



**T.C.**

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURULMA DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME BİNALARIN  
FARKLI ZEMİN BÖLGELERİ İÇİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hayriye TÜRKMEN TANER**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ**

**TOKAT  
Mayıs, 2023  
Her hakkı saklıdır.**

## ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Burulma Düzensizliğine Sahip Betonarme Binaların Farklı Zemin Bölgeleri İçin İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Hayriye TÜRKMEN TANER



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımını esirgemeyen değerli danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yardımlarından dolayı değerli meslektaşım Ahmet SEL’e teşekkür ederim.

Bu süreçte gösterdiği anlayışıyla yanımda olan ve beni her konuda destekleyen sevgili eşim Hakan TANER’e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman arkamda olan maddi manevi hiçbir şekilde yardımını esirgemeyen babam Mecit TÜRKMEN’e, varlığıyla beni her zaman mutlu eden annem Nigâr TÜRKMEN’e, her zaman örnek aldığım canım ablam Tuğçe Eda DUYAR’a ve her zaman bakış açısıyla katkı sağlayan kardeşim Mustafa Mert TÜRKMEN’e teşekkürü bir borç bilirim.

## ÖZET

### BURULMA DÜZENSİZLİĞİNE SAHİP BETONARME BİNALARIN FARKLI ZEMİN BÖLGELERİ İÇİN İNCELENMESİ

Türkmen Taner, Hayriye  
Yüksek Lisans, Eğitim Programları ve Öğretim Bilim Dalı  
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Murat Çavuş  
Mayıs 2023, xiii + 59 sayfa

Bu tez çalışmasında, burulma düzensizliğine sahip betonarme binaların farklı zemin gruplarındaki davranışları incelenmiştir. Çalışmada geometrik ve rijitlik özellikleri benzer olan ve burulma düzensizliğine sahip 5, 8 ve 12 katlı üç yapı modellenmiştir. Çalışmaya konu olan yapı Amasya ilinde ve aynı konumda olduğu kabul edilip 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esas alınarak farklı zemin gruplarında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) projelendirilmiştir. SAP2000 programında malzeme ve kesit özellikleri aynı olacak şekilde modellenen yapının dinamik analizleri yapılarak ortaya çıkan burulma düzensizliği katsayıları, görelî kat ötelenmeleri ve düşey taşıyıcı sistemde oluşan taban kesme kuvvetleri açısından incelenmiştir. Sonuçlar 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre karşılaştırılmıştır.

Bu bağlamda, burulma düzensizliği kat sayısı perdelerin kütle merkezinden uzaklaştıkça artış gösterdiği ve farklı zeminlerde burulma düzensizliği kat sayısında çok farklı değişimlerin görülmediği tespit edilmiştir. Kat adetleri değişikliği ile burulma düzensizliği ve görelî kat ötelenmesi düşük kattan yüksek kata doğru artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Burulma Düzensizliği, Görelî Kat Ötelenmesi, Düzensiz Yapılar

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF REINFORCED CONCRETE SHEAR WALLS WITH TORSION CURTAIN FOR DIFFERENT FLOOR ZONES

Türkmen Taner, Hayriye  
Master's Thesis Curriculum and Instruction  
Advisor: Assist. Prof. Murat Çavuş  
May 2023, xiii + 59 page

In this thesis, the behavior of reinforced concrete buildings with torsional irregularity in different soil groups was investigated. In the study, three 5, 8 and 12 storey structures with similar geometrical and rigidity properties and torsional irregularity were modeled. The building subject to the study was designed in different soil groups (ZA, ZB, ZC, ZD and ZE) based on the 2018 Turkey Building Earthquake Code, assuming that it is in the same location in Amasya. The dynamic analyzes of the structure modeled with the same material and cross-sectional properties in the SAP2000 program were made and the resulting torsional irregularity coefficients were examined in terms of relative storey drifts and base shear forces formed in the vertical carrier system. The results were compared according to the 2018 Turkish Building Earthquake Code.

In this context, it has been determined that the number of torsional irregularity floors increases as they move away from the mass center of the bulkheads, and there are not very different changes in the number of torsional irregularity floors on different floors. With the change in the number of floors, torsional irregularity and relative story drift increased from low to high floors.

