerinin bulunduğu enlem-boylam ve yerel zemin sınıfı ZD için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulmuştur.



Şekil 4.46. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre bulunan talep eğrilerinin karşılaştırılması

## 5. 7 KATLI HER İKİ YÖNDE DE 4 AÇIKLIKLI MEVCUT BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ

Bu konu başlığı altında ilk olarak TS 500 ve DBYBHY 2007' ye göre 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı betonarme taşıyıcı sistemin tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan bu taşıyıcı sistem mevcut bir taşıyıcı sistem olarak varsayılmıştır. Bu doğrultuda tasarımı yapılan betonarme taşıyıcı sistemin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizleri yapılmış ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonra tasarımı yapılan betonarme taşıyıcı sistemin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizi yapılmış ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir. Son olarak da 7 katlı yapı sistemi için hem DBYBHY 2007' ye hem de TBDY 2018' e göre bulunan sonuçlar arasında kıyaslama yapılmıştır.

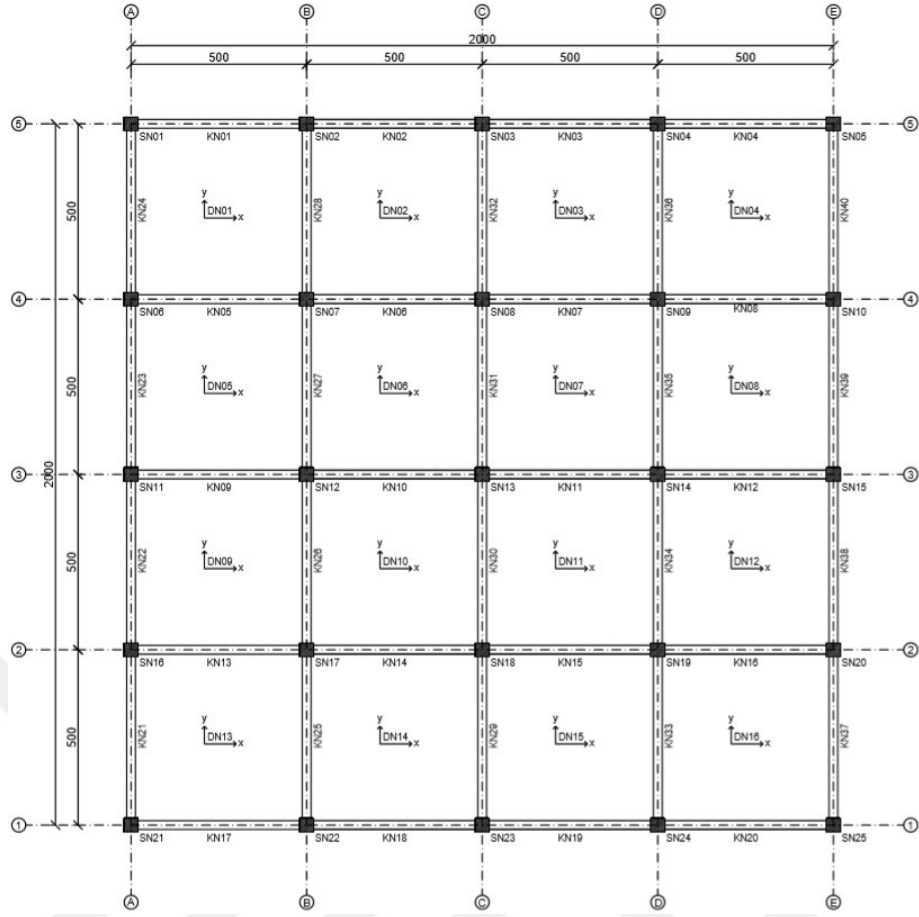
### 5.1. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan Betonarme Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması

#### 5.1.1. Taşıyıcı sistem özellikleri

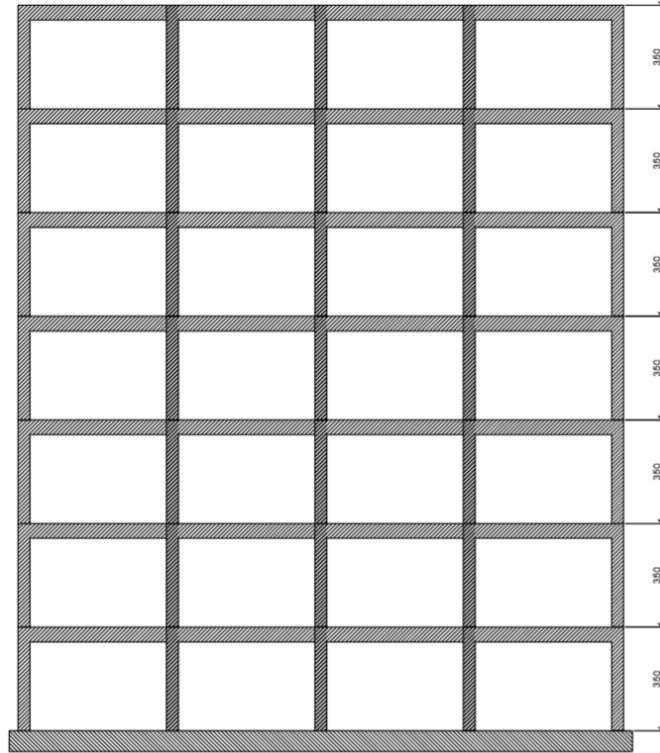
Çalışmaya konu olan yapı sisteminin genel özellikleri Çizelge 5.1.' de, tipik kat planı Şekil 5.1.' de ve boyuna kesiti ise Şekil 5.2.' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Yapı sisteminin genel özellikleri

| Bina Tipi    | Kat Sayısı | Taşıyıcı Sistem Tipi |
|--------------|------------|----------------------|
| 7 Katlı Bina | 7          | Çerçeve Sistem       |

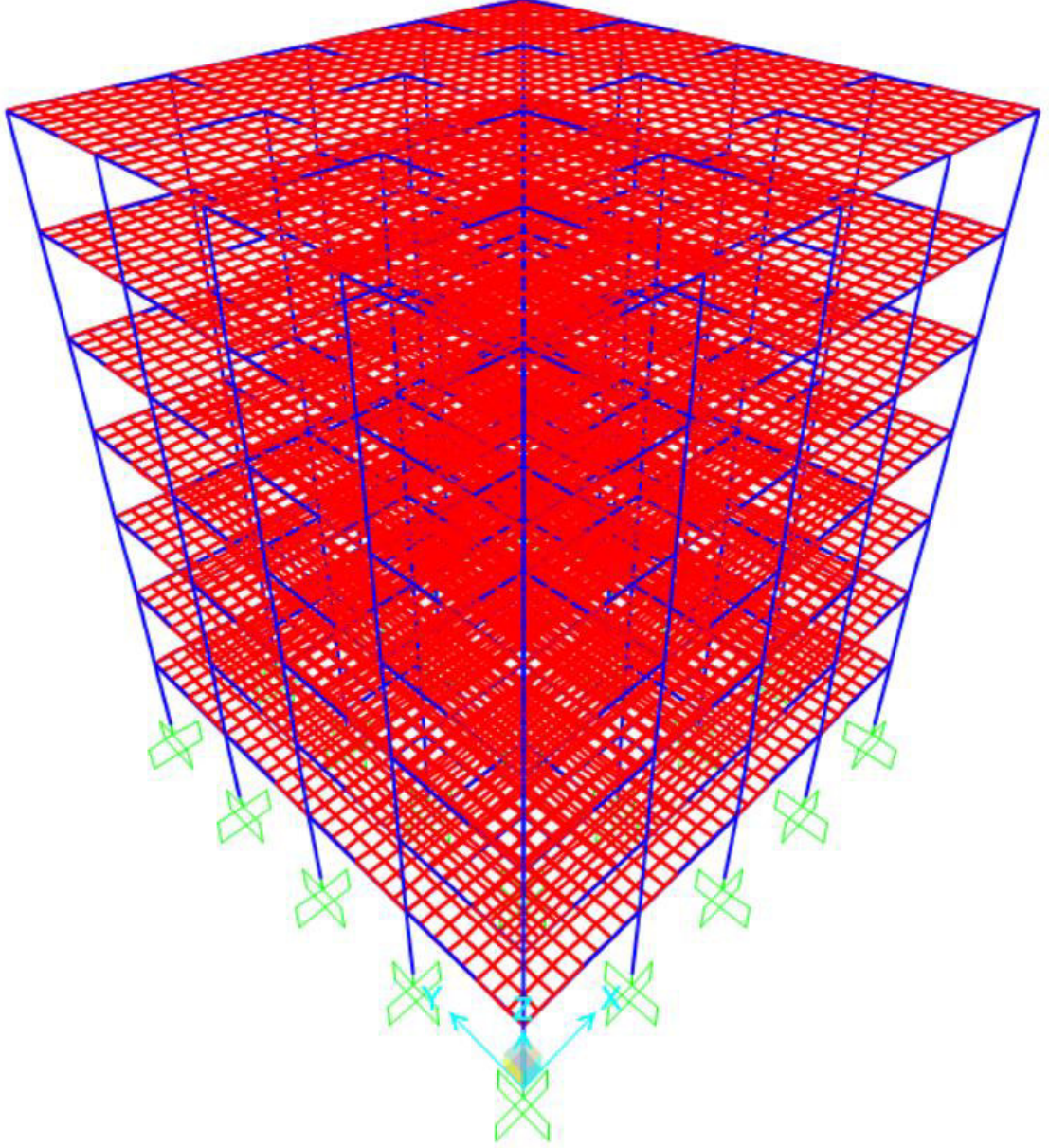


Şekil 5.1. Betonarme taşıyıcı sistemin kat planı



Şekil 5.2. Betonarme taşıyıcı sistemin boyuna kesiti

7 katlı yapı sistemi için her iki yönde de aks aralıkları 500 cm ve kat yükseklikleri 350 cm' dir. Çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sisteminin 3 boyutlu görünüşü aşağıda Şekil 5.3.' de gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Betonarme taşıyıcı sistemin 3 boyutlu görünüşü

### 5.1.2. Malzeme özellikleri

Çalışmaya konu olan 7 katlı betonarme taşıyıcı sistemin tasarımında C30 beton ve S420a donatı çeliği kullanılmıştır. Bu malzemelerin TS 500' e göre mekanik özellikleri sırasıyla Çizelge 5.2. ve Çizelge 5.3.' de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.** C30 betonun mekanik özellikleri

| Beton Sınıfı | Karakteristik Basınç Dayanımı, $f_{ck}$ (Mpa) | Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı (Mpa) | Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, $f_{ctk}$ (Mpa) | 28 Günlük Elastisite Modülü, $E_c$ (Mpa) |
|--------------|---|--|---|--|
| C30          | 30  | 37   | 1,9   | 32000                                    |

**Çizelge 5.3.** S420a donatı çeliğinin mekanik özellikleri

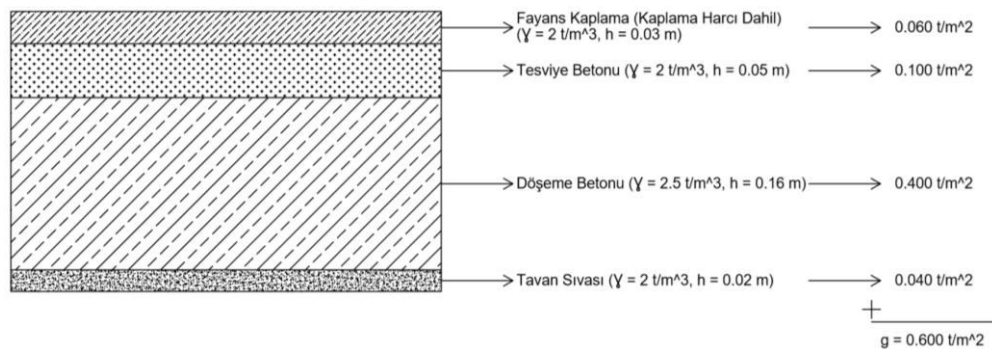
| Donatı Sınıfı | Minimum Akma Dayanımı, $f_{yk}$ (Mpa) | Minimum Kopma Dayanımı, $f_{su}$ (Mpa) | $\emptyset \leq 32$ için Minimum Kopma Uzaması, $\epsilon_{su}$ (%) | $32 < \emptyset \leq 50$ için Minimum Kopma Uzaması, $\epsilon_{su}$ (%) | Elastisite Modülü, $E_s$ (Mpa) |
|---------------|---------------------------------------|--|---|--|--------------------------------|
| S420a         | 420                                   | 500                                    | 12  | 10   | 200000                         |

