

**ÇOK KATLI ÇELİK BİR YAPININ DEPREM BÖLGELERİNDE  
YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK VE TÜRKİYE  
BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE TASARIMININ  
YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İBRAHİM EMRAH KATMER**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**MERSİN  
AĞUSTOS-2019**

**ÇOK KATLI ÇELİK BİR YAPININ DEPREM BÖLGELERİNDE  
YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK VE TÜRKİYE  
BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE TASARIMININ  
YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İBRAHİM EMRAH KATMER**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


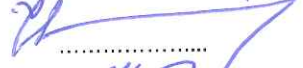

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe SEVİL YAMAN**

**MERSİN  
AĞUSTOS - 2019**

## ONAY

İbrahim Emrah KATMER tarafından Tuğçe SEVİL YAMAN danışmanlığında hazırlanan “Çok Katlı Çelik Bir Yapının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarımının Yapılması” başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 28/08/2019 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği/çokluğu ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

| Görevi | Ünvanı, Adı ve Soyadı            | İmza  |
|--------|----------------------------------|---|
| Başkan | Prof. Dr. Cahit BİLİM            |  |
| Üye    | Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe SEVİL YAMAN |  |
| Üye    | Dr. Öğr. Üyesi Ali DOĞAN         |  |

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27/12/2019 tarih ve 2019.50/1966 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
  - Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi
- beyan ederim.

## ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

28/08/2019

İbrahim Emrah KATMER

## ÖZET

### ÇOK KATLI ÇELİK BİR YAPININ DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK VE TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE TASARIMININ YAPILMASI

İnsanlar var oluşlarından itibaren yaşamlarını sürdürebilmek ve barınma ihtiyaçlarını giderebilmek amacıyla yapılar inşa etmişlerdir. Yapılar ilk zamanlarda yatay olarak ilerlerken, zamanla dünyada nüfusun sürekli artması ve yaşam alanlarının daralması inşaat sektörünü çok katlı yapılar inşa etmeye yönlendirmiştir. Çok katlı yapıların tasarımında etkili olan en önemli unsurlardan biri güvenililiktir. Güvenli olma koşulu için yapının yatay ve düşey yükler altındaki davranışı son derece önemlidir. Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde yaşanan 1999 depremi sonrasında özellikle çok katlı binalarda güvenlilik üzerine tartışılmış ve betonarme yapılara alternatif olarak çelik taşıyıcı sistemlerin kullanılması düşünülmeye başlanmıştır. Bu hususta deprem bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek tüm binaların depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemek amacıyla 6 Mart 2007 tarihinde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) yürürlüğe girmiştir. 1 Ocak 2019 tarihinde ise deprem yüklerinin hesabında ve bina tasarımında kullanılacak hesap yöntemlerinde DBYBHY'e göre önemli güncellemeler içeren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) yürürlüğe girmiştir.

Bu tez çalışmasında DBYBHY ve TBDY kapsamlı olarak incelenmiş ve iki yönetmelik arasındaki farklar ile TBDY'nin getirdiği yenilikler araştırılmıştır. Ardından, çok katlı çelik bir yapının bu yönetmeliklere göre SAP2000 yapı analiz programı ile analizleri yapılarak, deprem yükleri altındaki davranışı incelenmiş ve bu davranışa göre her iki yönetmeliğe göre farklı tasarımlar yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada işyeri olarak düşünülen 8 katlı, her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek, merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir çelik yapı incelenmiştir. Bu yapı üzerinde yönetmelik farklılıklarının taşıyıcı sistem periyotları, deprem yükleri, yatay yer değiştirmeler, görel kat ötelemeleri, düzensizlikler ve yapıdaki tüm elemanların boyutlandırılması üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Örnek yapı üzerinde gerçekleştirilen analizler doğrultusunda TBDY'de, DBYBHY'e göre deprem yükü belirlenirken yapının inşa edileceği koordinatların daha spesifik olarak belirlendiği, daha hassas zemin seçeneklerinin sunulduğu, bina yüksekliğine göre ayrı hesaplamaların yapıldığı ve taban kesme kuvvetlerinin daha küçük çıktığı izlenmiştir. Aynı zamanda incelenen yapı için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde iki yönetmelik arasında bina önem katsayısı, doğal titreşim periyodu, görel kat ötelemeleri, yapısal düzensizlikler hesaplamalarında kayda değer bir farklılık olmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çok Katlı Yapılar, Çelik Yapılar

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe SEVİL YAMAN, Mersin Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

## ABSTRACT

### DESIGN OF A MULTI-STORY STEEL STRUCTURE ACCORDING TO REGULATION ON BUILDINGS TO BE CONSTRUCTED IN SEISMIC ZONES AND TURKEY BUILDING EARTHQUAKE REGULATION

Since their existence, people have built structures in order to survive and meet their housing needs. While buildings progressed horizontally in the early times, the continuous increase in the population and contraction of living spaces in the world led the construction sector to build multi-story buildings. Safety is one of the most important elements in the design of multi-story buildings. For safety, the behavior of the structure under horizontal and vertical loads is extremely important. After the 1999 earthquake occurred in our country which is located on earthquake zone, safety was discussed especially in multi-story buildings and the usage of steel structural systems as an alternative to reinforced concrete structures has been considered. In this regard, Regulation on Buildings to be Constructed in Seismic Zones (DBYBHY) entered into force on March 6, 2007 in order to determine the rules and minimum conditions required for earthquake resistant design and construction of all buildings in earthquake zones to be rebuilt, modified, or enlarged and performance assessment of existing buildings before and after earthquake and strengthening of these buildings. On January 1, 2019 Turkey Building Earthquake Regulation (TBDY) entered into force which contains important updates, in the calculation of earthquake loads and calculation methods to be used in building design, than DBYBHY.

In this thesis, DBYBHY and TBDY were examined comprehensively and differences between the two regulations and innovations brought by TBDY were investigated. Then, the behavior of a multi-story steel building under earthquake loads was analyzed by SAP2000 structure analysis program. Conforming to this behavior different designs were made according to both regulations and results were compared. In the study, a 8 story steel structure planned to be a business place consisting of steel frames of high ductility level with center diagonals in both directions was investigated. On this structure, effects of differences between the regulations on structural system periods, earthquake loads, horizontal displacements, relative story drifts, irregularities, and dimensioning of all elements in the structure were examined in detail. According to the analyzes carried out on the sample structure it was observed that, in TBDY compared to DBYBHY, the coordinates on which the structure will be constructed are determined more specifically while identifying the earthquake load, more sensitive soil options are presented, separate calculations according to building height are done, and base shear forces are smaller. At the same time when the results obtained for the examined structure were evaluated, it was observed that there was no significant difference between the two regulations in terms of calculations of building importance coefficient, natural vibration period, relative story drifts, structural irregularities.

**Keywords:** Regulation on Buildings to be Constructed in Seismic Zones, Turkey Building Earthquake Regulation, Multi-story Structures, Steel Structures

**Advisor:** Asst. Prof. Tuğçe SEVİL YAMAN, Department of Civil Engineering, University of Mersin, Mersin.

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü çalışmam sırasında yardımlarını, bilgi ve deneyimini esirgemeyen Prof. Dr. Cahit BİLİM'e; araştırma boyunca önerileriyle yönlendiren ve destekleyen, düşünce, bilgi ve yorumlarını benimle paylaşan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe SEVİL YAMAN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini ve tecrübelerini esirgemeyen babam M. Nadir Katmer ve annem Şükran Katmer'e; bakış açısıyla bana rehber olan ağabeyim M. Murat Katmer'e; verdikleri manevi güçle her zaman yakınımdaya olduklarını bildiğim ablam Tuba Türk ve Nilgün Aktürk'e, tanıdığım günden itibaren mesleki ve akademik anlamda hiçbir desteğini ve yardımını esirgemeyen Reşit Çetin, Meryem Çetin ve Merve İrem Çetin'e; yanımda oldukları konusunda hiçbir zaman şüphe duymadığım Aydın Türk, Selcan Katmer, Fırat Aktürk, Mustafa Çetin, F. Abdi Çetin'e ve canım yeğenlerime; her zaman ve her koşulda yanımda olan, çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini hissettiren, akademik araştırmalarımdaya yardımını ve birikimini esirgemeyen sevgili eşim Ayşe Nur Katmer'e teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa     |
|---|-----------|
| İÇ KAPAK  | i         |
| ONAY  | ii        |
| ETİK BEYAN  | iii       |
| ÖZET  | iv        |
| ABSTRACT  | v         |
| TEŞEKKÜR  | vi        |
| İÇİNDEKİLER   | vii       |
| TABLolar DİZİNİ   | ix        |
| ŞEKİLLER DİZİNİ   | x         |
| KISALTMALAR ve SİMGELER   | xi        |
| <b>1. GİRİŞ</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Genel  | 1         |
| 1.2. Çalışmanın Önemi   | 2         |
| 1.3. Çalışmanın Amaçları  | 2         |
| 1.4. Tez Anahatları   | 2         |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1. Çok Katlı Çelik Yapılar  | 4         |
| 2.2. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik   | 6         |
| 2.3. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği   | 7         |
| <b>3. ÇOK KATLI ÇELİK YAPILAR</b>   | <b>9</b>  |
| 3.1. Çok Katlı Çelik Yapıların Tarihçesi  | 9         |
| 3.2. Çok Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemler   | 9         |
| 3.2.1. Rijit Çerçeve Sistemler  | 10        |
| 3.2.2. Çaprazlı Çerçeve Sistemler   | 10        |
| 3.2.3. Çerçeve Tüp Sistemler  | 11        |
| 3.2.4. Kafesli Tüp Sistemler  | 11        |
| 3.2.5. Demet (Modüler) Tüp Sistemler  | 12        |
| 3.2.6. Düşey Kafes Kirişli Yapılar  | 12        |
| 3.2.7. Yatay Kafes Kirişli ve Kuşaklı Yapılar   | 12        |
| <b>4. 2007 DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK VE 2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN İNCELEMESİ</b>   | <b>14</b> |
| 4.1. Yerel Zemin Sınıfı Tanımında Yapılan Değişiklikler   | 14        |
| 4.2. Deprem Yer Hareketinin Tanımıyla İlgili Değişiklikler  | 14        |
| 4.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)  | 15        |
| 4.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)  | 16        |
| 4.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)  | 16        |
| 4.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)  | 16        |
| 4.3. Bina Önem Katsayısı İle İlgili Düzenleme ve Değişiklikler  | 16        |
| 4.4. Deprem Tasarım Sınıfları ve Bina Yükseklik Sınıfları   | 17        |
| 4.5. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları  | 17        |
| 4.6. Dayanıma Göre Tasarım Hesap Esaslarında Başlıca Değişiklikler  | 18        |
| <b>5. HER İKİ DOĞRULTUDA SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN ÇELİK YAPININ ANALİZİ VE TASARIMI</b> | <b>20</b> |
| 5.1. Yapı Sistemi   | 20        |
| 5.2. Yapının DBYBHY'ye Göre Tasarımı  | 23        |
| 5.2.1. Düşey Yükler   | 23        |
| 5.2.2. Deprem Karakteristikleri   | 24        |
| 5.2.3. Düzensizliklerin Kontrolü  | 24        |
| 5.2.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi  | 24        |
| 5.2.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı  | 27        |



|  |           |
|--|-----------|
| 5.2.5.1. Yapının (X) Doğrultusundaki Taban Kesme Kuvveti Hesabı  | 27        |
| 5.2.5.2. Yapının (Y) Doğrultusundaki Taban Kesme Kuvveti Hesabı  | 28        |
| 5.2.6. Katlara Etkiyen Yatay Eşdeğer Deprem Yükleri  | 28        |
| 5.2.7. Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları  | 29        |
| 5.2.8. Rüzgar Yükleri  | 29        |
| 5.2.9. Yük Birleşimleri  | 32        |
| 5.2.10. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü   | 33        |
| 5.2.11. İkinci Mertebe Etkileri  | 35        |
| 5.2.12. A1 Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü   | 36        |
| 5.2.13. B2 Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü  | 37        |
| 5.2.14. Yapının DBYBHY Ve ÇYTHYE Esaslarına Göre Boyutlandırılması   | 38        |
| 5.2.14.1. Kolonların Boyutlandırılması   | 38        |
| 5.2.14.2. Çapraz Elemanların Boyutlandırılması   | 41        |
| 5.2.14.3. Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması   | 43        |
| 5.2.14.4. İkincil Döşeme Kirişlerinin Boyutlandırılması  | 45        |
| 5.3. Yapının TBDY'ye Göre Tasarımı   | 48        |
| 5.3.1. Düşey Yükler  | 48        |
| 5.3.2. Deprem Karakteristikleri  | 48        |
| 5.3.3. Düzensizliklerin Kontrolü   | 49        |
| 5.3.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi   | 49        |
| 5.3.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı   | 52        |
| 5.3.6. Katlara Etkiyen Yatay Eşdeğer Deprem Yükleri  | 53        |
| 5.3.7. Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları  | 54        |
| 5.3.8. Rüzgar Yükleri  | 54        |
| 5.3.9. Yük Birleşimleri  | 57        |
| 5.3.10. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü   | 58        |
| 5.3.11. İkinci Mertebe Etkileri  | 60        |
| 5.3.12. A1 Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü   | 62        |
| 5.3.13. B2 Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü  | 63        |
| 5.3.14. Yapının TBDY ve ÇYTHYE Esaslarına Göre Boyutlandırılması   | 63        |
| 5.3.14.1. Kolonların Boyutlandırılması   | 63        |
| 5.3.14.2. Çapraz Elemanların Boyutlandırılması   | 67        |
| 5.3.14.3. Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması   | 69        |
| 5.3.14.4. İkincil Döşeme Kirişlerinin Boyutlandırılması  | 72        |
| <b>6. BULGULAR VE TARTIŞMA</b>   | <b>75</b> |
| 6.1. Taşıyıcı Sistem Periyotlarının DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma    | 75        |
| 6.2. Katları Etkiyen Deprem Yüklerinin DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma | 75        |
| 6.3. Görelî Kat Ötelemelerinin DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma         | 76        |
| 6.4. Düzensizlik Kontrollerinin DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma        | 76        |
| 6.5. DBYBHY ve TBDY'ye Göre Kesit Boyutlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma                | 78        |
| <b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>   | <b>79</b> |
| KAYNAKLAR  | 81        |
| ÖZGEÇMİŞ   | 83        |

## TABLolar DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Tablo 5.1. Yapının kat ağırlıkları ve kat kütleleri                                   | 25           |
| Tablo 5.2. Yapıya etkiyen fiktif kuvvetler  | 25           |
| Tablo 5.3. x doğrultusunda fiktif yüklerden oluşan kat yerdeğiştirmeleri              | 26           |
| Tablo 5.4. y doğrultusunda fiktif yüklerden oluşan kat yerdeğiştirmeleri              | 26           |
| Tablo 5.5. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri                                     | 29           |
| Tablo 5.6. Dış basınç katsayıları   | 31           |
| Tablo 5.7. İç basınç katsayıları  | 31           |
| Tablo 5.8. Rüzgar yükünün yüzey genişliğine göre katlara dağılımı                     | 32           |
| Tablo 5.9. (x) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin hesabı                         | 34           |
| Tablo 5.10. (y) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin hesabı                        | 34           |
| Tablo 5.11. (x) doğrultusunda ikinci merteye etkileri                                 | 35           |
| Tablo 5.12. (y) doğrultusunda ikinci merteye etkileri                                 | 36           |
| Tablo 5.13. A1 türü burulma düzensizliğı koşulunun kontrolü                           | 37           |
| Tablo 5.14. B2 türü rijitlik düzensizliğı koşulunun kontrolü                          | 37           |
| Tablo 5.15. Yapının kat ağırlıkları ve kat kütleleri                                  | 50           |
| Tablo 5.16. Yapıya etkiyen fiktif kuvvetler   | 50           |
| Tablo 5.17. x doğrultusunda fiktif yüklerden oluşan kat yerdeğiştirmeleri             | 51           |
| Tablo 5.18. y doğrultusunda fiktif yüklerden oluşan kat yerdeğiştirmeleri             | 51           |
| Tablo 5.19. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri                                    | 53           |
| Tablo 5.20. Dış basınç katsayıları  | 56           |
| Tablo 5.21. İç basınç katsayıları   | 56           |
| Tablo 5.22. Rüzgar yükünün yüzey genişliğine göre katlara dağılımı                    | 56           |
| Tablo 5.23. (x) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin hesabı                        | 59           |
| Tablo 5.24. (y) doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin hesabı                        | 59           |
| Tablo 5.25. (x) doğrultusunda ikinci merteye etkileri                                 | 60           |
| Tablo 5.26. (y) doğrultusunda ikinci merteye etkileri                                 | 61           |
| Tablo 5.27. A1 türü burulma düzensizliğı koşulunun kontrolü                           | 62           |
| Tablo 5.28. B2 türü rijitlik düzensizliğı koşulunun kontrolü                          | 63           |
| Tablo 6.1. Katları etkiyen deprem yüklerinin DBYBHY ve TBDY'ye göre karşılaştırılması | 75           |
| Tablo 6.2. Görelî kat ötelemelerinin DBYBHY ve TBDY'ye göre karşılaştırılması         | 76           |
| Tablo 6.3. A1 burulma düzensizliğinin DBYBH ve TBDY'ye göre karşılaştırılması         | 77           |
| Tablo 6.4. B2 türü rijitlik düzensizliğinin DBYBHY ve TBDY'ye göre karşılaştırılması  | 77           |
| Tablo 6.5. Kesit boyutlarının DBYBHY ve TBDY'ye göre karşılaştırılması                | 78           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                     | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------|--------------|
| Şekil 3.1. Çelik taşıyıcı sistemler | 10           |
| Şekil 5.1. Kat planı                | 20           |
| Şekil 5.2. 1 aksı çerçevesi         | 21           |
| Şekil 5.3. A aksı çerçevesi         | 21           |
| Şekil 5.4. 3 boyutlu genel görünüş  | 22           |



## KISALTMALAR ve SİMGELER

| Kısaltma/Simge | Tanım   |
|----------------|---|
| $A_e$          | Etkin alan  |
| $A_g$          | Toplam (kayıpsız) enkesit alanı   |
| $A_{ref}$      | Referans alan   |
| $A(T)$         | Spektral ivme katsayısı   |
| $A_w$          | Tüm Enkesit yüksekliği ile hesaplanan gövde alanı                                   |
| $A_0$          | Etkin yer ivmesi katsayısı  |
| AISC           | American Institute of Steel Construction  |
| $B$            | Enkesit parçasının genişliği  |
| $b_f$          | Başlık genişliği  |
| BKS            | Bina kullanım sınıfı  |
| BYS            | Bina yükseklik sınıfı   |
| $C$            | Boru ve kutu enkesitli elemanlar için tanımlanan burulma sabiti                     |
| $c$            | Rüzgar esas hızı  |
| $C_b$          | Moment düzeltme katsayısı   |
| $C_{dir}$      | Yön katsayısı   |
| $C_e(z)$       | Maruz kalma katsayısı   |
| $C_h$          | İkinci mertebe hesabında kullanılan amprik katsayısı                                |
| $C_o$          | Orografi katsayısı  |
| $C_{pe}$       | Dış basınç katsayısı  |
| $C_{pi}$       | İç basınç katsayısı   |
| $C_r$          | Engebelilik katsayısı   |
| $C_{season}$   | Mevsim katsayısı  |
| $C_w$          | Çarpılma sabiti   |
| $C_v$          | Gövde kesme kuvveti dayanım katsayısı   |
| ÇYTHYE         | Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik                  |
| $D$            | Dayanım fazlalığı katsayısı   |
| $d$            | Boru enkesitinin dış çapı   |
| $d_{fi}$       | Binanın $i$ 'inci katında $F_{fi}$ fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme   |
| $d_i$          | Binanın $i$ 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme |
| DBYBHY         | Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik                           |
| DD             | Deprem yer hareketi düzeyi  |
| DGT            | Dayanıma göre tasarım   |
| DTS            | Deprem tasarım sınıfı   |
| $E$            | Yapı çeliği elastisite modülü   |
| $E$            | Ek dışmerkezlilikler  |
| $E_d$          | Deprem etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi                                   |
| $F_{cr}$       | Kritik burkulma gerilmesi   |
| $F_e$          | Elastik burkulma gerilmesi  |
| $F_{fi}$       | Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında $i$ 'inci kata etkiyen fiktif yük      |
| $F_{IE}$       | $i$ 'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü                           |
| $F_S$          | Kısa periyod için yerel zemin etki katsayısı  |
| $F_u$          | Yapı çeliği karakteristik çekme dayanımı  |
| $F_y$          | Yapı çeliği karakteristik akma gerilmesi  |
| $F_1$          | 1,0 sn. periyod için yerel zemin etki katsayısı                                     |
| $G$            | Ölü yük   |
| $G$            | Yapısal çelik kayma modülü  |
| $g$            | Yerçekimi ivmesi  |
| $G_d$          | Parapet yükü  |
| GKT            | Güvenlik katsayıları ile tasarım  |

|             |   |
|-------------|---|
| GÖ          | Göçmenin önlenmesi  |
| $h$         | Rijitleştirilmiş basınç elemanının yüksekliği   |
| $H_I$       | Binanın $i$ 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği  |
| $H_N$       | Bina toplam yüksekliği  |
| $I$         | Atalet momenti  |
| $I$         | Bina önem katsayısı   |
| $i$         | Atalet yarıçapı   |
| $i_{ts}$    | Etkin atalet yarıçapı   |
| $J$         | Burulma sabiti  |
| $K$         | Burkulma boyu katsayısı   |
| $k_r$       | Arazi katsayısı   |
| KH          | Kontrollü hasar   |
| KK          | Kesintisiz kullanım   |
| $L$         | Açıklık   |
| $L_b$       | Basınç başlığında yanıl yerdeğiştirmenin ve Enkesit burulmasının önlendiği noktalar arasındaki eleman uzunluğu                    |
| $L_c$       | Eleman burkulma boyu  |
| $L_{cz}$    | (z) eksenini etrafında burkulma durumunda burkulma boyu   |
| $L_p$       | Akma sınır durumu için yanıl olarak desteklenmeyen sınır uzunluk  |
| $L_r$       | Elastik olmayan yanıl burulmalı burkulmada sınır uzunluk  |
| $L_F$       | Fay düzlemine olan mesafe   |
| $M_A$       | Yanıl stabilite bağlantısı ile desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 1/4 noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri |
| $M_B$       | Yanıl stabilite bağlantısı ile desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 1/ noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri  |
| $M_c$       | Yanıl stabilite bağlantısı ile desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 3/4 noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri |
| $M_c$       | Mevcut eğilme momenti dayanımı  |
| $m_i$       | Kat kütleşi   |
| $M_{maks}$  | Yanıl stabilite elemanları arasındaki kiriş uzunluğu boyunca en büyük eğilme momentinin mutlak değeri                             |
| $M_n$       | Karakteristik eğilme momenti dayanımı   |
| $M_p$       | Plastik eğilme momenti  |
| $M_r$       | YDKT ve GKT yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı   |
| $m_t$       | Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümün toplam kütleşi  |
| $N$         | Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı   |
| $P_c$       | Mevcut aksenal çekme veya basınç kuvveti dayanımı   |
| $P_r$       | Ydkt ve GKT yük birleşimleri için gerekli aksenal kuvvet dayanımı   |
| $P_n$       | Karakteristik aksenal basınç kuvveti dayanımı   |
| $Q$         | Hareketli yük   |
| $q_p$       | Rüzgar basıncı  |
| $R$         | Taşıyıcı sistem davranış katsayısı  |
| $R_a$       | GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım   |
| $R_a(T)$    | Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma katsayısı   |
| $R_u$       | YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım  |
| $R_n$       | Karakteristik dayanım   |
| $S$         | Kar yükü  |
| $S(T)$      | Spektrum katsayısı  |
| $S_{ae}(T)$ | Yatay elastik tasarım spektral ivmesi   |
| $S_{aR}(T)$ | Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  |
| $S_{DS}$    | Kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)   |
| $S_{D1}$    | 1.0 sn. periyod için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)   |
| $S_S$       | Kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)   |

|                 |   |
|-----------------|---|
| $S_1$           | 1.0 sn. periyod için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)                |
| SH              | Sınırlı hasar   |
| ŞDGT            | Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım                               |
| $T$             | Doğal titreşim periyodu   |
| $t$             | Eleman kalınlığı  |
| $T_A$           | Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu                            |
| $T_B$           | Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu                            |
| $t_f$           | başlık kalınlığı  |
| $T_L$           | Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu                                  |
| $T_p$           | Binanın hakim doğal titreşim periyodu   |
| $t_w$           | Gövde kalınlığı   |
| TBDY            | Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği   |
| $U$             | Boru ve kutu enkesitli elemanların birleşiminde kapasite kullanım oranı       |
| $v_b$           | Esas rüzgar hızı  |
| $v_{b,0}$       | Esas rüzgar hızınının temel değeri  |
| $V_i$           | i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti                                   |
| $v_m$           | Ortalama rüzgar hızı  |
| $V_n$           | Karakteristik kesme kuvveti dayanımı  |
| $V_r$           | YDKT ve GKT yük birleşimleri ile elde edilen gerekli kesme kuvveti dayanımı   |
| $V_t$           | Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü                                     |
| $V_{tE}$        | Binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü                             |
| $W$             | Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı |
| $W$             | Rüzgar yükü   |
| $w_e$           | Yapının dış yüzeyine etkiyen rüzgar basıncı                                   |
| $w_i$           | Yapının iç yüzeyine etkiyen rüzgar basıncı                                    |
| $w_i$           | i'inci kata etkiyen toplam ağırlık  |
| $w_k$           | k'inci kata etkiyen toplam ağırlık  |
| $W_p$           | Eğilme eksenine göre plastik mukavemet momenti                                |
| YDKT            | Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım  |
| $Z$             | Zemin sınıfı  |
| $z$             | Yer seviyesinden yükseklik  |
| $z_o$           | Engebelilik uzunluğu  |
| $\phi$          | Dayanım katsayısı   |
| $\phi_c$        | Basınç kuvveti etkisi için dayanım katsayısı                                  |
| $\phi_v$        | Kesme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı                                   |
| $\delta_i$      | Binanın i'inci katındaki etkin görel kat ötelemesi                            |
| $\theta_i$      | i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri                        |
| $\gamma_F$      | Binanın faya yakınlık katsayısı   |
| $\Delta_i$      | Binanın i'inci katındaki azaltılmış görel kat ötelemesi                       |
| $\Delta F_{NE}$ | Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü               |
| $\lambda$       | Yerel burkulma narinlik değeri  |
| $\lambda_p$     | Kompakt elemanlar için narinlik sınır değeri                                  |
| $\lambda_r$     | Kompakt olmayan eleman için narinlik sınır değeri                             |
| $\eta_{bi}$     | Burulma düzensizliği katsayısı  |
| $\eta_{ki}$     | Rijitlik düzensizliği katsayısı   |

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel

Tarih boyunca insanlar yaşamlarını sürdürebilmek ve barınma ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yapılar inşa etmişlerdir. Bu yapılar başlangıçta yatay olarak ilerlerken zamanla dünyada nüfusun sürekli artması ve yaşam alanlarının azalmasıyla inşaat sektörünü çok katlı yapılar inşa etmeye yönlendirmiştir.