**Keywords:** Torsional Irregularity, Relative Stories Offset, Irregular Structures

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                         |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ETİK SÖZLEŞME.....                                                      | i                                       |
| JÜRİ KABUL VE ONAY .....                                                | <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b> |
| TEŞEKKÜR.....                                                           | iii                                     |
| ÖZET .....                                                              | iv                                      |
| ABSTRACT.....                                                           | v                                       |
| İÇİNDEKİLER .....                                                       | vi                                      |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                   | viii                                    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                  | ix                                      |
| GRAFİKLER LİSTESİ.....                                                  | x                                       |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....                                   | xii                                     |
| 1.GİRİŞ .....                                                           | 1                                       |
| 1.1. Konuya Giriş .....                                                 | 1                                       |
| 1.2. Konuyla İlgili Çalışmalar .....                                    | 2                                       |
| 1.3. Amaç ve Kapsam .....                                               | 3                                       |
| 2. YAPIDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI.....                                    | 3                                       |
| 2.1. Plandan Kaynaklı Düzensizlik Durumları .....                       | 3                                       |
| 2.1.1. A1- Burulma düzensizliği .....                                   | 3                                       |
| 2.1.2. A2- Döşeme süreksizliği.....                                     | 3                                       |
| 2.1.3. A3-Planda çıkıntıların bulunması .....                           | 4                                       |
| 2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları.....                        | 5                                       |
| 2.2.1. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat).....     | 5                                       |
| 2.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) .....  | 6                                       |
| 2.2.3. B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği .....      | 6                                       |
| 3. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ.....                                            | 8                                       |
| 3.1. Burulma Düzensizliğinin Hesabı .....                               | 8                                       |
| 4. 2018 TBDY'E GÖRE BİNALARIN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ..... | 9                                       |
| 4.1. Deprem Yer Hareketi .....                                          | 9                                       |
| 4.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri .....                                | 10                                      |
| 4.3. Harita Spektral İvme Katsayıları.....                              | 11                                      |
| 4.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu .....                              | 12                                      |

|      |                                                                                                                                   |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5. | Yerel Zemin Sınıfları .....                                                                                                       | 13 |
| 4.6. | Bina Kullanım Sınıfları .....                                                                                                     | 13 |
| 4.7. | Deprem Tasarım Sınıfları.....                                                                                                     | 14 |
| 4.8. | Bina Yükseklik Sınıfları.....                                                                                                     | 15 |
| 4.9. | Bina Taşıyıcı Sistem .....                                                                                                        | 15 |
| 5.   | SAYISAL ÇALIŞMA .....                                                                                                             | 16 |
| 5.1. | Yapılar Hakkında Genel Bilgiler .....                                                                                             | 17 |
| 5.2. | Yapıların SAP2000 de Modellenmesi.....                                                                                            | 18 |
| 5.3. | Yapıların Mod Şekilleri.....                                                                                                      | 21 |
| 5.4. | Yapıların Statik ve Dinamik Analizleri.....                                                                                       | 25 |
| 5.5. | Kat Adetlerine ve Zemin Sınıfına Bağlı Görelî Kat Ötelenmesinin ve Burulma<br>Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması ..... | 31 |
| 5.6. | Kat Adetlerine ve Zemin Sınıfına Bağlı Taban Kesme Kuvvetlerinin<br>Karşılaştırılması .....                                       | 52 |
| 6.   | SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                                           | 56 |
| 7-   | KAYNAKLAR.....                                                                                                                    | 58 |



## TABLÖLAR LİSTESİ

| Tablo No                                                                        | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tablo 1. Deprem yer hareket düzeyleri .....                                     | 10    |
| Tablo 2. Yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018) .....                        | 11    |
| Tablo 3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem kat katsayısı (TBDY, 2018).....   | 14    |
| Tablo 4. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018) .....                      | 15    |
| Tablo 5. Bina yükseklik sınıfları (BYS) (TBDY, 2018).....                       | 15    |
| Tablo 6. Bina taşıyıcı sistemi (TBDY, 2018) .....                               | 16    |
| Tablo 7. Kat adetlerine göre periyot değişimi .....                             | 23    |
| Tablo 8. Kat adetlerine göre frekans değişimi.....                              | 24    |
| Tablo 9. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı .....  | 26    |
| Tablo 10. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı ..... | 27    |
| Tablo 11. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı ..... | 28    |
| Tablo 12. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı ..... | 29    |
| Tablo 13. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı ..... | 30    |
| Tablo 14. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı ..... | 31    |
| Tablo 15. Maksimum Taban Kesme Kuvveti .....                                    | 52    |
| Tablo 16. Maksimum Moment .....                                                 | 53    |
| Tablo 17. Maksimum Taban Kesme Kuvveti .....                                    | 54    |
| Tablo 18. Maksimum Moment .....                                                 | 55    |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

| Şekil No                                                                       | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1. A2 döşeme süreksizlik durumu (TBDY, 2018).....                        | 4     |
| Şekil 2. A3 planda çıkıntılarının bulunması durumu (TBDY, 2018) .....          | 5     |
| Şekil 3. Kolonların konsol ve guselere oturması durumu (TBDY, 2018) .....      | 6     |
| Şekil 4. Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu (TBDY, 2018)..... | 7     |
| Şekil 5. Perdelerin kolona oturması durumu (TBDY, 2018).....                   | 7     |
| Şekil 6. Perdelerin kirişe oturması durumu (TBDY, 2018).....                   | 7     |
| Şekil 7. A1 Düzensizlik durumu şematik olarak gösterimi (TBDY, 2018).....      | 8     |
| Şekil 8. Göreli kat ötelemesi (TBDY, 2018) .....                               | 9     |
| Şekil 9. AFAD Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması..... | 10    |
| Şekil 10. Betonarme yapının kalıp aplikasyon planı .....                       | 18    |
| Şekil 11. 5 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü .....                 | 19    |
| Şekil 12. 8 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü .....                 | 20    |
| Şekil 13. 12 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü .....                | 21    |
| Şekil 14. 5 katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli.....                      | 22    |
| Şekil 15. 8 katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli.....                      | 22    |
| Şekil 16. 12 Katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli.....                     | 23    |