### 5.1.3. Deprem karakteristikleri

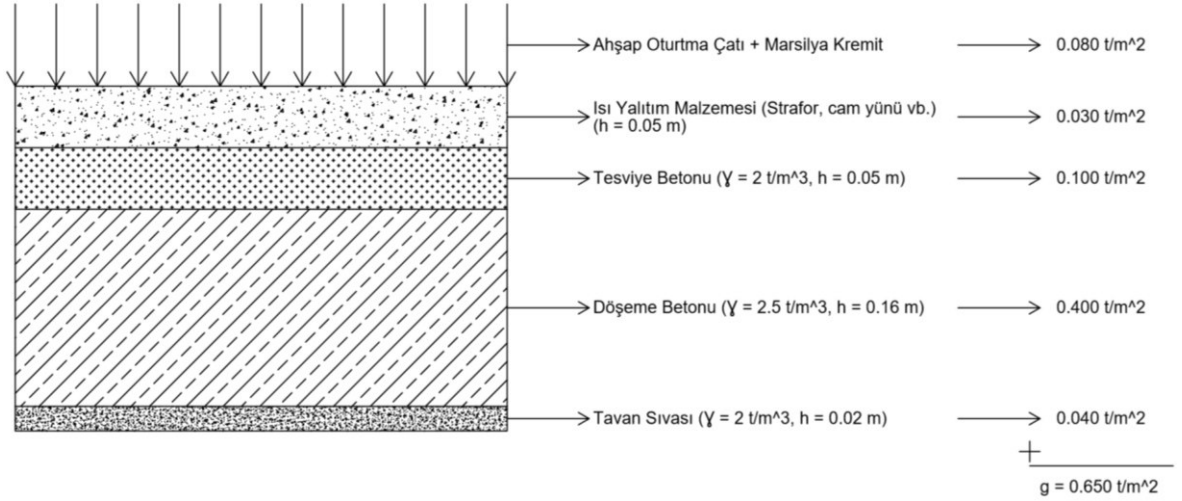
7 katlı yapı sisteminin İstanbul ili Üsküdar ilçesinde olduğu varsayılmıştır. Bu doğrultuda DBYBHY 2007 ve TS 500'e göre tasarlanan betonarme taşıyıcı sistem modelinde; bina önem katsayısı  $I = 1$ , hareketli yük katılım katsayısı  $n = 0.30$ , etkin yer ivmesi katsayısı  $A_0 = 0.40$ , yapı davranış katsayısı  $R = 8$  (x ve y yönlerinin her ikisi içinde), yerel zemin sınıfı  $Z_2$ , spektrum karakteristik periyotları da  $T_A = 0.15$  s,  $T_B = 0.40$  s olarak alınmıştır.

### 5.1.4. Boyutlandırmada esas alınan yükler

Çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sistemi için, normal kat döşemelerine etkiyen zati yükler Şekil 5.4.' de, çatı katı döşemelerine etkiyen zati yükler Şekil 5.5.' de ve normal kat kirişlerine etkiyen duvar yükü de Şekil 5.6.' da gösterilmiştir. Çatı katı kirişleri için duvar yükü alınmamıştır.

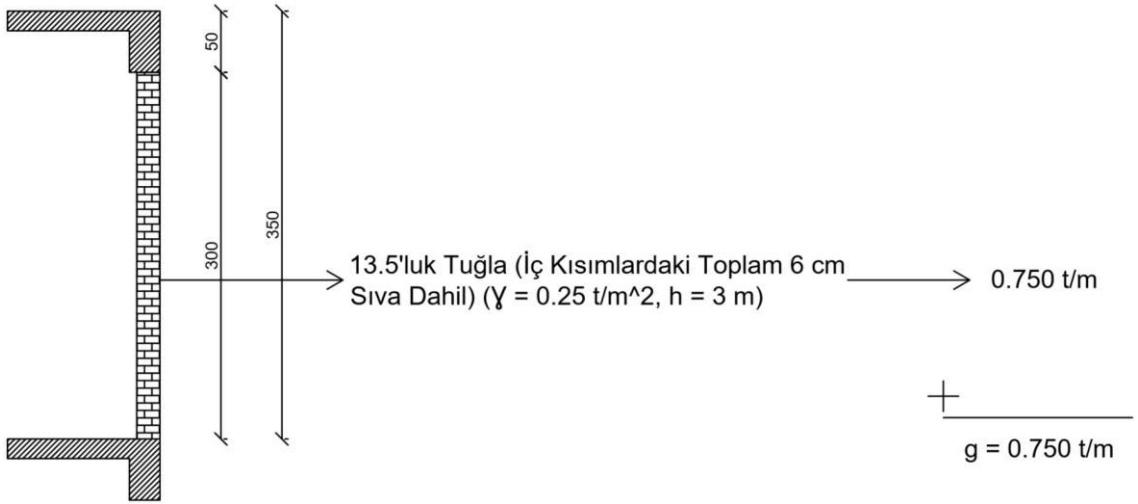
**Şekil 5.4.** Normal kat döşemelerine etkiyen zati yükler

Normal kat döşemesi için hareketli yük:  $0.35 \text{ t/m}^2$  alınmıştır.



Şekil 5.5. Çatı katı döşemelerine etkiyen zati yükler

Çatı katı döşemesi için hareketli yük : 0.15 t/m<sup>2</sup> dir.  
 Çatı katı döşemesi için kar yükü : 0.116 t/m<sup>2</sup> dir.  
 Çatı katı döşemesi için toplam hareketli yük : 0.266 t/m<sup>2</sup> alınmıştır.



Şekil 5.6. Normal kat kirişlerine etkiyen duvar yükü

### 5.1.5. Taşıyıcı sistemin boyutlandırılması ve elemanların kesit özelliklerinin belirlenmesi

7 katlı yapı sistemi için kolonlar 50x50 cm, kirişler 25x50 cm boyutlarında ve döşemeler 16 cm kalınlığında seçilmiştir. Kolonlar ve kirişlerde pas payı 5 cm, döşemelerde 2 cm seçilmiştir. 7 katlı yapı sisteminin DBYBHY 2007 ve TS 500'e göre tasarımı Sta4CAD programı yardımıyla yapılmıştır. Tasarlanan kolonların kesit



özellikleri Çizelge 5.4.' de, kirişlerin kesit özellikleri Çizelge 5.5.' de ve kiriş tipleri ise Çizelge 5.6.' da verilmiştir.

**Çizelge 5.4.** Kolonların kesit özellikleri

| Bina Tipi    | Kolon        | Boyut (cm) | Düşey Donatı | Yatay Donatı | Boyuna Donatı Oranı |
|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------------|
| 7 Katlı Bina | Tüm Kolonlar | 50 x 50    | 16Φ16        | Φ10/19/10    | 0.01287             |

**Çizelge 5.5.** Kirişlerin kesit özellikleri

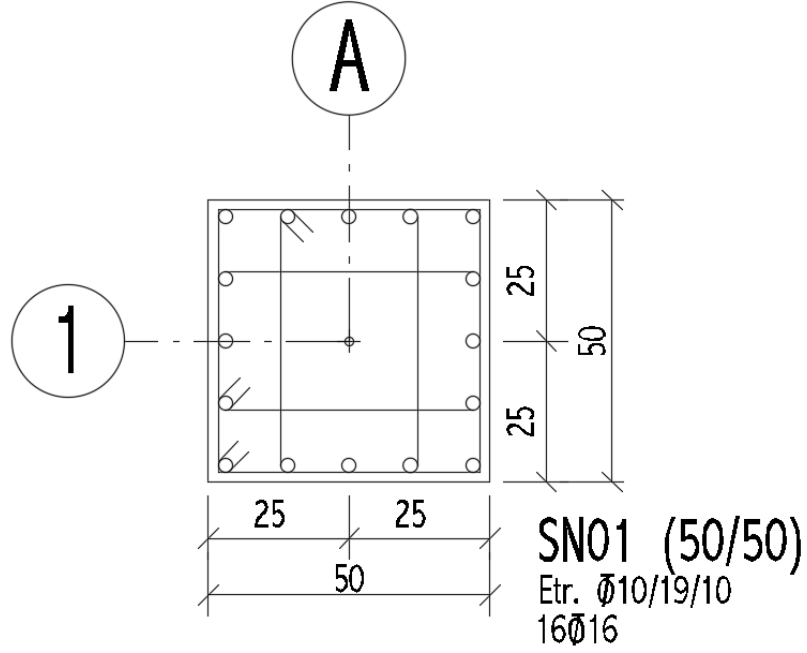
| 7 Katlı Bina        |        |     |             |         |             |
|---------------------|--------|-----|-------------|---------|-------------|
| Kiriş               | Katlar |     | Sol Mesnet  | Açıklık | Sağ Mesnet  |
| 1. Kat Tüm Kirişler | 1. Kat | Üst | 4Φ14 + 2Φ24 | 4Φ14    | 4Φ14 + 2Φ24 |
|                     |        | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |
| 2. Kat Tüm Kirişler | 2. Kat | Üst | 4Φ20 + 2Φ20 | 4Φ20    | 4Φ20 + 2Φ20 |
|                     |        | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |
| 3. Kat Tüm Kirişler | 3. Kat | Üst | 4Φ18 + 2Φ20 | 4Φ18    | 4Φ18 + 2Φ20 |
|                     |        | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |
| 4. Kat Tüm Kirişler | 4. Kat | Üst | 4Φ16 + 2Φ20 | 4Φ16    | 4Φ16 + 2Φ20 |
|                     |        | Alt | 4Φ16        | 4Φ16    | 4Φ16        |
| 5. Kat Tüm Kirişler | 5. Kat | Üst | 4Φ14 + 2Φ20 | 4Φ14    | 4Φ14 + 2Φ20 |
|                     |        | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |
| 6. Kat Tüm Kirişler | 6. Kat | Üst | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |
|                     |        | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |
| 7. Kat Tüm Kirişler | 7. Kat | Üst | 4Φ16        | 4Φ16    | 4Φ16        |
|                     |        | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |

NOT : Tüm kat kirişlerinde Φ10/20/10 etriye kullanılmıştır.

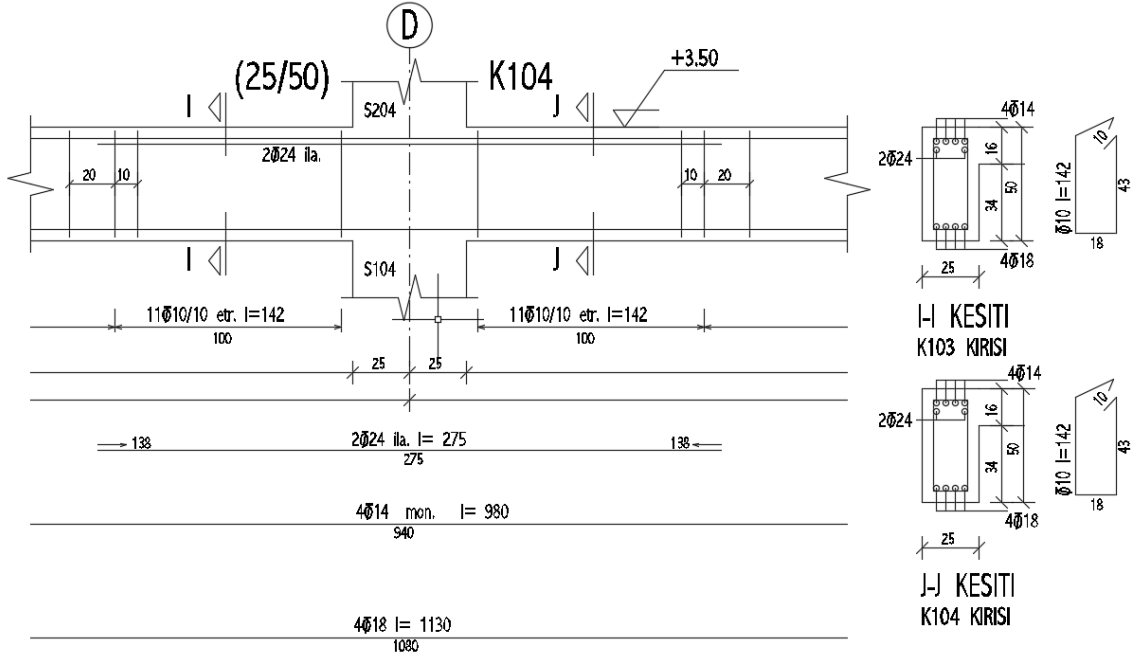
**Çizelge 5.6.** Kiriş tipleri

| ÖZELLİKLER |     | Sol Mesnet  | Açıklık | Sağ Mesnet  | Bulunduğu Yerler    |
|------------|-----|-------------|---------|-------------|---------------------|
| TİP 1      | Üst | 4Φ14 + 2Φ24 | 4Φ14    | 4Φ14 + 2Φ24 | 1. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |                     |
| TİP 2      | Üst | 4Φ20 + 2Φ20 | 4Φ20    | 4Φ20 + 2Φ20 | 2. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |                     |
| TİP 3      | Üst | 4Φ18 + 2Φ20 | 4Φ18    | 4Φ18 + 2Φ20 | 3. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        |                     |
| TİP 4      | Üst | 4Φ16 + 2Φ20 | 4Φ16    | 4Φ16 + 2Φ20 | 4. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ16        | 4Φ16    | 4Φ16        |                     |
| TİP 5      | Üst | 4Φ14 + 2Φ20 | 4Φ14    | 4Φ14 + 2Φ20 | 5. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |                     |
| TİP 6      | Üst | 4Φ18        | 4Φ18    | 4Φ18        | 6. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |                     |
| TİP 7      | Üst | 4Φ16        | 4Φ16    | 4Φ16        | 7. Kat Tüm Kirişler |
|            | Alt | 4Φ14        | 4Φ14    | 4Φ14        |                     |

Kolon ve kiriş kesitlerindeki donatılarının örnek yerleşim düzeni sırasıyla Şekil 5.7. ve Şekil 5.8.' de verilmiştir.