Yüksek yapıların tarihsel açıdan incelemesi yapıldığında, 1885 yılına kadar olan dönemin çelik taşıyıcı sistemin geliştiği dönem, 1885-1930 yılları arası dönemin yangın tedbirlerinin alındığı ve asansörün kullanılmaya başladığı dönem, 1930-1960 yılları arası dönemin hafif malzemelerin kullanılmaya başlanması ile birlikte aynı zamanda yüksek mukavemetli malzemelerin kullanıldığı dönem ve son olarak 1960'lardan bu yana olan dönemin teknolojinin geliştiği ve piyasada rekabetin artmasıyla gelişimlerin hızlandığı dönem olarak gelişim gösterdiği söylenebilir [1].

Çok katlı binalarda yapı yüksekliği arttıkça rüzgar ve deprem yüklerinin de arttığı bilinmektedir. Buna karşın yapının taşıyıcı sistem elemanlarının asgari boyutta olması hem kat alanlarında tasarruf sağlamakta, hem de az malzemeyle maksimum alan elde edilmesi sayesinde ekonomik bir yapı oluşturmaktadır. Yüksek yapıların tasarımında etkili olan en önemli değişkenlerden biri güvenlidir. Güvenlik için yapının yatay ve düşey yükler altındaki davranışı son derece önemlidir. Deprem kuşağı içerisinde bulunan ülkemizde yaşanan 1999 depremi sonrasında özellikle çok katlı binalarda güvenlik konusu üzerine tartışılmaya başlanmış, betonarme yapılara alternatif olarak çelik taşıyıcı sistemlerin kullanılması düşünülmeye başlanmıştır.

Yapının tamamı düşünüldüğünde çeliğin öz ağırlığının toplam yük altında payının düşük olması sebebiyle temele intikal eden yük de azalmaktadır. Bu durumun yapıya en önemli etkisi depreme karşı bir avantaj sağlamasıdır. Ayrıca; çeliğin yüksek dayanımlı olması, onarımının işlevsel olması, betonarmeye kıyasla sünekliğinin fazla olması özellikle deprem bölgelerinde çelik kullanımının tercih edilmesini sağlayan özelliklerdir. Bunların yanında; fabrikasyon olması, tamamen geri dönüştürülebilir olması da çeliğin kullanımındaki avantajlarından bazılarıdır [2].

Yüksek binaların günden güne çoğaldığı ve deprem kuşağında bulunan ülkemizde, çeliğin deprem karşısındaki avantajlarına rağmen çelik malzemesi hala istenilen düzeyde kullanılmamaktadır. Var olan kullanım alanları incelendiğinde ise daha çok sanayi yapılarında çelik kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde çelik yapıların azlığının sebepleri arasında henüz

teorik bilgilerle saha uygulamalarının birleştirilememesi ve bu hususta yetkin teknik eleman azlığı gösterilebilir.

## **1.2. Çalışmanın Önemi**

Ülkemizde çok katlı bina olarak çoğunlukla betonarme yapılar yer almaktadır. Bu çalışmada depreme karşı birçok avantaja sahip olan çelik yapılar incelenmiştir. Bu avantajlardan bazıları çeliğin yüksek dayanımlı olması, sünek yapıda olması, çekme dayanımının basınç dayanımına eşit olması, elastisite modülünün yüksek olmasıdır.

Tez çalışması kapsamında çok katlı bir çelik yapının 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) [3] ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) [4]'ne göre analizi ve tasarımı yapılmıştır. Şimdiye kadar gerçekleştirilen araştırmalar ağırlıklı olarak betonarme yapılar üzerinedir, çok katlı çelik yapıların DBYBHY'e göre tasarımı üzerine sadece 2 adet tez çalışması bulunmaktadır [5,6]. TBDY ve DBYBHY karşılaştırmasına ve boyutlandırılmasına bağlı çok katlı çelik yapıların tasarımı üzerine bir çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple gerçekleştirilen tez çalışması özgün değeri yüksek olan, yeni bir araştırmadır.

## **1.3. Çalışmanın Amaçları**

Bu çalışmanın amaçları DBYBHY ve TBDY'nin kapsamlı bir biçimde irdelenmesi, aradaki farkların ve TBDY'de getirilen yeniliklerin gözlemlenmesi ve ardından çok katlı çelik bir yapının her iki yönetmeliğe göre Integrated Software for Structural Analysis and Design (SAP2000) [7] yapı analiz programı yardımıyla analizlerinin gerçekleştirilerek deprem yükleri altında davranışının incelenmesi ve bu davranışa göre belirli hesap adımları çerçevesinde tasarımının yapılması ile sonuçların kıyaslanmasıdır.

## **1.4. Tez Anahatları**

Çalışmanın amaçları doğrultusunda tezin ikinci bölümünde çalışma konusu olan çok katlı çelik yapılar hakkında yapılmış olan çalışmalar detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca, DBYBHY ve TBDY ile ilgili gerçekleştirilmiş olan araştırmalar ele alınmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde çok katlı çelik yapılar konusu hakkında detaylı bilgi verilmiştir.



Tez çalışmasının dördüncü bölümünde DBYBHY ve TBDY ayrıntılı olarak incelenmiş, iki yönetmelik karşılaştırılarak, aradaki farklılıklar anlatılmış ve TBDY'nin getirdiği yeniliklerden bahsedilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde SAP2000 yapı analiz programı ile gerçekleştirilen analiz detayları incelenmiştir. DBYBHY ve TBDY doğrultusunda yapılan tasarım bazı parametreler göz önünde bulundurularak sunulmuştur.

Tezin altıncı bölümünde çalışma sonucunda ortaya çıkan ayrıntılar ve bulgular DBYBHY ve TBDY esaslarına göre karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tez çalışmasının yedinci ve son bölümünde gerçekleştirilen araştırma sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda DBYBHY ve TBDY arasındaki farklılıklar ve TBDY'nin getirdiği yenilikler yorumlanmıştır. Ayrıca, yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara ait her iki yönetmeliğe göre gerçekleştirilen kıyaslamalar değerlendirilmiştir. Ek olarak; bu çalışma göz önünde bulundurularak ileride araştırmacıların incelemesinin faydalı olacağı düşünülen çalışma konularına ve önerilere yer verilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Çok Katlı Çelik Yapılar

Bu bölümde çok katlı çelik yapılar ile ilgili olarak yapılmış olan araştırmalara yer verilmektedir.

Serttaş [1] araştırmasında 35 katlı konut tipi çelik bir yapı tasarlamıştır. Bina analizinde İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (İYBDY), İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği (İYBRY) ve Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-10)'den faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda elemanlara etkiyen yük değerlerinin deprem etkisinin olduğu kombinasyonlarda daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çağatay [8] gerçekleştirdiği çalışmada İstanbul'da bulunan ve betonarme olarak inşa edilmiş olan Metrocity binasını süneklik düzeyi yüksek dış merkezi güçlendirilmiş çerçeveli çelik yapı olarak tasarlamıştır. Çalışmada bu yeni tasarım ile mevcut betonarme yapı süre ve maliyet açısından kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda yapım süresi, maliyet ve yatırımın geri dönüşü bakımından çelik yapının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Aslangiray [9] yaptığı tez çalışmasında çelik yapılar için kullanılan en önemli uluslararası standartlar ve ülkemizde kullanılan standartlar arasında örnek bir yapı üzerinde analizler yaparak karşılaştırmalar yapmıştır. Çalışmada sisteme ek zati yük, hareketli yük, rüzgar yükü ve Gebze depreminin ivme-zaman ölçüm değerleri kullanılan zaman tanım alanı içerisinde deprem yükleri girilmiştir. Analizler sonucunda çeşitli karşılaştırma ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Bulut [10] tez çalışmasında çok katlı bir ofis binasını ele alarak, bu yapının merkezi çaprazlı ve dışmerkez çaprazlı olması halinde süneklik davranışını hesaplamış ve bu iki farklı durumu kıyaslamıştır. Çaprazlı çelik yapıların doğrusal olmayan davranışları Eurocode1: Actions on structures (Eurocode 1), Eurocode 3: Design of steel structures (Eurocode 3), Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures (Eurocode 4) ve Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance (Eurocode 8) yönetmeliklerine göre incelenmiş ve bu yapıların tasarım ve süneklik düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Yousuf ve Bagchi [11] araştırmalarında performans odaklı olan National Building Code of Canada (NBC)'ye bağlı kalarak 5, 10, 15 ve 20 kat yüksekliğe sahip dört sünek çelik moment dirençli çerçeve yapı oluşturmuşlardır. Gerçek yer hareket kayıtları bu yapıların doğrusal olmayan dinamik tepkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışma sonucunda binaların yer hareketlerine karşı hedeflenen performans düzeyine ulaştığı ve farklı ölçütlerde yapıların farklı davranış gösterdikleri görülmüştür.

Yousuf ve Bagchi [12] gerçekleştirdikleri çalışmalarında Kanada'da bulunan 20 katlı çelik bir binanın simüle ve gerçek yer hareketleri kullanarak doğrusal olmayan statik itme analizini gerçekleştirmişlerdir. 20 katlı bina bağlamında yer değiştirmeye dayalı tasarım için çeşitli teknikler incelemişlerdir. Bu yöntemler arasında uygulama ve sonuçları bakımından geniş bir çeşitlilik olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda DRAIN programından elde edilen analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Zeybek [13] çalışmasında çelik yapı sistemlerinde artımsal ve pratik yöntemler kullanmıştır. Çalışmada ikinci mertebeye analizi yapmıştır. Analiz sonuçlarını referans çalışma sonuçlarına göre incelemiştir. Ayrıca; çalışmada çaprazlı sistemlerin performanslarını incelemek amacıyla farklı geometrik şekillerde merkezi çelik çaprazlı sistemler düzenlemiştir. Çalışma sonucunda farklı geometrik şekillerde merkezi çelik çaprazlı sistemlerin, moment aktaran çerçeve sistemine göre tepe noktası yatay yer değiştirme, kat ötelenmesi ve yapı salınım faktörü değerlerini belirgin bir şekilde kısıtladığı görülmüştür.

Nakai ve diğ. [14] araştırmalarında 100 m. yüksekliğinde betonarme bir yapı ile 300 m yüksekliğinde çelik bir binanın analizlerini karşılaştırmışlardır. Bu iki binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerinin yapıldığı çalışmada zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri (2011 Tohoku Depremi) kullanılmıştır. Analizler sonucunda oluşan değerler yorumlanmıştır.

Nateghi-E. ve Rezaei-Tabrizi [15] bitişik binalar arasındaki etkileşimin bu tür yapıların dinamik özelliklerine ve giriş hareketinin frekans içeriğine bağlı olarak yapıların doğrusal olmayan tepkilerinde, hasar ve performans seviyesinde değişikliklere yol açtığını görmeleri üzerine bu etkileri incelemek için çalışma yapmışlardır. Gerçekleştirilen çalışmada bitişiklik mesafesi, kat sayısı, zemin profili gibi ölçütler göz önüne alınmıştır. Model üzerinde farklı deprem kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan zaman tanım alanında analizlerde çeşitli üretilmiş deprem verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen değerler yorumlanmıştır.

Dağdeviren [16] çalışmasında 9 katlı süneklik düzeyi yüksek bir çelik yapıyı DBYBHY'ne uygun bir şekilde tasarlamıştır. Yönetmeliğe bağlı olarak "Can Güvenliği" performansını Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356) ve Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC 40)'a göre incelemiştir. Sonuç olarak; DBYBHY'ne bağlı kalınarak gerçekleştirilen çalışmanın FEMA 356 ve ATC 40 yaklaşımları ile tutarlı olduğu görülmüştür. Tasarlanan çelik yapının artan yatay yükler altında bu kabule uygun davranış gösterdiği izlenmiştir.

Tola [17] araştırmasında öncelikle Türk ve Avrupa standartlarına uygun çelik bir yapının gerçek deprem kayıtları kullanarak deprem analizlerini yapmıştır. SAP2000 programı ile oluşturduğu çelik yapıyı Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi ve Eşdeğer

Deprem Yüğü Yöntemi ile incelemiştir. İki farklı yöntemle göre yapılan analizler sonucunda serbest titreşim frekansları, yatay yer değiştirmeler, taban kesme ve kat kesme kuvvetleri kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

## 2.2. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

Bu bölümde DBYBHY ile ilgili olarak literatürde yer alan araştırmalar sunulmaktadır.

Çileli [5] gerçekleştirdiği çalışmada 20 katlı bir çelik yapıyı SAP2000 programı kullanarak DBYBHY'nin öngördüğü değişik merkezi çapraz düzenleri, dışmerkez çapraz düzenleri ve moment aktaran çerçeve düzeni ile çözümlemiştir. Çözümleme sonucunda çelik yapının genel davranışlarına ait sonuçlarını irdelemiştir. Sonuç olarak; yapının sismik yüklerle tepkisi, deplasman, rijitlik, süneklik, periyot değişkenleri göz önünde bulundurulduğunda dışmerkezli yapıların daha avantajlı olduğu görölmüştür.

Tansel [6] çalışmasında çok katlı çelik yapıların deprem yükleri altında DBYBHY'e göre davranışını incelemiştir. Bu bağlamda deprem yükleri hesaplanırken Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ni kullanmıştır. 3 adet örnek yapı üzerinde analizler yapmıştır. Bu örnek yapılar rijit çerçeve sistem, merkezi çaprazlı sistem ve dışmerkezi çaprazlı sistemdir. Yapılan analizler sonucunda incelenen yapılar tasarlanmıştır. Yapı analiz ve tasarımında Sonlu Elemanlar Yöntemi'ne dayalı olan SAP2000 programından yararlanılmıştır. Bu tasarımlar sonucunda; en fazla tasarım deprem yükünü alan sistem çelik çaprazlı perdeli sistem olmuştur. Özellikle moment aktaran çerçevesel sistem ile merkezi çelik perdeli sistemlerde kesit seçiminde görelî etkin kat ötelemeleri aktif rol oynamıştır. Enkesit koşulları incelendiğinde ise özellikle dışmerkezi çelik perdeli sistemde bu koşullar kesit seçiminde etkili olmuştur.

Yıldırım [18] araştırmasında DBYBHY ile Eurocode 8 yönetmeliklerini kıyaslamıştır. Çalışmada öncelikle yönetmelik içerikleri maddesel olarak karşılaştırılmıştır. Sonrasında, SAP2000 programı kullanılarak 8 katlı çelik bir hastane yapısı oluşturulmuş ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile deprem analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda iki yönetmeliğe göre elde edilen sonuçlar arasındaki farklar değerlendirilmiştir.

Tunç ve Tanfener [19] yaptıkları çalışmalarında DBYBHY ile TBDY taslağını iki yönetmelik arasındaki benzerlikler ve farklılıkları irdeleyerek karşılaştırmışlardır. İki yönetmeliği analiz içerisinde incelemek için betonarme bir yapının her iki yönetmeliğe göre deprem analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda analizlerin sonuçları karşılaştırılmış ve TBDY'nin getirdiği yeniliklerin kamu sektörünü ve özel sektörü nasıl etkileyeceğine değinilmiştir.

### 2.3. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

Bu bölümde TBDY ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar yer almaktadır.

Türk [20] çalışmasında Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik (ÇYTHYE) ve taslak TBDY'ne bağlı kalarak süneklik düzeyi yüksek merkezi çaplı çelik çerçeve sistemi oluşturmuştur. Oluşturduğu bu sistemi doğrusal olmayan statik itme analizi ve dinamik zaman tanım alanı analizleri ile inceleyerek değerlendirmiştir.

Yıldız [21] çalışmasında üç farklı tip çelik sanayi sisteminin TBDY esaslarına göre tasarımını yapmıştır. Bu tasarımları Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) ve Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) Yöntemleri olmak üzere iki ayrı yöntem ile analiz etmiştir. Yapıları yapı maliyetleri ve çelik konstrüksiyon ağırlıkları açısından kıyaslamıştır. Çalışma sonucunda tasarım yönteminden bağımsız olarak, portal çerçeve açıklığının artmasının ekonomikle doğru orantılı olduğu görülmüştür.

Özer [22] araştırmasında depreme dayanıklı çelik binaların modern tasarım yaklaşımlarına ve bunların pratik sonuçlarına TBDY kapsamında da geniş oranda yer verilmesi gereksinimi üzerine incelemeler yapmıştır. Çalışmada deprem yönetmeliğinin güncellenmesi kapsamında depreme dayanıklı çelik ve kompozit elemanlı binaların tasarımı için gerçekleştirilen bazı düzenlemelere, bu düzenlemelerin gerekçelerine ve temel uygulama prensiplerine de yer verilmiştir.

Öz [23] yaptığı çalışmada TBDY kuralları doğrultusunda ÇYTHYE'nin esas aldığı YDKT ve GKT Yöntemleri'ne göre boyutlandırıldığı 5 katlı iş merkezleri tasarlamıştır. Tasarladığı iş merkezleri süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçevelerden oluşan bir yapı ve süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir yapı şeklindedir. Bu iki farklı yapının tasarımını yaparak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesap yapmıştır. Çalışma sonucuna bakıldığında YDKT Yöntemi'ne göre tasarımın GKT Yöntemi'ne oranla biraz daha ekonomik kesitler verdiği görülmüştür.

El Haj Ahmad [24] yaptığı çalışmada DBYBHY, Eurocode 8, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE 7-16) ve TBDY yönetmeliklerini sismik tasarım esasları ve hesap adımları açısından incelemiştir. Yönetmelikler arasındaki farkı yapı üzerinde incelemek için çelik çerçeveli ofis binası tasarımı oluşturmuştur. Bu tasarımın yapı hâkim doğal titreşim periyodu, taban kesme kuvveti, en büyük yatay yer değiştirmeler, göreli kat ötelenmeleri ve seçilen bazı kolonların normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti üzerindeki etkilerini her bir yönetmelik için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplamıştır.

Analizler sonucunda TBDY'nin DBYBHY'e göre daha hassas ve gerçekçi olduğu, Eurocode 8'in ise güvenli ancak; ekonomiklikten uzak ve diğer yönetmeliklere göre daha elverişsiz olduğu görüşüne varılmıştır.



### 3. ÇOK KATLI ÇELİK YAPILAR

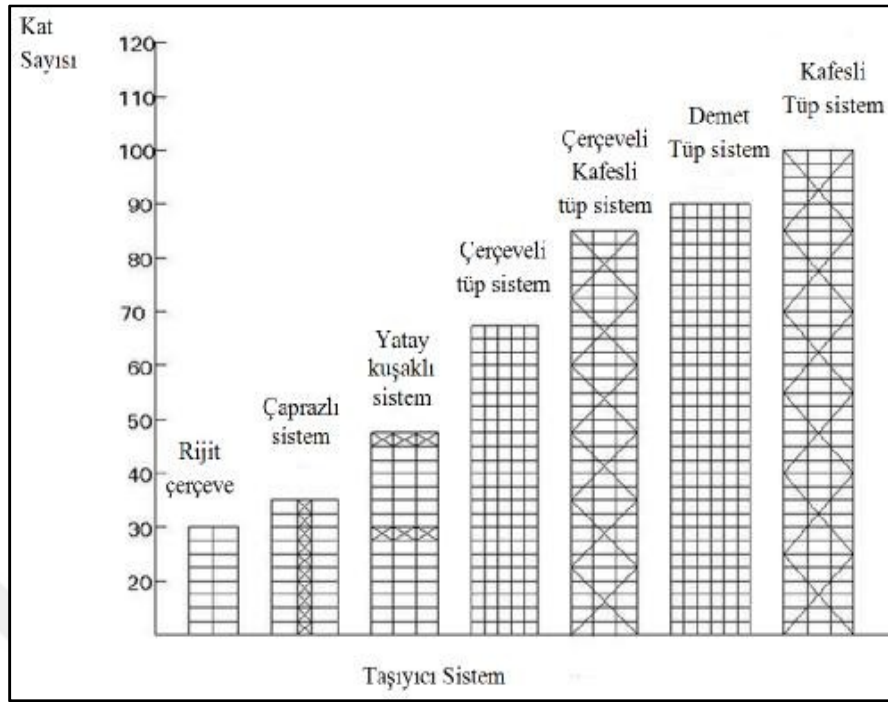
#### 3.1. Çok Katlı Çelik Yapıların Tarihçesi

Çelik yapılar tarihsel açıdan incelendiğinde ilk yüksek çelik yapının 1883 yılında montajı tamamlanan Chicago'daki Home Insurance Building olduğu görülmektedir. Çelik yapıların gelişimi incelendiğinde bu yapıların ilerleyen zamanlarda Amerika'nın New York şehrinde gelişim gösterdikleri söylenebilir. Öyle ki; çelik yapıların Amerika'da ön plana çıkmasıyla ve gelişmesiyle beraber yüksek çelik yapılarla ilgili olarak 1921 yılında AISC (American Institute of Steel Construction) kurulmuş ve ilk AISC yönetmeliği 1923 yılında yayınlanmıştır. Çıkan bu yönetmelik yapılan bilimsel çalışmalar ve deneyler sonucunda zaman içerisinde birçok kez revize edilmiştir. 1994 yılındaki Northridge depremiyle çelik yapıların daha güvenilir olması amaçlanarak sünek tasarım ön plana çıkmış, çelik yapıların gelişimi hızlanmıştır [6]. Ayrıca; çelik yapıların hafif olmalarının yanı sıra yüksek dayanıma sahip olmaları, ya da fabrikalarda hazırlanarak araziye çıkarılmaları sebebiyle olumsuz hava şartlarından etkilenme olasılıklarının düşük olması, çelik çerçeveli bir yapının betonarme çerçeveli bir yapıya oranla daha kısa zamanda ve daha az maliyetle tamir edilebilmesi, restorasyon ya da taşınma işlemlerinin değiştirme, montaj ve takviye olanakları sayesinde son derece kolay yapılabilmesi ve %100 geri dönüşülebilir malzemeden oluşması gibi avantajlarından dolayı günümüzde çeliğe olan ilginin arttığı söylenebilmektedir [6, 25].

#### 3.2. Çok Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemler

Çok katlı çelik yapılarda yüksekliğe bağlı olarak farklı taşıyıcı sistemler kullanılabilir. Çelik yapıların hafifliği sebebi ile yapı yüksekliği arttıkça betonarme yapılara kıyasla yanal rijitlik ihtiyacı artar. Farklı taşıyıcı sistem kullanılmasında deprem ve rüzgar yükleri etkilidir [26].

Taşıyıcı sistemler; rijit çerçeve sistem, çaprazlı sistem, yatay kuşaklı sistem, çerçeveli tüp sistem, çerçeveli kafesli tüp sistem, demet tüp sistem, kafesli tüp sistem olmak üzere kullanım amacı ve kullanım alanlarına göre farklılaşmaktadır. Şekil 3.1.'de çelik yapılar için kat sayısına göre taşıyıcı sistem türleri gösterilmekte ve ardından tüm taşıyıcı sistemlerin açıklamaları ve kullanım amaçları aşağıda belirtilmektedir.



Şekil 3.1. Çelik Taşıyıcı Sistemler[2]

### 3.2.1. Rijit Çerçeve Sistemler

Birbirine rijit olarak bağlanmış olan kolon ve kirişlerden oluşan sistemlerdir. Rijit çerçeve sistemler planlamada pencere, kapı gibi boşlukların düzenlenmesinde serbestlik sağlaması açısından büyük avantaj sunarlar. Bu sistemler 30 kata kadar ekonomik olmaktadır. Deprem bölgelerinde ise bu kat sayısı 20'ye düşmektedir. Bunun sebebi 20 katı aşan yapılarda kolon ve kiriş boyutları sebebiyle ekonomikliğin aşılmasıdır [25]. Rijit çerçeve sisteminde duvar ve çerçeve birlikte çalışmaktadırlar. Buna bağlı olarak sistem binanın üst noktalarında daha rijit davranır. Çok katlı yapılarda (40 ve üzeri) kullanılması uygun olan bu taşıyıcı sistem; çapraz kuşaklarla desteklenen çelik çerçeveler için de kullanılabilir. [27].

Rijit sistemlerin avantajlarına bakıldığında mimari olarak kat planlamasında esneklik sağladıkları, aynı zamanda yapının daha kısa sürede tamamlanmasını sağladıkları söylenebilir. Dezavantajları ise yangın sisteminin maliyetli olması ve yüksek moment durumunun oluşması olarak adlandırılabilir. Rijit çerçeve sistemle inşa edilmiş dünya üzerindeki örneklerden ikisi BMA Kulesi ve Lake Shore Drive Apartmanları'dır.



### 3.2.2. Çaprazlı Çerçeve Sistemler

20 kattan daha yüksek yapılarda kolon ve kirişlerdeki eğilmenin büyük deformasyonlara sebep olmasından dolayı rijit çerçeve sistemler yatay yüklere karşı yeterli dayanım gösterememektedir. Dayanımın artırılması için düşey kafes eklenerek sistemin rijit hale gelmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde yatay yüklerin kafes tarafından, düşey yüklerin ise çerçeve tarafından taşınacağı kabul edilmektedir. Çerçeve sistemlerde yanıl stabiliteyi artırmanın en ekonomik yolu düşey çaprazlamalar kullanılmaktadır [28].

Çaprazlı çerçeve sistemler ortak ve ayrıık merkezli olarak iki gruba ayrılır. Ortak merkezli düzenlemelerde kolonlar, kirişler ve çapraz elemanlar ortak bir noktada kesişmektedir. Dışmerkezli düzenlemelerde ise eğilme ve kesme kuvvetlerini kirişlere aktarmak için çapraz elemanların merkezleri özellikle K merkezi düzenlemelerde X çaprazlamalar K ve V'ye kıyasla daha yüksek yatay dayanım/ağırlık oranı göstermektedir [31].

### 3.2.3. Çerçeve Tüp Sistemler

Çerçeve tüp sistemler rijit birleşimli sık kolonlar ve yüksek kirişlerin oluşturduğu ve aynı zamanda iç kolonların en az düzeyde olduğu taşıyıcı çerçeve sistemlerdir. Kolon yerleşimi tüp kesitli ankastre konsola benzerken, esasında planda kutu kesit biçimindedir. Yapıda rijitliği arttırmak amacıyla yüksek kirişler düzenlenir. Gerek görüldüğünde ek olarak sönümleyici sistem kullanılır. Yapının gövde bölümü kesme kuvvetlerine karşı koyarken, başlık bölümü ise çoğunlukla devrilme momentini taşır. Diğer taşıyıcı sistemlere göre daha az olan iç kolonlar yalnızca düşey yüklere karşı çalışır [29].