## GRAFİKLER LİSTESİ

| Grafik No                                                                                 | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Grafik 1. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2018).....                               | 12    |
| Grafik 2. Kat adetlerine göre periyot değişimi.....                                       | 24    |
| Grafik 3. Kat adetlerine göre frekans değişimi.....                                       | 25    |
| Grafik 4. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi.....  | 32    |
| Grafik 5. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi.....  | 33    |
| Grafik 6. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....       | 33    |
| Grafik 7. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi.....  | 34    |
| Grafik 8. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi.....  | 35    |
| Grafik 9. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....       | 35    |
| Grafik 10. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 36    |
| Grafik 11. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 37    |
| Grafik 12. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 37    |
| Grafik 13. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 38    |
| Grafik 14. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 39    |
| Grafik 15. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 39    |
| Grafik 16. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 40    |
| Grafik 17. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 41    |
| Grafik 18. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 41    |
| Grafik 19. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 42    |
| Grafik 20. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 43    |
| Grafik 21. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 43    |
| Grafik 22. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 44    |
| Grafik 23. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 45    |
| Grafik 24. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 45    |
| Grafik 25. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi..... | 46    |
| Grafik 26. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değişimi..... | 47    |
| Grafik 27. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değişimi.....      | 47    |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafik 28. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değışimi..... | 48 |
| Grafik 29. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değışimi..... | 49 |
| Grafik 30. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değışimi.....      | 49 |
| Grafik 31. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değışimi..... | 50 |
| Grafik 32. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imax}$ ) değışimi..... | 51 |
| Grafik 33. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değışimi.....      | 51 |
| Grafik 34. Maksimum Taban Kesme Kuvveti.....                                              | 53 |
| Grafik 35. Maksimum Moment.....                                                           | 54 |
| Grafik 36. Maksimum Taban Kesme Kuvveti.....                                              | 55 |
| Grafik 37. Maksimum Moment.....                                                           | 56 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BKS : Bina Kullanım Sınıfı

BYS : Bina Yükseklik Sınıfı

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-4 : 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareket düzeyi

DTS : Deprem Tasarım Sınıf

di : Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

FS : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F1 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı

HN : Bina Toplam Yüksekliği [m]

I : Bina Önem Katsayısı

SDS : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz] SD1 : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

SS : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz] S1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

TA : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

TB : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

TL : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

$(\Delta i(X))_{ort}$  : Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]

$(\Delta i(X))_{min}$  : Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]

$(\Delta i(X))_{max}$  : Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]

$\eta_{bi}$  : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

$\Delta i$  : Görelî Kat Ötelenmesi

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

ZA : Sağlam sert kayalar

ZB : Az ayrılmış, orta sağlam kayalar

ZC : Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar

ZD : Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları

ZE : Gevşek kum, çakıl veya yumuşak- katı kil tabakaları

ZF : Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

D : Dayanım fazlalığı katsayısı



# 1.GİRİŞ

## 1.1. Konuya Giriş

Geçmişten günümüze insanlar yerleşim yeri arama ihtiyacı duymuşlardır. Artan nüfus sebebiyle bu ihtiyaç inşaat sektöründe hızlanmaya neden olmuştur. Gelişen teknoloji ve modernleşen yaşamla birlikte yapı malzemelerinin çeşitliliği ve kalitenin artmasıyla modern tarzda binaların yapımını ortaya çıkarmıştır. Bu durumla birlikte yapının estetik, ekonomik ve emniyetli olması ihtiyaç haline gelmiştir. Yapının özellikleri belirlenirken bu etkenler göz önünde bulundurularak yapı tasarlanmaya başlanır. Tasarım aşamasında mühendis ve mimarın birlikte hareket etmesi yapıda daha olumlu sonuçlar meydana getirir.

Ülkemiz aktif fay kuşaklarında yer almaktadır. Bu durum yüzyıllardır süre gelen depremlere neden olmaktadır. Bu yüzden çok fazla can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Ülkemizde görülen depremler sonucunda anlaşılmaktadır ki yapıların yıkılmalarındaki önemli faktörler yapı tasarımında yapılan hatalar, iyileştirilmeyen zemin koşulları, yapı düzensizlikleri, kalitesiz malzeme, projeye uygunsuzluk başlıca etkenlerdendir. Dolayısıyla yapacağımız tüm yapılar deprem karşısında sağlam kalması gerekir. Deprem anında hasarların minimum düzeyde tutulabilmesi için bazı yapım kurallarına ihtiyaç vardır. Günümüzde kullanılmakta olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) gelişmekte olan yeni düzene cevap verebilmek için yeniden tasarlanmıştır.