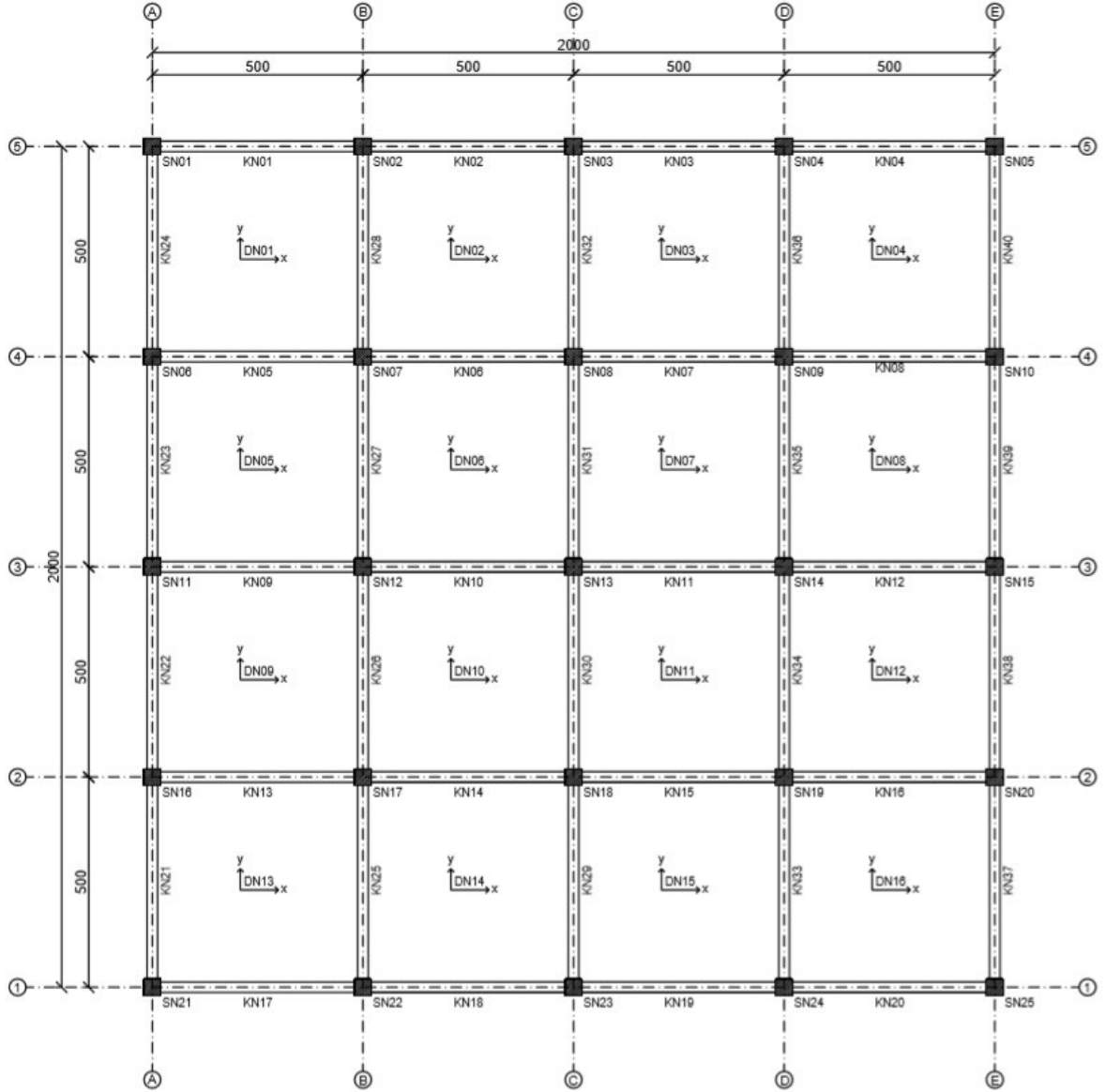


Şekil 5.7. Kolonların donatı düzeni



Şekil 5.8. Kirişlerin donatı düzeni

Yukarıda bahsedilen kolonların ve kirişlerin, kat planlarındaki konumlarının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Şekil 5.9.' da verilen örnek kat planından faydalanılabilir.

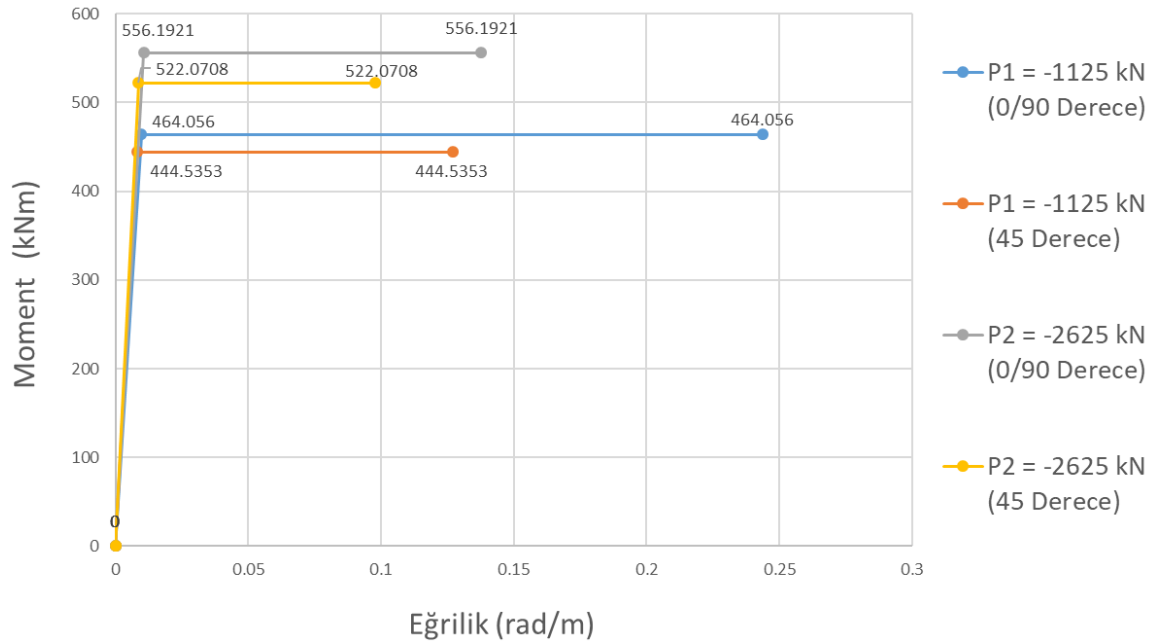


Şekil 5.9. Örnek kat planı

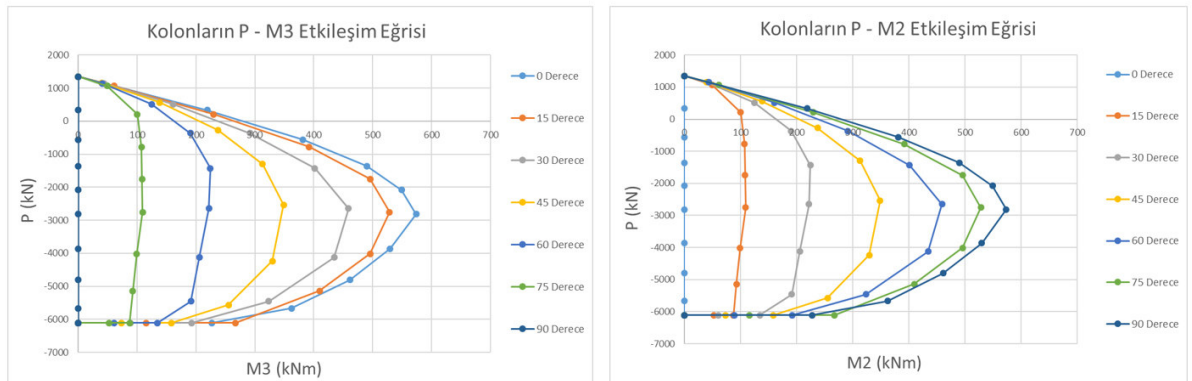
## 5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Analizi Yapılacak Olan 7 Katlı Betonarme Taşıyıcı Sistemin Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz yapılmasından dolayı, tasarlanan 7 katlı betonarme taşıyıcı sistemdeki kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda bu tez çalışmasında Bölüm 3’ de ayrıntılı olarak anlatılan sargılı ve sargısız beton modeli ile donatı çeliği modeli kullanılarak kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özellikleri belirlenmiştir. Kolonların ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinde SAP 2000 programından yararlanılmıştır.

Kolonların plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması için kolonların moment - eğrilik ilişkisi ve 2 boyutlu normal kuvvet - moment etkileşim eğrilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda SAP 2000 programında yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlara göre kolonların idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkileri Şekil 5.10.’ da ve kolonların idealleştirilmiş 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri de Şekil 5.11.’ de verilmiştir.

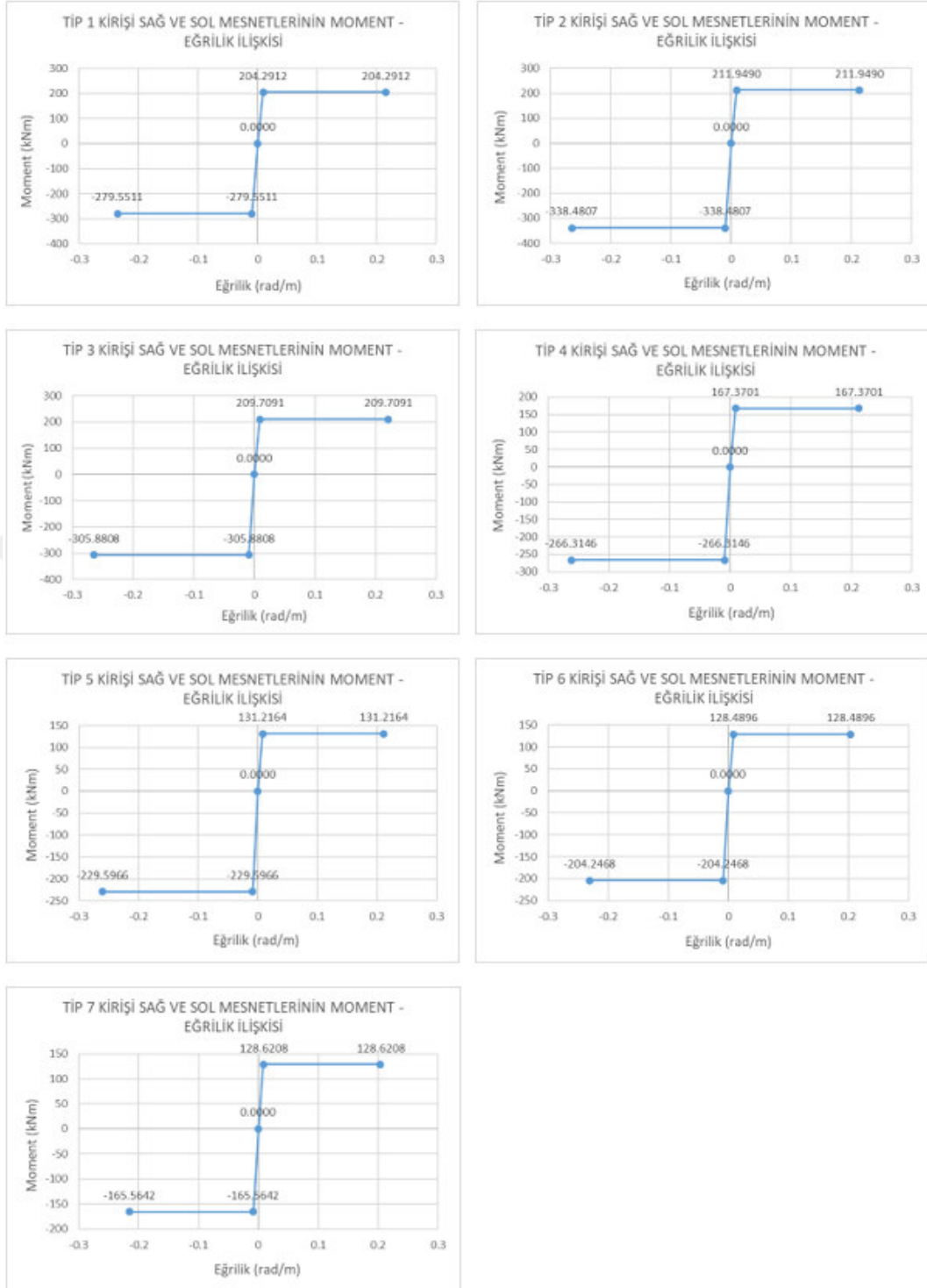


Şekil 5.10. Kolonların idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi



Şekil 5.11. Kolonların idealleştirilmiş 2 boyutlu normal kuvvet – moment etkileşim eğrileri

Kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması için kirişlerin moment - eğrilik ilişkisi bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda SAP 2000 programında yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlara göre kirişlerin idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkileri Şekil 5.12’ de verilmiştir.