Çerçeve tüp sistemler yüksek yapılarda oldukça etkindir. Yüksek yapıların konstrüksiyonuna getirdiği yeniliklerle tanınan yapı mühendisi ve mimar Fazlur Khan tarafından 1960'larda geliştirilen bu sistemin dünyada ilk örneği Chicago'da bulunan 43 katlı betonarme bir bina olan De Witt Chestnut'tır. 110 katlı World Trade Center İkiz Kuleleri ile 110 katlı Sears Kulesi de bu sistemin kullanıldığı diğer yapılarıdır [25].

### 3.2.4. Kafesli Tüp Sistemler

1960'lı yıllar itibariyle kat yükseklikleri artmaya başlayınca çerçeve tüp sistemler yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu eksikliğin ortaya çıkmasıyla Fazlur Khan çerçeve tüp sistemin cephesine 45° açılı çapraz elemanlar ekleyerek dış yüklerin temele aktarılabilmesini sağlamıştır. Eğilme ve kayma rijitliğinin artırılması ile kolonlar arasındaki mesafenin artması sağlanmıştır. Bu da daha ekonomik ve daha yüksek yapıların inşa edilmesini sağlamıştır [25]. İlaveten, kafesli

tüp sistem ile çerçeve tüp sistemin olumsuz yönlerinden biri olan alın kirişlerinin esnekliği sorununa karşı kesme kuvvetleri alın kirişleri ile değil de, diyagonaller ile karşılanarak alternatif geliştirilmiştir.

Kafesli tüp sistem uygulamasının ilk örneği Fazlur Khan tarafından 1969'da tasarlanan Chicago'daki John Hancock Merkezi'dir. Bir diğer örnek ise 2004 yılında New York'ta yapılan 221 m yüksekliğindeki 47 katlı Time Square Kulesi'dir [29].

### **3.2.5. Demet (Modüler) Tüp Sistemler**

Tek tüp içerisinde birden fazla tekil tüpün birleşmesinden oluşan sistemlerdir. Demet tüp sistemler 30 kat ve üzeri olmak üzere çok geniş yelpazede kullanılabilir. Demet tüp sisteminde kesme kuvvetlerini yatay yüke paralel çerçeveler karşılarken, eğilme momentlerini diğer çerçeveler karşılamaktadır.

Bu sistem çerçeve tüp sisteme kıyasla daha fazla kolon aralıklarına sahip olduğu için yapı daha fazla ışık alabilmektedir. Sistemde yapı şekli olarak kullanılabilir en uygun şekil kare iken, en az uygun olan şekil ise üçgendir. İlk demet tüp sistemi uygulaması yine Fazlur Khan'ın tasarımı olan ve Chicago'da yer alan 1973 yılında yapılan Sears Kulesi, son örneklerinden biri ise Wancheng'de bulunan 220 katlı ve 838 m yüksekliğindeki Sky City Kulesi'dir [29].

### **3.2.6. Düşey Kafes Kirişli Yapılar**

Bu sistemler çok katlı yüksek yapıların en ekonomik ve en etkin şekilde rijitleştirildiği sistemlerdir. Statik açıdan zemine ankastre giriş gibidir. Geniş kafes kirişler çubuk kuvvetleri az olduğu için ekonomik şekilde boyutlandırılırken, dar kafes kirişlerde bu durum tam tersidir. Dar kafes sistemlerde bazı katlarda diyagonal bağlantılar kat genişliğince uzatılarak veya sadece en üst katta yatay olarak konulan kafes kirişle rijitlik artırılır. Düğüm noktaları rijit düzenlenip, çubuklar eğilme rijitlikli seçilerek de kafes kiriş rijitliği artırılabilir [25].

### **3.2.7. Yatay Kafes Kirişli ve Kuşaklı Yapılar**

Yüksek binalarda var olan taşıyıcı sistemlerin deprem ve rüzgara karşı dayanımının zayıf kalması ve belli bir yükseklikten sonra dayanımın artması için yapılan işlemlerin maliyeti fazla artırması sebepleri bu sistemin geliştirilmesinde etkili olmuştur. Sisteme yatay kafes kirişlerin eklenmesiyle devrilme momentlerine karşı devrilme rijitliği artırılmış ve aynı zamanda kullanılan çelik miktarında azalma sağlanmıştır [30].

Yatay kafes kirişli ve kuşaklı yapılar çaprazlı bir çekirdekten oluşmaktadır. Bu çekirdekle dış kolonları birbirine yatay kafes kirişler ile bağlanmakta, eğilme ve kesme kuvvetlerine karşı dayanımı arttırmak için katlar arasına diyagonaller yerleştirilmekte ya da bir veya iki kat yükseklikte tasarlanmaktadır. Sistemde her katta bulunan ana kirişler çekirdeğe veya dış kolonlara moment bağlantılarıyla bağlanarak yatay kafes kirişlere dönüştürülebilmektedirler. Buradaki amaç taşıyıcı sistemin eğilme dayanımını artırmaktır. Ancak; kesme kuvvetlerine karşı dayanımı artırma görevi burada kirişlerden değil, çekirdekten beklenir [31].



#### 4. 2007 DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK VE 2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN İNCELEMESİ

##### 4.1. Yerel Zemin Sınıfı Tanımında Yapılan Değişiklikler

DBYBHY'de zemin sınıfları ile zemin grupları ayrı olarak gösterilmektedir. Zemin sınıfları en iyiden en kötüye doğru Z1, Z2, Z3 ve Z4 şeklinde isimlendirilen dört zemin sınıfı şeklindedir. Zemin grupları ise en iyiden en kötüye doğru zemin özelliklerini gösteren A, B, C ve D zemin sınıflandırılmasına ve binanın yerleştiği zemin katmanının yüksekliğine bağlıdır. A zemin sınıflandırması masif volkanik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar vb. B zemin sınıflandırması tuf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar vb., C zemin sınıflandırması orta sıkı kum, çakıl vb., D zemin sınıflandırması yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları, gevşek kum vb.'ni ifade etmektedir [3].

TBDY'de, DBYBHY'den farklı olarak zemin sınıfları ile zemin grupları tek bir tabloda birleştirilmiştir. Yeni yönetmelikte iyi zeminden kötü zemine doğru ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak gruplandırma yapılmıştır. ZF sınıfı yönetmelikte deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler ve sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler' olarak nitelendirilmiştir. Bu grup için özel deprem yer hareketi spektrumunun kullanılması ve sahaya özel davranış analizlerinin yapılması zorunlu kılınmıştır. ZA zemin sınıflandırması sağlam, sert kayalar, ZB zemin sınıflandırması az ayrılmış, orta sağlam kayalar, ZC zemin sınıflandırması çok sıkı kum, çakıl vb. ZD zemin sınıflandırması orta sıkı-sıkı kum vb. ZE zemin sınıflandırması gevşek kum, çakıl vb.'ni ifade etmektedir [4].

##### 4.2. Deprem Yer Hareketinin Tanımıyla İlgili Değişiklikler

2007'den itibaren deprem yer hareketinin hesabına dair yapılan ilk değişiklik TBDY ile birlikte kullanılmaya başlayan güncellenmiş Türkiye deprem tehlikesi haritalarıdır. DBYBHY'de 1. derece deprem bölgesi deprem riskinin en fazla olduğu bölgeyi, 4. derece deprem bölgesi deprem riskinin en düşük olduğu bölgeyi, 5. derece deprem bölgesi ise deprem riskinin olmadığı bölgeleri göstermekteydi [3].

Yeni deprem tehlikesi haritalarının yer aldığı TBDY ile birlikte deprem bölgeleri kavramı tamamen ortadan kalkmıştır. Bu değişiklik haritadan Türkiye'deki her nokta için kısa periyod harita spektral ivme katsayısı ( $S_s$ ) ve 1.0 sn. periyod için harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ) değerleri okunabilmektedir.  $S_s$   $T = 0.2$  sn. kısa periyod,  $S_1$   $T = 1.0$  sn. uzun periyod bölgelerini ifade etmektedir.  $S_s$  ve  $S_1$  değerleri zemin özelliklerini gösteren katsayılarla çarpılarak  $S_{Ds}$  ve  $S_{D1}$  (tasarım spektral ivme katsayıları) değerleri elde edilmektedir. Bu sayede TBDY ile birlikte

daha önceden bölge gibi geniş bazda tek değer alan spektral ivme katsayısı, kısa ve uzun periyod bölgeleri için ayrı olarak belirlenmektedir. Yeni yönetmeliğe göre kısa periyod bölgesi, periyoddan bağımsız olarak spektral katsayısının en yüksek değerleri aldığı ve ivmenin etkin olduğu bölgeyi, uzun periyod bölgesi ise değerlerin periyoda bağlı olarak azaldığı ve hızın etkin olduğu bölgeyi tanımlamaktadır[4].

Bu konuyla ilgili bir diğer yenilik ise fay hattına yakın bölgeler için uygulanacak olan  $\gamma_F$  katsayısıdır. Fay hattına en fazla 25 km mesafede olan bölgelerde uzun periyoda bağlı tasarım spektral ivme katsayısı Denk. 4.1 ile artırılmaktadır.

$$\gamma_F = 1.2 \quad L_F \leq 15 \text{ km}$$

$$\gamma_F = 1.2 - 0.02 (L_F - 15) \quad 15 \text{ km} \leq L_F \leq 25 \text{ km}$$

**(4.1) [4]**

Denklemden verilen  $\gamma_F$  binanın faya yakınlık katsayısını,  $L_F$  km cinsinden fay düzlemine olan mesafeyi ifade etmektedir.

DBYBHY'de deprem yer hareketi için baz alınan istatistiksel parametreler TBDY'de değiştirilmemiştir. Eski yönetmelikte olduğu gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem hareketi istatistiği kullanılmıştır. Yalnız bazı özel yapıların tasarımında, yüksek katlı bina tasarımı vb. farklı deprem düzeylerinin kullanımı zorunlu tutulmuştur. Burada belirtilen deprem düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 farklı kategoriye ayrılmıştır. En yüksek deprem düzeyi DD-1 düzeyidir ve bu düzey 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan depremleri göstermektedir. En düşük deprem düzeyi ise DD-4 düzeyidir ve bu 50 yılda aşılma olasılığı %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan deprem düzeyini göstermektedir. Standart tasarım deprem yer hareketi ise DD-2 deprem düzeyine işaret etmektedir [3,4]. Deprem düzeyleri aşağıda daha detaylı şekilde verilmiştir:

#### **4.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)**

DD-1 deprem yer hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelendirir. Bu deprem yer hareketi göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [4].

#### 4.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 deprem yer hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [4].

#### 4.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 deprem yer hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir [4].

#### 4.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 deprem yer hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [4].

### 4.3. Bina Önem Katsayısı ile İlgili Düzenleme ve Değişiklikler

DBYBHY'de binalar binanın kullanım amacı veya türü olmak üzere tek başlıkta toplanmıştır. TBDY'de ise binalar üç bina kullanım sınıfına ayrılmıştır. Ayrıca, yeni yönetmelikte bina önem katsayısı ( $I$ ) olarak kullanılmakta olan 1.4 değeri kaldırılmıştır. Buna bağlı olarak, DBYBHY'de  $I$  değerleri 1.4 olan okul, yurt, cezaevi ve müze gibi yapıların değerleri 1.4'ten 1.5'e çıkarılmıştır. Bu değişiklik dışında iki yönetmelikte de değerler ve tanımlar aynıdır.  $I$  değeri olarak 1.5 değeri deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların zaman harcadığı ve genel olarak yaşadığı binalar, önemli eşyaların korunduğu yapılar ve tehlikeli madde içeren binalar için kullanılmaktadır.  $I$  değeri olarak 1.2 değeri ise insanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu AVM, spor salonu gibi binaları,  $I$  değeri olarak 1.0 değeri ise konut, işyeri gibi diğer alanları ifade etmektedir [3,4].

#### 4.4. Deprem Tasarım Sınıfları ve Bina Yükseklik Sınıfları

DBYBHY'de sınıflandırma ile ilgili herhangi bir kriter yokken, TBDY'de yapıların sınıflandırılması ile ilgili olarak bir takım kriterler eklenmiştir.

TBDY'de deprem tasarım sınıfları (DTS) olarak adlandırılan kısa periyod tasarım ivme spektral katsayısına ( $S_{DS}$ ) ve bina kullanım sınıfına (BKS) göre yapılan bir gruplandırma yer almaktadır. Bu kritere göre eğer bina BKS=2 veya 3 değerine sahip ise DTS değeri  $S_{DS}$  değerine bağlı olarak 1, 2, 3 veya 4 şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu değerlerden 1 en yüksek değeri ifade ederken, 4 en düşük değeri ifade etmektedir. Eğer BKS=1 ise yine  $S_{DS}$  değerine göre DTS değeri sayıların yanına a harfi eklenerek 1a, 2a, 3a veya 4a değerlerinden birini almaktadır. Bunun sonucunda, 1a sınıfı en kritik tasarım olmak üzere 1a'dan 4'e kadar toplamda sekiz adet deprem tasarım sınıfı oluşmaktadır [4].

Bina yükseklik sınıfları (BYS) bina yüksekliği ve DTS'ye bağlı olarak 1'den 8'e kadar değer almaktadır. Bu sınıflandırmada 1 en yüksek bina sınıfını gösterirken, 8 en düşük bina sınıfını göstermektedir. 1 olarak ifade edilen sınıflandırma kapsamına giren yapıların tasarımının yüksek binaların tasarım kurallarını içeren bölüme bağlı kalınarak yapılması gerekmektedir. Yüksek binaların tasarım kurallarının belirtildiği bölümde yüksek bina kabul edilme sınırı DTS değeri 1, 1a, 2 veya 2a olan binalar için 70 m, DTS değeri 3 veya 3a olan binalar için 91 m ve DTS değeri 4 veya 4a olan binalar için 105 m olarak belirlenmiştir. TBDY'de kat yüksekliği 3 m olan 25 katlı bir konut binasının 1. derece deprem bölgesinde bulunuyorsa özel tasarım şartlarına bağlı kalacağı belirtilmektedir [4].

#### 4.5. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları

DBYBHY'de bina performans düzeyleri yalnızca mevcut binaların değerlendirilmesinde bir kriter olarak göz önünde bulundurulmuştur [3]. TBDY'de ise bina performans düzeyleri sadece mevcut binalar için değil, yeni yapılacak binaların tasarım kriterleri arasında da yer almaktadır. TBDY'de bina performans düzeyleri kesintisiz kullanım (KK), sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH) ve göçmenin önlenmesi (GÖ) olmak üzere dört farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu yönetmelikte bina performans düzeyleri ve DTS'ye bağlı olarak bir performans hedefi belirlenmesi ve buna uygun tasarım yaklaşımı seçilmesi ifade edilmiştir. Bu yaklaşımlar dayanıma göre tasarım (DGT) ve şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımdır (ŞDGT) [4].

DGT yüksek binalar ve deprem yalıtımlı binaların tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi dışında kalan tüm bina tasarımlarında temel hesap esasları olarak uygulanmaktadır. Bu binalarda DGT esaslarına bağlı kalınarak yapılan tasarımda DD-2

deprem yer hareketi ve KH performans hedefi göz önünde bulundurulmaktadır. DGT'den yüksek binaların ve deprem yalıtımlı binaların tasarımında da kısmi olarak faydalanılmaktadır. DGT'de kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Modal Hesap Yöntemleri'dir [4].

ŞDGT hesap esasları yüksek binalar ve deprem yalıtımlı binaların tasarımı ile mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca, DTS değeri 1a, 2a ve BYS değeri 2, 3 olan binalarda DGT hesap esasları ile ön tasarım yapıldıktan sonra ŞDGT esasları kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmaktadır. İlâveten, tam ard-germeli önüretimli binaların ön tasarımı DGT yaklaşımı ile yapıldıktan sonra ŞDGT yaklaşımı ile performans değerlendirmesi uygulanmaktadır. ŞDGT kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri İtme Yöntemleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir. Aynı zamanda bu hesapta hedeflenen performansın sağlanması içinizin verilebilecek şekildeğiştirme sınırları belirtilmiştir [4].

#### 4.6. Dayanıma Göre Tasarım Hesap Esaslarında Başlıca Değişiklikler

DGT hesap esasları hem DBYBHY'de, hem de TBDY'de ele alınmaktadır. DGT'de deprem yükleri azaltılarak doğrusal deprem hesabı ile çözüm yapılmaktadır. Çözümleme sonucu bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri belirlenmektedir. Eleman dayanım talepleri ile eleman iç kuvvet kapasiteleri kıyaslanmaktadır. Ayrıca, elde edilen görelî kat ötelenmeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılmaktadır.

DBYBHY'de doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a(T)$  Denk 4.2'de; TBDY'de doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak  $R_a(T)$  Denk. 4.3'de tanımlanmıştır [3,4]:

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 < T < T_A) \quad (4.2) [3]$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad (T > T_B) \quad (4.3) [4]$$

$$R_a(T) = D + \left( \frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad (T \leq T_B)$$

Denklemlerde görüldüğü üzere DGT hesap esasları DBYBHY'de ve TBDY'de ele alınsa da, iki yönetmelik arasında bu konuda değişiklikler bulunmaktadır. Bu değişikliklerden biri taşıyıcı sistem davranış katsayısına ( $R$ ) ek olarak dayanım fazlalığı katsayısının ( $D$ ) kullanılmasıdır.  $D$  yapı özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Süneklik seviyesi düşük olan elemanlarda azaltılmış iç kuvvetler için  $D$  çarpan olarak kullanılmaktadır [3].



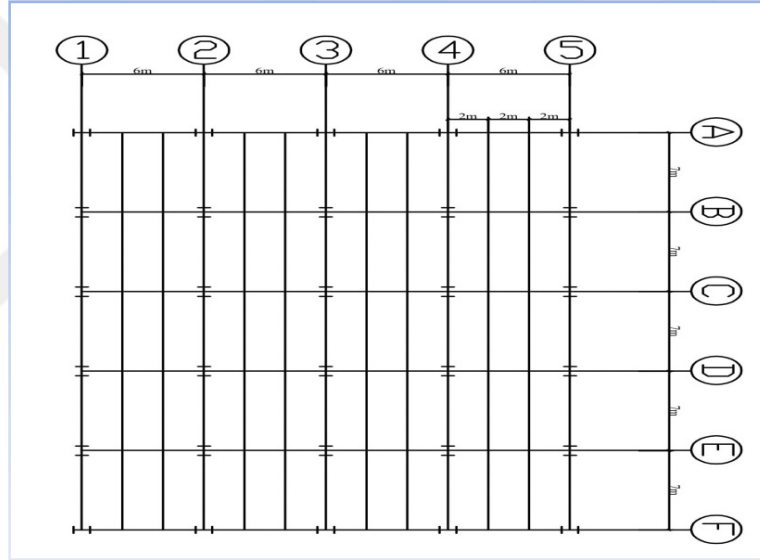
Ayrıca, TBDY'de DGT hesap esaslarına göre yapılan bina tasarımlarında etkin kesit rijitliği çarpanlarının göz önünde bulundurulması gerekliliği belirtilmiştir. Buna göre eğilme rijitlikleri kolonlar için %30, kirişler için %65 mertebelerinde azaltılarak bina tasarımı yapılmaktadır [4].



## 5. HER İKİ DOĞRULTUDA SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN ÇELİK YAPININ ANALİZİ VE TASARIMI

### 5.1. Yapı Sistemi

Bu çalışmada tasarımı yapılan 8 katlı yapının kat planı Şekil 5.1'de, enkesit görünüşleri Şekil 5.2 ile Şekil 5.3'te ve üç boyutlu genel görünüşü Şekil 5.4'te verilmiştir. Bu bölümde yapının ilk olarak DBYBHY, sonrasında ise TBDY esaslarına göre tasarımı yapılmıştır. DBYBHY'ye göre tasarım yapılırken, ÇYTHYE ve DBYBHY esaslarına göre tipik elemanlarının boyutlandırılması yapılmıştır. Aynı şekilde TBDY'ye göre tasarım yapılırken, ÇYTHYE ve TBDY esaslarına göre tipik elemanlarının boyutlandırılması yapılmıştır. Yapının her iki deprem yönetmeliği için tasarımında ÇYTHYE'de belirtilen YDKT Yöntemi kullanılmıştır.



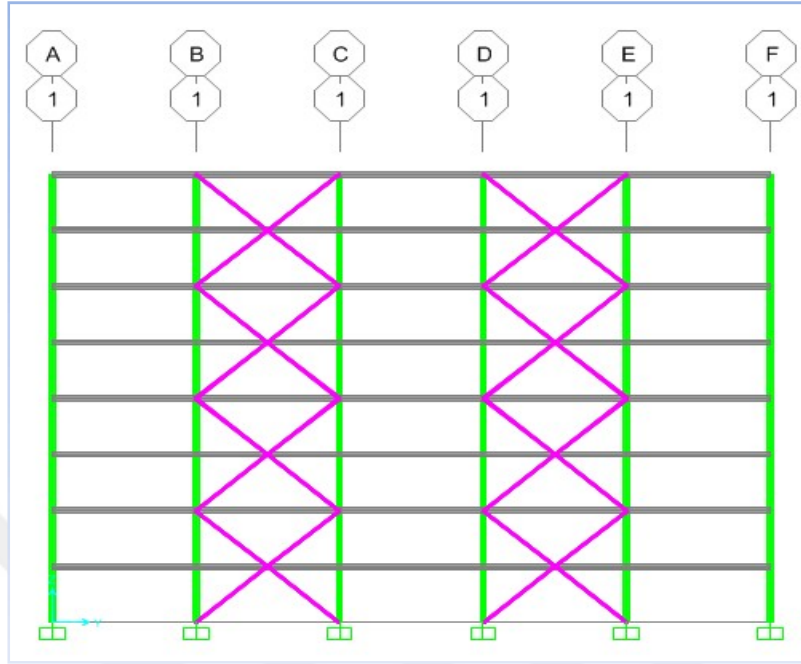
Şekil 5.1. Kat Planı

Çalışmada incelenen yapının her iki deprem doğrultusunda yatay yük taşıyıcı sistemi TBDY ve DBYBHY'de verilen süneklilik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşmaktadır.

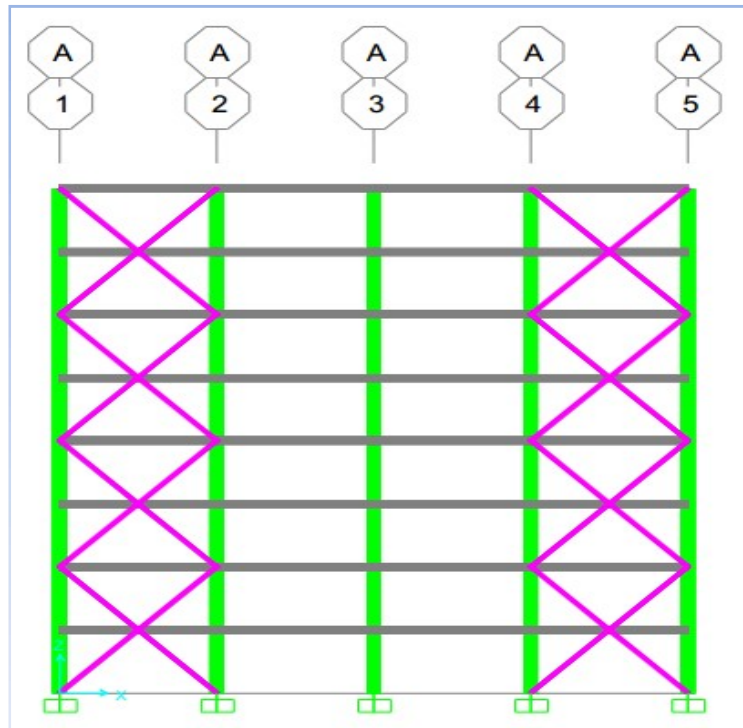
İşyeri olarak tasarlanan bina 35 x 24 m boyutlarında ve 840 m<sup>2</sup> oturma alanına sahiptir. Kat yüksekliği tüm katlarda 3 m'dir. Yapı x yönünde 5 açıklığa sahip ve tüm açıklıklar arası 7 m'dir. Yapı y yönünde 4 açıklıktan oluşmakta olup, açıklıklar arası 6 m'dir.

Kolonların  $\pm 0.00$  kotunda temele bağlantıları ankastre mesnet olarak öngörülmüştür. Kat döşemeleri ise çelik kirişlere mesnetlenen üzerinde yerinde dökme betonarme kompozit döşeme sisteminden meydana gelmiştir. Ana kirişlere mafsallı olarak bağlanan ikincil ara

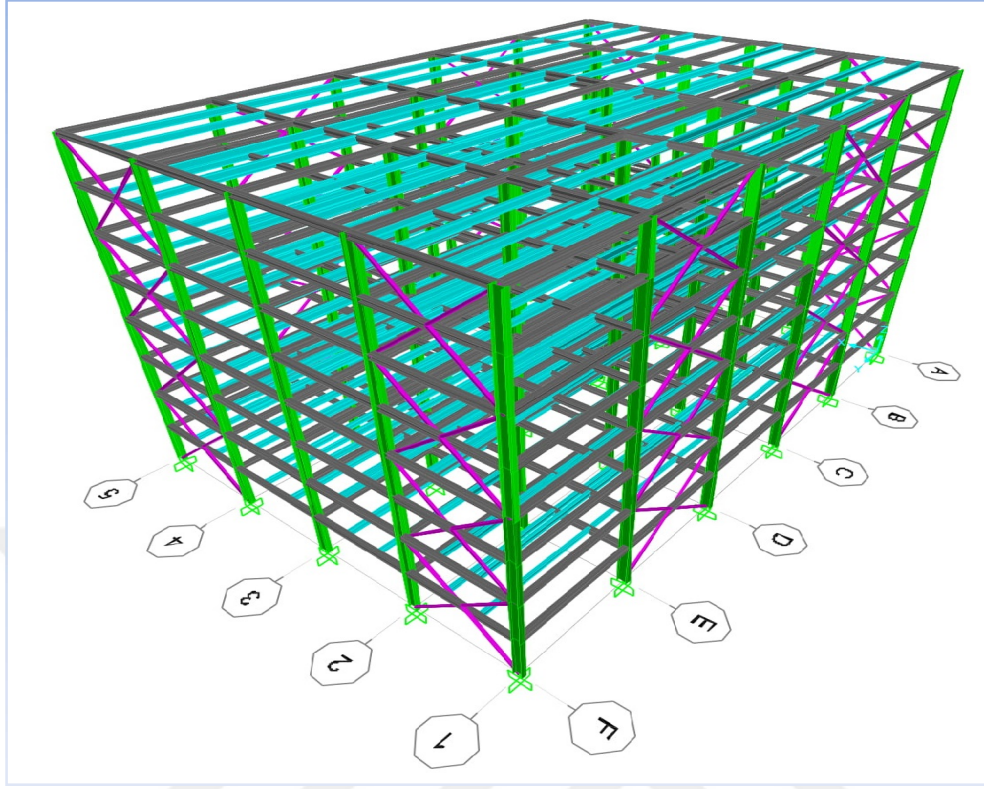
kirişler 2 m aralıklarla teşkil edilmiştir. Kolonların  $\pm 0.00$  kotunda, temele ankastre olarak mesnetlendiği göz önünde tutulmuştur.