Bir yapı tasarlanırken Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde yer alan tasarım ilkeleri göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistem seçilir. Taşıyıcı sistem seçiminde teknik, mimari, ekonomik, zemin koşulları gibi birçok parametre etkilemektedir. Doğru taşıyıcı sistem yapılamaması halinde yapı bu durumdan olumsuz etkilenir. Yapılarda, yönetmelik de yer alan planda ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları meydana gelmektedir. Tasarım oluşturulurken planların, tasarım ilkelerine uygun olmaması, kütle ve rijitlik merkezinin örtüşmemesi burulma düzensizliğine neden olmaktadır. Burulma düzensizliğinin olduğu yapılar depremde daha fazla hasar görmektedir.

## 1.2. Konuyla İlgili Çalışmalar

Çetin vd.,2020. Farklı katlara sahip tasarımlar için farklı yerel zemin sınıflarının burulma düzensizliği ile modelleme ve analizini SAP2000 de araştırıp sonuçları 2007 Türk Deprem Yönetmeliği ve 2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliği karşılaştırmış ve yapı tasarımına etkisi incelenmiştir.

Erdem, 2016. Yapılarda burulma düzensizliğine neden olan taşıyıcı sistemin uygun seçilememesi durumunu ideCAD programıyla kolon boyutlarını değiştirerek farklı rijitliklerde taşıyıcı sistemler elde edip sonuçları incelenmiştir.

Sezer, 2006. Bu tez çalışması kapsamında yapı sistemlerinde burulma düzensizliğini etkileyen parametreleri ideCAD paket programı yardımıyla Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme hesap yöntemleriyle incelenmiştir.

Nasıroğlu, 2018. Bu çalışmada deprem perdesinin asimetrik yerleştirildiği yapılarda zemin kat yüksekliğindeki değişikliğin burulma düzensizliğine etkisi İdeCAD programıyla Mod Birleştirme hesap yöntemiyle incelenmiştir.

Yön vd, 2010. Perdeli-çerçevesel burulma düzensizliğine sahip betonarme bir yapıda Türk Deprem yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) yer alan zemin sınıflarına göre yönetmelikte verilen zaman tanım alanında doğrusal hesap yöntemiyle burulma momentini SAP2000 programında analiz sonuçlarını değerlendirmiştir.

Balta, 2020. Bu tez çalışması kapsamında TBDY' e göre burulma düzensizliğinin mevcut bir yapının deprem performansında ne tür bir etki gösterdiği SAP2000 programıyla incelenmiştir.

Özmen, 2004. Burulma düzensizliği katsayısının yönetmelikte yer alan 2 üstünde olması için perdeleri değişik konumlandırma yaparak 8 tip yapıyı deprem yükleri altında incelemiştir.

Sandıkçı, 2014. Bu tez çalışması kapsamında betonarme yapılarda görülen düzensizlik türlerinden yumuşak kat düzensizliği ve burulma düzensizliğinin betonarme bir yapıda perdeli ve perdesiz konumlandırılmış 54 farklı yapı modelinin analizleri SAP2000 programıyla incelenmiştir.

Yorulmaz, 2018. Bu çalışmada betonarme yapılarda düzensizlik türlerinden burulma düzensizliği, geometrik ve rijitlik değerleri aynı olan bir yapıda değişik deprem bölgelerine göre Etabs 2016 programı kullanılarak analiz edilip incelenmiştir.



### **1.3.Amaç ve Kapsam**

Bu çalışma kapsamında Yeni Deprem Yönetmeliğine uygun olarak betonarme bir yapıda rijitlik ve geometrik özellikleri aynı, belirli bir konumda, kat adetleri değiştirilerek yönetmelikte yer alan zemin sınıflarına göre göreceli kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimleri karşılaştırılmıştır.

Tasarım ve boyutlandırma işlemlerinde geçerliliği uluslararası kabul görmüş SAP2000 bilgisayar yazılımı kullanılarak karşılaştırma yapılacaktır.

## **2. YAPIDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI**

Türkiye bulunduğu konum itibarıyla aktif fay kuşaklarında yer almaktadır. Bu bağlamda yapılacak tüm yapılar depreme karşı sağlam olmalıdır. Taşıyıcı sistem üzerinde düzensiz olarak planlanan yapılar deprem anında bölgesel olarak zorlanırlar. Bu olumsuz durumdan kaçınılması için yapıda düzensizlik oluşturacak tasarımlar yönetmelikte, plandaki ve düşeydeki düzensizlikler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

### **2.1. Plandan Kaynaklı Düzensizlik Durumları**

TBDY-2018' e göre plandan kaynaklı düzensizlikler 3 duruma ayrılmıştır.