Şekil 5.12. Kirişlerin idealleştirilmiş moment – eğrilik ilişkisi

Yapı sistemindeki kolon ve kirişlerin mesnetlerinde plastik mafsal oluştuğu kabul edilirken perdelerde ise en alt kattaki perde de plastik mafsal oluştuğu kabul edilir. Ancak kirişlerde düşey yüklerden ötürü açıklık ortasında da plastik mafsal oluşabilir.

Bu tez çalışmasında belirlenen plastik mafsal özellikleri kolonların alt ve üst mesnetlerine, kirişlerin ise sol ve sağ mesnetlerine tanımlanmıştır.

### 5.3. Tasarımı Yapılan 7 Katlı Yapı Sisteminin DBYBHY 2007' de Yer Alan AEDYY' ne Göre Analizi ve Sonuçları

#### 5.3.1. AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar

AEDYY' nin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bodrum kat hariç yapı sisteminin kat sayısı 8' i geçmemelidir.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan yapı sistemi 7 katlıdır.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite alınmaz.)
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sistemi hem kütle hem de rijitlik bakımından planda simetriktir. Dolayısıyla burulma etkisi oluşmamaktadır.
- Doğrusal davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sisteminin birinci (hakim) moduna ait etkin kütle oranı Çizelge 5.7.' de verilmiştir.

**Çizelge 5.7.** 7 katlı yapı sisteminin birinci (hakim) moduna ait etkin kütle oranı

| Bina Tipi | Mod No | Periyot (sn) | Etkin Kütle Oranları |    |    |
|-----------|--------|--------------|----------------------|----|----|
|           |        |              | UX                   | UY | RZ |
| 7 Katlı   | 1      | 1.598        | 0.710                | 0  | 0  |

Yukarıdan da anlaşılacağı üzere DBYBHY 2007' de yer alan AEDYY' nin uygulanabilmesi için sağlanması gereken koşullar 7 katlı yapı sistemi için sağlanmaktadır.

### 5.3.2. 7 katlı yapı sistemindeki elemanların etkin eğilme rijitliği oranlarının belirlenmesi

Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa DBYBHY 2007' de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri kullanılır. Aşağıda perde, kolon ve kiriş için DBYBHY 2007' de belirtilen etkin eğilme rijitlikleri verilmiştir.

- Kirişlerde:  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
- Kolon ve perdelerde:  $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$   
 $N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$  olması durumunda  $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

$N_D$ , yapı sisteminin  $W = G + nQ$  yüklemesi altında analiz edilmesi ile elde edilir.

7 katlı yapı sistemi üzerinde yapılan düşey yük analizi sonucunda kolonlar için elde edilen etkin eğilme rijitliği oranları Çizelge 5.8.' de verilmiştir. 7 katlı yapı sistemindeki kirişlerin etkin eğilme rijitliği oranı ise 0.4 alınmıştır.

Çizelge 5.8. 7 katlı yapı sisteminin kolonlarında elde edilen etkin eğilme rijitliği oranları

| 7 KATLI BİNA     |   |           |            |                          |                               |                    |                        |
|------------------|---|-----------|------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|
| KATLAR           | KOLONLAR  | $N_d$ (N) | B - H (mm) | $A_c$ (mm <sup>2</sup> ) | $f_{cm}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $N_d / A_c f_{cm}$ | Etkin Eğilme Rijitliği |
| 1. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 809390    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.127              | 0.436                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 1278552   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.201              | 0.534                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 1289264   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.202              | 0.536                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 2033493   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.319              | 0.692                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 2052844   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.322              | 0.696                  |
|                  | SN13  | 2073947   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.325              | 0.700                  |
| 2. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 694440    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.109              | 0.412                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 1090591   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.171              | 0.495                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 1103736   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.173              | 0.498                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 1720638   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.270              | 0.627                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 1744903   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.274              | 0.632                  |
|                  | SN13  | 1770851   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.278              | 0.637                  |
| 3. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 576032    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.090              | 0.400                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 901235    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.141              | 0.455                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 914413    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.143              | 0.458                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 1415423   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.222              | 0.563                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 1439857   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.226              | 0.568                  |
|                  | SN13  | 1465792   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.230              | 0.573                  |
| 4. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 455607    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.071              | 0.400                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 711011    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.112              | 0.415                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 722959    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.113              | 0.418                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 1114476   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.175              | 0.500                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 1136611   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.178              | 0.504                  |
|                  | SN13  | 1159997   | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.182              | 0.509                  |
| 5. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 333412    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.052              | 0.400                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 520045    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.082              | 0.400                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 529613    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.083              | 0.400                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 817303    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.128              | 0.438                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 834924    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.131              | 0.441                  |
|                  | SN13  | 853461    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.134              | 0.445                  |
| 6. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 210117    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.033              | 0.400                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 328623    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.052              | 0.400                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 335123    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.053              | 0.400                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 522395    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.082              | 0.400                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 534212    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.084              | 0.400                  |
|                  | SN13  | 546576    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.086              | 0.400                  |
| 7. KAT KOLONLARI | SN01 - SN05 - SN21 - SN25                             | 85289     | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.013              | 0.400                  |
|                  | SN02 - SN04 - SN06 - SN10 - SN16 - SN20 - SN22 - SN24 | 136335    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.021              | 0.400                  |
|                  | SN03 - SN11 - SN15 - SN23                             | 138851    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.022              | 0.400                  |
|                  | SN07 - SN09 - SN17 - SN19                             | 231087    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.036              | 0.400                  |
|                  | SN08 - SN12 - SN14 - SN18                             | 235096    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.037              | 0.400                  |
|                  | SN13  | 239109    | 500        | 250000                   | 25.5                          | 0.038              | 0.400                  |



### 5.3.3. 7 katlı yapı sistemine uygulanacak EDYD' nın belirlenmesi

Yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analiz sonucu dikkate alınan deprem doğrultusundaki birinci mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir.

7 katlı yapı sistemi kütle ve rijitlik bakımından planda simetrik olduğu için x ve y doğrultularındaki birinci (hakim) modları aynı özellikleri gösterir. Bundan dolayı 7 katlı yapı sistemi için sadece x doğrultusunda ve tek yönde artımsal itme analizinin yapılması yeterlidir.

Yukarıda kolonlar ve kirişler için belirlenen etkin eğilme rijitliği oranları kullanılarak 7 katlı yapı sisteminin modal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu gerçekleştirilen modal analiz sonucunda elde edilen genlikler ile ilgili kütleler çarpılarak 7 katlı yapı sistemi için EDYD belirlenmiştir. Çizelge 5.9.' da 7 katlı yapı sistemi için elde edilen EDYD verilmiştir.

Çizelge 5.9. 7 katlı yapı sistemi için elde edilen EDYD

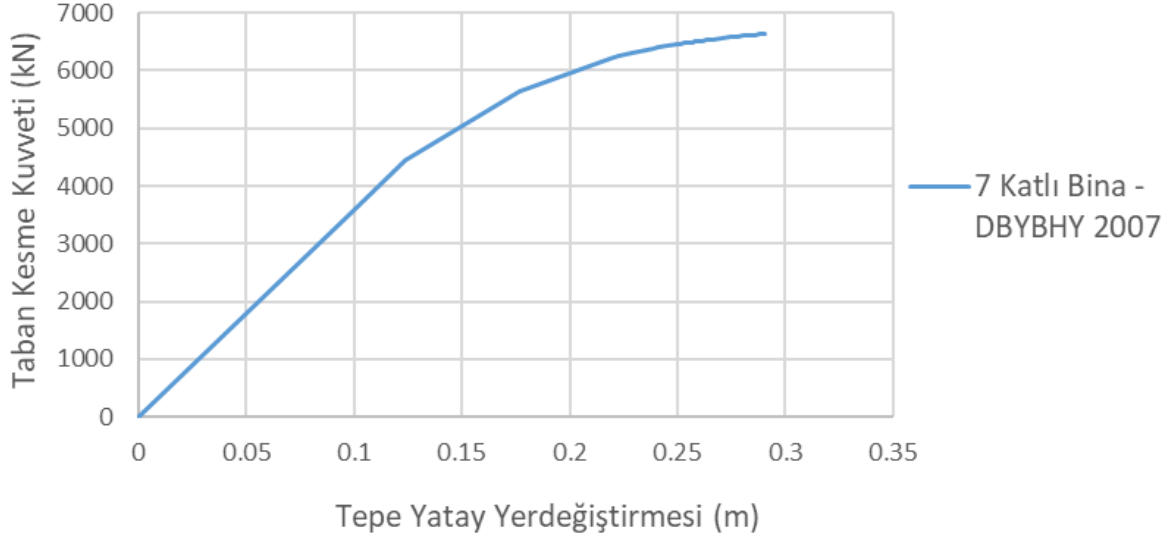
| Kat | Ağırlık (kN) | X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m) | Ağırlık x Genlik | Eşdeğer Deprem Yüğü Dağılımı |
|-----|--------------|--|------------------|------------------------------|
| 1   | 5491.8750    | 0.0027   | 14.8281          | 0.1640                       |
| 2   | 5491.8750    | 0.0071   | 38.9923          | 0.4313                       |
| 3   | 5491.8750    | 0.0116   | 63.7058          | 0.7046                       |
| 4   | 5491.8750    | 0.0156   | 85.6733          | 0.9476                       |
| 5   | 5491.8750    | 0.0188   | 103.2473         | 1.1420                       |
| 6   | 5491.8750    | 0.0210   | 115.3294         | 1.2756                       |
| 7   | 4091.0750    | 0.0221   | 90.4128          | 1.0000                       |

### 5.3.4. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi

Yukarıda ifade edilen etkin eğilme rijitlikleri, EDYD ve plastik mafsallık özellikleri kullanılarak 7 katlı yapı sisteminin SAP 2000 programında artımsal itme analizi gerçekleştirilmiştir.

### 5.3.5. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrisinin elde edilmesi

7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen kapasite eğrisi Şekil 5.13.' de verilmiştir.

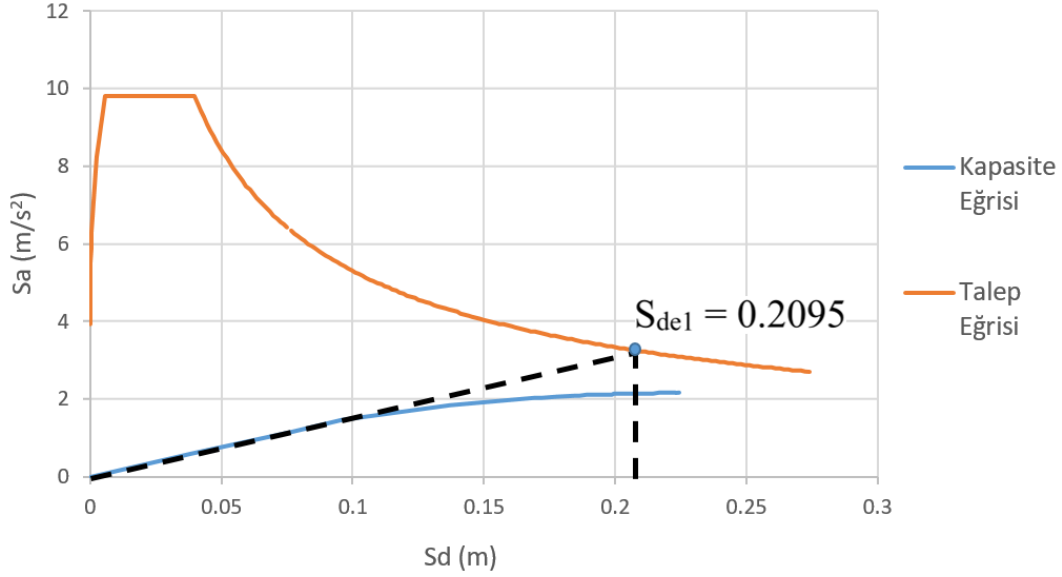


Şekil 5.13. 7 katlı yapı sisteminin x eksenli doğrultusu için kapasite eğrisi

### 5.3.6. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi

7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi amacıyla, 7 katlı yapı sistemi için elde edilen ve eksenleri taban kesme kuvveti (kN) - tepe yer değiştirmesi (m) olan kapasite eğrisinin, spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüşümü yapılır. Sonra deprem etkisini temsil eden, eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - periyot ( $T$ ) olan talep eğrisinin eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüştürülür. Kapasite ve talep eğrilerinin her ikisi içinde eksen dönüşümlerinin nasıl yapıldığı bu tez çalışmasında Bölüm 2 kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Aynı eksen takımına dönüştürülen kapasite ve talep eğrileri artık birbiriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir. Bu kapsamda birbiriyle ilişkilendirilen kapasite ve talep eğrileri aynı grafik üzerinde çizilerek bu tez çalışmasında Bölüm 2 kısmında anlatılan performans noktası belirleme işlemi uygulanır. Böylelikle 7 katlı yapı sisteminin performans noktası belirlenir.