Şekil 5.2. 1 Aksı Çerçevesi



Şekil 5.3. A Aksı Çerçevesi



Şekil 5.4. 3 Boyutlu Genel Görünüş

Taşıyıcı sistem elemanları Avrupa norm profilleri (ikincil kirişler için IPE profilleri, kolonlar ve çerçeve kirişleri için HEA profilleri ve çapraz elemanlar için kutu profiller) kullanılarak boyutlandırılmıştır.

Sistemin tasarımında S275 yapı çeliği kullanılmıştır. ÇYTHYE'e göre S275 yapı çeliğinin karakteristik akma gerilmesi  $F_y = 275 \text{ N/mm}^2$ , karakteristik çekme dayanımı  $F_u=430 \text{ N/mm}^2$  ve elastisite modülü  $E=200000 \text{ N/mm}^2$ 'dir.

Çalışmada her iki yönetmeliğe göre tasarım yapılırken Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde binaya etkiyecek yük yerel zemin sınıfı, deprem bölgesi, bina kullanım türü, taşıyıcı sistem türü, binanın doğal hakim periyodu ve bina ağırlığı gibi özelliklere göre belirlenmektedir. DBYBHY ve TBDY' de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nin kullanımında bina toplam yüksekliği, deprem bölgesi, planda ve düşeyde olan düzensizlikler gibi konularda çeşitli sınırlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada SAP2000 yapı analiz programından yararlanılarak modelleme yapılmıştır. Yapı modeli SAP2000 programında oluşturulup, tüm katlar için diyafram atanmıştır. Yapıya gelen yükler belirlenip, tüm katlar için ölü yük, hareketli yük, kar yükü ve rüzgar yüklemeleri yapılmıştır.

Deprem yüklemesinde ise önce fiktif yük belirlenip, kat ağırlığı ve kat yüksekliklerine göre tüm katlara SAP2000'de yükleme uygulanmıştır. Bu yükleme altında oluşan kat deplasmanları SAP2000 programından alınarak, bu değerlere göre doğal titreşim periyotları bulunmuştur. Ardından, taban kesme kuvvetleri bulunarak eşdeğer deprem yüklemeleri hesaplanmış ve tüm katlara deprem yüklemeleri yapılmıştır.

Tüm yüklemeler yapıya uygulandıktan sonra tüm katlar için deprem yüklemeleri sonucunda oluşan deplasman değerleri SAP2000 programından alınarak görelî kat ötelemeleri, ikinci merteye etkileri, A1 türü burulma ve B2 rijitlik düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Sonrasında TBDY ve DBYBHY esaslarına göre yük kombinasyonları tanımlanmış ve bu yük kombinasyonları yapıya uygulanarak en kritik elemanlar için çıkan kesme kuvveti, moment ve eksenel kuvvet değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, iki çalışma için de ayrı ayrı ÇYTHYE esaslarına bağlı kalacak şekilde boyutlandırmalar gerçekleştirilmiştir.

## 5.2. Yapının DBYBHY'ye Göre Tasarımı

### 5.2.1. Düşey Yükler

Çatı Döşemesi Yükleri:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Kaplama:                       | 0,5 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Trapez Sac + Betonarme Döşeme: | 2,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| İzolasyon:                     | 0,2 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Sıva + Tesisat:                | 0,4 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Çelik Konstrüksiyon:           | 0,9 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Toplam Ölü Yük:                | G = 4,1 kN/m <sup>2</sup>              |
| Hareketli Yük:                 | Q = 2,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Parapet Yükü:                  | G <sub>d</sub> = 2,0 kN/m <sup>2</sup> |

Normal Kat Döşemesi Yükleri:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Kaplama:                       | 0,5 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Trapez Sac + Betonarme Döşeme: | 2,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| İç Duvarlar:                   | 0,9 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Sıva + Tesisat:                | 0,4 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Çelik Konstrüksiyon:           | 1,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Toplam Ölü Yük:                | G = 5,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Hareketli Yük:                 | Q = 2,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Parapet Yükü:                  | G <sub>d</sub> = 3,0 kN/m <sup>2</sup> |

NOT: Merdiven ve asansör bölgesindeki sabit ve hareketli yükler ile döşemenin diğer bölgelerindeki sabit ve hareketli yüklerin eşit olduğu varsayılmıştır.

### 5.2.2. Deprem Karakteristikleri

- Yapı taşıyıcı sistemi: Her iki doğrultuda da süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik perdelerden oluşan sistem
- Bina kullanım amacı: İşyeri
- Yerel Zemin Sınıfı : ZB
- Deprem Bölgesi : 2. Derece Deprem Bölgesi
- Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) : 0.3
- Bina Önem Katsayısı ( $I$ ) : 1
- Zemin Grubu: A
- Yerel Zemin Sınıfı : Z1
- Spektrum Karakteristik Periyotları :  $T_A = 0.1$  sn,  $T_B = 0.3$  sn
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ( $R$ ) : 5

### 5.2.3. Düzensizliklerin Kontrolü

Bu binada kat planında çıkıntılarının olmaması, planda yatay yük taşıyıcı sistemlerinin düzenli olarak yerleştirilmesi, döşemelerde büyük boşlukların ve süreksizliklerin bulunmaması sebeplerinden dolayı DBYBHY'ye göre planda düzensizlik durumu mevcut değildir.

Ayrıca yapıda düşey doğrultudaki düzensizlik durumları incelendiğinde, ani rijitlik değişimlerinin olmaması, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi sebepleri dolayısı ile düşeyde düzensizlik durumu da mevcut değildir.

### 5.2.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

DBYBHY (Madde 2.7.4.1)'de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre binanın her iki deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotları Denk. 5.1 ile hesaplanmıştır.

$$T_1 = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (5.1) [3]$$

Denk. 5.1'de gösterilen kat kütlesi  $m_i$  değeri Denk. 5.2'de verilmiştir:

$$m_i = \frac{w_i}{g} = \frac{1}{g} [G_i + nQ_i] \quad (5.2) [3]$$

1. normal kata ait kat ağırlığı ve kat kütlesi aşağıda gösteriliği gibi hesaplanmıştır. Bu denklemde 1. normal kat için DBYBHY Tablo 2.7 [3]'ye göre  $n=30$  alınmıştır.

$$w_i = \text{Alan}(G_n + nQ_n) + \text{Çevre}(G_d)$$

$$w_i = (24 \cdot 35) \cdot (5.0 + 0.3 \cdot 2) + 2 \cdot (24 + 35) \cdot 3 = 5058 \text{ kN}$$

$$m_i = 5058 / 9,81 = 515,6 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

Diğer katlarda da aynı şekilde hesaplamalar yapılarak elde edilen kat ağırlıkları ve kütleleri Tablo 5.1'de sunulmuştur.

**Tablo 5.1.** Yapının Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

| Kat      | $w_i$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] |
|----------|------------|-----------------------------|
| Çatı     | 3881,6     | 395,6                       |
| 7        | 5058,0     | 515,6                       |
| 6        | 5058,0     | 515,6                       |
| 5        | 5058,0     | 515,6                       |
| 4        | 5058,0     | 515,6                       |
| 3        | 5058,0     | 515,6                       |
| 2        | 5058,0     | 515,6                       |
| 1        | 5058,0     | 515,6                       |
| $\Sigma$ | 39287,6    | 4004,8                      |

Kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri ile orantılı olan  $F_{fi}$  fiktif kuvvetleri Denk. 5.3 ile hesaplanmaktadır.

$$F_{fi} = F_0 \left( \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \right) \quad (5.3) [3]$$

Bu denklemde  $F_0$  seçilen herhangi bir yükü göstermekte olup,  $F_0=1000$  kN alınmıştır. Denk.5.3 ile hesaplanan  $F_{fi}$  fiktif kuvvetleri tüm katlar için Tablo 5.2'de yer almaktadır.

**Tablo 5.2.** Yapıya Etkiyen Fiktif Kuvvetler

| Kat  | $H_i$ [m] | $w_i$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $m_i \cdot H_i$ [kNs <sup>2</sup> ] | $\left[ \frac{m_i \cdot H_i}{\sum m_i \cdot H_i} \right]$ | $F_{fi}$ [kN] |
|------|-----------|------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|---------------|
| Çatı | 24        | 3881,6     | 395,6                       | 9494,4                              | 0,179802  | 179,8018      |
| 7    | 21        | 5058,0     | 515,6                       | 10827,6                             | 0,205050  | 205,0495      |
| 6    | 18        | 5058,0     | 515,6                       | 9280,8                              | 0,175757  | 175,7567      |
| 5    | 15        | 5058,0     | 515,6                       | 7734,0                              | 0,146464  | 146,4640      |
| 4    | 12        | 5058,0     | 515,6                       | 6187,2                              | 0,117171  | 117,1712      |

|          |   |         |        |         |          |         |
|----------|---|---------|--------|---------|----------|---------|
| 3        | 9 | 5058,0  | 515,6  | 4640,4  | 0,087878 | 87,8784 |
| 2        | 6 | 5058,0  | 515,6  | 3093,6  | 0,058586 | 58,5856 |
| 1        | 3 | 5058,0  | 515,6  | 1546,8  | 0,029293 | 29,2928 |
| $\Sigma$ |   | 39287,6 | 4004,8 | 52804,8 |          | 1000,0  |

Tablo 5.2'de bulunan  $F_{fi}$  kuvvetleri  $x$  ve  $y$  doğrultularında kat kütle merkezlerine uygulanarak kat yer değiştirmeleri SAP2000 programı yardımıyla bulunmuş ve Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'te verilmiştir.

**Tablo 5.3.** X Doğrultusunda Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer Değişimleri

| Kat      | $F_{fi}$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $d_{fi(x)}$ [m] | $m_i^* d_{fi(x)}^2$ [kNms <sup>2</sup> ] | $F_{fi}^* d_{fi(x)}$ [kNm] |
|----------|---------------|-----------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Çatı     | 179,8018      | 395,6                       | 0,00910         | 0,032760                                 | 1,636196                   |
| 7        | 205,0495      | 515,6                       | 0,00820         | 0,034669                                 | 1,681406                   |
| 6        | 175,7567      | 515,6                       | 0,00720         | 0,026729                                 | 1,265448                   |
| 5        | 146,4640      | 515,6                       | 0,00600         | 0,018562                                 | 0,878784                   |
| 4        | 117,1712      | 515,6                       | 0,00470         | 0,011390                                 | 0,550705                   |
| 3        | 87,8784       | 515,6                       | 0,00330         | 0,005615                                 | 0,289999                   |
| 2        | 58,5856       | 515,6                       | 0,00200         | 0,002062                                 | 0,117171                   |
| 1        | 29,2928       | 515,6                       | 0,00080         | 0,000330                                 | 0,023434                   |
| $\Sigma$ | 1000,0        | 4004,8                      |                 | 0,132116                                 | 6,443143                   |

Doğal titreşim periyodu  $T_p^{(x)}$  Denk. 5.4. ile hesaplanmıştır.

$$T_p = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (5.4) [3]$$

$$T_p^{(x)} = 2\pi \left( \frac{0,1321}{6,4431} \right)^{1/2} = 0,899 \text{ s}$$

**Tablo 5.4.** Y Doğrultusunda Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer Değişimleri

| Kat      | $F_{fi}$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $d_{fi(y)}$ [m] | $m_i^* d_{fi(y)}^2$ [kNms <sup>2</sup> ] | $F_{fi}^* d_{fi(y)}$ [kNm] |
|----------|---------------|-----------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Çatı     | 179,8018      | 395,6                       | 0,0087          | 0,029943                                 | 1,564276                   |
| 7        | 205,0495      | 515,6                       | 0,0080          | 0,032998                                 | 1,640396                   |
| 6        | 175,7567      | 515,6                       | 0,0071          | 0,025991                                 | 1,247873                   |
| 5        | 146,4640      | 515,6                       | 0,0060          | 0,018562                                 | 0,878784                   |
| 4        | 117,1712      | 515,6                       | 0,0047          | 0,011390                                 | 0,550705                   |
| 3        | 87,8784       | 515,6                       | 0,0034          | 0,005960                                 | 0,298786                   |
| 2        | 58,5856       | 515,6                       | 0,0022          | 0,002496                                 | 0,128888                   |
| 1        | 29,2928       | 515,6                       | 0,0009          | 0,000418                                 | 0,026364                   |
| $\Sigma$ | 1000,0        | 4004,8                      |                 | 0,127757                                 | 6,336071                   |

Doğal titreşim periyodu  $T_p^{(y)}$  Denk 5.5 ile hesaplanmıştır.



$$T_p^{(y)} = 2\pi \left( \frac{0,1277}{6,3360} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,892 \text{ s} \quad (5.5) [3]$$

### 5.2.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

DBYBHY Tablo 2.6 [3]'ya göre tasarımı yapılan yapının 2. derece deprem bölgesinde olması ve taşıyıcı sistemde burulma ve B2 (yumuşak kat) düzensizliklerinin bulunmaması sebepleriyle Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanmıştır. Bu durumda, toplam eşdeğer deprem yükü DBYBHY 2.7.1.1. [3]' de verilen Denk. 5.6 ile hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{W \cdot A \cdot (T_1)}{R_a \cdot (T_1)} \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (5.6) [3]$$

#### 5.2.5.1. Yapının (X) Doğrultusundaki Taban Kesme Kuvveti Hesabı

$T_{1,x}=0,899 > T_B=0,30$  olduğundan DBYBHY 2.4.3'e göre spektrum katsayısı  $S(T)$  Denk.5.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$S(T) = 2,5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad S(T_{1,x}) = 2,5 \left( \frac{0,3}{0,899} \right)^{0,8} = 1,039 \quad (5.7) [3]$$

Deprem yükü hesabında esas alınacak spektral ivme katsayısı  $A(T)$  DBYBHY 2.4 [3]'te verilen Denk. 5.8 ile hesaplanmıştır.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.8) [3]$$

$$A(T_{1,x}) = 0,3 * 1 * 1,039 = 0,312$$

$T_{1,x}=0,899 > T_A=0,10$  olduğundan DBYBHY 2.5 [3]'e göre  $R_a(T)$  Denk.5.9'a göre hesaplanmıştır.

$$R_a(T) = R \quad (5.9) [3]$$

$$R_a(T) = R_x = 5$$

Buradan toplam eşdeğer deprem yükü;

$$V_t = \frac{W \cdot A \cdot (T_1)}{R_a \cdot (T_1)} \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W$$

$$V_{tx} = \frac{39287,6 * 0,312}{5} = 2449,19 \text{ kN} \geq 0,10 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 39287,6 = 1178,62 \text{ kN olduğundan;}$$

$$V_{tx} = 2449,19 \text{ kN}$$

### 5.2.5.2. Yapının (Y) Doğrultusundaki Taban Kesme Kuvveti Hesabı

(x) doğrultusundaki hesaba benzer şekilde aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$S(T) = 2,5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0,8}$$

$$S(T_{1,y}) = 2,5 \left( \frac{0,3}{0,892} \right)^{0,8} = 1,045$$

$$A(T_{1,y}) = 0,3 * 1 * 1,045 = 0,313$$

$$R_a(T) = R_y = 5$$

Buradan toplam eşdeğer deprem yükü;

$$V_{ty} = \frac{39287,6 * 0,313}{5} = 2463,33 \text{ kN} \geq 0,10.0.3.1.39287 = 1178,62 \text{ kN olduğundan;}$$

$$V_{ty} = 2446,33 \text{ kN}$$

### 5.2.6. Katlara Etkiyen Yatay Eşdeğer Deprem Yükleri

DBYBHY 2.7.2 [3]'ye göre üstte bulunan toplam eşdeğer deprem yükü binanın tüm katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre binanın N'inci katına (tepesine, 8. kata) etkiyen eşdeğer deprem yükü x ve y doğrultuları için aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 0,0075 * 8 * 2449,19 = 146,95 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(Y)} = 0.0075 N V_{tE}^{(Y)} = 0,0075 * 8 * 2463,33 = 147,79 \text{ kN}$$

$\Delta F_{NE}^{(X)}$  ve  $\Delta F_{NE}^{(Y)}$  ek eşdeğer deprem kuvvetleri toplam eşdeğer deprem kuvvetlerinden çıkartılarak geriye kalan yük DBYBHY (2.7.2.3) [3]'te verilen Denk. 5.7 yardımı ile x ve y doğrultuları için katlara dağıtılmıştır.

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (5.10) [3]$$

(x) ve (y) doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri hesabı aşağıda verilmiştir:

$$F_{iE}^{(X)} = (2449,19 - 146,95) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

$$F_{iE}^{(Y)} = (2463,33 - 147,79) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

**Tablo 5.5.** Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

| Kat      | $H_i$ [m] | $m_i * H_i$ [kNs <sup>2</sup> ] | $\left( \frac{m_i * H_i}{\sum m_i * H_i} \right)$ | $F_{iE}^{(X)}$ [kN] | $F_{iE}^{(Y)}$ [kN] |
|----------|-----------|---------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| Çatı     | 24        | 9494,4                          | 0,179802  | 413,9470            | 416,3383            |
| 7        | 21        | 10827,6                         | 0,205050  | 472,0733            | 474,8004            |
| 6        | 18        | 9280,8                          | 0,175757  | 404,6342            | 406,9718            |
| 5        | 15        | 7734,0                          | 0,146464  | 337,1952            | 339,1432            |
| 4        | 12        | 6187,2                          | 0,117171  | 269,7561            | 271,3145            |
| 3        | 9         | 4640,4                          | 0,087878  | 202,3171            | 203,4859            |
| 2        | 6         | 3093,6                          | 0,058586  | 134,8781            | 135,6573            |
| 1        | 3         | 1546,8                          | 0,029293  | 67,4390             | 67,8286             |
| $\Sigma$ |           | 52804,8                         |   | 2302,2400           | 2315,5400           |

### 5.2.7. Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

DBYBHY (2.7.3) [3]'e göre katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin göz önüne alınan deprem doğrultusundaki bina genişliğinin  $\pm\%5$ 'i kadar kaydırılması sonucu belirlenen noktalara ve kat kütle merkezine uygulanması öngörülmektedir.

$X$  ve  $y$  doğrultuları için ek dışmerkezlikler;

$$e^{(X)} = \pm 0,05 * 24 = \pm 1,2 \text{m}$$

$$e^{(Y)} = \pm 0,05 * 35 = \pm 1,75 \text{m} \text{ şeklinde hesaplanırlar.}$$

### 5.2.8. Rüzgar Yükleri

Rüzgar yükleri Türk Standartları Enstitüsü Yapılar Üzerindeki Etkiler – Rüzgar Etkileri (TS EN 1991-1-4) [32]'de verilen koşullara göre hesaplanmıştır. ÇYTHYE 5.3'te rüzgar hızının temel değeri  $V_{b,o} = 28$  m/sn den ve binanın taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkiyen karakteristik rüzgar yükleri  $0.5$  kN/m<sup>2</sup> den az olmayacaktır.

TS EN 1991-1-4 Denk. 4.1'e göre rüzgar esas hızı mevcut çalışmada Denk. 5.11'de verilmiştir.

$$c = c_{dir} c_{season} V_{b,o} \quad (5.11) [31]$$

Burada  $c_{dir}$  ve  $c_{season}$  için önerilen 1,0 değeri kullanıldığında;

$$V_b = 1 * 1 * 28 = 28 \text{ m/sn bulunur.}$$

Arazi kategorisi II için TS EN 1991-1-4 Çizelge 4.1'e göre  $z_0=1,0$  ve  $z_{0,II}=0,05$  olduğundan;

$$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left( \frac{1,0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,234 * \ln \left( \frac{24}{1} \right) = 0,744 \text{ olarak bulunur.}$$

Buradan ortalama rüzgar hızı TS EN 1991-1-4 Denk. 4.3., mevcut çalışmada Denk. 5.12'de verilmiştir.

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (5.12) [31]$$

$$v_m(z) = 0,744 * 1,0 * 28 = 20,83 \text{ m/sn}$$

$$z_{min} = 10m \leq z = 24m \leq z_{max} = 200 \text{ m olduğundan}$$

24 m yükseklikteki türbülans şiddeti  $I_v(z)$  TS EN 1991-1-4 Denk. 4.7, mevcut çalışmada Denk. 5.13'de verilmiştir.

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} \quad (5.13) [31]$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \left( \frac{24}{1} \right)} = 0,314$$

Buradan rüzgar basıncı  $q_p(z)$  TS EN 1991-1-4 Denk. 4.8, mevcut çalışmada Denk. 5.14'te verilmiştir.

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_0 \quad (5.14) [31]$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,314] \frac{1}{2} 1,25 (20,83)^2 10^{-3} = 0,867 \text{ kN/m}^2$$

Bir yapının dış ve iç yüzeylerine etkiyen rüzgar basıncı TS EN 1991-1-4 Denk. 5.1 ve Denk. 5.2'ye göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_e = q(z_e) c_{pe} \quad (5.15) [31]$$

$$w_i = q(z_i) c_{pi} \quad (5.16) [31]$$

Binanın düşey yüzeyleri için TS EN 1991-1-4 7.2.2'ye göre dış basınç,  $c_{pe,10}$  ve iç basınç  $c_{pi}$  katsayıları hesaplanmalıdır.

$b=24\text{m}$  rüzgar etkisine dik boyut için  $h=24\text{ m}$  ve  $d=35\text{ m}$  olmak üzere:

$$0,25 < h/d = 0,68 < 1,0$$

$b=35\text{m}$  rüzgar etkisine dik boyut için  $h=24\text{ m}$  ve  $d=24\text{ m}$  olmak üzere:

$$0,25 < h/d = 1 < 1,0 \text{ şeklinde değerlendirilir.}$$

Bu oranlar göz önüne alındığında dış basınç katsayıları  $c_{pe}$  TS EN 1991-1-4 Çizelge(7.1.) yardımıyla belirlenerek aşağıdaki Tablo 5.6'da verilen değerler bulunmuştur.

**Tablo 5.6.** Dış Basınç Katsayıları [32]

| Bölge    | D   | E    |
|----------|-----|------|
| $c_{pe}$ | 0,8 | -0,5 |

İç basınç katsayısı  $c_{pi}$  ise TS EN 1991-1-4 Not 2'ye göre +0,2 veya -0,3'ten en elverişsiz durumu oluşturan değer olarak belirlenir. Buna göre  $c_{pnet}$  Tablo5.7.'de gösterildiği gibi elde edilir.

**Tablo 5.7.** İç Basınç Katsayıları [32]

| Bölge                        | D   | E    |
|------------------------------|-----|------|
| $c_{pnet} = c_{pe} - (+0,2)$ | 0,6 | -0,7 |
| $c_{pnet} = c_{pe} - (-0,3)$ | 1,1 | -0,2 |

Planı dikdörtgen şeklinde olan bu işyerinde binanın her iki boyutu (24m, 35m)  $h=13\text{m} < 24\text{m}, 35\text{m}$  olduğundan, TS EN 1991-1-4 7.2.2. 'ye göre bina yüksekliği boyunca rüzgar yükü uniform oluşmaktadır. Buna göre referans alan,  $A_{ref} = bh$  olmak üzere toplam rüzgar yükü  $w$ , bütün katlar için Denk. 5.17'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$w = q(z)(c_{pe} - c_{pi})A_{ref} = q(z)(c_{pnet})A_{ref} \quad (5.17) [31]$$

$$w = 0,877 * 1,3A_{ref} = 1,14A_{ref}$$

Rüzgar yükünün yüzey genişliğine göre katlara dağılımı aşağıdaki tablodaki gibi bulunmuştur.

**Tablo 5.8.** Rüzgar Yükünün Yüzey Genişliğine Göre Katlara Dağılımı

| Döşeme    | Yükseklik (m) | $b=24\text{m}$ için rüzgar kuvveti (m)<br>( $1, 14A_{ref}$ ) | $b=35\text{m}$ için rüzgar kuvveti(m)( $1, 14A_{ref}$ ) |
|-----------|---------------|--|---|
| Çatı Katı | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 7. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 6. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 5. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 4. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 3. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 2. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 1. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| $\Sigma$  | 24            | 656,64   | 957,6   |

Burada bulunan yükler yapı sistemi için SAP2000 programı yardımıyla katlara eşit olarak dağıtılmıştır.

### 5.2.9. Yük Birleşimleri

Bina taşıyıcı sistemi yük birleşimleri ÇYTHYE ve DBYBHY'ye göre yapıya uygulanmıştır.

$$1,4G + 1,6Q$$

$$G + Q \pm EXP \pm 0,3EYP$$

$$G + Q \pm 0,3EXP \pm 1,0EYP$$

$$G + Q \pm EXP \pm 0,3EYN$$

$$G + Q \pm 0,3EXP \pm 1,0EYN$$

$$G + Q \pm EXN \pm 0,3EYP$$

$$G + Q \pm 0,3EXN \pm 1,0EYP$$

$$G + Q \pm EXN \pm 0,3EYN$$

$$G + Q \pm 0,3EXN \pm 1,0EYN$$

$$0,9G \pm EXP \pm 0,3EYP$$

$$0,9G \pm 0,3EXP \pm 1,0EYP$$

$$0,9G \pm EXP \pm 0,3EYN$$

$$0,9G \pm 0,3EXP \pm 1,0EYN$$

$$0,9G \pm EXN \pm 0,3EYP$$

$$0,9G \pm 0,3EXN \pm 1,0EYP$$

$$0,9G \pm EXN \pm 0,3EYN$$

$$0,9G \pm 0,3EXN \pm 1,0EYN$$

$$G + Q \pm EXP$$

$$G + Q \pm EXN$$

$G + Q \pm EYP$

$G + Q \pm EYN$

$G + Q \pm Ex$

$G + Q \pm Ey$

$0,9G \pm Ex$

$0,9G \pm Ey$

$G + Q \pm W_x$

$G + Q_r \pm W_y$

$0,9G \pm W_x$

$0,9G \pm W_y$

G : Sabit Yük

Q : Hareketli Yük

S : Kar Yüğü

EXP : + %5 Dış Merkezlikli + X Yönü Deprem Yüklemesi

EXN : - %5 Dış Merkezlikli + X Yönü Deprem Yüklemesi

EYP : + %5 Dış Merkezlikli + Y Yönü Deprem Yüklemesi

EYN : - %5 Dış Merkezlikli + Y Yönü Deprem Yüklemesi

### 5.2.10. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Görelî kat ötelemelerinin kontrolü DBYBHY 2.10.1 [3]'e göre yapılmıştır. Herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değıştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi ( $\Delta_i^{(X)}$ ) Denk. 5.18'de verilmiştir.

$$\Delta_i^{(X)} = d_i^{(X)} - d_{i-1}^{(X)} \quad (5.18) [3]$$

Denk. 5.8'de verilen  $d_i^{(X)}$  ve  $d_{i-1}^{(X)}$  değeri tipik (X) deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan en büyük yatay yer değıştirmeleri göstermektedir.