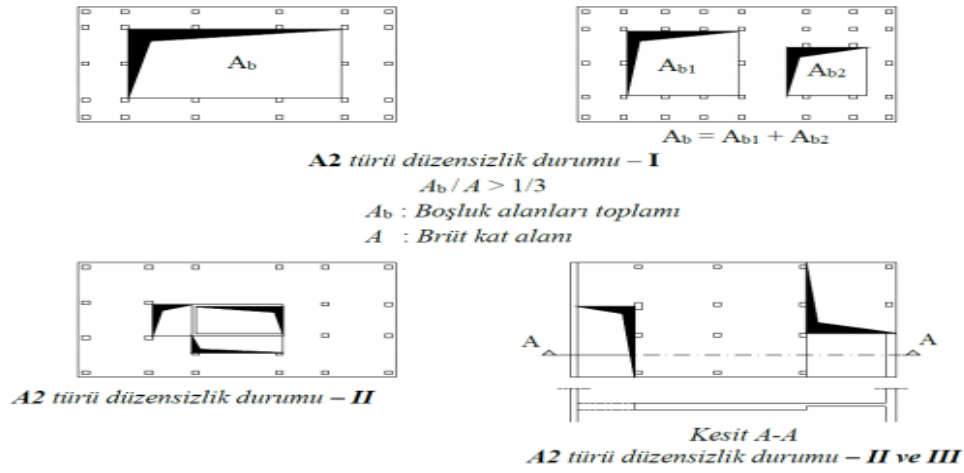
#### **2.1.1. A1- Burulma düzensizliği**

A1-Burulma Düzensizliği Bölüm 3 de daha detaylı incelenecektir.

#### **2.1.2. A2- Döşeme süreksizliği**

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde yer alan plandan kaynaklı düzensizlik durumlarından A2-Döşeme Süreksizliği herhangi bir kattaki döşemede,

- I. Merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
  - II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
  - III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,
- yapılarda bu gibi durumlar olduğunda döşeme süreksizliği oluşur şekilde görüldüğü gibi.

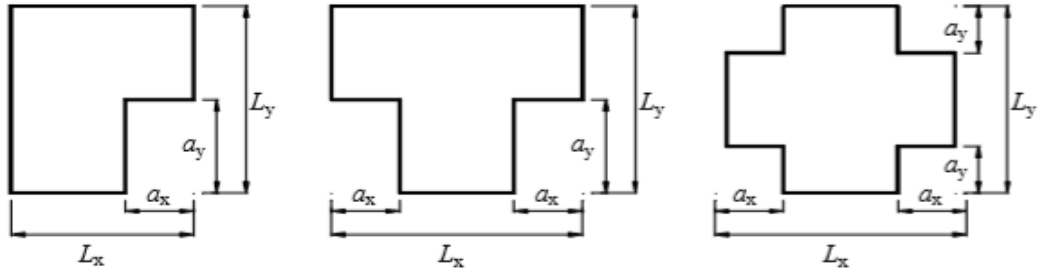


Şekil 1. A2 döşeme süreksizlik durumu (TBDY, 2018)

Binada düşey ve yatay yükler döşemeler tarafından karşılanır ve bu yükleri kirişler aracılığıyla perde ve kolon elemanlarına aktarılırlar. Böylelikle döşemelere yük aktarması diyafram davranışı şeklinde gerçekleşir. Döşemeler, düzlem içinde rijit kabul edilir. Böylelikle deprem anında deprem tesirinde gelen yükleri düşey taşıyıcılara aktarılırlar. Döşemeler rijit bir şekilde oluşturulduysa yatak yükler altında deforme olmadan öteleme hareketi yapacaktır. Döşemeler esnek diyafram şeklinde çalışıyorsa rijit ötelenmeyle birlikte şekil değiştirmede yapacaktır. Bu durumda döşeme süreksizliği denilen düzensizlik durumunu ortaya çıkarır.

### 2.1.3. A3-Planda çıkıntılarının bulunması

Türk Deprem Yönetmeliklerinde düzensizlik türlerinden planda çıkıntılarının bulunması şu şekilde tanımlanır: Bina katlarındaki oluşan çıkıntı kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katındaki aynı doğrultudaki toplam bina boyutlarının %20'sinden daha büyük olması olarak adlandırılmıştır. (TBDY-2018)



**A3 türü düzensizlik durumu:**  
 $a_x > 0.2 L_x$  ve aynı zamanda  $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 2. A3 planda çıkıntıların bulunması durumu (TBDY, 2018)

Binalar oluşturulurken plandaki yapılan bazı tasarım hataları yatay ve düşey yüklerin kolonlara aktarımı aşamasında zorlanmaktadır. Yapıda bulunan birtakım çıkıntılar döşemenin rijit davranışını olumsuz etkilemektedir. Döşemelerde meydana gelebilecek zorlanmalardan kaçınmak için döşemelerin geometrilerinin düzenli olması gerekir. Bu gibi çıkıntı bulunan binalarda çıkıntı bulunan döşeme kısmı derz ile ayırmak gerekir.