Şekil 5.14' de 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki tepe yer değiştirme isteminin bulunabilmesi için gerekli olan, itme analizinin ilk adımında birinci (hakim) moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme ( $S_{del}$ ) belirlenmiştir.



Şekil 5.14. 7 katlı yapı sisteminde x eksenli doğrultusu için doğrusal elastik spektral yer değiştirmenin belirlenmesi

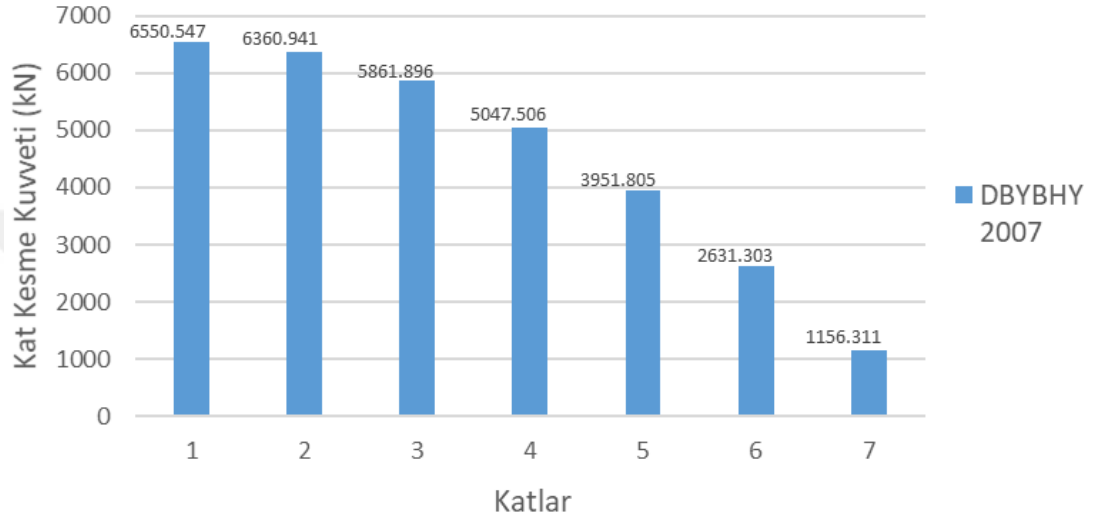
Yukarıdaki grafikte 7 katlı yapı sistemi için elde edilen doğrusal elastik spektral yer değiştirme değerinden hareketle tepe yer değiştirmesi istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  hesaplanır. Bu hesaplanan değer Çizelge 5.10.' da verilmiştir.

Çizelge 5.10. 7 katlı yapı sistemi için tepe yer değiştirmesi istemi  $u_{xN1}^{(p)}$ ' nin hesaplanması

| Parametreler   | 7 Katlı Bina - DBYBHY 2007 | Birimler |
|--|----------------------------|----------|
| $C_{R1}$   | 1                          |          |
| $S_{de1}$  | 0.2095                     | m        |
| $d_1^{(p)} = S_{di1} = C_{R1} * S_{de1}$               | 0.2095                     | m        |
| $\Phi_{xN1}$   | 0.0221                     | m        |
| $\Gamma_{x1}$  | 58.5127                    | 1/m      |
| $u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} * \Gamma_{x1} * d_1^{(p)}$ | 0.2709                     | m        |

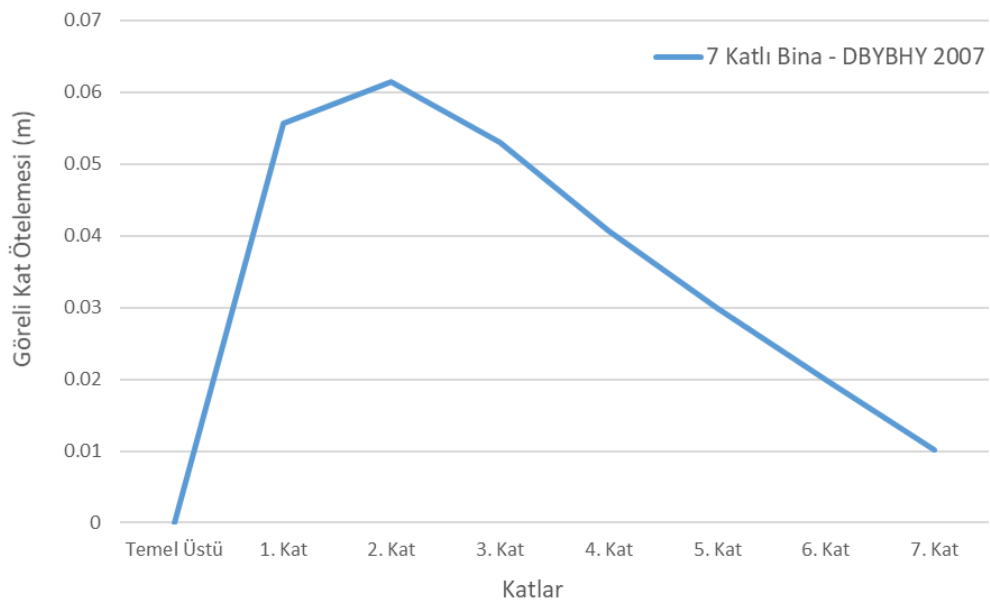
Çizelge 5.10.' da elde edilen  $u_{xN1}^{(p)}$  tepe yer değiştirmesi istemi büyüklüğü 7 katlı yapı sisteminin performans noktasıdır. 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirmesi bu tepe yer değiştirmesine göre yapılır. SAP 2000' de gerçekleştirilen artımsal itme analizi sonucunda, 7 katlı yapı sisteminde 31. hesap adımı, 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirilmesinin yapılacağı hesap adımı olarak belirlenmiştir. 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirilmesinin yapılacağı adımdaki istemler (tepe yer değiştirmesi, taban kesme kuvveti, kat kesme kuvveti ve görece kat ötelemesi) aşağıda verilmiştir.

- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen tepe yer değıştirmesi istemi 0.2709 m' dir.
- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti istemi 6550.547 kN' dur.
- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen kat kesme kuvveti istemleri Şekil 5.15.' de verilmiştir.



Şekil 5.15. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki kat kesme kuvveti istemleri

- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen göreli kat ötelemesi istemleri Şekil 5.16.' da verilmiştir.



Şekil 5.16. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki göreli kat ötelemesi istemleri

## 5.4. Tasarımı Yapılan 7 Katlı Yapı Sisteminin TBDY 2018' de Yer Alan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemine Göre Analizi ve Sonuçları

### 5.4.1. Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar

Sabit tek modlu itme yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Bina yükseklik sınıfı (BYS)  $\geq 5$  olmalıdır.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sisteminin  $BYS = 5$ ' dir.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olmalıdır. (Burulma düzensizliği kat sayısı hesaplanırken eksantrisite göz önüne alınmaz.)
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sistemi hem kütle hem de rijitlik bakımından planda simetriktir. Dolayısıyla burulma etkisi oluşmamaktadır.
- Doğrusal elastik davranış göz önüne alınarak yapılan analizler sonucu göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim moda ait etkin kütlelerin toplam yapı sisteminin kütlelerine oranı en az 0.70 olması gereklidir. Burada bahsedilen toplam yapı sisteminin kütlelerine, bodrum katlarında rijit perdeler bulunan katlar dahil edilmez.
  - ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sisteminin birinci (hakim) moduna ait etkin kütle oranı Çizelge 5.11.' de verilmiştir. Çizelge 5.11.' deki etkin kütle oranı, yapı elemanlarının etkin kesit rijitlik oranları ile rijitlikleri azaltıldıktan sonra elde edilen büyüklüklerdir.

**Çizelge 5.11.** 7 katlı yapı sisteminin birinci (hakim) moduna ait etkin kütle oranı

| Bina Tipi | Mod No | Periyot (sn) | Etkin Kütle Oranları |    |    |
|-----------|--------|--------------|----------------------|----|----|
|           |        |              | UX                   | UY | RZ |
| 7 Katlı   | 1      | 1.681        | 0.708                | 0  | 0  |

- Ayrıca yapı sisteminde ikinci merteye etkilerinin dikkate alınması gerektiği durumlarda sabit tek modlu itme yöntemi yerine değişken tek modlu itme yönteminin kullanılması tavsiye edilir.

- ✓ Bu çalışmaya konu olan 7 katlı yapı sisteminde ikinci merteye etkileri dikkate alınmamıştır.

Yukarıdan da anlaşılacağı üzere TBDY 2018' de yer alan sabit tek modlu itme yönteminin uygulanabilmesi için sağlanması gereken koşullar 7 katlı yapı sistemi için sağlanmaktadır.

#### 5.4.2. 7 katlı yapı sistemindeki elemanların etkin kesit rijitliği oranlarının belirlenmesi

Eğilme etkisi altındaki betonarme elemanların çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer daha kesin bir hesap yapılmıyorsa TBDY 2018' de belirtilen etkin kesit rijitlikleri kullanılır. Çizelge 5.12.' de TBDY 2018' de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları verilmiştir.

**Çizelge 5.12.** TBDY 2018' de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı          | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı |                     |
|--|-------------------------------|---------------------|
|  | <i>Eksenel</i>                | <i>Kayma</i>        |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i></b>  |                               |                     |
| Perde                                      | 0.50                          | 0.50                |
| Bodrum perdesi                             | 0.80                          | 0.50                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 0.25                |
| <b><i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i></b> | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Perde                                      | 0.25                          | 1.00                |
| Bodrum perdesi                             | 0.50                          | 1.00                |
| Döşeme                                     | 0.25                          | 1.00                |
| <b><i>Çubuk eleman</i></b>                 | <b><i>Eğilme</i></b>          | <b><i>Kesme</i></b> |
| Bağ kirişi                                 | 0.15                          | 1.00                |
| Çerçeve kirişi                             | 0.35                          | 1.00                |
| Çerçeve kolonu                             | 0.70                          | 1.00                |
| Perde (eşdeğer çubuk)                      | 0.50                          | 0.50                |

Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, Çizelge 5.12.' den elde edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılacaktır. (Yani yapı sisteminin başlangıçta  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  yükü altında Çizelge 5.12.' de ifade

edilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak analizi yapılacaktır. Burada G sabit yükü, n bina kullanım amacına göre değişkenlik gösteren bir katsayıyı, Q hareketli yükü, S kar yükünü ve  $E_d^{(2)}$  de düşey deprem etkisini ifade etmektedir.) Sonra deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Çizelge 5.12.' de betonarme taşıyıcı sistem elemanları için belirtilen etkin kesit rijitliği çarpanları 7 katlı yapı sistemindeki elemanlara uygulanmıştır.

#### 5.4.3. 7 katlı yapı sistemine uygulanacak EDYD' nın belirlenmesi

Yapı sisteminin doğrusal elastik davranışı göz önüne alınarak yapılan analiz sonucu dikkate alınan deprem doğrultusundaki hakim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olacak şekilde EDYD belirlenir.

7 katlı yapı sistemi kütle ve rijitlik bakımından planda simetrik olduğu için x ve y doğrultularındaki birinci (hakim) modları aynı özellikleri gösterir. Bundan dolayı 7 katlı yapı sistemi için sadece x doğrultusunda ve tek yönde artımsal itme analizinin yapılması yeterlidir.

Yukarıda 7 katlı yapı sisteminin elemanları için belirlenen etkin kesit rijitliği oranları kullanılarak 7 katlı yapı sisteminin modal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu modal analiz sonucunda elde edilen genlikler ile ilgili kütleler çarpılarak 7 katlı yapı sistemi için EDYD belirlenmiştir. Çizelge 5.13.' de 7 katlı yapı sistemi için elde edilen EDYD verilmiştir.