DBYBHY Madde 2.10.1.2 [3]'ye göre tipik (X) deprem doğrultusu için binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi ( $\delta_i$ ) Denk. 5.19'da verilmiştir.

$$\delta_i = R \cdot \Delta \quad (5.19) [3]$$

DBYBHY Madde 2.10.1.3 [3]'e göre her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde Denk.5.19 ile hesaplanan  $\delta_i^{(x)}$  etkin göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $\delta_{i,max}^{(x)}$  aşağıda verilen koşulları sağlamak zorundadır.

$$\frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.02 \quad (5.20) [3]$$

**Tablo 5.9** (X) Doğrultusunda Göreceli Kat Ötelemelerinin Hesabı

| Kat  | $H_i$ [m] | $d_i^{(x)}$ [m] | $\Delta_i^{(x)}$ [m] | $\delta_i^{(x)}$ [m] | $\frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$ |
|------|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| Çatı | 3         | 0,0162          | 0,0019               | 0,0095               | 0,003167                     |
| 7    | 3         | 0,0143          | 0,0022               | 0,0110               | 0,003667                     |
| 6    | 3         | 0,0121          | 0,0024               | 0,0120               | <b>0,004000</b>              |
| 5    | 3         | 0,0097          | 0,0024               | 0,0120               | 0,004000                     |
| 4    | 3         | 0,0073          | 0,0024               | 0,0120               | 0,004000                     |
| 3    | 3         | 0,0049          | 0,0021               | 0,0105               | 0,003500                     |
| 2    | 3         | 0,0028          | 0,0019               | 0,0095               | 0,003167                     |
| 1    | 3         | 0,0009          | 0,0009               | 0,0045               | 0,001500                     |

$$\frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0,02 \quad \lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} = 0,004 < 0,02 \sqrt{\quad}$$

Yukarıda yapılan hesaplar sonucunda (x) doğrultusunda Denk.5.20'de verilen koşulun sağlandığı görülmektedir.

**Tablo 5.10** (Y) Doğrultusunda Göreceli Kat Ötelemelerinin Hesabı

| Kat  | $H_i$ [m] | $d_i^{(y)}$ [m] | $\Delta_i^{(y)}$ [m] | $\delta_i^{(y)}$ [m] | $\frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i}$ |
|------|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|
| Çatı | 3         | 0,0142          | 0,0016               | 0,0080               | 0,002667                           |
| 7    | 3         | 0,0126          | 0,0019               | 0,0095               | 0,003167                           |
| 6    | 3         | 0,0107          | 0,0020               | 0,0100               | 0,003333                           |
| 5    | 3         | 0,0087          | 0,0021               | 0,0105               | 0,003500                           |
| 4    | 3         | 0,0066          | 0,0021               | 0,0105               | 0,003500                           |
| 3    | 3         | 0,0045          | 0,0018               | 0,0090               | 0,003000                           |
| 2    | 3         | 0,0027          | 0,0026               | 0,0130               | <b>0,004333</b>                    |
| 1    | 3         | 0,0001          | 0,0001               | 0,0005               | 0,000167                           |

$$\frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i} \leq 0,02 \quad \lambda \frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i} = 0,00433 < 0,02 \sqrt{\quad}$$

Yukarıda yapılan hesaplar sonucunda (y) doğrultusunda Denk. 5.20'de verilen koşulun sağlandığı görülmektedir.



### 5.2.11. İkinci Mertebe Etkileri

DBYBHY Madde 2.10.2.1 [3] uyarınca göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir i'inci katta İkinci Mertebe Gösterge Değeri  $\theta_i$ , Denk.5.21 ile hesaplanarak gerekli koşul tüm katlarda kontrol edilmiştir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0,12 \quad (5.21) [3]$$

**Tablo 5.11** (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri

| Kat  | $u_i^{(X)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{max}$ [m] | $u_i^{(X)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{ort}$ |
|------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| Çatı | 0,0162                | 0,0019                     | 0,0142                | 0,0017                     | 0,00180                |
| 7    | 0,0143                | 0,0022                     | 0,0125                | 0,0019                     | 0,00205                |
| 6    | 0,0121                | 0,0024                     | 0,0106                | 0,0021                     | 0,00225                |
| 5    | 0,0097                | 0,0024                     | 0,0085                | 0,0020                     | 0,00220                |
| 4    | 0,0073                | 0,0024                     | 0,0065                | 0,0022                     | <b>0,00230</b>         |
| 3    | 0,0049                | 0,0021                     | 0,0043                | 0,0018                     | 0,00195                |
| 2    | 0,0028                | 0,0019                     | 0,0025                | 0,0017                     | 0,00180                |
| 1    | 0,0009                | 0,0009                     | 0,0008                | 0,0008                     | 0,00085                |

(x) doğrultusundaki deprem için  $\theta_i$  parametrelerinin en büyük değeri 4. katta meydana gelmektedir.

$$\Delta_5^{(X)}_{ort} = 0,0023m$$

$$\sum_{j=4}^8 w_j = 4 * 5058 + 3881,6 = 24113,6 \text{ kN}$$

$$V_4^{(X)} = 413,947 + 472,0733 + 404,6342 + 337,1952 + 269,7561 = 1897,606 \text{ kN}$$

$h_5 = 3m$  olmak üzere;

$$\theta_i^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i^{(X)} h_i} = \frac{0,0023 * 24113,6}{1897,606 * 3} = 0,0097$$

$$0,0097 \leq 0.12$$

koşulunu sağlamaktadır. Diğer katlar için de aynı hesaplar yapıldığında bu koşul sağlanmıştır. Bundan dolayı ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

**Tablo 5.12** (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri

| Kat  | $u_i^{(Y)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}_{max}$ [m] | $u_i^{(Y)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}_{ort}$ |
|------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| Çatı | 0,0142                | 0,0016                     | 0,0131                | 0,0015                     | 0,00155                |
| 7    | 0,0126                | 0,0019                     | 0,0116                | 0,0017                     | 0,00180                |

|   |        |        |        |        |                |
|---|--------|--------|--------|--------|----------------|
| 6 | 0,0107 | 0,0020 | 0,0099 | 0,0019 | 0,00195        |
| 5 | 0,0087 | 0,0021 | 0,0080 | 0,0018 | 0,00195        |
| 4 | 0,0066 | 0,0021 | 0,0062 | 0,0020 | 0,00205        |
| 3 | 0,0045 | 0,0018 | 0,0042 | 0,0016 | 0,00170        |
| 2 | 0,0027 | 0,0026 | 0,0026 | 0,0017 | <b>0,00215</b> |
| 1 | 0,0001 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0009 | 0,00095        |

(y) doğrultusundaki deprem için  $\theta_i$  parametrelerinin en büyük 2. katta meydana gelmektedir.

$$\Delta_2^{(X)}{}_{ort} = 0,00215\text{m}$$

$$\sum_{j=2}^8 w_j = 6 * 5058 + 3881,6 = 34229,6 \text{ kN}$$

$$V_2^{(X)} = 416,3383 + 474,8004 + 406,9718 + 339,1432 + 271,3145 + 203,4859 + 135,6573 \\ = 2247,71 \text{ kN}$$

$h_5 = 3\text{m}$  olmak üzere;

$$\theta_i^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i^{(X)} h_i} = \frac{0,00215 * 34229,6}{2247,71 * 3} = 0,0099$$

$$0,0011 \leq 0,12$$

koşulunu sağlamaktadır. Diğer katlar için de aynı hesaplar yapıldığında bu koşul sağlanmıştır. Bundan dolayı ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

### 5.2.12. A1 Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

A1 burulma düzensizliği DBYBHY Tablo 2.1 [3]'de belirtildiği gibi birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$ 'nin 1.2'den büyük olması şeklinde ifade edilmektedir. Burulma düzensizliği katsayısı Denk. 5.13 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1.2 \quad (5.22) [3]$$

Sistem için hesaplanan  $\eta_{bi}$  değerleri Tablo 5.13'te verilmiştir.

**Tablo 5.13** A1 Türü Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

| Kat  | $\Delta_i^{(X)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{ort}$ | $\eta_{bi(X)}$ | $\Delta_i^{(Y)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}_{ort}$ | $\eta_{bi(Y)}$ |
|------|----------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|------------------------|----------------|
| Çatı | 0,0019                     | 0,00180                | 1,055556       | 0,0016                     | 0,00155                | 1,032258       |
| 7    | 0,0022                     | 0,00205                | 1,073171       | 0,0019                     | 0,00180                | 1,055556       |
| 6    | 0,0024                     | 0,00225                | 1,066667       | 0,0020                     | 0,00195                | 1,025641       |
| 5    | 0,0024                     | 0,00220                | 1,090909       | 0,0021                     | 0,00195                | 1,076923       |
| 4    | 0,0024                     | 0,00230                | 1,043478       | 0,0021                     | 0,00205                | 1,024390       |
| 3    | 0,0021                     | 0,00195                | 1,076923       | 0,0018                     | 0,00170                | 1,058824       |
| 2    | 0,0019                     | 0,00180                | 1,055556       | 0,0026                     | 0,00215                | 1,209302       |
| 1    | 0,0009                     | 0,00085                | 1,058824       | 0,0010                     | 0,00095                | 1,052632       |

Tablo 5.13'te tüm katlar için bulunan tüm  $\eta_{bi(X)}$  ve  $\eta_{bi(Y)}$  değerleri 1.2' den küçük olduğu için yapıda A1 burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

### 5.2.13. B2 Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

B2 rijitlik düzensizliği DBYBHY Tablo 2.1'de belirtildiği gibi birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için bodrum katlar dışında herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2.0'dan fazla olması şeklinde ifade edilmektedir.

Sistem için hesaplanan  $\eta_{ki}$  değerleri Tablo 5.14'te verilmiştir.

**Tablo 5.14.** B2 Türü Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

| Kat       | $\Delta_i^{(X)}_{ort}/h_i$ | $\Delta_{i-1}^{(X)}_{ort}/h_{i-1}$ | $\eta_{ki(X)}$ | $\Delta_i^{(Y)}_{ort}/h_i$ | $\Delta_{i-1}^{(Y)}_{ort}/h_{i-1}$ | $\eta_{ki(Y)}$ |
|-----------|----------------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------|------------------------------------|----------------|
| Çatı - 7  | 0,000600                   | -                                  | -              | 0,000517                   | -                                  | -              |
| 7 - 6     | 0,000683                   | 0,000683                           | 0,878049       | 0,000600                   | 0,000600                           | 0,861111       |
| 6 - 5     | 0,000750                   | 0,000750                           | 0,911111       | 0,000650                   | 0,000650                           | 0,923077       |
| 5 - 4     | 0,000733                   | 0,000733                           | 1,022727       | 0,000650                   | 0,000650                           | 1,0            |
| 4 - 3     | 0,000767                   | 0,000767                           | 0,956522       | 0,000683                   | 0,000683                           | 0,951220       |
| 3 - 2     | 0,000650                   | 0,000650                           | 1,179487       | 0,000567                   | 0,000567                           | 1,205882       |
| 2 - 1     | 0,000585                   | 0,000585                           | 1,111111       | 0,000567                   | 0,000567                           | 1,0            |
| 1 - Zemin | -                          | 0,000298                           | 1,960894       | -                          | 0,000317                           | 1,789474       |

Tablo 5.14'te tüm katlar için bulunan tüm  $\eta_{ki(X)}$  ve  $\eta_{ki(Y)}$  değerleri 2.0 değerinden küçük olduğu için yapıda B2 rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

## 5.2.14. Yapının DBYBHY ve ÇYTHYE Esaslarına Göre Boyutlandırılması

### 5.2.14.1. Kolonların Boyutlandırılması

Kolonlar en elverişsiz yüklemelerden oluşan değerlere göre DBYBHY ve ÇYTHYE kurallarına göre kontrol edilmiştir.

Seçilen HE550B profili için kesit özellikleri;

|                            |   |  |
|----------------------------|---|--|
| $D = 550 \text{ mm}$       | $I_x = 1367 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$    | $W_{ey} = 871,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $b_f = 300 \text{ mm}$     | $I_y = 130,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$   | $W_{py} = 1341 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$  |
| $t_w = 15 \text{ mm}$      | $i_x = 232 \text{ mm}$                  | $J = 600,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $t_f = 29 \text{ mm}$      | $i_y = 71,7 \text{ mm}$                 | $C_w = 8856 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$     |
| $r_1 = 24 \text{ mm}$      | $W_{ex} = 4971 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |  |
| $A_g = 25410 \text{ mm}^2$ | $W_{px} = 5591 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |  |

- **Kesitte Narinlik Kontrolü**

Üst ve Alt Başlık İçin Narinlik Kontrolü:

$$b = b_f / 2 = 300 / 2 = 150 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{150}{29} = 5,17$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 15,1 > \lambda = 5,17$$

Yapılan hesaplamalarda üst ve alt başlıkların narin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gövdede Narinlik Kontrolü:

$$h = 550 - 2 \cdot 24 - 2 \cdot 29 = 444 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{444}{15} = 29,6$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 40,18 > \lambda = 29,6$$

Yapılan hesaplamalarda gövdenin narin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

- **Kolonun Eksenel Basınç Kuvveti Taşıma Gücü Hesabı**

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi:

$$F_e = \pi^2 \frac{E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \pi^2 \frac{200000}{\left(\frac{1,0 * 3000}{71,7}\right)^2} = 1127,57 \text{ MPa}$$

Burulmalı Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi:

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_{cz}} + G \cdot J \right] \cdot \frac{1}{I_x + I_y}$$
$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 * 200000 * 8856 * 10^9}{3000^2} + 77200 * 600,3 * 10^4 \right] \cdot \frac{1}{1367 * 10^6 + 130,8 * 10^6}$$
$$F_e = 1606,2 \text{ MPa}$$

$F_{cr}$  hesaplanırken  $F_e$  için eğilme burkulması ve burulmalı burkulmadan hesaplanan değerlerin küçük olanı 1127,57 MPa seçilir.

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{275}{1127,57} = 0,243 \leq 2,25 \quad \text{için:}$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{F_y/F_e} \right] \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658^{275/1127,57} \right] \cdot 275 = 248,4 \text{ MPa}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin ve başlıkların narin olmadığı sonucuna ulaşıldığı için  $A_e = A_g = 25410 \text{ mm}^2$  olarak alınır.

- **Tasarım Taşıma Gücü**

$$P_c = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_e = 0,9 * 248,4 * 25410 * 10^{-3} = 5680,65 \text{ kN}$$

- **Kolona Ait Moment Taşıma Güçlerinin Hesabı**

Enkesit Sınıfı Tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):  $b=300/2 = 150\text{mm}$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{150}{29} = 5,17 < 0,38 * 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h=500-2*27-2*17,5 = 411 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{411}{14,5} = 28,34 < 3,76 * 26,96 = 101,36 \text{ (Gövde Kompakt)}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür.

- $M_{cx}$  x-x Ekseninde Moment Taşıma Gücü:

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti:*

$$M_n = M_p = W_{px} \cdot F_y = 5591 * 10^3 * 275 * 10^{-6} = 1537,52 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti:*

$$L_p = 1,76 \cdot i_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 * 71,7 * \sqrt{\frac{200000}{275}} = 3402,13 \text{ mm}$$

$L_b = 3000 \text{ mm} \leq L_p = 3402,13 \text{ mm}$  olduğu için bu sınır durumunun dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

$$M_{cx} = 0,9 * 1537,52 = 1383,76 \text{ kN.m}$$

- $M_{cy}$  y-y Ekseninde Moment Taşıma Gücü

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti:*

$$M_n = M_p = W_{py} \cdot F_y = 1341 * 10^3 * 275 * 10^{-6} = 368,77 \text{ kN.m}$$

$$M_n = 368,77 < 1,6 \cdot F_y \cdot W_{ey} = 1,6 * 275 * 10^{-6} * 871,8 * 10^3 = 380,59 \text{ kN.m}$$

*Başlık Yerel Burkulması Karakteristik Dayanım Momenti:*

Basınç başlığının kompakt olduğu kesitlerde bu kontrolün yapılması şart değildir.

$$M_{cy} = 0,9 * 368,77 = 331,9 \text{ kN.m}$$

Analiz sonuçlarına göre en elverişsiz yükleme durumu için elde edilen kesit tesirleri:

$$P_r = 3423,02 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = 22 \text{ kN.m}$$

$$M_{ry} = 16,54 \text{ kN.m}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{3423,02}{5680,65} = 0,602 \geq 0,2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1,0$$

$$\frac{3423,02}{5680,65} + \frac{8}{9} \left[ \frac{22}{1383,76} + \frac{16,54}{331,9} \right] = 0,66 \leq 1,0 \checkmark$$

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için DBYBHY 4.3.1 [3]' de verilen koşullar uyarınca kolon enkesitinde olası yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan tahkikler yapılmıştır.

$$\frac{b}{2 * t} = \frac{150}{2 * 15} = 5 < 0,3 \sqrt{E/\sigma_a} = 8,08 \checkmark$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a \cdot A} \right| = \left| \frac{3423,02}{27,5 * 254,1} \right| = 0,48 > 0,1 \checkmark$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{550}{15} = 36,67 < 1,33 \sqrt{E/\sigma_a} \left( 2,1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a \cdot A} \right| \right) = 1,33 * 26,96 \left( 2,1 - \left| \frac{3423,02}{27,5 * 254,1} \right| \right) = 58,08 \checkmark$$

Kontrol sağlanmıştır.

- **Kolonların Kesme Kuvveti Kontrolü:**

$$h = 500 - 2 * 27 - 2 * 17,5 = 411 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 550 * 15 = 8250 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$411/15 = 27,4 \leq 2,24 \sqrt{200000/275} = 60,39 \text{ olduğu için } C_{v1} = 1,0, \phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 * 275 * 8250 * 10^{-3} * 1,0 = 2268,75 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 * 2268,75 = 2268,75 > 98,86 \checkmark$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda kesme kuvveti kontrolünün sağlandığı görülmüştür.

### 5.2.14.2. Çapraz Elemanların Boyutlandırılması

En elverişsiz yüklemeler sonucu oluşan maksimum basınç dayanımı:

$$N_{maks} = 1133,93 \text{ kN}$$

Seçilen kesit: 160\*160\*20

$$\begin{aligned} h &= 16 \text{ cm} & b &= 16 \text{ cm} & A &= 112 \text{ cm}^2 \\ t_f &= 2 \text{ cm} & t_w &= 2 \text{ cm} & i &= 5,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Kesitte Narinlik Kontrolü**

$$b = 160 - 2 \cdot 20 = 120 \text{ mm}$$

$$\lambda = b/t = \frac{120}{20} = 6$$

$$\lambda = b/t_f$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 37,75 > \lambda = 6$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda kesitin narin olmadığı görülmüştür.

- **Çapraz Elemanın Eksenel Basınç Kuvveti Taşıma Gücü Hesabı**

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{1,0 \cdot 420}{5,77}\right)^2} = 372,55 > 0,44 \cdot 275 = 121 \text{ MPa}$$

Not: Boru, kutu ve dolu enkesitlerde burulma ve eğilmeli burulma burkulması kontrollerinin yapılması gerekmez. Bu durumda;

Kritik burkulma gerilmesi :

$$\lambda_{max} = \frac{KL_y}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 460}{5,77} = 79,72 < 4,71 \sqrt{E/F_y} = 4,71 \cdot \sqrt{200000/275} = 126,98 \text{ olduğu için;}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{F_y/F_e}\right] \cdot F_y = \left[0,658^{275/372,55}\right] \cdot 275 = 201,9 \text{ MPa}$$

- **Tasarım Taşıma Gücü:**

$$P_r = \phi \cdot P_n = \phi \cdot A \cdot F_{cr} = 0,9 \cdot 11200 \cdot 201,9 \cdot 10^{-3} = 2035,15 > 1133,93 \text{ MPa}\sqrt{}$$

Maksimum çekme dayanımı:

$$N_{maks} = 736,82 \text{ kN}$$

Akmada karakteristik çekme dayanımı:

$$P_n = F_y \cdot A_g = 275 \cdot 11200 \cdot 10^{-3} = 3080 \text{ kN}$$



Akmada güvenle taşıyabileceği çekme kuvveti:

$$P_r = \phi \cdot P_n = 0,9 * 3080 = 2772 \text{ kN} > 242,31 \text{ kN}\checkmark$$

Çekme kuvvetinin enkesitlerin her bir kısmında aynen aktarıldığı düşünülürse  $U = 1$  olur.

$$A_e = U \cdot A_g = 1 * 11200 = 11200 \text{ mm}^2$$

Kırılmada çekme dayanımı:

$$P_n = F_u \cdot A_e = 360 * 11200 * 10^{-3} = 4032 \text{ kN}$$

$$P_r = \phi \cdot P_n = 0,75 * 4032 = 3024 \text{ kN} > 736 \text{ kN}\checkmark$$

- **DBYBHY'ye göre enkesit koşullarının kontrolü**

$$b/t = \frac{16}{2} = 8 < 0,70 * \sqrt{E/\sigma_a} = 0,70 * \sqrt{200000/275} = 18,87 \checkmark$$

DBYBHY'ye göre gerilme kontrolü:

DBYBHY-2007 4.6.1.2 [3]'ye göre basınca çalışan elemanın narinlik oranı;

$$4 * \sqrt{E/\sigma_a} = 4 * \sqrt{200000/275} = 107,84 \text{ sınır değerini aşmamalıdır.}$$

$$\lambda = \left( \frac{KL}{i} \right) = \left( \frac{1 * 460}{5,77} \right) = 79,72 < 107,84$$

Kontrol sağlanmıştır.

### 5.2.14.3. Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması

Çerçeve kirişlerinin etkiyen yüklerden en elverişsiz olan yük birleşimleri için TBDY kuralları ve YDKT Yöntemi'ne göre gerekli kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen HE280B profili kesit özellikleri:

|                         |                                   |                                     |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| $D = 280 \text{ mm}$    | $I_x = 192,7 * 10^6 \text{ mm}^4$ | $W_{ex} = 1376 * 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $b_f = 280 \text{ mm}$  | $I_y = 65,95 * 10^6 \text{ mm}^4$ | $W_{py} = 1534 * 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $t_w = 10,5 \text{ mm}$ | $A = 13140 \text{ mm}^2$          | $J = 1437000 \text{ mm}^4$          |
| $t_f = 18 \text{ mm}$   | $i_y = 70,9 \text{ mm}$           | $C_w = 1130 * 10^9 \text{ mm}^6$    |
| $r_1 = 24 \text{ mm}$   |                                   |                                     |

- **Kesitte Taşıma Gücü Hesabı**

Seçilen profilde kesit sınıfı tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):

$$b = 280/2 = 140 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{140}{18} = 7,77 < 0,38 * 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h = 280 - 2 * 24 - 2 * 18 = 196 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{196}{10,5} = 18,67 < 3,76 * 26,96 = 101,36$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür. Bu durumda taşıma gücü momenti akma ve yanal burulma burkulmasından bulunan karakteristik eğilme momentlerinden küçük olanına göre hesaplanmıştır.

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n = M_p = W_{px} F_y = 1534 * 10^3 * 275 * 10^{-6} = 430,1 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 * 70,9 * \sqrt{\frac{200000}{275}} = 3364,1 \text{ mm}$$

$$i_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{W_{ex}} = \frac{\sqrt{65,95 * 10^6 * 1130 * 10^9}}{1376 * 10^3} = 6273,76 \text{ mm}^2$$

$$i_{ts} = 79,2 \text{ mm}$$

$$C = 1$$

$$h_0 = d - t_f = 280 - 18 = 262 \text{ mm}$$

$$E/F_y = 200000/275 = 727,27$$

$$L_r = 1,95 \cdot i_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot F_y} \sqrt{\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 79,2 \cdot \frac{727,27}{0,7} \sqrt{\frac{1437000,1}{1376 \cdot 10^3 \cdot 262} + \sqrt{\left(\frac{1437000,1}{1376 \cdot 10^3 \cdot 262}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 275}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 14959,8 \text{ mm}$$

$$L_b = \frac{6000}{3} = 2000 \text{ mm}$$

$L_b \leq L_p$  olması halinde yanal burulma burkulmasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

$$M_r = 0,9 * 430,1 = 387,09 \text{ kN.m} > 208,345 \text{ kN.m} \checkmark$$

- **DBYBHY'ye Göre Enkesit Koşullarının Kontrolü**

Yerel burkulmaların önlenmesini amaçlayan enkesit kontrolleri DBYBHY- Tablo 4.3'e göre yapılmıştır.

$$b/2.t = \frac{140}{2 * 10,5} = 6,67 < 0,30 * \sqrt{E/\sigma_a} = 0,30 * \sqrt{200000/275} = 8,08 \checkmark$$

$$h/t_w = 196/10,5 = 18,67 < 3,2 * \sqrt{E/\sigma_a} = 3,2 * \sqrt{200000/275} = 86,27 \checkmark$$

Kontrol sağlanmıştır.

- **Çerçeve Kirişlerinde Kesme Kuvveti Kontrolü**

$$h = 196 \text{ mm}$$

$$A_w = d.t_w = 280 * 10,5 = 2940 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$196/10,5 = 18,67 \leq 2,24 \sqrt{200000/275} = 60,25 \text{ olduğundan } C_{v1} = 1,0, \phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 * 275 * 2940 * 10^{-3} * 1,0 = 485,1 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 * 485,1 = 485,1 > 150,49 \checkmark$$

Seçilen HE280B kesiti uygundur.