## 2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

TBDY-2018' e göre düşey doğrultudan kaynaklı düzensizlikler 3 ana başlıkta ele alınmıştır.

### 2.2.1. B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Türk Bina Deprem Yönetmeliğinde Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumlarından B1 düzensizlik türü Betonarme binalarda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranının 0,80'den küçük olması durumu olarak tanımlanmıştır. (TBDY,2018)

Genellikle binalarda zemin katın duvarları dükkân olarak kullanmak için kaldırılması ve bu durumda zemin katın kesme alanının diğer katlardaki kesme alanından daha düşük olması zayıf kat düzensizliği oluşmasına neden olur. Bundan sonra yapılacak binalarda bu durumun göz önünde bulundurulması deprem anında olası bir sorunun önüne geçecektir.

### 2.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

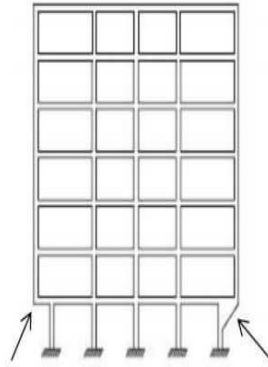
Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ise deprem yönetmeliğinde birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi durumunun 2'den fazla olmasıyla tanımlanır böylelikle yapıda yumuşak kat düzensizliği oluşur. Tasarlanan binalardaki deprem etkisinin güvenli bir şekilde taşınabilmesi için belirli bir değeri aşmaması gerekmektedir.

### 2.2.3. B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

**(a)** Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

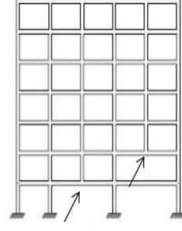
(TBDY, 2018) (bkz. Şekil 3).



Şekil 3. Kolonların konsol ve guselere oturması durumu (TBDY, 2018)

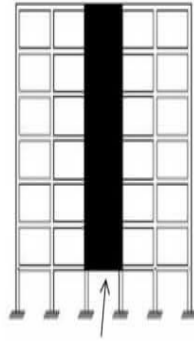
**(b)** Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, 4.4.3'e göre düşey deprem hesabı yapılması yeterlidir.

(TBDY, 2018) (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu (TBDY, 2018)

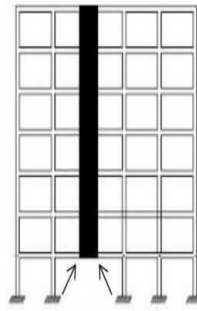
**(c)** Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.  
(TBDY, 2018) (bkz. Şekil 5).



Şekil 5. Perdelerin kolona oturması durumu (TBDY, 2018)

**(d)** Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

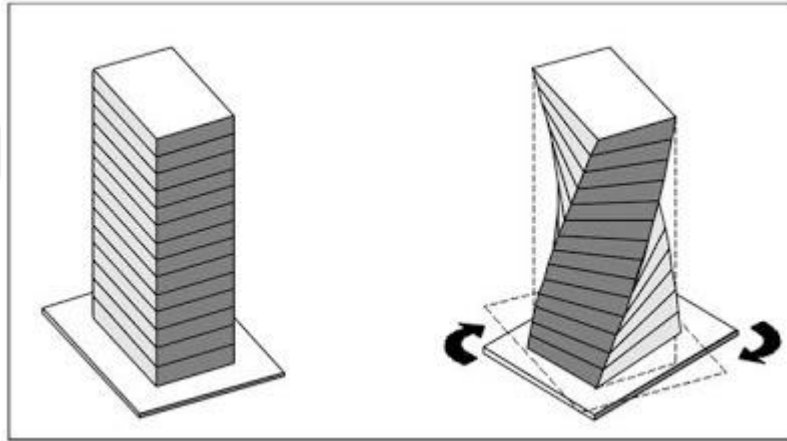
(TBDY, 2018) (bkz. Şekil 6).



Şekil 6. Perdelerin kirişe oturması durumu (TBDY, 2018)