Çizelge 5.13. 7 katlı yapı sistemi için elde edilen EDYD

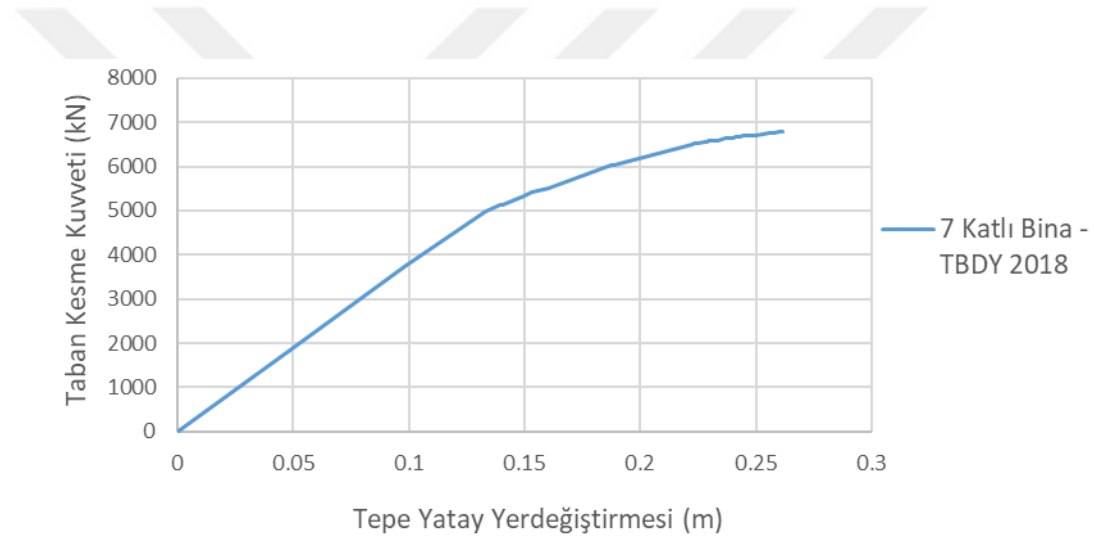
| Kat | Ağırlık (kN) | X Doğrultusunda Hakim Mod Şekli Genlikleri (m) | Ağırlık x Genlik | Eşdeğer Deprem Yüğü Dağılımı |
|-----|--------------|--|------------------|------------------------------|
| 1   | 6410.89875   | 0.0025   | 16.0272          | 0.1670                       |
| 2   | 6410.89875   | 0.0066   | 42.3119          | 0.4408                       |
| 3   | 6410.89875   | 0.0108   | 69.2377          | 0.7214                       |
| 4   | 6410.89875   | 0.0145   | 92.9580          | 0.9685                       |
| 5   | 6410.89875   | 0.0173   | 110.9085         | 1.1555                       |
| 6   | 6410.89875   | 0.0193   | 123.7303         | 1.2891                       |
| 7   | 4728.13875   | 0.0203   | 95.9812          | 1.0000                       |

#### 5.4.4. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi

Yukarıda ifade edilen etkin kesit rijitlikleri, EDYD ve plastik mafsal özellikleri kullanılarak 7 katlı yapı sisteminin SAP 2000 programında artımsal itme analizi gerçekleştirilmiştir.

#### 5.4.5. 7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi sonucunda kapasite eğrisinin elde edilmesi

7 katlı yapı sistemi üzerinde artımsal itme analizinin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen kapasite eğrisi Şekil 5.17.' de verilmiştir.



Şekil 5.17. 7 katlı yapı sisteminin x eksenini doğrultusunda kapasite eğrisi

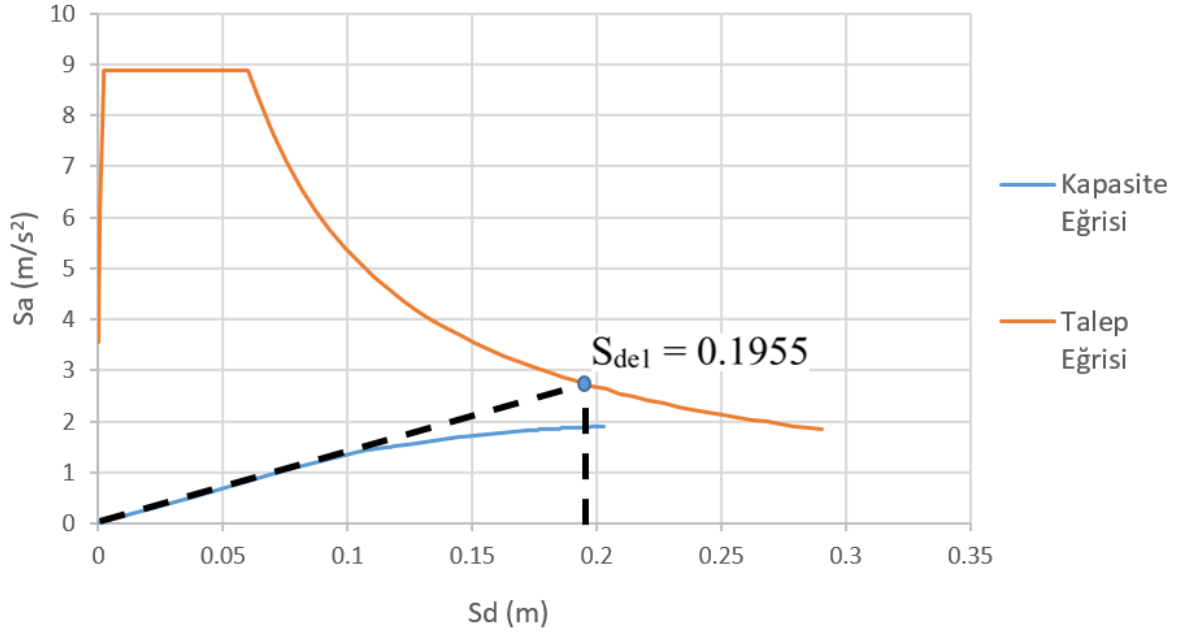
#### 5.4.6. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi

7 katlı yapı sisteminin performans noktasının belirlenmesi amacıyla, 7 katlı yapı sistemi için elde edilen ve eksenleri taban kesme kuvveti (kN) - tepe yer değiştirmesi (m) olan kapasite eğrisinin, spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüşümü yapılır. Sonra deprem etkisini temsil eden, eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - periyot (T) olan talep eğrisinin eksenleri spektral ivme ( $S_a$ ) - spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) eksen takımına dönüştürülür. Kapasite ve talep eğrilerinin her ikisi içinde eksen dönüşümlerinin nasıl yapıldığı bu tez çalışmasında Bölüm 3 kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Aynı eksen takımına dönüştürülen kapasite ve talep eğrileri artık birbiriyle ilişkilendirilebilir duruma gelir. Bu kapsamda birbiriyle ilişkilendirilen kapasite ve talep



eğrileri aynı grafik üzerinde çizilerek bu tez çalışmasında Bölüm 3 kısmında anlatılan performans noktası belirleme işlemi uygulanır. Böylelikle 7 katlı yapı sisteminin performans noktası belirlenir.

Şekil 5.18’ de 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki tepe yer değiştirme isteminin bulunabilmesi için gerekli olan, itme analizinin ilk adımında birinci (hakim) moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme ( $S_{de1}$ ) belirlenmiştir.



Şekil 5.18. 7 katlı yapı sisteminde x eksenini doğrultusunda doğrusal elastik spektral yer değiştirme eğrilerinin belirlenmesi

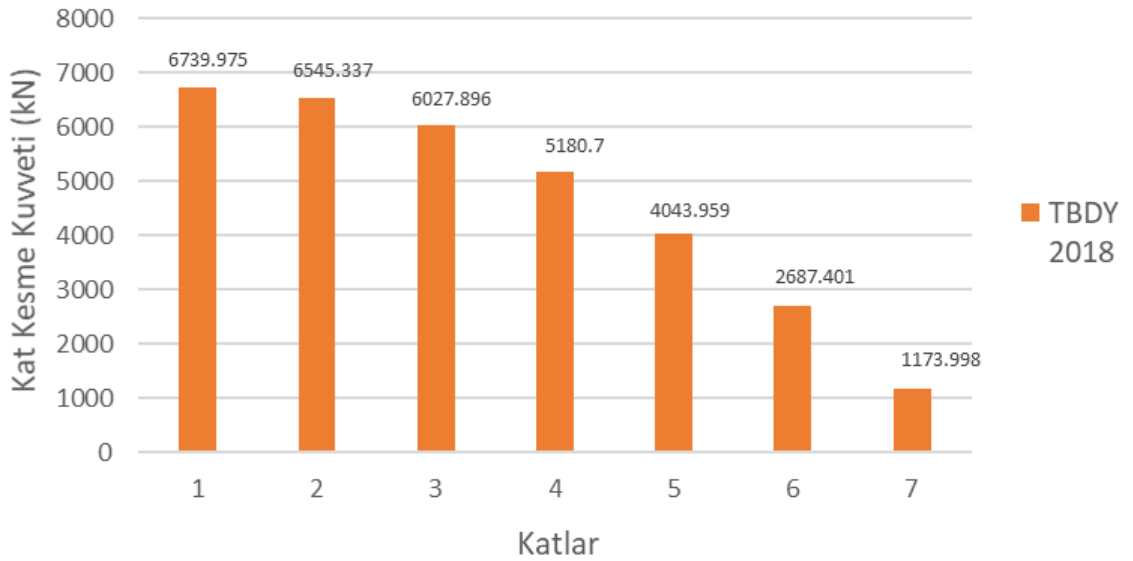
Yukarıdaki grafikte 7 katlı yapı sistemi için elde edilen doğrusal elastik spektral yer değiştirme değerinden hareketle tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  hesaplanır. Bu hesaplanan değer Çizelge 5.14.’ de verilmiştir.

Çizelge 5.14. 7 katlı yapı sistemi için tepe yer değiştirme istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  nin hesaplanması

| Parametreler   | 7 Katlı Bina - TDBY 2018 | Birimler |
|--|--------------------------|----------|
| $C_{R1}$   | 1                        |          |
| $S_{de1}$  | 0.1955                   | m        |
| $d_1^{(p)} = S_{d1} = C_{R1} * S_{de1}$                | 0.1955                   | m        |
| $\Phi_{xN1}$   | 0.0203                   | m        |
| $\Gamma_{x1}$  | 63.5695                  | 1/m      |
| $u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} * \Gamma_{x1} * d_1^{(p)}$ | 0.2523                   | m        |

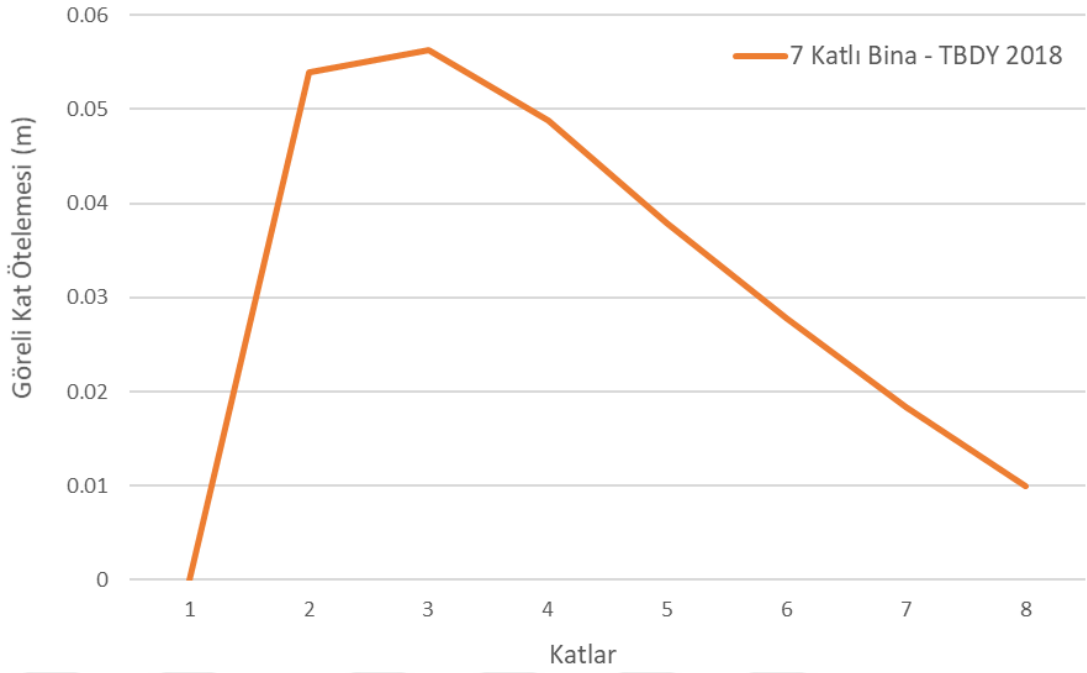
Çizelge 5.14.' de elde edilen  $u_{xN1}^{(p)}$  tepe yer değiştirmesi istemi büyüklüğü 7 katlı yapı sisteminin performans noktasıdır. 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirmesi bu tepe yer değiştirmesine göre yapılır. SAP 2000'de gerçekleştirilen artımsal itme analizi sonucunda, 7 katlı yapı sisteminde 35. hesap adımı, 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirilmesinin yapılacağı hesap adımı olarak belirlenmiştir. 7 katlı yapı sisteminin performans değerlendirilmesinin yapılacağı adımdaki istemler (tepe yer değiştirmesi, taban kesme kuvveti, kat kesme kuvveti ve görel kat ötelemesi) aşağıda verilmiştir.

- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen tepe yer değiştirmesi istemi 0.2523 m' dir.
- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen taban kesme kuvveti istemi 6739.975 kN' dur.
- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen kat kesme kuvveti istemleri Şekil 5.19.' da verilmiştir.



Şekil 5.19. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki kat kesme kuvveti istemleri

- 7 katlı yapı sisteminin performans noktasında elde edilen görel kat ötelemesi istemleri Şekil 5.20.' de verilmiştir.