#### 5.2.14.4. İkincil Döşeme Kirişlerinin Boyutlandırılması

Çerçeve kirişlerinin etkiyen yüklerden en elverişsiz olan yük birleşimleri için DBYBHY kuralları ve YDKT Yöntemi'ne göre gerekli kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen IPE360 profili kesit özellikleri:

$$D = 360 \text{ mm}$$

$$I_x = 162,7 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{ex} = 0,9036 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$b_f = 170 \text{ mm}$$

$$I_y = 10,43 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{px} = 1,019 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$A = 7270 \text{ mm}^2$$

$$J = 373200 \text{ mm}^4$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$i_y = 37,9 \text{ mm}$$

$$C_w = 313,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$r_1 = 18 \text{ mm}$$

- **Kesitte Taşıma Gücü Hesabı**

Seçilen profilde kesit sınıfı tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):  $b = 170/2 = 85 \text{ mm}$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{85}{12,7} = 6,69 < 0,38 \cdot 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h = 360 - 2 \cdot 12,7 - 2 \cdot 18 = 298,6 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,32 < 3,76 \cdot 26,96 = 101,36$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür. Bu durumda taşıma gücü momenti akma ve yanal burulma burkulmasından bulunan karakteristik eğilme momentlerinden küçük olanına göre hesaplanmıştır.

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n = M_p = W_{px} \cdot F_y = 1,019 \cdot 10^6 \cdot 275 \cdot 10^{-6} = 239,46 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Eğilme Momenti*

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 37,9 \cdot \sqrt{\frac{200000}{275}} = 1798,33 \text{ mm}$$

$$i_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{W_{ex}} = \frac{\sqrt{10,43 \cdot 10^6 \cdot 313,6 \cdot 10^9}}{903,6 \cdot 10^3} = 2001,49 \text{ mm}^2$$

$$i_{ts} = 44,7 \text{ mm}$$

$$C = 1$$

$$h_0 = d - t_f = 360 - 12,7 = 347,3 \text{ mm}$$

$$E/F_y = 200000/275 = 727,27$$

$$L_r = 1,95 \cdot i_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot F_y} \sqrt{\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 44,7 \cdot \frac{727,27}{0,7} \sqrt{\frac{373200,1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3} + \sqrt{\left(\frac{373200,1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 275}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 4721,98 \text{ mm}$$

$$L_b = 7000 \text{ mm}$$

$L_b > L_r$  olması halinde karakteristik eğilme momenti dayanımı;

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{maks}}{2,5 \cdot M_{maks} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C}$$

$$(M_A = 60,673 \text{ kN.m } M_B = 67,3 \text{ kN.m } M_C = 17,35 \text{ kN.m } M_{maks} = 86,9 \text{ kN.m})$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 86,9}{2,5 \cdot 86,9 + 3 \cdot 60,673 + 4 \cdot 67,3 + 3 \cdot 17,35} = 1,507$$

$$F_{cr} = \frac{1,507 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{7000}{44,7}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{373200 \cdot 1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3} \left(\frac{7000}{44,7}\right)^2} = 219,5 \text{ kN}$$

$$M_n = F_{cr} \cdot W_{ex} = 219,5 \cdot 0,9036 \cdot 10^6 = 198,34 < 239,46 \checkmark$$

$$M_r = 0,9 \cdot 198,34 = 178,5 > 86,9 \checkmark$$

- **İkincil Döşeme Kirişlerinin Kesme Kuvveti Kontrolü**

$$h = 360 - 2 \cdot 12,7 - 2 \cdot 18 = 298,6 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 360 \cdot 81 = 2880 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$298,6/8 = 37,32 \leq 2,24 \sqrt{200000/275} = 60,39 \text{ olduğundan } C_{v1} = 1,0, \phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 \cdot 275 \cdot 2880 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 475,2 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 \cdot 475,2 = 475,2 > 75,73 \checkmark$$

Seçilen IPE360 kesiti uygundur.

### 5.3. Yapının TBDY'ye Göre Tasarımı

#### 5.3.1. Düşey Yükler

Çatı Döşemesi Yükleri:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Kaplama:                       | 0,5 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Trapez Sac + Betonarme Döşeme: | 2,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| İzolasyon:                     | 0,2 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Sıva + Tesisat:                | 0,4 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Çelik Konstrüksiyon:           | 0,9 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Toplam Ölü Yük:                | G = 4,1 kN/m <sup>2</sup>              |
| Hareketli Yük:                 | Q = 2,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Parapet Yükü:                  | G <sub>d</sub> = 2,0 kN/m <sup>2</sup> |

Normal Kat Döşemesi Yükleri:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Kaplama:                       | 0,5 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Trapez Sac + Betonarme Döşeme: | 2,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| İç Duvarlar:                   | 0,9 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Sıva + Tesisat:                | 0,4 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Çelik Konstrüksiyon:           | 1,1 kN/m <sup>2</sup>                  |
| Toplam Ölü Yük:                | G = 5,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Hareketli Yük:                 | Q = 2,0 kN/m <sup>2</sup>              |
| Parapet Yükü:                  | G <sub>d</sub> = 3,0 kN/m <sup>2</sup> |

NOT: Merdiven ve asansör bölgesindeki sabit ve hareketli yükler ile döşemenin diğer bölgelerindeki sabit ve hareketli yüklerin eşit olduğu varsayılmıştır.

#### 5.3.2. Deprem Karakteristikleri

- Yapı taşıyıcı sistemi: Her iki doğrultuda da süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik perdelerden oluşan sistem.
- Bina kullanım amacı: İşyeri
- Yerel Zemin Sınıfı: ZB
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2

- Kısa periyod bölgesi için Harita Spektral İvme Katsayısı ( $S_s$ ): 0,890
- 1,0 saniye periyod için Harita Spektral İvme Katsayısı ( $S_1$ ) : 0,244
- Kısa periyod bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı ( $F_s$ ) : 0,90
- 1,0 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayısı ( $F_1$ ) : 0,80
- Bina Önem Katsayısı ( $I$ ) : 1,00
- Bina Kullanım Sınıfı (BKS) : 3
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) : 1
- Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) : 5
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ( $R$ ) : 5
- Dayanım Fazlalığı Katsayısı ( $D$ ) : 2

### 5.3.3. Düzensizliklerin Kontrolü

İncelenen binada kat planında çıkıntılar olmaması, planda yatay yük taşıyıcı sistemlerin düzenli olarak yerleştirilmesi, döşemelerde büyük boşlukların ve süreksizliklerin bulunmamasından dolayı TBDY'ye göre planda düzensizlik durumu mevcut değildir.

Yapıdaki düşey doğrultuda düzensizlik durumları incelendiğinde, ani rijitlik değişimlerinin olmaması, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesinden dolayı düşeyde düzensizlik durumu da mevcut değildir.

### 5.3.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

TBDY'de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre binanın her iki deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotları Denk. 5.23 ile hesaplanmıştır.

$$T_1 = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} \cdot d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (5.23) [4]$$

Denk. 5.23'de gösterilen kat kütlesi ( $m_i$ ) değeri Denk. 5.24'te verilmiştir:

$$m_i = \frac{w_i}{g} = \frac{1}{g} [G_i + nQ_i] \quad (5.24) [4]$$

1. normal kata ait kat ağırlığı ve kat kütlesi aşağıda gösteriliği gibi hesaplanmıştır. Bu denklemde 1. Normal kat için TBDY Tablo 4.3 [4]'e göre  $n=30$  alınmıştır.

$$w_i = \text{Alan}(G_n + nQ_n) + \text{Çevre}(G_d)$$

$$w_i = (24 \cdot 35) \cdot (5.0 + 0.3 \cdot 2) + 2 \cdot (24 + 35) \cdot 3 = 5058 \text{ kN}$$

$$m_i = 5058 / 9,81 = 515,6 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

Diğer katlarda da aynı şekilde hesaplamalar yapılarak sonuçlar Tablo 5.15'te verilmiştir.

**Tablo 5.15** Yapının Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

| Kat      | $w_i$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] |
|----------|------------|-----------------------------|
| Çatı     | 3881,6     | 395,6                       |
| 7        | 5058,0     | 515,6                       |
| 6        | 5058,0     | 515,6                       |
| 5        | 5058,0     | 515,6                       |
| 4        | 5058,0     | 515,6                       |
| 3        | 5058,0     | 515,6                       |
| 2        | 5058,0     | 515,6                       |
| 1        | 5058,0     | 515,6                       |
| $\Sigma$ | 39287,6    | 4004,8                      |

Kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri ile orantılı olan TBDY Denk. 4.26 [4]'daki  $F_{fi}$  fiktif kuvvetleri Denk. 5.25 ile hesaplanmaktadır.

$$F_{fi} = F_0 \left( \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \right) \quad (5.25.) [4]$$

Bu denklemde  $F_0$  seçilen herhangi bir yükü göstermekte olup, burada  $F_0=1000$  kN alınmıştır. Denk.5.25 ile hesaplanan  $F_{fi}$  fiktif kuvvetleri tüm katlar için Tablo 5.16'te verilmiştir.

**Tablo 5.16** Yapıya Etkiyen Fiktif Kuvvetler

| Kat      | $H_i$ [m] | $w_i$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $m_i \cdot H_i$ [kNs <sup>2</sup> ] | $\left[ \frac{m_i \cdot H_i}{\sum m_i \cdot H_i} \right]$ | $F_{fi}$ [kN] |
|----------|-----------|------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|---------------|
| Çatı     | 24        | 3881,6     | 395,6                       | 9494,4                              | 0,179802  | 179,8018      |
| 7        | 21        | 5058,0     | 515,6                       | 10827,6                             | 0,205050  | 205,0495      |
| 6        | 18        | 5058,0     | 515,6                       | 9280,8                              | 0,175757  | 175,7567      |
| 5        | 15        | 5058,0     | 515,6                       | 7734,0                              | 0,146464  | 146,4640      |
| 4        | 12        | 5058,0     | 515,6                       | 6187,2                              | 0,117171  | 117,1712      |
| 3        | 9         | 5058,0     | 515,6                       | 4640,4                              | 0,087878  | 87,8784       |
| 2        | 6         | 5058,0     | 515,6                       | 3093,6                              | 0,058586  | 58,5856       |
| 1        | 3         | 5058,0     | 515,6                       | 1546,8                              | 0,029293  | 29,2928       |
| $\Sigma$ |           | 39287,6    | 4004,8                      | 52804,8                             |   | 1000,0        |



Tablo 5.16'da bulunan  $F_{fi}$  kuvvetleri  $x$  ve  $y$  doğrultularında kat kütle merkezlerine uygulanarak, kat yer değiştirmeleri SAP2000 programı yardımıyla bulunmuş ve Tablo 5.17 ve Tablo 5.18'de sunulmuştur.

**Tablo 5.17** X Doğrultusunda Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer Değiştirmeleri

| Kat      | $F_{fi}$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $d_{fi(x)}$ [m] | $m_i^* d_{fi(x)}^2$ [kNms <sup>2</sup> ] | $F_{fi}^* d_{fi(x)}$ [kNm] |
|----------|---------------|-----------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Çatı     | 179,8018      | 395,6                       | 0,00910         | 0,032760                                 | 1,636196                   |
| 7        | 205,0495      | 515,6                       | 0,00820         | 0,034669                                 | 1,681406                   |
| 6        | 175,7567      | 515,6                       | 0,00720         | 0,026729                                 | 1,265448                   |
| 5        | 146,4640      | 515,6                       | 0,00600         | 0,018562                                 | 0,878784                   |
| 4        | 117,1712      | 515,6                       | 0,00470         | 0,011390                                 | 0,550705                   |
| 3        | 87,8784       | 515,6                       | 0,00330         | 0,005615                                 | 0,289999                   |
| 2        | 58,5856       | 515,6                       | 0,00200         | 0,002062                                 | 0,117171                   |
| 1        | 29,2928       | 515,6                       | 0,00080         | 0,000330                                 | 0,023434                   |
| $\Sigma$ | 1000,0        | 4004,8                      |                 | 0,132116                                 | 6,443143                   |

Doğal titreşim periyodu  $T_p^{(x)}$  Denk. 5.26 ile hesaplanır.

$$T_p^{(x)} = 2\pi \left( \frac{0,1321}{6,4431} \right)^{1/2} = 0,899 \text{ s} \quad (5.26) [4]$$

**Tablo 5.18** Y Doğrultusunda Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer Değiştirmeleri

| Kat      | $F_{fi}$ [kN] | $m_i$ [kNs <sup>2</sup> /m] | $d_{fi(y)}$ [m] | $m_i^* d_{fi(y)}^2$ [kNms <sup>2</sup> ] | $F_{fi}^* d_{fi(y)}$ [kNm] |
|----------|---------------|-----------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Çatı     | 179,8018      | 395,6                       | 0,0087          | 0,029943                                 | 1,564276                   |
| 7        | 205,0495      | 515,6                       | 0,0080          | 0,032998                                 | 1,640396                   |
| 6        | 175,7567      | 515,6                       | 0,0071          | 0,025991                                 | 1,247873                   |
| 5        | 146,4640      | 515,6                       | 0,0060          | 0,018562                                 | 0,878784                   |
| 4        | 117,1712      | 515,6                       | 0,0047          | 0,011390                                 | 0,550705                   |
| 3        | 87,8784       | 515,6                       | 0,0034          | 0,005960                                 | 0,298786                   |
| 2        | 58,5856       | 515,6                       | 0,0022          | 0,002496                                 | 0,128888                   |
| 1        | 29,2928       | 515,6                       | 0,0009          | 0,000418                                 | 0,026364                   |
| $\Sigma$ | 1000,0        | 4004,8                      |                 | 0,127757                                 | 6,336071                   |

Doğal titreşim periyodu  $T_p^{(y)}$  Denk. 5.27 ile hesaplanır.

$$T_p^{(y)} = 2\pi \left( \frac{0,1277}{6,3360} \right)^{1/2} = 0,892 \text{ s} \quad (5.27)[4]$$

### 5.3.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

TBDY Madde 4.6.2.2 [4]'ye göre tasarımı yapılan yapı için BYS değerinin 5 ve DTS değerinin 1 olması ve ayrıca taşıyıcı sistemde burulma ve B2 (yumuşak kat) düzensizliklerinin bulunmaması nedeniyle Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanmıştır. Bu durumda toplam eşdeğer deprem yükü Denk. 5.28 ile hesaplanmıştır.

$$V_{tE} = m_t \cdot S_{aR}(T) \geq 0,04 \cdot m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g \quad (5.28) \quad [4]$$

Deprem Tehlike Haritaları'nda tanımlanan ve Kilis'te belirlenen bir konum için kullanılan tasarım spektral ivme katsayıları için;

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s = 0,801$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot \gamma_1 \cdot F_1 = 0,195$$

Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları:

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,049 \text{ s}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,244 \text{ s}$$

$$T_L = 6 \text{ s}$$

$$T_B = 0,244 < T_p^{(x)} = 0,899 < T_L = 6 \text{ olduğundan,}$$

$$S_{ae}(T_p^{(x)}) = \frac{S_{D1}}{T_p^{(x)}} = \frac{0,195}{0,899} = 0,217$$

$$S_{aR}(T_p^{(x)}) = \frac{S_{ae}(T_p^{(x)})}{R_a(T_p^{(x)})} = \frac{0,217}{5} = 0,0434$$

$$V_{tE}^{(x)} = (4004,8)(0,0434 * 9,81) \geq 0,04 \cdot (4004,8)(10)(0,801)(9,81)$$

$$V_{tE}^{(x)} = 1705,06 \geq 1258,75$$

$$T_B = 0,244 < T_p^{(y)} = 0,892 < T_L = 6 \text{ olduğundan,}$$

$$S_{ae}(T_p^{(y)}) = \frac{S_{D1}}{T_p^{(y)}} = \frac{0,195}{0,892} = 0,218$$

$$S_{aR}(T_p^{(y)}) = \frac{S_{ae}(T_p^{(y)})}{R_a(T_p^{(y)})} = \frac{0,218}{5} = 0,0437$$

$$V_{tE}^{(y)} = (4004,8)(0,0437 * 9,81) \geq 0,04 \cdot (4004,8)(10)(0,801)(9,81)$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 1717,7 \geq 1258,75$$

şeklinde bulunur.

### 5.3.6. Katlara Etkiyen Yatay Eşdeğer Deprem Yükleri

TBDY 4.7.2 [4]'ye göre üstte bulunan toplam eşdeğer deprem yükü binanın tüm katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre binanın N'inci katına (tepesine, 8. kata) etkiyen eşdeğer deprem yükü x ve y doğrultuları için aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 0,0075 * 8 * 1705,06 = 102,3 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(Y)} = 0.0075 N V_{tE}^{(Y)} = 0,0075 * 8 * 1717,7 = 103,06 \text{ kN}$$

$\Delta F_{NE}^{(X)}$  ve  $\Delta F_{NE}^{(Y)}$  ek eşdeğer deprem kuvvetleri toplam eşdeğer deprem kuvvetlerinden çıkartılarak, geriye kalan yük TBDY (4.23) [4]'te verilen Denk. 5.29 yardımı ile x ve y doğrultuları için katlara dağıtılmıştır.

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (5.29.) [4]$$

(x) ve (y) doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri hesabı aşağıda verilmiştir:

$$F_{iE}^{(X)} = (1705,06 - 102,3) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

$$F_{iE}^{(Y)} = (1717,7 - 102,3) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

**Tablo 5.19.** Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

| Kat      | $H_i$ [m] | $m_i * H_i$ [kNs <sup>2</sup> ] | $\left[ \frac{m_i * H_i}{\sum m_j * H_j} \right]$ | $F_{iE}^{(X)}$ [kN] | $F_{iE}^{(Y)}$ [kN] |
|----------|-----------|---------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| Çatı     | 24        | 9494,4                          | 0,179802  | 288,1792            | 290,3152            |
| 7        | 21        | 10827,6                         | 0,205050  | 328,6452            | 331,0812            |
| 6        | 18        | 9280,8                          | 0,175757  | 281,6959            | 283,7839            |
| 5        | 15        | 7734,0                          | 0,146464  | 234,7466            | 236,4866            |
| 4        | 12        | 6187,2                          | 0,117171  | 187,7973            | 189,1893            |
| 3        | 9         | 4640,4                          | 0,087878  | 140,8479            | 141,8919            |
| 2        | 6         | 3093,6                          | 0,058586  | 93,8986             | 94,5946             |
| 1        | 3         | 1546,8                          | 0,029293  | 46,9493             | 47,2973             |
| $\Sigma$ |           | 52804,8                         |   | 1602,7600           | 1614,6400           |

### 5.3.7. Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

TBDY 4.5.10 [4] 'a göre katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin göz önüne alınan deprem doğrultusundaki bina genişliğinin  $\pm\%5$ 'i kadar kaydırılması sonucu belirlenen noktalara ve kat kütle merkezine uygulanması öngörülmüştür.

$X$  ve  $y$  doğrultuları için ek dışmerkezlilikler;

$$e^{(X)} = \pm 0,05 * 24 = \pm 1,2 \text{m}$$

$$e^{(Y)} = \pm 0,05 * 35 = \pm 1,75 \text{m} \text{ şeklinde hesaplanırlar.}$$

### 5.3.8. Rüzgar Yükleri

Rüzgar yükleri TS EN 1991-1-4'te verilen koşullara göre hesaplanmıştır. ÇYTHYE 5.3'te rüzgar hızının temel değeri  $V_{b,o}=28 \text{m/sn}$  'den ve binanın taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına ve rüzgara maruz yapısal ve yapısal olmayan elemanlarına etkiyen karakteristik rüzgar yükleri  $0.5 \text{ kN/m}^2$  den az olmayacaktır.

TS EN 1991-1-4 Denk. 4.1'e göre rüzgar esas hızı mevcut çalışmada Denk. 5.30'da verilmiştir.

$$c = c_{dir} c_{season} V_{b,o} \quad (5.30) [31]$$

Buradac<sub>dir</sub> ve c<sub>season</sub> için önerilen 1,0 değeri kullanıldığında:

$$v_b = 1 * 1 * 28 = 28 \text{ m/sn bulunur.}$$

Arazi kategorisi II için TS EN 1991-1-4 Çizelge (4.1)'e göre  $z_0=1,0$  ve  $z_{0,II}=0,05$  olduğundan;

$$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left( \frac{1,0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,234 * \ln \left( \frac{24}{1} \right) = 0,744 \text{ olarak bulunur.}$$

Buradan ortalama rüzgar hızı TS EN 1991-1-4 Denk. 4.3 mevcut çalışmada Denk. 5.31'de verilmiştir.

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (5.31) [31]$$

$$v_m(z) = 0,744 * 1,0 * 28 = 20,83 \text{ m/sn}$$

$$z_{min} = 10 \text{ m} \leq z = 24 \text{ m} \leq z_{max} = 200 \text{ m olduğundan;}$$

24 m yükseklikteki türbülans şiddeti  $I_v(z)$  TS EN 1991-1-4 Denk. 4.7 mevcut çalışmada Denk. 5.32'de verilmiştir.

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (5.32) [31]$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{24}{1}\right)} = 0,31$$

Buradan rüzgar basıncı  $q_p(z)$  TS EN 1991-1-4 Denk(4.8) mevcut çalışmada Denk. 5.33'te verilmiştir.

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_0 \quad (5.33.) [31]$$
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,314] \frac{1}{2} 1,25(20,83)^2 10^{-3} = 0,867 \text{ kN/m}^2$$

Bir yapının dış ve iç yüzeylerine etkiyen rüzgar basıncı TS EN 1991-1-4 Denk. 5.1 ve Denk. 5.2'ye göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_e = q(z_e) c_{pe} \quad (5.34) [31]$$

$$w_i = q(z_i) c_{pi} \quad (5.35) [31]$$

Binanın düşey yüzeyleri için TS EN 1991-1-4 7.2.2. 'ye göre dış basınç  $c_{pe,10}$  ve iç basınç  $c_{pi}$  katsayıları hesaplanmalıdır.

$b=24\text{m}$  rüzgar etkisine dik boyut için  $h=24$  ve  $d=35$  olmak üzere:

$$0,25 < h/d = 0,68 < 1,0$$

$b=35\text{m}$  rüzgar etkisine dik boyut için  $h=24$  ve  $d=24$  olmak üzere:

$$0,25 < h/d = 1 < 1,0 \text{ şeklinde değerlendirilir.}$$

Bu oranlar göz önüne alındığında, dış basınç katsayıları  $c_{pe}$  TS EN 1991-1-4 Çizelge(7.1) yardımıyla belirlenerek aşağıdaki Tablo 5.20'de verilen değerler bulunmuştur.

**Tablo 5.20** Dış Basınç Katsayıları [32]

| Bölge    | D   | E    |
|----------|-----|------|
| $c_{pe}$ | 0,8 | -0,5 |

İç basınç katsayısı  $c_{pi}$  ise TS EN 1991-1-4 Not 2'ye göre +0,2 veya -0,3'ten en elverişsiz durumu oluşturan değer olarak belirlenir. Buna göre  $c_{pnet}$  Tablo 5.21'de gösterildiği gibi elde edilir.

**Tablo 5.21** İç Basınç Katsayıları [32]

| Bölge                        | D   | E    |
|------------------------------|-----|------|
| $c_{pnet} = c_{pe} - (+0,2)$ | 0,6 | -0,7 |
| $c_{pnet} = c_{pe} - (-0,3)$ | 1,1 | -0,2 |

Planı dikdörtgen şeklinde olan bu işyerinde binanın her iki boyutu (24m, 35m)  $h=13m < 24m, 35m$  olduğundan, TS EN 1991-1-4 7.2.2. 'ye göre bina yüksekliği boyunca rüzgar yükü uniform oluşmaktadır. Buna göre referans alan  $A_{ref} = b$  olmak üzere toplam rüzgar yükü  $w$  bütün katlar için Denk. 5.36'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$w = q(z)(c_{pe} - c_{pi})A_{ref} = q(z)(c_{pnet})A_{ref} \quad (5.36) [31]$$

$$w = 0,877 * 1,3A_{ref} = 1,14A_{ref}$$

Rüzgar yükünün yüzey genişliğine göre katlara dağılımı aşağıdaki tablodaki gibi bulunmuştur.

Burada bulunan yükler yapı sistemi için SAP2000 [31] programı yardımıyla katlara eşit olarak dağıtılmıştır.

**Tablo 5.22.** Rüzgar Yükünün Yüzey Genişliğine Göre Katlara Dağılımı

| Döşeme    | Yükseklik (m) | Rüzgar Kuvveti (m)                                     |   |
|-----------|---------------|--|---|
|           |               | $b = 24m$ için rüzgar kuvveti (m)<br>( $1,14A_{ref}$ ) | $b = 35m$ için rüzgar kuvveti(m)( $1,14A_{ref}$ ) |
| Çatı Katı | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 7. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 6. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 5. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |
| 4. Kat    | 3             | 82,08  | 119,7   |

|          |    |        |       |
|----------|----|--------|-------|
| 3. Kat   | 3  | 82,08  | 119,7 |
| 2. Kat   | 3  | 82,08  | 119,7 |
| 1. Kat   | 3  | 82,08  | 119,7 |
| $\Sigma$ | 24 | 656,64 | 957,6 |

### 5.3.9. Yük Birleşimleri

Bina taşıyıcı sistemi için yük birleşimleri ÇYTHYE ve TBDY'ye göre aşağıdaki şekilde yapıya uygulanmıştır.