### 3. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

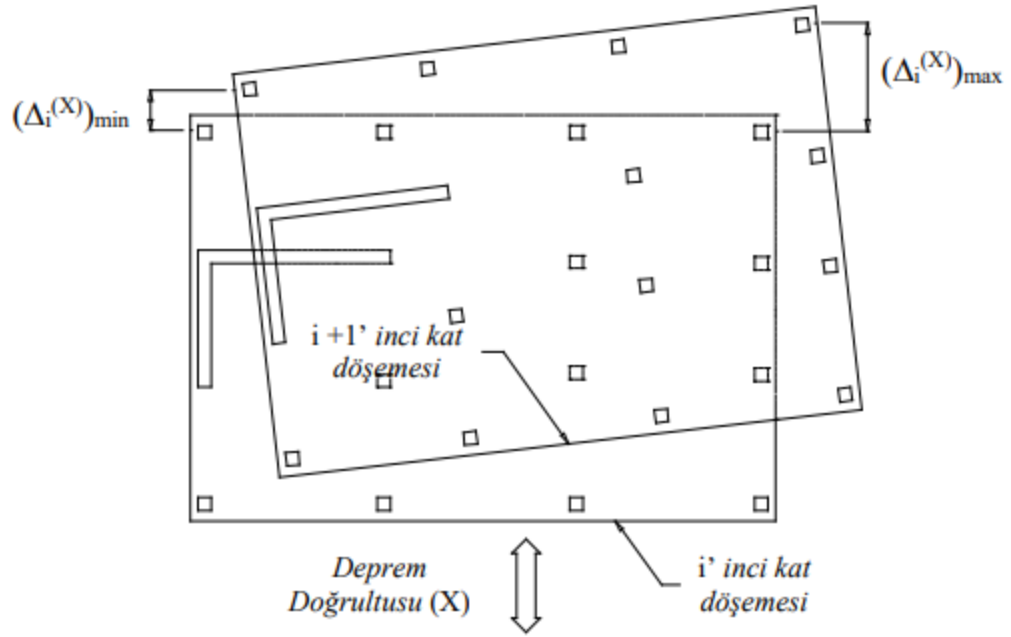
Yapı tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken bazı hususlar vardır. Yatay ve düşey yüklerin yapı zeminine kadar taşıyıcı sistem tarafından güvenli bir şekilde iletilmesi gerekir. Deprem esnasında oluşan atalet kuvvetleri yapının ağırlık merkezine etkir. Yapı ise deprem esnasında rijitlik merkezi etrafında döner. Yapının ağırlık merkeziyle rijitlik merkezinin örtüşmemesi burulma momentinin oluşmasına sebep olur. Burulma momentinin oluşmaması için rijitlikleri yüksek olan perde ve kolonların rijitlik merkeziyle yapının ağırlık merkezi birbirine yakın olması istenir. Yapıda genel olarak burulma düzensizliğinin oluşma sebeplerine bakarsak yapıların asimetrik planlanması, binanın herhangi bir katında rijitlik merkezinin kütle merkezinden uzaklaşması, perdelerin plandaki yerlerinin asimetrik olması burulma düzensizliğine neden olmaktadır. Yapının dış kısmına yakın perde duvarların simetrik bir biçimde yerleştirilmesiyle yapıda burulma düzensizliği önlenabilir.



Şekil 7. A1 Düzensizlik durumu şematik olarak gösterimi (TBDY, 2018)

#### 3.1. Burulma Düzensizliğinin Hesabı

Deprem yönetmelikleri ile ilgili inceleme yapıldığında planda düzensizlik türlerinden burulma düzensizliği ön plandadır. Burulma düzensizliği, deprem etkisi altında oluşan her bir kattaki ötelenmelerin maksimum ve minimum değerleri alınarak her kattaki ötelenme hesap edilip ortalama kat ötelenmesi bulunur. Daha sonra maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir.



*Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda*

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

$$\text{Burulma düzensizliği katsayısı: } \eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$$

$$\text{Burulma düzensizliği durumu: } \eta_{bi} > 1.2$$

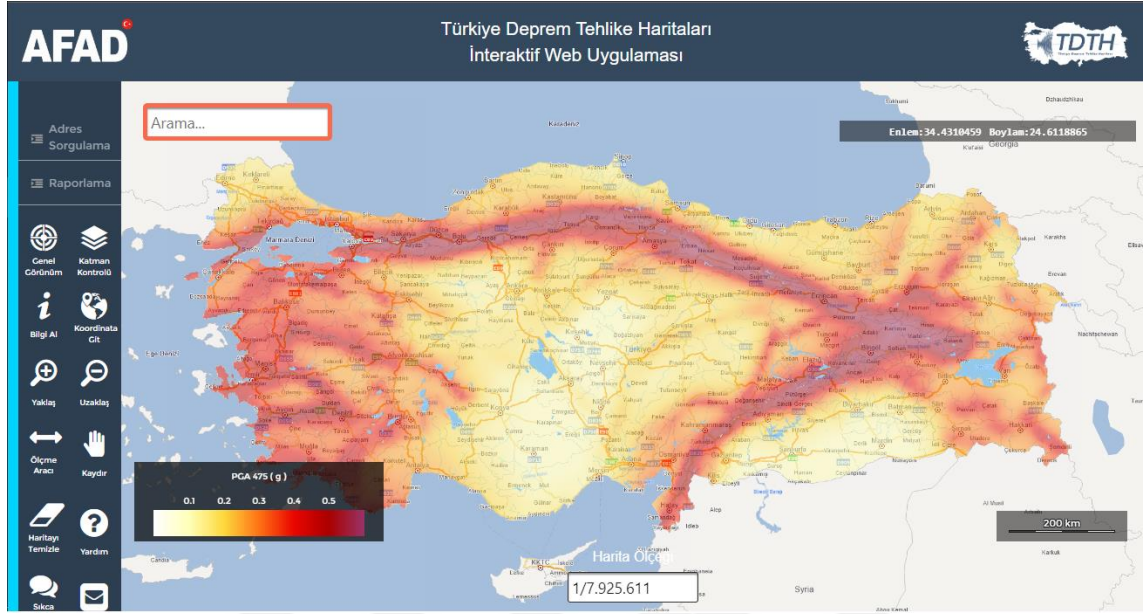
Şekil 8. Görelî kat ötelemesi (TBDY, 2018)