Şekil 5.20. 7 katlı yapı sisteminin performans noktasındaki görelî kat ötelemesi istemleri

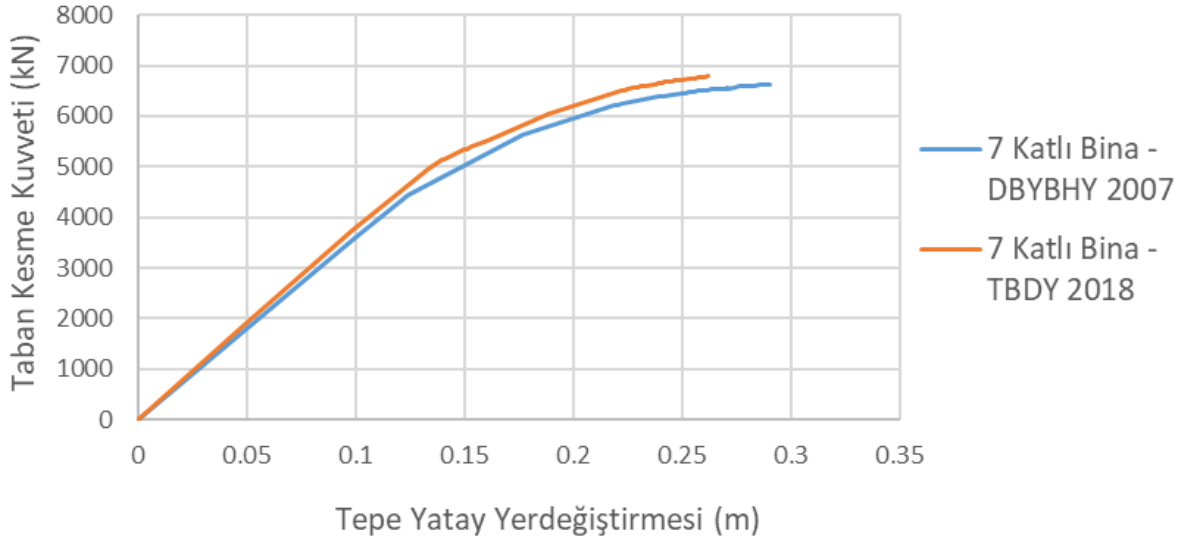
## 5.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e Göre Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Bu konu başlığı altında tasarımı yapılan 7 katlı yapı sisteminin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre bulunan sonuçları ile TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre bulunan sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda her iki yönetmelik için bulunan sonuçlara göre 7 katlı yapı sisteminin kapasite eğrileri ve performans değerlendirmelerinin yapılacağı adımlardaki deprem istemleri aşağıda karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki yönetmeliğe göre bulunan talep eğrileri de aşağıda karşılaştırılmıştır.

### 5.5.1. 7 katlı yapı sistemine ait kapasite eğrilerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

7 katlı yapı sistemine ait kapasite eğrilerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması Şekil 5.21.' de gösterilmiştir. Şekil 5.21.' den de anlaşılacağı üzere 7 katlı yapı sistemi için TBDY 2018' e göre bulunan sonuç DBYBHY 2007' ye göre bulunan sonuca göre daha rijit bir davranış göstermektedir. Bunun nedenleri;

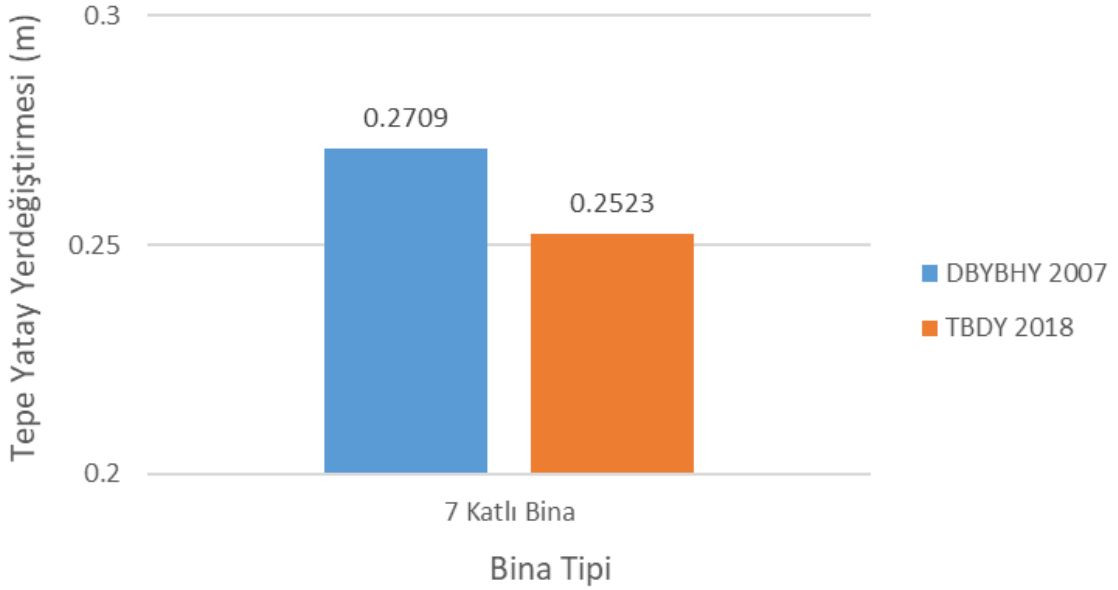
- Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerde tanımlanan plastik mafsal özellikleri aynı olmasına rağmen yönetmeliklerde eğilme altındaki elemanların çatlamış kesite ait kesit rijitliklerinin farklılık göstermesidir.
- DBYBHY 2007' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ$  alınırken TBDY 2018'de düşey yük hesabında  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  alınmasıdır.



Şekil 5.21. 7 katlı yapı sisteminde x eksenine doğru tepede yatay yerdeğiştirme için her iki yönetmeliğe göre bulunan kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

### 5.5.2. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki tepe yer değiştirme istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

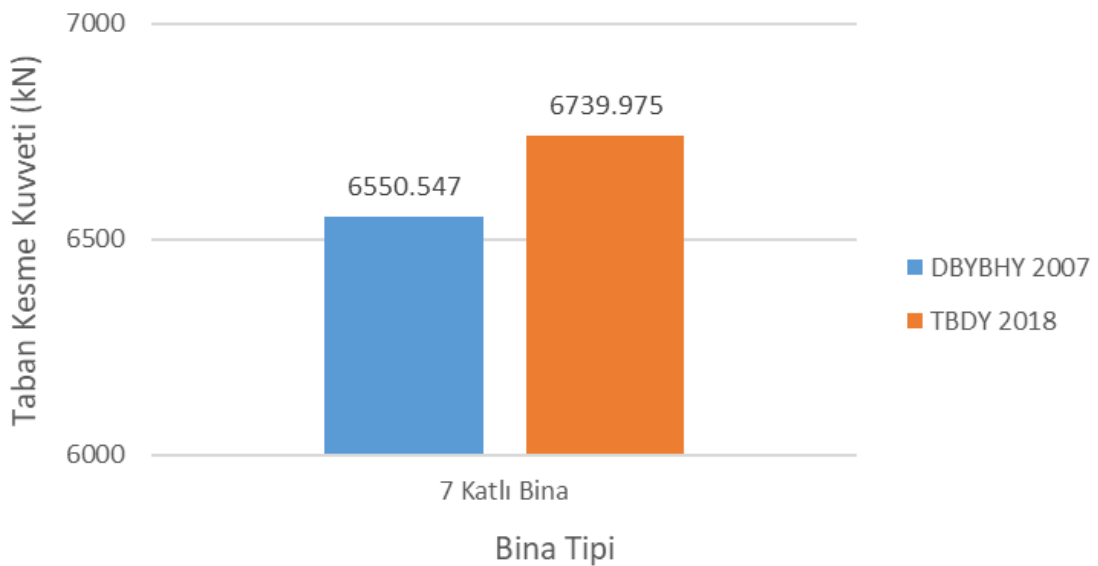
Şekil 5.22.' de 7 katlı yapı sistemi için performans noktalarında elde edilen tepe yer değiştirme istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre 7 katlı yapı sisteminde, TBDY 2018' e göre bulunan tepe yer değiştirme değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan tepe yer değiştirme değerine göre daha küçüktür.



Şekil 5.22. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki tepe yer değiştirmesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

### 5.5.3. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

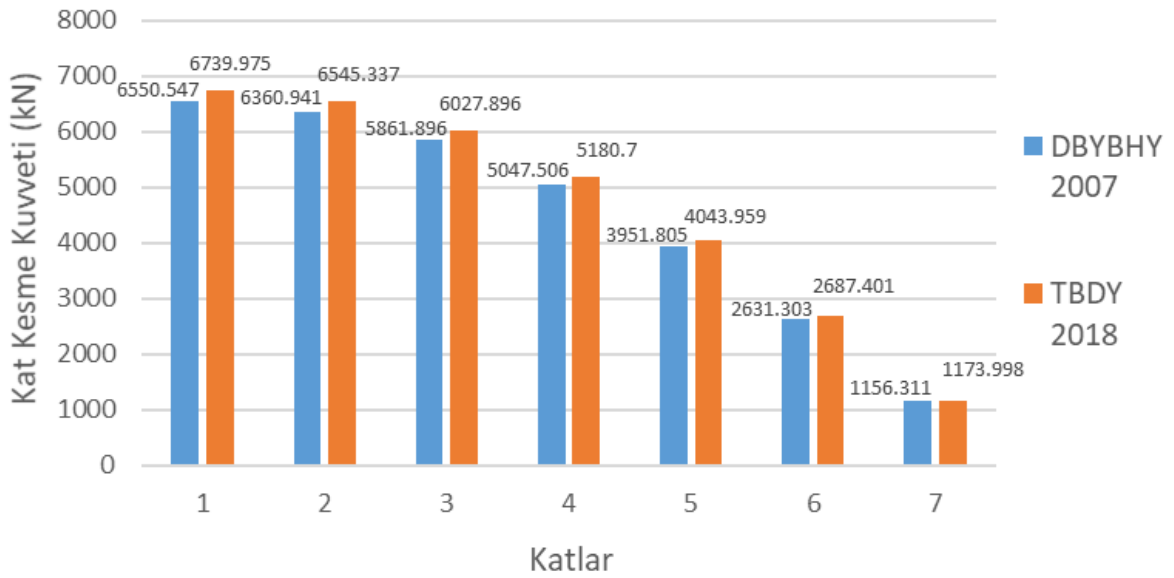
Şekil 5.23.' de 7 katlı yapı sistemi için performans noktalarında bulunan taban kesme kuvveti istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre 7 katlı yapı sistemi için TBDY 2018' e göre bulunan taban kesme kuvveti değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan taban kesme kuvveti değerine göre daha büyüktür.



Şekil 5.23. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki taban kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 5.5.4. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

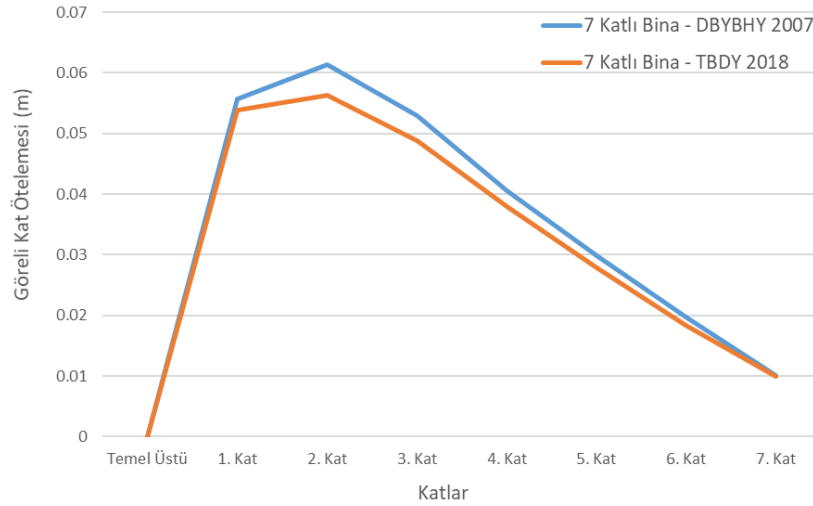
Şekil 5.24.' de 7 katlı yapı sistemi için performans noktalarında bulunan kat kesme kuvveti istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre 7 katlı yapı sistemi için TBDY 2018' e göre bulunan kat kesme kuvveti değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan kat kesme kuvveti değerine göre daha büyüktür.



Şekil 5.24. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki kat kesme kuvveti istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

#### 5.5.5. 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki görelî kat ötelemesi istemlerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre karşılaştırılması

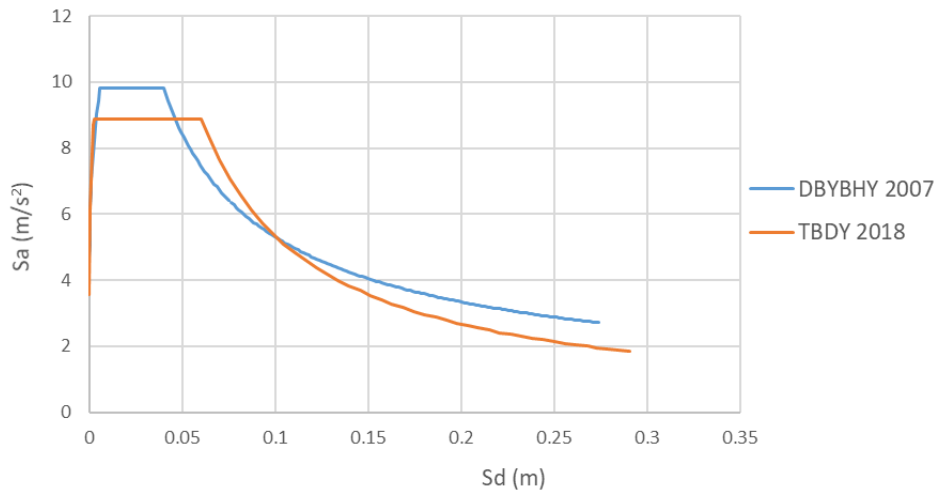
Şekil 5.25.' de 7 katlı yapı sistemi için performans noktalarında bulunan görelî kat ötelemesi istemleri her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Buna göre 7 katlı yapı sistemi için TBDY 2018' e göre bulunan görelî kat ötelemesi değeri DBYBHY 2007' ye göre bulunan görelî kat ötelemesi değerine göre daha küçüktür.