1,4G

1,2G + 1,6Q<sub>r</sub>

1,2G + 1,6S

1,2G + 1,6Q + 0,5Q<sub>r</sub>

1,2G + 1,6Q + 0,5S

1,2G + 1,6 Q<sub>r</sub> + 1,0Q

1,2G + 1,6S + 1,0Q

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±EXP ±0,3EYP

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±0,3EXP ±1,0EYP

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±EXP ±0,3EYN

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±0,3EXP ±1,0EYN

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±EXN ±0,3EYP

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±0,3EXN ±1,0EYP

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±EXN ±0,3EYN

1,2G + 1,0Q + 0,2S ±0,3EXN ±1,0EYN

0,9G ±EXP ±0,3EYP

0,9G ±0,3EXP ±1,0EYP

0,9G ±EXP ±0,3EYN

0,9G ±0,3EXP ±1,0EYN

0,9G ±EXN ±0,3EYP

0,9G ±0,3EXN ±1,0EYP

0,9G ±EXN ±0,3EYN

0,9G ±0,3EXN ±1,0EYN

1,2G + 1,6Q<sub>r</sub> ± 0,8W<sub>x</sub>

1,2G + 1,6Q<sub>r</sub> ± 0,8W<sub>y</sub>

1,2G + 1,0Q + 0,5Q<sub>r</sub> ± 1,6W<sub>x</sub>

$$1,2G + 1,0Q + 0,5Q_f \pm 1,6W_y$$

$$0,9G \pm 1,6W_x$$

$$0,9G \pm 1,6W_y$$

G : Sabit Yük

Q : Hareketli Yük

S : Kar Yüğü

EXP : + %5 Dış Merkezlikli + X Yönü Deprem Yüklemeği

EXN : - %5 Dış Merkezlikli + X Yönü Deprem Yüklemeği

EYP : + %5 Dış Merkezlikli + Y Yönü Deprem Yüklemeği

EYN : - %5 Dış Merkezlikli + Y Yönü Deprem Yüklemeği

### 5.3.10. Görelü Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Görelü kat ötelemelerinin kontrolü TBDY 4.9.1 [4]'e göre yapılmıştır. Herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelü kat ötelemesi Denk. 5.37'de verilmiştir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (5.37) [4]$$

Denk. 5.21'de verilen  $u_i^{(X)}$  ve  $u_{i-1}^{(X)}$  değerleri tipik (X) deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklere göre hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

TBDY Madde 4.9.1.2 [4]'ye göre Tipik (X) deprem doğrultusu için binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelü kat ötelemesi Denk. 5.38'de verilmiştir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (5.38) [4]$$

TBDY Madde 4.9.1.3 [4]'e göre her bir deprem doğrultusu için binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde Denk.5.38ile hesaplanan  $\delta_i^{(X)}$  etkin görelü kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $\delta_{i,max}^{(X)}$  aşağıda verilen koşulları sağlamak zorundadır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \quad (5.39.) [4]$$



$\lambda$  katsayısı, DD-3 depreminin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 depreminin elastik tasarım spektral ivmesine oranı olarak tanımlanmakta olup, önceki bölümde bulunan DD-2 depreminin elastik tasarım spektral ivmesiyle benzer şekilde DD-3 depremi için elastik tasarım spektral ivmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$S_{ae} \left( T_p^{(x)} \right)_{DD-3} = \frac{S_{D1}}{T_p^{(x)}} = \frac{0,066}{0,899} = 0,0734$$

$$S_{ae} \left( T_p^{(y)} \right)_{DD-3} = \frac{S_{D1}}{T_p^{(y)}} = \frac{0,066}{0,892} = 0,0740$$

Her bir deprem doğrultusu için  $\lambda$  katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\lambda^{(x)} = \frac{S_{ae} \left( T_p^{(x)} \right)_{DD-3}}{S_{ae} \left( T_p^{(x)} \right)_{DD-2}} = \frac{0,0734}{0,217} = 0,338$$

$$\lambda^{(y)} = \frac{S_{ae} \left( T_p^{(y)} \right)_{DD-3}}{S_{ae} \left( T_p^{(y)} \right)_{DD-2}} = \frac{0,074}{0,218} = 0,339$$

**Tablo 5.23** (X) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Hesabı

| Kat  | $H_i$ [m] | $u_i^{(x)}$ [m] | $\Delta_i^{(x)}$ [m] | $\delta_i^{(x)}$ [m] | $\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$ |
|------|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Çatı | 3         | 0,0120          | 0,0013               | 0,0065               | 0,000732                             |
| 7    | 3         | 0,0107          | 0,0015               | 0,0075               | 0,000845                             |
| 6    | 3         | 0,0092          | 0,0016               | 0,0080               | 0,000901                             |
| 5    | 3         | 0,0076          | 0,0018               | 0,0090               | <b>0,001014</b>                      |
| 4    | 3         | 0,0058          | 0,0017               | 0,0085               | 0,000958                             |
| 3    | 3         | 0,0041          | 0,0017               | 0,0085               | 0,000958                             |
| 2    | 3         | 0,0024          | 0,0015               | 0,0075               | 0,000845                             |
| 1    | 3         | 0,0009          | 0,0009               | 0,0045               | 0,000507                             |

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0,008 \quad \lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} = 0,001014 < 0,008 \checkmark$$

Yukarıda yapılan hesaplar sonucunda (x) doğrultusunda Denk. 5.39'da verilen koşulun sağlandığı görülmektedir.

**Tablo 5.24** (Y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Hesabı

| Kat  | $H_i$ [m] | $u_i^{(y)}$ [m] | $\Delta_i^{(y)}$ [m] | $\delta_i^{(y)}$ [m] | $\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i}$ |
|------|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|--|
| Çatı | 3         | 0,0111          | 0,0011               | 0,0055               | 0,000620                                   |

|   |   |        |        |        |                 |
|---|---|--------|--------|--------|-----------------|
| 7 | 3 | 0,0100 | 0,0013 | 0,0065 | 0,000732        |
| 6 | 3 | 0,0087 | 0,0015 | 0,0075 | 0,000845        |
| 5 | 3 | 0,0072 | 0,0016 | 0,0080 | <b>0,000901</b> |
| 4 | 3 | 0,0056 | 0,0016 | 0,0080 | 0,000901        |
| 3 | 3 | 0,0040 | 0,0015 | 0,0075 | 0,000845        |
| 2 | 3 | 0,0025 | 0,0015 | 0,0075 | 0,000845        |
| 1 | 3 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0050 | 0,000563        |

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i} \leq 0,008 \lambda \frac{\delta_{i,max}^{(y)}}{h_i} = 0,000901 < 0,008 \sqrt{\quad}$$

Yukarıda yapılan hesaplar sonucunda (y) doğrultusunda koşulun sağlandığı görülmektedir.

### 5.3.11. İkinci Mertebe Etkileri

TBDY 4.9.2 [4] uyarınca göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda her bir i'inci katta İkinci Mertebe Gösterge Değeri  $\theta_{II,i}^{(X)}$  Denk.5.40'da verilmiştir.

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i^{(X)} h_i} \quad (5.40) [4]$$

Tüm katlar için hesaplanan  $\theta_{II,i}^{(X)}$ 'lerin maksimum değeri olan  $\theta_{II,max}^{(X)}$  ise Denk.5.41'te verilmiştir.

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (5.41)[4]$$

TBDY Madde 4.9.2.2 [4]'ye göre Denk. 5.25'de verilen koşulun sağlanması durumunda tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması zorunluluğu olmadığı belirtilmektedir.

**Tablo 5.25.** (X) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri

| Kat  | $u_i^{(X)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{max}$ [m] | $u_i^{(X)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{ort}$ |
|------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| Çatı | 0,0120                | 0,0013                     | 0,0102                | 0,0010                     | 0,00115                |
| 7    | 0,0107                | 0,0015                     | 0,0092                | 0,0013                     | 0,00140                |
| 6    | 0,0092                | 0,0016                     | 0,0079                | 0,0014                     | 0,00150                |
| 5    | 0,0076                | 0,0018                     | 0,0065                | 0,0015                     | <b>0,00165</b>         |
| 4    | 0,0058                | 0,0017                     | 0,0050                | 0,0015                     | 0,00160                |
| 3    | 0,0041                | 0,0017                     | 0,0035                | 0,0014                     | 0,00155                |
| 2    | 0,0024                | 0,0015                     | 0,0021                | 0,0014                     | 0,00145                |
| 1    | 0,0009                | 0,0009                     | 0,0007                | 0,0007                     | 0,00080                |

(X) doğrultusundaki deprem için  $\theta_{II,i}$  parametrelerinin en büyük değeri (X) doğrultusunda ve 5. katta meydana gelmektedir.

$$\Delta_5^{(X)}{}_{ort} = 0,00165 \text{ m}$$

$$\sum_{j=5}^8 w_j = 3 * 5058 + 3881,6 = 19055,6 \text{ kN}$$

$$V_5^{(X)} = 288,18 + 328,64 + 281,69 + 234,74 = 1133,26 \text{ kN}$$

$$h_5 = 3 \text{ m}$$

olmak üzere;

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X)} h_i} = \frac{0,00165 * 19055,6}{1133,26 * 3} = 0,00925$$

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0,12 \frac{D}{C_h R} \text{ bu denklemde değerler yerine yazıldığında}$$

$$0,00925 \leq 0,12 \frac{2}{1 * 5} = 0,048$$

koşulunu sağlamaktadır. Bundan dolayı ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

**Tablo 5.26** (Y) Doğrultusunda İkinci Mertebe Etkileri

| Kat  | $u_i^{(Y)}{}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}{}_{max}$ [m] | $u_i^{(Y)}{}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}{}_{min}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}{}_{ort}$ |
|------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Çatı | 0,0111                  | 0,0011                       | 0,0102                  | 0,0010                       | 0,00105                  |
| 7    | 0,0100                  | 0,0013                       | 0,0092                  | 0,0013                       | 0,00130                  |
| 6    | 0,0087                  | 0,0015                       | 0,0079                  | 0,0013                       | 0,00140                  |
| 5    | 0,0072                  | 0,0016                       | 0,0066                  | 0,0015                       | <b>0,00155</b>           |
| 4    | 0,0056                  | 0,0016                       | 0,0051                  | 0,0015                       | 0,00155                  |
| 3    | 0,0040                  | 0,0015                       | 0,0036                  | 0,0014                       | 0,00145                  |
| 2    | 0,0025                  | 0,0015                       | 0,0022                  | 0,0013                       | 0,00140                  |
| 1    | 0,0010                  | 0,0010                       | 0,0009                  | 0,0009                       | 0,00095                  |

(y) doğrultusundaki deprem için  $\theta_{II,i}$  parametrelerinin en büyük değeri 5. katta meydana gelmektedir.

$$\Delta_5^{(Y)}{}_{ort} = 0,00155 \text{ m}$$

$$\sum_{j=5}^8 w_j = 3 * 5058 + 3881,6 = 19055,6 \text{ kN}$$

$$V_5^{(Y)} = 290,31 + 331,08 + 283,78 + 236,48 = 1141,66 \text{ kN}$$

$$h_5 = 3 \text{ m olmak üzere;}$$

$$\theta_{II,i}^{(X)} = \frac{(\Delta_i^{(X)})_{ort} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i^{(X)} h_i} = \frac{0,00155 * 19055,6}{1141,66 * 3} = 0,00864$$

$$\theta_{II,max}^{(X)} \leq 0.12 \frac{D}{C_{hR}} \text{ bu denklemde de\u0131erler yerine yazıldığında:}$$

$$0,00864 \leq 0.12 \frac{2}{1 * 5} = 0,048$$

koşulunu sağlamaktadır. Bundan dolayı ikinci merteye etkilerinin dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

### 5.3.12. A1 Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

A1 burulma düzensizliği TBDY Tablo 3.6 [4]'da belirtildiği gibi birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$ 'nin 1.2'den büyük olması şeklinde ifade edilmektedir. Burulma düzensizliği katsayısı Denk. 5.42 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1.2 \quad (5.42) [4]$$

Sistem için hesaplanan  $\eta_{bi}$  değerleri Tablo 5.27'de verilmiştir.

**Tablo 5.27** A1 Türü Burulma Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

| Kat  | $\Delta_i^{(X)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(X)}_{ort}$ | $\eta_{bi(X)}$ | $\Delta_i^{(Y)}_{max}$ [m] | $\Delta_i^{(Y)}_{ort}$ | $\eta_{bi(Y)}$ |
|------|----------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|------------------------|----------------|
| Çatı | 0,0013                     | 0,00115                | 1,130435       | 0,0011                     | 0,00105                | 1,047619       |
| 7    | 0,0015                     | 0,00140                | 1,071429       | 0,0013                     | 0,00130                | 1,0            |
| 6    | 0,0016                     | 0,00150                | 1,066667       | 0,0015                     | 0,00140                | 1,071429       |
| 5    | 0,0018                     | 0,00165                | 1,090909       | 0,0016                     | 0,00155                | 1,032258       |
| 4    | 0,0017                     | 0,00160                | 1,062500       | 0,0016                     | 0,00155                | 1,032258       |
| 3    | 0,0017                     | 0,00155                | 1,096774       | 0,0015                     | 0,00145                | 1,034483       |
| 2    | 0,0015                     | 0,00145                | 1,034483       | 0,0015                     | 0,00140                | 1,071429       |
| 1    | 0,0009                     | 0,00080                | 1,125000       | 0,0010                     | 0,00095                | 1,052632       |

Tablo 5.27 [4]'de tüm katlar için bulunan tüm  $\eta_{bi(X)}$  ve  $\eta_{bi(Y)}$  değerleri 1.2 den küçük olduğu için yapıda A1 burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

### 5.3.13. B2 Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

B2 rijitlik düzensizliği TBDY Tablo 3.6 [4]'da belirtildiği gibi birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için bodrum katlar dışında herhangi bir i'ninci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2.0'dan fazla olması durumu şeklinde ifade edilmektedir.

Sistem için hesaplanan  $\eta_{ki}$  değerleri Tablo 5.28'de verilmiştir.

**Tablo 5.28.** B2 Türü Rijitlik Düzensizliği Koşulunun Kontrolü

| Kat       | $\Delta_{i \text{ ort}}^{(X)}/h_i$ | $\Delta_{i-1 \text{ ort}}^{(X)}/h_{i-1}$ | $\eta_{ki(X)}$ | $\Delta_{i \text{ ort}}^{(Y)}/h_i$ | $\Delta_{i-1 \text{ ort}}^{(Y)}/h_{i-1}$ | $\eta_{ki(Y)}$ |
|-----------|------------------------------------|--|----------------|------------------------------------|--|----------------|
| Çatı - 7  | 0,000383                           | -  | -              | 0,000350                           | -  | -              |
| 7 - 6     | 0,000467                           | 0,000467                                 | 0,821429       | 0,000433                           | 0,000433                                 | 0,807692       |
| 6 - 5     | 0,000500                           | 0,000500                                 | 0,933333       | 0,000467                           | 0,000467                                 | 0,928571       |
| 5 - 4     | 0,000550                           | 0,000550                                 | 0,909091       | 0,000517                           | 0,000517                                 | 0,903226       |
| 4 - 3     | 0,000533                           | 0,000533                                 | 1,031250       | 0,000517                           | 0,000517                                 | 1,0            |
| 3 - 2     | 0,000517                           | 0,000517                                 | 1,032258       | 0,000483                           | 0,000483                                 | 1,068966       |
| 2 - 1     | 0,000483                           | 0,000483                                 | 1,068966       | 0,000467                           | 0,000467                                 | 1,035714       |
| 1 - Zemin | -                                  | 0,000267                                 | 1,812500       | -                                  | 0,000317                                 | 1,473684       |

Tablo 5.22'de tüm katlar için bulunan tüm  $\eta_{ki(X)}$  ve  $\eta_{ki(Y)}$  değerleri 2.0 değerinden küçük olduğu için yapıda B2 rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

### 5.3.14. Yapının TBDY ve ÇYTHYE Esaslarına Göre Boyutlandırılması

#### 5.3.14.1. Kolonların Boyutlandırılması

Kolonlar en elverişsiz yüklemelerden oluşan değerlere göre TBDY ve ÇYTHYE kurallarına göre kontrol edilecektir.

Seçilen HE500B profili için kesit özellikleri;

|                            |   |  |
|----------------------------|---|--|
| $D = 500 \text{ mm}$       | $I_x = 1072 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$    | $W_{ey} = 841,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $b_f = 300 \text{ mm}$     | $I_y = 126,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$   | $W_{py} = 1292 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$  |
| $t_w = 14,5 \text{ mm}$    | $i_x = 211,9 \text{ mm}$                | $J = 538,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $t_f = 28 \text{ mm}$      | $i_y = 72,7 \text{ mm}$                 | $C_w = 7018 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$     |
| $r_1 = 27 \text{ mm}$      | $w_{ex} = 4287 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |  |
| $A_g = 23860 \text{ mm}^2$ | $w_{px} = 4815 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |  |

- **Kesitte Narinlik Kontrolü**

Üst ve Alt Başlık İçin Narinlik Kontrolü:

$$b=300/2 = 150\text{mm}$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{150}{28} = 5,35$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 15,1 > \lambda = 5,35$$

Yapılan hesaplamalarda üst ve alt başlıkların narin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gövdede Narinlik Kontrolü:

$$h=500-2*27-2*17,5 = 411 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{411}{14,5} = 28,34$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 40,18 > \lambda = 28,34$$

Yapılan hesaplamalarda gövdenin narin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

- **Kolonun Eksenel Basınç Kuvveti Taşıma Gücü Hesabı**

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi

$$F_e = \pi^2 \frac{E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \pi^2 \frac{200000}{\left(\frac{1,0 * 3000}{72,7}\right)^2} = 1159,5 \text{ MPa}$$

Burulmalı Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_{cz}} + G \cdot J \right] \cdot \frac{1}{I_x + I_y}$$

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 * 200000 * 7018 * 10^9}{3000^2} + 77200 * 538,4 * 10^4 \right] \cdot \frac{1}{1072 * 10^6 + 126,2 * 10^6}$$

$$F_e = 1631,5 \text{ MPa}$$

$F_{cr}$  hesaplanırken  $F_e$  için eğilme burkulması ve burulmalı burkulmadan hesaplanan değerlerin küçük olanı 1159,5 MPa seçilir.

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{275}{1159,5} = 0,237 \leq 2,25 \text{ için:}$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658^{F_y/F_e} \right] \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658^{275/1159,5} \right] \cdot 275 = 249,01 \text{ MPa}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin ve başlıkların narin olmadığı sonucuna ulaşıldığı için  $A_e = A_g = 23860 \text{ mm}^2$  olarak alınır.

Tasarım Taşıma Gücü:

$$P_c = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_e = 0,9 \cdot 249,01 \cdot 23860 \cdot 10^{-3} = 5347,24 \text{ kN}$$

- **Kolona Ait Moment Taşıma Güçlerinin Hesabı**

Enkesit Sınıfı Tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):

$$b = 300/2 = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{150}{28} = 5,35 < 0,38 \cdot 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h = 500 - 2 \cdot 27 - 2 \cdot 17,5 = 411 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{411}{14,5} = 28,34 < 3,76 \cdot 26,96 = 101,36 \text{ (Gövde Kompakt)}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür.

- $M_{cx}$  X-X Ekseninde Moment Taşıma Gücü

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n = M_p = W_{px} \cdot F_y = 4815 \cdot 10^3 \cdot 275 \cdot 10^{-6} = 1324,12 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$L_p = 1,76 \cdot i_{ts} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 72,7 \cdot \sqrt{\frac{200000}{275}} = 3449,58 \text{ mm}$$

$L_b=3000 \text{ mm} \leq L_p=3449,58 \text{ mm}$  olduğu için bu sınır durumunun dikkate alınmasına gerek görülmemiştir.

$$M_{cx}=0,9*1324,12 = 1191,7 \text{ kN.m}$$

▪  $M_{cy,y-y}$  Ekseninde Moment Taşıma Gücü

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n=M_p=W_{py}.F_y = 1292*10^3*275*10^{-6}=355,3 \text{ kN.m}$$

$$M_n = 355,3 < 1,6.F_y.W_{ey} = 1,6*275*10^{-6}*841,6*10^3 = 370,3 \text{ kN.m}$$

*Başlık Yerel Burkulması Karakteristik Dayanım Momenti*

Basınç başlığının kompakt olduğu kesitlerde bu kontrolün yapılması şart değildir.

$$M_{cy} = 0,9*355,3 = 319,77 \text{ kN.m}$$

Analiz sonuçlarına göre en elverişsiz yükleme durumu için elde edilen kesit tesirleri:

$$P_r=2973,14 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = 0$$

$$M_{ry} = 0$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{2973,14}{5347,24} = 0,55 \geq 0,2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1,0$$

$$\frac{2973,14}{5347,24} + \frac{8}{9} \left[ \frac{0}{1191,7} + \frac{0}{319,77} \right] = 0,56 \leq 1,0 \checkmark$$

Başlıkta süneklik düzeyi yüksek elemanlar için  $\lambda_{md}$  sınır değeri  $0,3\sqrt{E/F_y}$  olarak verilmektedir. Bu durumda;

$$\frac{b}{t_f} = \frac{150}{28} = 5,35 < 0,3\sqrt{E/F_y} = 8,08\checkmark$$

Gövdede süneklik düzeyi yüksek elemanlar için  $\lambda_{md}$  sınır değeri  $C_a > 0,125$  ise  $0,77\sqrt{E/F_y} (2,93 - C_a) \geq 1,49\sqrt{E/F_y}$  olarak verilmektedir. Burada  $C_a$  Denk. 5.43 ile ifade edilmektedir.

$$C_a = \frac{P_r}{\phi_c(F_y \cdot A)} \quad (\text{YDKT için } \phi_c = 0,90) \quad (5.43)[4]$$



$P_r$  YDKT yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli aksel kuvvet dayanımını ifade etmektedir. HE550B kolonlarının maksimum aksel kuvvet dayanımı  $P_r=2973,14$  kN olduğu için;

$$C_a = \frac{P_r}{\phi_c(F_y \cdot A)} = \frac{2973,14}{0,9 \cdot (275 \cdot 10^{-3} \cdot 23860)} = 0,5 > 0,125 \text{ olduğundan;}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{411}{14,5} = 28,34 < 1,49 \cdot 26,96 = 40,17 < 0,77 \cdot 26,96 \cdot (2,93 - 0,5) = 50,44 \sqrt{}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlık ve gövdede  $\lambda_{md}$  sınır değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.

- **Kolonların Kesme Kuvveti Kontrolü:**

$$h=500-2 \cdot 27-2 \cdot 17,5 = 411 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 500 \cdot 14,5 = 7250 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$411/14,5 \leq 2,24 \sqrt{200000/275} = 60,39 \text{ olduğu için } C_{v1} = 1,0, \phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 \cdot 275 \cdot 7250 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 1196,25 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 \cdot 1196,25 = 1196,25 > 87,389 \sqrt{}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda kesme kuvveti kontrolünün sağlandığı görülmüştür.

### 5.3.14.2. Çapraz Elemanların Boyutlandırılması

En elverişsiz yüklemeler sonucu oluşan maksimum basınç dayanımı:

$$N_{maks}=242,31 \text{ kN}$$

Seçilen kesit: 120\*120\*17,5

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$b = 12 \text{ cm}$$

$$A = 71,75 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 1,75 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,75 \text{ cm}$$

$$i = 4,24 \text{ cm}$$

*Kesitte Narinlik Kontrolü*

$$b = 120 - 2 \cdot 17,5 = 85 \text{ mm}$$

$$\lambda = b/t = \frac{85}{17,5} = 4,85$$

$$\lambda = b/t_f$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 37,75 > \lambda = 4,85$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda kesitin narin olmadığı görülmüştür.

- **Çapraz Elemanın Eksenel Basınç Kuvveti Taşıma Gücü Hesabı**

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu İçin Elastik Burkulma Gerilmesi

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{1,0 \cdot 420}{4,24}\right)^2} = 201,19 > 0,44 \cdot 275 = 121 \text{ MPa}$$

Not: Boru, kutu ve dolu enkesitlerde burulma ve eğilmeli burulma burkulması kontrollerinin yapılması gerekmez. Bu durumda;

Kritik burkulma gerilmesi :

$$\lambda_{max} = 108,49 < 4,71 \sqrt{E/F_y} = 4,71 \cdot \sqrt{200000/275} = 126,98 \text{ olduğ için;}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{F_y/F_e}\right] \cdot F_y = \left[0,658^{275/201,19}\right] \cdot 275 = 155,19 \text{ MPa}$$

Tasarım Taşıma Gücü:

$$P_r = \phi \cdot P_n = \phi \cdot A \cdot F_{cr} = 0,9 \cdot 7175 \cdot 155,19 \cdot 10^{-3} = 1002,13 > 432,71 \text{ MPa}\sqrt$$

En elverişsiz yüklemeler sonucu oluşan maksimum çekme dayanımı

$$N_{maks} = 242,31 \text{ kN}$$

Akmada karakteristik çekme dayanımı:

$$P_n = F_y \cdot A_g = 275 \cdot 7175 \cdot 10^{-3} = 1973,15 \text{ kN}$$

Akmada güvenle taşıyabileceği çekme kuvveti:

$$P_r = \phi \cdot P_n = 0,9 \cdot 1973,15 = 1775,8 \text{ kN} > 242,31 \text{ kN}\sqrt$$

Çekme kuvvetinin enkesitlerin her bir kısmında aynen aktarıldığı düşünülürse  $U = 1$  olur.

$$A_e = U \cdot A_g = 1 \cdot 7175 = 7175 \text{ mm}^2$$

Kırılmada çekme dayanımı:

$$P_n = F_u \cdot A_e = 360 \cdot 7175 \cdot 10^{-3} = 2583 \text{ kN}$$

$$P_r = \phi \cdot P_n = 0,75 \cdot 2583 = 1937,25 \text{ kN} > 242,3 \text{ kN} \checkmark$$

- **TBDY'ye Göre Enkesit Koşullarının Kontrolü:**

Kutu kesitlerin süneklik düzeyi yüksek elemanları için  $\lambda_{md}$  sınır değeri  $0,55\sqrt{E/F_y}$  olarak verilmektedir. Bu durumda;

$$b/t = \frac{120}{17,5} = 6,85 < 0,55 \cdot \sqrt{E/F_y} = 0,55 \cdot \sqrt{200000/275} = 14,82 \checkmark$$

120\*120\*17,5 kutu kesitte  $\lambda_{md}$  sınır değeri aşılmamaktadır.

### 5.3.14.3. Çerçeve Kirişlerinin Boyutlandırılması

Çerçeve kirişlerinin etkiyen yüklerden en elverişsiz olan yük birleşimleri için TBDY kuralları ve YDKT Yöntemi'ne göre gerekli kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen HE300B profili kesit özellikleri :

|                        |                                       |   |
|------------------------|---------------------------------------|---|
| $D = 300 \text{ mm}$   | $I_x = 251,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ | $W_{ex} = 1678 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $b_f = 300 \text{ mm}$ | $I_y = 85,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ | $W_{px} = 1869 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $t_w = 11 \text{ mm}$  | $A = 14910 \text{ mm}^2$              | $J = 1850000 \text{ mm}^4$              |
| $t_f = 19 \text{ mm}$  | $i_y = 75,8 \text{ mm}$               | $C_w = 1688 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$    |
| $r_1 = 27 \text{ mm}$  |                                       |   |

- **Kesitte Taşıma Gücü Hesabı**

Seçilen profilde kesit sınıfı tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):

$$b = 300/2 = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{150}{19} = 7,89 < 0,38 \cdot 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h=300-2*27-2*19 = 208 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{11} = 18,9 < 3,76 * 26,96 = 101,36$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür.

Bu durumda taşıma gücü momenti akma ve yanal burulma burkulmasından bulunan karakteristik eğilme momentlerinden küçük olanına göre hesaplanmıştır.