**Şekil 5.25.** 7 katlı yapı sisteminin performans noktalarındaki görel kat ötelemesi istemlerinin her iki yönetmeliğe göre karşılaştırılması

### 5.5.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre elde edilen talep eğrilerinin karşılaştırılması

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre bulunan talep eğrileri Şekil 5.26.' da karşılaştırılmıştır. Şekil 5.26.' dan da anlaşılacağı üzere farklı spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) değerleri için hem TBDY 2018 hem de DBYBHY 2007' ye göre bulunan spektral ivme değerleri farklılık göstermektedir. Bunun nedeni; İstanbul ili Üsküdar ilçesi için DBYBHY 2007'de 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı Z2 için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulurken TBDY 2018' de ise yapı sisteminin bulunduğu enlem-boylam ve yerel zemin sınıfı ZD için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulmuştur.



**Şekil 5.26.** Her iki yönetmeliğe göre elde edilen talep eğrilerinin karşılaştırılması

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında incelenen yapı sistemlerine uygulanan analiz yöntemlerinden hareketle bazı sonuçlara varılmıştır. Elde edilen sonuçlar iki ana başlık altında aşağıda verilmiştir.

a.) Farklı kat sayılarına sahip her iki yönde de tek açıklıklı mevcut betonarme yapı sistemlerinin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre itme analizi sonucu kapasite eğrileri karşılaştırıldığında kat sayısı azaldıkça yapı sistemlerinin daha rijit bir davranış gösterdiği görülmektedir.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizi sonucu kapasite eğrileri karşılaştırıldığında kat sayısı azaldıkça yapı sistemlerinin daha rijit bir davranış gösterdiği görülmektedir.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin kendi aralarında (Örneğin; 3 katlı yapıyla 3 katlı yapının karşılaştırılması) karşılaştırılması sonucu TBDY 2018' e göre elde edilen kapasite eğrisi sonuçları DBYBHY 2007' ye göre elde edilen kapasite eğrisi sonuçlarına göre daha rijit bir davranış göstermektedir. Bunun nedenleri;
  - 1.) Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerde tanımlanan plastik mafsallik özellikleri aynı olmasına rağmen yönetmeliklerde eğilme altındaki elemanların çatlamış kesite ait kesit rijitliklerinin farklılık göstermesidir.
  - 2.) DBYBHY 2007' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ$  alınırken TBDY 2018' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  alınmasıdır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen tepe yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında kat sayısı yükseldikçe tepe yer değiştirmesi artmaktadır.



Fakat kat sayısı yükseldikçe tepe yer değiştirmesinin artması bazında yüzdelerik artış azalmaktadır.

- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen tepe yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında kat sayısı yükseldikçe tepe yer değiştirmesi artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe tepe yer değiştirmesinin artması bazında yüzdelerik artış azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin kendi aralarında (Örneğin; 3 katlı yapıyla 3 katlı yapının karşılaştırılması) karşılaştırılması sonucu kat sayısı arttıkça, TBDY 2018' e göre performans noktasında elde edilen tepe yer değiştirmesi değeri DBYBHY 2007' ye göre performans noktasında elde edilen tepe yer değiştirmesi değerine göre azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen taban ve kat kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe taban ve kat kesme kuvvetleri artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe taban ve kat kesme kuvvetlerinin artması bazında yüzdelerik artış azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen taban ve kat kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi kat sayısı yükseldikçe taban ve kat kesme kuvvetleri artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe taban ve kat kesme kuvvetlerinin artması bazında yüzdelerik artış azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin kendi aralarında (Örneğin; 3 katlı yapıyla 3 katlı yapının karşılaştırılması) karşılaştırılması sonucu, TBDY 2018' e göre performans noktasında elde edilen taban ve kat kesme kuvveti değerleri DBYBHY 2007' ye göre performans noktasında elde edilen taban ve kat kesme kuvveti değerlerine göre artmaktadır.

- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemeleri artmaktadır. Fakat kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemelerinin artması bazında yüzdellik artış azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizi sonucu performans noktalarında elde edilen görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemeleri artmaktadır. (5 katlı yapı sisteminin 1. katına ait görelî kat ötelemesi değerinin 7 katlı yapı sisteminin 1. katına ait görelî kat ötelemesi değerine göre daha büyük olması durumu istisnadır.) Fakat kat sayısı yükseldikçe görelî kat ötelemelerinin artması bazında yüzdellik artış azalmaktadır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemlerinin kendi aralarında (Örneğin; 3 katlı yapıyla 3 katlı yapının karşılaştırılması) karşılaştırılması sonucu, 3 ve 5 katlı yapı sistemlerinde TBDY 2018' e göre performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri ile DBYBHY 2007' ye göre performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri yaklaşık olarak aynıdır. Fakat 7 katlı yapı sisteminde TBDY 2018' e göre performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemesi değeri DBYBHY 2007' ye göre performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemesi değerine göre daha azdır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 3, 5 ve 7 katlı her iki yönde de tek açıklıklı yapı sistemleri için DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre elde edilen talep eğrileri karşılaştırıldığında spektral yer değıştirme ( $S_d \leq 0.115$  m değeri için TBDY 2018' e göre elde edilen spektral ivme ( $S_a$ ) değeri DBYBHY 2007' e göre elde edilen spektral ivme değerine göre daha büyüktür. Fakat spektral yer değıştirme ( $S_d > 0.115$  m değeri için TBDY 2018' e göre edilen spektral ivme ( $S_a$ ) değeri DBYBHY 2007' e göre elde edilen spektral ivme değerine göre daha küçüktür. Bunun nedeni; Konya ili Akşehir ilçesinin merkezi için DBYBHY 2007'de 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı Z2 için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulurken TBDY 2018' de ise yapı

sistemlerinin bulunduğu enlem-boylam ve yerel zemin sınıfı ZD için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulmuştur.

b.) 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı mevcut betonarme yapı sisteminin doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Bu tez çalışmasında incelenen 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı yapı sisteminin TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisi, DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisine göre daha rijit bir davranış göstermektedir. Bunun nedenleri;
  - 1.) Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerde tanımlanan plastik mafsallik özellikleri aynı olmasına rağmen yönetmeliklerde eğilme altındaki elemanların çatlamış kesite ait kesit rijitliklerinin farklılık göstermesidir.
  - 2.) DBYBHY 2007' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ$  alınırken TBDY 2018' de düşey yük hesabında  $W = G + nQ + 0.2S + 0.3E_d^{(z)}$  alınmasıdır.
- Bu tez çalışmasında incelenen 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı yapı sisteminin, TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen tepe yer değiştirmesi değeri, DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen tepe yer değiştirmesi değerine göre daha küçüktür.
- Bu tez çalışmasında incelenen 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı yapı sisteminin, TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen taban ve kat kesme kuvvetleri, DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen taban ve kat kesme kuvvetlerine göre daha büyüktür.
- Bu tez çalışmasında incelenen 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı yapı sisteminin, TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yöntemine göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemeleri, DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre analizi sonucu performans noktasında elde edilen görelî kat ötelemelerine göre daha küçüktür.
- Bu tez çalışmasında incelenen 7 katlı her iki yönde de 4 açıklıklı yapı sistemi için DBYBHY 2007 ve TBDY 2018' e göre elde edilen talep eğrileri

karşılaştırıldığında farklı spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) değerleri için hem TBDY 2018 hem de DBYBHY 2007' ye göre elde edilen spektral ivme değerleri farklılık göstermektedir. Bunun nedeni; İstanbul ili Üsküdar ilçesi için DBYBHY 2007'de 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı Z2 için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulurken TBDY 2018' de ise yapı sisteminin bulunduğu enlem-boylam ve yerel zemin sınıfı ZD için tasarım depremine göre talep eğrisi oluşturulmuştur.

## 6.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında farklı tip betonarme taşıyıcı sistemlerin DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY' ne göre itme analizi sonucu elde edilen sonuçları ile TBDY 2018' de sabit tek modlu itme yöntemine göre itme analizi sonucu elde edilen sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda TBDY 2018' e göre elde edilen sonuçların DBYBHY 2007' ye göre elde edilen sonuçlara göre daha doğru sonuç verdiği düşünülmektedir. Bunun nedeni, TBDY 2018' de yapı sistemlerinin bulunduğu enlem ve boylama göre deprem karakteristikleri daha doğru bir şekilde belirlenmekte ve talep eğrisi ona göre çizilmektedir, fakat DBYBHY 2007' de deprem bölgelerine göre deprem karakteristikleri belirlenmekte ve talep eğrisi ona göre çizilmektedir. Ayrıca doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz yapılırken TBDY 2018' de düşey yük hesabında düşey deprem etkisi dikkate alınmaktadır, fakat DBYBHY 2007' de düşey yük hesabında düşey deprem etkisi dikkate alınmamaktadır. Yukarıda bahsedilen faktörler göz önünde bulundurulduğunda doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz yapılacağına DBYBHY 2007' de tanımlanan AEDYY yerine, TBDY 2018' de tanımlanan sabit tek modlu itme yönteminin kullanılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Arıcı, Y., 2010, Betonarme çerçevesel bir yapının deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan analiz metodları ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 77 s.
- Çakırterzi, S., 2011, 2007 Deprem Yönetmeliği ve FEMA 440 raporuna göre hesaplanan performans noktası yaklaşımlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 112 s.
- DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Gencer, İ., 2015, Doğrusal olmayan analiz için kullanılan ticari programların çerçeve sistemler için karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 110 s.
- Golbandı, H., 2013, Deprem etkisindeki bir binanın performansının Deprem Yönetmeliği ve FEMA 440'a göre karşılaştırılması değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 120 s.
- ideCAD Statik IDS v10.05, 2018, Yapı Analiz Programı, ideYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık Taahhüt A.Ş., İstanbul.
- Karabulut, A., 2011, TDY 2007 yönetmeliği ve FEMA 440 raporunda tanımlanan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin mevcut betonarme binalar için karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 154 s.
- Kıran, F., 2010, Binaların performans analizi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 100 s.
- Özcan, A.İ., 2015, Yüksek yapılarda betonarme perde duvarların kesme davranışı üzerine parametrik bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 89 s.
- SAP2000 v20.2.0, 2018, Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Saral, E., 2015, Betonarme yüksek binaların doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile deprem performanslarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 98 s.
- STA4CAD v14.1, Betonarme ve Çelik Bina Tasarım Yazılımı, Sta Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti., İstanbul.
- TBDY, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

TS498, 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Uygun, G., 2007, Mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 149 s.

Yılmaz, C., 2008, Statik itme analiziyle mevcut bir betonarme yapının performans değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 58 s.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Süleyman Yağlıkçı  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Konya, 1995  
**Telefon** : 05545511391  
**Faks** :  
**E-Posta** : yaglikci1995@gmail.com

### EĞİTİM

| Derece        | Adı  | İlçe | İl | Bitirme Yılı |
|---------------|--|------|----|--------------|
| Lise          | : Konya Anadolu İmam Hatip Lisesi, Karatay,<br>Konya |      |    | 2013         |
| Üniversite    | : Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya       |      |    | 2017         |
| Yüksek Lisans | : Konya Teknik Üniversitesi, Selçuklu, Konya         |      |    | 2020         |
| Doktora       | :  |      |    |              |

### İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl             | Kurum        | Görevi          |
|-----------------|--------------|-----------------|
| 05.2018-09.2018 | Balcılar Yem | Şantiye Şefi    |
| 06.2019 - ~     | S Proje      | Proje Mühendisi |

### UZMANLIK ALANI

Betonarme ve çelik yapıların mevcut standartlara uygun projelendirilmesi.

### YABANCI DİLLER

İngilizce, Arapça

### YAYINLAR

Yüksel, S.B. ve Yağlıkçı, S., 2019, Betonarme binaların doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analizi üzerine bir çalışma, 2nd International Congress on Engineering and Architecture, Marmaris, Turkey.

Yüksel, S.B. ve Yağlıkçı, S., 2019, U kesitli perde duvarlara sahip betonarme binaların yapısal davranışlarının incelenmesi, 2nd International Congress on Engineering and Architecture, Marmaris, Turkey.