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n=M_p=W_{px}.F_y = 1869*10^3*275*10^{-6}=513,97 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 * 75,8 * \sqrt{\frac{200000}{275}} = 3596,6 \text{ mm}$$

$$i_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{W_{ex}} = \frac{\sqrt{85,63 * 10^6 * 1688 * 10^9}}{1678 * 10^3} = 7164,8 \text{ mm}^2$$

$$i_{ts} = 84,64 \text{ mm}$$

$$C=1$$

$$h_0 = d - t_f = 300 - 19 = 281 \text{ mm}$$

$$E/F_y = 200000/275 = 727,27$$

$$L_r = 1,95 \cdot i_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot F_y} \sqrt{\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 84,64 \cdot \frac{727,27}{0,7} \sqrt{\frac{1850000 \cdot 1}{1678 \cdot 10^3 \cdot 281} + \sqrt{\left(\frac{1850000 \cdot 1}{1678 \cdot 10^3 \cdot 281}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 275}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 15881,1 \text{ mm}$$

$$L_b = \frac{6000}{3} = 2000 \text{ mm}$$

$L_b \leq L_p$  olması halinde yanal burulma burkulmasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

$$M_r = 0,9 * 513,97 = 462,57 \text{ kN.m} > 189,85 \text{ kN.m} \checkmark$$

- **TBDY'ye Göre Enkesit Koşullarının Kontrolü:**

Başlıkta süneklik düzeyi yüksek elemanları için  $\lambda_{md}$  sınır değeri  $0,30\sqrt{E/F_y}$  olarak verilmektedir. Bu durumda;

$$b/t_f = \frac{150}{19} = 7,89 < 0,30 * \sqrt{E/F_y} = 0,30 * \sqrt{200000/275} = 8,08 \checkmark$$

Gövdede süneklik düzeyi yüksek elemanlar için  $\lambda_{md}$  sınır değeri  $C_a < 0,125$  ise  $2,45\sqrt{E/F_y} (1 - 0,93.C_a)$  olarak verilmektedir. Burada  $C_a$  aşağıdaki formülle ifade edilmektedir.

$$C_a = \frac{P_r}{\phi_c(F_y \cdot A)} \quad (\text{YDKT için } \phi_c = 0,90)$$

$P_r$  YDKT yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımını ifade etmektedir ve IPE360 ikincil döşeme kirişlerinde  $P_r=0$  kN olduğu için;

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{11} = 18,90 < 2,45 * 26,96 = 66,07 \checkmark$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlık ve gövdede  $\lambda_{md}$  sınır değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.

- **Çerçeve Kirişlerinde Kesme Kuvveti Kontrolü:**

$$h=300-2*27-2*19 = 208 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 300 * 11 = 3300 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$208/11 \leq 18,90 \leq 2,24\sqrt{200000/275} = 60,25 \text{ olduğundan } C_{v1} = 1,0,$$

$$\phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 \cdot 275 \cdot 3300 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 544,5 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 \cdot 544,5 = 544,5 > 137,52 \checkmark$$

Seçilen HE300B kesiti uygundur.

### 5.3.14.4. İkincil Döşeme Kirişlerinin Boyutlandırılması

Çerçeve kirişlerinin etkiyen yüklerden en elverişsiz olan yük birleşimleri için TBDY kuralları ve YDKT Yöntemi'ne göre gerekli kontrolleri yapılmıştır.

Seçilen IPE360 profili kesit özellikleri:

|                        |                                 |                                    |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| $D= 360 \text{ mm}$    | $I_x = 162,7*10^6 \text{ mm}^4$ | $W_{ex}= 0,9036*10^6 \text{ mm}^3$ |
| $b_f= 170 \text{ mm}$  | $I_y= 10,43*10^6 \text{ mm}^4$  | $W_{px}= 1,019*10^6 \text{ mm}^3$  |
| $t_w= 8 \text{ mm}$    | $A = 7270 \text{ mm}^2$         | $J = 373200 \text{ mm}^4$          |
| $t_f= 12,7 \text{ mm}$ | $i_y = 37,9 \text{ mm}$         | $C_w= 313,6*10^9 \text{ mm}^6$     |
| $r_1 = 18 \text{ mm}$  |                                 |                                    |

- **Kesitte Taşıma Gücü Hesabı**

Seçilen profilde kesit sınıfı tayini:

$$\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{200000}{275}} = 26,96$$

Başlıkta (uç eleman):

$$b=170/2 = 85\text{mm}$$

$$\frac{b}{t_f} = \frac{85}{12,7} = 6,69 < 0,38 * 26,96 = 10,24$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda başlığın kompakt olduğu görülmüştür.

Gövdede (iç eleman):

$$h=360-2*12,7-2*18 = 298,6 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,32 < 3,76 * 26,96 = 101,36$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda gövdenin kompakt olduğu görülmüştür.

Bu durumda taşıma gücü momenti akma ve yanal burulma burkulmasından bulunan karakteristik eğilme momentlerinden küçük olanına göre hesaplanmıştır.

*Akma Sınır Durumu İçin Karakteristik Dayanım Momenti*

$$M_n=M_p=W_{px}.F_y = 1,019*10^6*275*10^{-6}=239,46 \text{ kN.m}$$

*Yanal Burulma Burkulması Sınır Durumu İçin Karakteristik Eğilme Momenti*

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 37,9 \cdot \sqrt{\frac{200000}{275}} = 1798,33 \text{ mm}$$

$$i_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{W_{ex}} = \frac{\sqrt{10,43 \cdot 10^6 \cdot 313,6 \cdot 10^9}}{903,6 \cdot 10^3} = 2001,49 \text{ mm}^2$$

$$i_{ts} = 44,7 \text{ mm}$$

$$C=1$$

$$h_0 = d - t_f = 360 - 12,7 = 347,3 \text{ mm}$$

$$E/F_y = 200000/275 = 727,27$$

$$L_r = 1,95 \cdot i_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot F_y} \sqrt{\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 44,7 \cdot \frac{727,27}{0,7} \sqrt{\frac{373200,1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3} + \sqrt{\left(\frac{373200,1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 275}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 4721,98 \text{ mm}$$

$$L_b = 7000 \text{ mm}$$

$L_b > L_r$  olması halinde karakteristik eğilme momenti dayanımı;

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J \cdot C}{W_{ex} \cdot h_0} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{maks}}{2,5 \cdot M_{maks} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C}$$

$$(M_A = 54,81 \text{ kN.m}, M_B = 60,62 \text{ kN.m}, M_C = 15,09 \text{ kN.m}, M_{maks} = 79,72 \text{ kN.m})$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 79,72}{2,5 \cdot 79,72 + 3 \cdot 54,81 + 4 \cdot 60,62 + 3 \cdot 15,09} = 1,745$$

$$F_{cr} = \frac{1,745 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{7000}{44,7}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{373200 \cdot 1}{903,6 \cdot 10^3 \cdot 347,3} \left(\frac{7000}{44,7}\right)^2} = 254,17 \text{ kN}$$

$$M_n = F_{cr} \cdot W_{ex} = 254,17 \cdot 0,9036 \cdot 10^6 = 229,66 < 239,46 \sqrt{\quad}$$

$$M_r = 0,9 \cdot 229,66 = 206,69 > 79,72$$

- **İkincil Döşeme Kirişlerinin Kesme Kuvveti Kontrolü**

$$h = 360 - 2 \cdot 12,7 - 2 \cdot 18 = 298,6 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 360 \cdot 81 = 2880 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$298,6/8 = 37,32 \leq 2,24 \sqrt{200000/275} = 60,39 \text{ olduğundan } C_{v1} = 1,0, \phi_v = 1,0 \text{ alınmıştır.}$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_{v1}$$

$$V_n = 0,6 \cdot 275 \cdot 2880 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 475,2 \text{ kN}$$

$$V_r = \phi_v \cdot V_n = 1,0 \cdot 475,2 = 475,2 > 68,85 \checkmark$$

Seçilen IPE360 kesiti uygundur.





## 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında süneklik düzeyi yüksek, merkezi çaprazlı sekiz katlı bir çelik yapının DBYBHY ve TBDY esasları göz önünde bulundurularak, tasarımları karşılaştırılmış ve ÇYTHYE'ye bağlı kalınarak sistem boyutlandırılmıştır.

Çalışmada DBYBHY ve TBDY esaslarına göre tasarım yapılırken yapı hâkim doğal titreşim periyodu, taban kesme kuvveti, eşdeğer deprem yükü, yatay yerdeğiştirmeler, görelî kat ötelenmeleri, ikinci mertebe etkileri, A1 türü burulma düzensizlikleri, B2 türü rijitlik düzensizlikleri incelenmiş, elemanların en elverişsiz yüklemeler sonucunda boyutlandırmaları yapılmıştır. İki yönetmelik içinde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılmıştır.

### 6.1. Taşıyıcı Sistem Periyotlarının DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Taşıyıcı sistem periyodunda DBYBHY ve TBDY esaslarına bağlı kalınarak yapılan hesaplamalarda her iki yönetmelik için de hesap adımları değişmediği için (x) ve (y) doğrultularında değerlerin aynı çıktığı görülmüştür.

### 6.2. Katları Etkiyen Deprem Yüklerinin DBYBHY ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılan analizde iki yönetmeliğe bağlı kalınarak bulunan deprem yükleri Tablo 6.1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 6.1.** Katları Etkiyen Deprem Yüklerinin DBYBHY'ye ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılması

| Kat      | DBYBHY              |                     | TBDY                |                     |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | $F_{iE}^{(X)}$ [kN] | $F_{iE}^{(Y)}$ [kN] | $F_{iE}^{(X)}$ [kN] | $F_{iE}^{(Y)}$ [kN] |
| Çatı     | 413,9470            | 416,3383            | 288,1792            | 290,3152            |
| 7        | 472,0733            | 474,8004            | 328,6452            | 331,0812            |
| 6        | 404,6342            | 406,9718            | 281,6959            | 283,7839            |
| 5        | 337,1952            | 339,1432            | 234,7466            | 236,4866            |
| 4        | 269,7561            | 271,3145            | 187,7973            | 189,1893            |
| 3        | 202,3171            | 203,4859            | 140,8479            | 141,8919            |
| 2        | 134,8781            | 135,6573            | 93,8986             | 94,5946             |
| 1        | 67,4390             | 67,8286             | 46,9493             | 47,2973             |
| $\Sigma$ | 2302,2400           | 2315,5400           | 1602,7600           | 1614,6400           |

Tablo 6.1’de görüldüğü üzere katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri toplamı incelendiğinde DBYBHY esaslarına göre yapılan analiz sonucu değerlerinin TBDY esaslarına göre yapılan analiz sonucu değerlerine kıyasla büyük ölçüde yüksek çıktığı görülmüştür. Bu şekilde farkın oluşması tanımlanan deprem yüklerinin farklı olması olarak açıklanabilir.

### 6.3. Görelî Kat Ötelemelerinin DBYBHY ve TBDY’ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

DBYBHY ve TBDY’ye göre görelî kat ötelemeleri analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 6.2’de verilmiştir.

**Tablo 6.2** Görelî Kat Ötelemelerinin DBYBHY’ye ve TBDY’ye Göre Karşılaştırılması

| Kat  | DBYBHY                       |                                    |        | TBDY                                       |  |         |
|------|------------------------------|------------------------------------|--------|--|--|---------|
|      | $\frac{\delta_i^{(X)}}{h_i}$ | $\frac{\delta_{i,max}^{(Y)}}{h_i}$ | < 0,02 | $\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i}$ | $\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(Y)}}{h_i}$ | < 0,008 |
| Çatı | 0,003167                     | 0,002667                           | 0,02   | 0,000620                                   | 0,000620                                   | 0,008   |
| 7    | 0,003667                     | 0,003167                           | 0,02   | 0,000732                                   | 0,000732                                   | 0,008   |
| 6    | 0,004000                     | 0,003333                           | 0,02   | 0,000845                                   | 0,000845                                   | 0,008   |
| 5    | 0,004000                     | 0,003500                           | 0,02   | 0,000901                                   | 0,000901                                   | 0,008   |
| 4    | 0,004000                     | 0,003500                           | 0,02   | 0,000901                                   | 0,000901                                   | 0,008   |
| 3    | 0,003500                     | 0,003000                           | 0,02   | 0,000845                                   | 0,000845                                   | 0,008   |
| 2    | 0,003167                     | 0,004333                           | 0,02   | 0,000845                                   | 0,000845                                   | 0,008   |
| 1    | 0,001500                     | 0,000167                           | 0,02   | 0,000563                                   | 0,000563                                   | 0,008   |

Her iki yönetmelik incelendiğinde (x) ve (y) doğrultuları için bulunan görelî kat ötelemeleri değerlerinin sınır durumlarını aşmadığı görülmüştür. Bu sebeple mevcut çalışmada taşıyıcı sistemin rijitliğini artırmaya gerek görülmemiştir.

### 6.4. Düzensizlik Kontrollerinin DBYBHY ve TBDY’ye Göre Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

DBYBHY ve TBDY’ye göre A1 burulma düzensizliği kontrollerinden elde edilen sonuçlar Tablo 6.3’te verilmiştir.

**Tablo 6.3.** A1 Burulma Düzensizliğinin DBYBHY'ye ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılması

| Kat  | DBYBHY         |                |       | TBDY           |                |       |
|------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
|      | $\eta_{bi(x)}$ | $\eta_{bi(y)}$ | < 1,2 | $\eta_{bi(x)}$ | $\eta_{bi(y)}$ | < 1,2 |
| Çatı | 1,055556       | 1,032258       | 1,2   | 1,130435       | 1,047619       | 1,2   |
| 7    | 1,073171       | 1,055556       | 1,2   | 1,071429       | 1,0            | 1,2   |
| 6    | 1,066667       | 1,025641       | 1,2   | 1,066667       | 1,071429       | 1,2   |
| 5    | 1,090909       | 1,076923       | 1,2   | 1,090909       | 1,032258       | 1,2   |
| 4    | 1,043478       | 1,024390       | 1,2   | 1,062500       | 1,032258       | 1,2   |
| 3    | 1,076923       | 1,058824       | 1,2   | 1,096774       | 1,034483       | 1,2   |
| 2    | 1,055556       | 1,209302       | 1,2   | 1,034483       | 1,071429       | 1,2   |
| 1    | 1,058824       | 1,052632       | 1,2   | 1,125000       | 1,052632       | 1,2   |

DBYBHY ve TBDY'ye göre B2 türü rijitlik düzensizliğinin kontrollerinden elde edilen sonuçlar Tablo 6.4'te verilmiştir.

**Tablo 6.4.** B2 Türü Rijitlik Düzensizliğinin DBYBHY'ye ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılması

| Kat       | DBYBHY         |                |       | TBDY           |                |       |
|-----------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
|           | $\eta_{ki(x)}$ | $\eta_{ki(y)}$ | < 2,0 | $\eta_{ki(x)}$ | $\eta_{ki(y)}$ | < 2,0 |
| Çatı - 7  | -              | -              | 2,0   | -              | -              | 2,0   |
| 7 - 6     | 0,878049       | 0,861111       | 2,0   | 0,821429       | 0,807692       | 2,0   |
| 6 - 5     | 0,911111       | 0,923077       | 2,0   | 0,933333       | 0,928571       | 2,0   |
| 5 - 4     | 1,022727       | 1,0            | 2,0   | 0,909091       | 0,903226       | 2,0   |
| 4 - 3     | 0,956522       | 0,951220       | 2,0   | 1,031250       | 1,0            | 2,0   |
| 3 - 2     | 1,179487       | 1,205882       | 2,0   | 1,032258       | 1,068966       | 2,0   |
| 2 - 1     | 1,111111       | 1,0            | 2,0   | 1,068966       | 1,035714       | 2,0   |
| 1 - Zemin | 1,960894       | 1,789474       | 2,0   | 1,812500       | 1,473684       | 2,0   |

Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.'te düzensizlik kontrollerinden çıkan sonuç incelendiğinde DBYBHY ve TBDY esaslarına göre yapıda herhangi bir düzensizlik olmadığı görülmüştür. Analiz sonucunda DBYBHY esaslarına göre yapılan analiz sonucu değerlerinin TBDY esaslarına göre yapılan analiz sonucu değerlerine kıyasla daha yüksek çıktığı görülmüştür. Ulaşılan bu sonucun sebebi DBYBHY'deki deprem yüklerinin TBDY deprem yüklerinden daha büyük olmasıdır.

## 6.5. DBYBHY ve TBDY'ye Göre Kesit Boyutlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

DBYBHY ve TBDY'de yapılan boyutlandırma sonucunda ulaşılan kesitlerin boyutları Tablo 6.5'te verilmiştir.

**Tablo 6.5.** Kesit Boyutlarının DBYBHY'ye ve TBDY'ye Göre Karşılaştırılması

| <b>Taşıyıcı Sistem Elemanları</b> | <b>DBYBHY'ye göre enkesit profili</b> | <b>TBDY'ye göre enkesit profili</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Kolonlar                          | HE550B                                | HE500B                              |
| Çaprazlar                         | 160*160*20                            | 120*120*17,5                        |
| Kirişler                          | HE280B                                | HE300B                              |
| İkincil Kirişler                  | IPE360                                | IPE360                              |

Tasarımı yapılan örnek yapıya ekonomik açıdan bakıldığında TBDY esaslarına göre yapılan bir yapının DBYBHY esaslarına göre yapılan yapıdan daha avantajlı olduğu görülmektedir.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında DBYBHY ve 01.01.2019 tarihinde uygulamaya geçen TBDY içerikleri karşılaştırılmış ve deprem analizleri, hesap adımları ve tasarım kurallarından bahsedilmiştir. Ayrıca; süneklik düzeyi yüksek, merkezi çaprazlı sekiz katlı bir çelik yapı üzerinde yönetmelik farklılıklarının taşıyıcı sistem periyotları, deprem yükleri, yatay yerdeğiştirmeler, görelî kat ötelemeleri, düzensizlikler ve yapıdaki tüm elemanların boyutlandırılması üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Yapıda her bir yönetmelik için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Yapının boyutlandırması yapılırken, ÇYTHYE esasları göz önüne alınmış ve YDKT Yöntemi kullanılmıştır. İlaveten; yerel zemin sınıfları, deprem yer hareketi, bina önem katsayısı, deprem tasarım sınıfı, bina yükseklik sınıfı ve bina performans hedefleri anlatılmıştır.

Bu çalışmada işyeri olarak düşünülen 8 katlı her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek, merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir çelik yapı incelenmiştir. İlk olarak bu yapı sistemi için DBYBHY esaslarına göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak tasarım yapılmış ve ÇYTHYE'nin esas aldığı YDKT Yöntemi'ne göre boyutlandırılmıştır. Daha sonra; TBDY esaslarına göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak tasarım yapılmış ve yine ÇYTHYE'nin esas aldığı YDKT Yöntemi'ne göre boyutlandırılmıştır. Her iki sistem için analizlerde SAP2000 programı kullanılmıştır.

Tasarım ve analiz aşamasında yönetmelikler arasında saptanan farklılıklar ve hesaplama sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1. Deprem Yüğü'nün Tanımlanması:** DBYBHY esaslarında deprem yüğü'nün tanımlanması, yapının yapılacağı yerin (şehrin, ilçenin) deprem bölgesine göre belirlenirken; TBDY esaslarına göre yapının yapılacağı alanın koordinatlarına (enlem, boylam) bağlı olarak belirlenen bilgilere göre seçilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, TBDY'nin direkt olarak yapının yapılacağı arazinin koordinatlarına bağlı kaldığından daha hassas sonuçlar verdiği, DBYBHY'nin ise daha genel bir yaklaşım olduğu görülmektedir.
- 2. Zemin Grupları:** DBYBHY esaslarında elastik deprem yüğü zeminin yüksekliğine bağlı olacak şekilde dört farklı zemin grubuna göre, yine dört farklı zemin sınıfı için belirlenmektedir. TBDY esaslarında ise elastik deprem yüğü altı farklı zemin sınıfına göre belirlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında TBDY, DBYBHY esaslarına göre daha hassas zemin seçenekleri sunmakta ve aynı doğrultuda daha hassas hesaplamalara olanak tanımaktadır. DBYBHY ise deprem yükünde olduğu gibi daha genel kabuller yapmaktadır.
- 3. Tasarımda TBDY'de yapının yüksekliğine göre BYS seçilmektedir.** DBYBHY'de ise böyle bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Bundan dolayı; TBDY'de bina yüksekliğine göre farklı hesaplamalar yapılırken, bu konuda DBYBHY'de bina yüksekliği ne olursa genel çözümler yapılmaktadır. Ayrıca; TBDY'de yüksek yapılar için ŞDGT yapma zorunluluğu getirilmiştir.

Bunların yanında; bina önem katsayısı, doğal titreşim periyodu, görelî kat ötelemeleri, yapısal düzensizlikler hesaplamalarında iki yönetmelikte de kayda değer farklar bulunmamaktadır.

4. Yapılan analiz sonuçlarında DBYBHY ve TBDY esaslarında tanımlanan deprem yüklerindeki farklılıklardan dolayı taban kesme kuvvetlerinde DBYBHY’de daha büyük sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte; zemin gruplarındaki farklılıklar, yük kombinasyonlarındaki farklılıklar ve BYS etkilerine bağı olarak en elverişsiz koşullar için DBYBHY’e göre gerçekleştirilen boyutlandırmada daha büyük kesitler bulunmuş, yapı çok güvende kalmış ve ekonomiklikten uzaklaşmıştır.

Mevcut çalışmada süneklik düzeyi yüksek, merkezi çaprazlı çelik bir yapının analizi ve boyutlandırması DBYBHY ve TBDY esaslarına göre karşılaştırılarak, sonuçları değerlendirilmiştir. İleriki çalışmalar rijit çerçeve sistem, dışmerkezi çaprazlı sistem veya süneklik düzeyi sınırlı çelik sistemler üzerinde yapılarak, yönetmelikler karşılaştırılabilir.

Çalışmada sekiz katlı çelik yapı DBYBHY ve TBDY esaslarına göre karşılaştırılmıştır. Metot olarak bir DGT Yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılmıştır. Aynı çalışma diğer DGT Metotları olan Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yapının analizi ve boyutlandırması yapıp, sonuçlar kıyaslanabilir.

Ek olarak; ileride yapılacak olan çalışmalarda kat sayısı artırılarak, yüksek katlı bir yapı için ŞDGT Metodları olan Tek veya Çok Modlu İtme Yöntemleri ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılarak, analiz ve boyutlandırma gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Serttaş, T., Çok Katlı Çelik Bir Binanın İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'ne ve Aısc 360.10'a Göre Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [2]. Çırpan, B., Çok Katlı Çelik Yapılarda Yapı Geometrisinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi ve İdeal Geometrik Formun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2017.
- [3]. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007.
- [4]. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.
- [5]. Çileli, E., Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerin DBYBHY 2007'ye Göre Tasarımı ve Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008.
- [6]. Tansel, M., Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010.
- [7]. SAP2000, Static & Dynamic Finite Analysis of Structures Nonlinear, Computers and Structures Inc. California, USA.
- [8]. Çağatay, E., Çok Katlı Çelik Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [9]. Aslangiray, B., Çelik Yapılarda Farklı Standartların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2008.
- [10]. Bulut, M., Merkezi Çaprazlı ve Dışmerkez Çaprazlı Çok Katlı Çelik Yapıların Doğrusal Olmayan Davranışında Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008.
- [11]. Yousuf M. D.; Bagchi A., Seismic design and performance evaluation of steel-frame buildings designed using the 2005 National building code of Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2009, 280-294, .
- [12]. Yousuf, M., Bagchi, A., Seismic Performance of A 20-Storey Steel-Frame Building In Canada. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2010, 901-921.
- [13]. Zeybek, Ö., Çok Katlı Çelik Yapıların Geometri Bakımından Doğrusal Olmayan Davranışının Artımsal ve Pratik 2. Mertebe Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.
- [14]. Nakai, M., Koshika, N., Hirakawa, K. K, Wada, A., Performance-based seismic design for high-rise buildings in Japan. *International Journal of High-Rise Buildings*, 2012, 155-167.
- [15]. Nateghi-E. F., Rezaei-Tabrizi, A., Nonlinear dynamic response of tall buildings considering soil-structure effects. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2013, 1075-1082.
- [16]. Dağdeviren, A., Çok Katlı Çelik Yapılarda Performansa Dayalı Tasarım Esasları ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
- [17]. Tola, S., Türk ve Avrupa Standartları Uyarınca Mevcut Çelik Bir Yapının Zaman Tanım Aralığında Deprem Kayıtları da Kullanılarak Deprem Analizlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [18]. Yıldırım, K. M., Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile Eurocod 8'in Çelik Yapılar için Proje Uygulamalı Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

- [19]. Tunç, G., Tanfener, T., *2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi*, Üçüncü Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, Ankara, 2016, 1-13.
- [20]. Türk, B., *Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve Taşıyıcı Sistemin Tasarım Kurallarının Ve Performansının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- [21]. Yıldız, Ö., *Çelik Sanayi Yapılarının 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Analiz Ve Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak, 2018.
- [22]. Özer, E., *Çelik Bina Tasarımında Gelişmeler ve Yeni Türk Deprem Yönetmeliği*, *İMO Teknik Dergisi*, TMH-492-2016/4, 2016.
- [23]. Öz, D., *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kuralları Doğrultusunda Çelik Yapıların Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2018.
- [24]. El Haj Ahmad, M., *Çelik Çerçeve Binalarda Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Tdy-2007, Ec8, Asce 7/16 Ve Tbdy-2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2018.
- [25]. Eşsiz, Ö., *Deprem Bölgelerinde Çok Katlı Çelik Yapı Tasarımı*, Kocaeli 2005 Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005, 657-664.
- [26]. Mir, M. A., Moon, K. S., *Advances in Structural Systems for Tall Buildings: Emerging Developments for Contemporary. Urban Giants Buildings*, 2018, 1-34.
- [27]. Smirth, B.; Coull, A., *Tall Building Structures Analysis and Design*, *John Wiley and sons*, New York, 1991.
- [28]. Kowalczyk, R., Sinn, R., Kilmister, M., *Structural Systems for Tall Buildings*, *Mc Graw Hill International Editions*, Singapore, 1995.
- [29]. Atasoy, N., *Yüksek Yapılarda Güncel Tasarım Yaklaşımları*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [30]. Iyengar, H., *High Rise Structures, Architecture and Construction in Steel*, *Ed. Blanc, A., McEvoy, M., Plank, R., E&FN Spon*, New York, 1993.
- [31]. Taranath, B.S., *Steel, Concrete and Composite Design of Tall Buildings*, *Mc Graw-ill, Inc.*, New York, 1997.
- [32]. *Türk Standartları Enstitüsü 2007, TS EN 1991-1-4 Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-4 Genel Etkiler – Rüzgar Yükleri (Eurocode 1)*, Ankara



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : İbrahim Emrah KATMER

**Doğum Tarihi** : 13/03/1993

**E-mail** : emrahkatmer@hotmail.com

**Öğrenim Durumu** : Lisans

| Derece        | Bölüm/Program       | Üniversite            | Yıl       |
|---------------|---------------------|-----------------------|-----------|
| Lisans        | İnşaat Mühendisliği | Çukurova Üniversitesi | 2011-2015 |
| Yüksek Lisans | İnşaat Mühendisliği | Mersin Üniversitesi   | 2015-2019 |

**Görevler** :

| Görev Ünvanı     | Görev Yeri            | Yıl        |
|------------------|-----------------------|------------|
| İnşaat Mühendisi | Kilis İl Özel İdaresi | 2016-2018  |
| İnşaat Mühendisi | Kilis Belediyesi      | 2018-Halen |