#### 4. 2018 TBDY'E GÖRE BİNALARIN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

##### 4.1. Deprem Yer Hareketi

Türkiye bulunduğu konumdan dolayı aktif fay kuşaklarında yer almaktadır. Böylelikle ülkemizde yıllardır farklı büyüklükte depremler meydana gelmektedir. Bu durumda depreme karşı dayanıklı yapıların tasarlanmasını gerektirmektedir. Geçen zamanla birlikte deprem yönetmeliği de değişmiş olup buna bağlı olarak deprem tehlike haritası da güncellenmiştir. Bu yönetmelikte dört farklı deprem yer hareketi belirlenmiştir. Deprem verileri yenilenen haritalarla detaylı bir şekilde verilmektedir. DBYBHY-2007'ye göre deprem bölgeleri şeklinde veriler elde ediliyordu, TBDY-2018'e göre ise deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerini konumlarına göre vermektedir. Bu durum daha doğru sonuçlar verilmesine olanak sağlamıştır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından

kullanıma sunulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması enlem ve boylam girilerek sismolojik veriler elde edilir (Şekil 11).



Şekil 9. AFAD Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması

#### 4.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY-2018'e göre deprem yer hareket düzeyleri dört farklı bölüme ayrılmıştır. Tablo 1 de daha detaylı bilgi verilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında deprem yer hareket düzeyi olarak DD-2 deprem yer hareketi seçilmiştir. Zemin sınıfları değiştirilerek deprem yer hareket düzeyi sabit tutulup deprem yer hareketi spektrumları elde edilmiştir.

| Deprem Yer Hareketi Düzeyi | 50 Yılda Aşılma Olasılığı ( % ) | Tekrarlanma Periyodu (Yıl) | Deprem Yer Hareketi Niteliği |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| DD – 1                     | 2%                              | 2475                       | Çok Seyrek                   |
| DD – 2                     | 10%                             | 475                        | Seyrek                       |
| DD – 3                     | 50%                             | 72                         | Sık                          |
| DD – 4                     | 68%                             | 43                         | Çok Sık                      |

Tablo 1. Deprem yer hareket düzeyleri



### 4.3. Harita Spektral İvme Katsayıları

$S_s$  : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz) ifade etmektedir.

$S_1$  : 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz) ifade etmektedir.

Bu ivme katsayıları harita spektral ivmelerinin yer çekimi ivmesine bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu katsayılar yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak tasarım ivme katsayılarına dönüştürülür.

$F_s$  : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları olarak tanımlanır.

$F_1$  : 1 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısıdır.

Yerel zemin etki katsayıları yerel zemin sınıflarına göre harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak hesaplanır. TBDY-2018 de tablolar halinde sunulmuştur (Tablo-2). AFAD tarafından interaktif web sitesinde deprem tehlike haritaları bu değerleri otomatik olarak hesaplamaktadır.

**Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_s$  |              |              |              |              |                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                    | $S_s \leq 0.25$                                             | $S_s = 0.50$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.00$ | $S_s = 1.25$ | $S_s \geq 1.50$ |
| ZA                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                 | 0.9                                                         | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9             |
| ZC                 | 1.3                                                         | 1.3          | 1.2          | 1.2          | 1.2          | 1.2             |
| ZD                 | 1.6                                                         | 1.4          | 1.2          | 1.1          | 1.0          | 1.0             |
| ZE                 | 2.4                                                         | 1.7          | 1.3          | 1.1          | 0.9          | 0.8             |
| ZF                 | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5). |              |              |              |              |                 |

**Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

| Yerel Zemin Sınıfı | 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$    |              |              |              |              |                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                    | $S_1 \leq 0.10$                                             | $S_1 = 0.20$ | $S_1 = 0.30$ | $S_1 = 0.40$ | $S_1 = 0.50$ | $S_1 \geq 0.60$ |
| ZA                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZC                 | 1.5                                                         | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.4             |
| ZD                 | 2.4                                                         | 2.2          | 2.0          | 1.9          | 1.8          | 1.7             |
| ZE                 | 4.2                                                         | 3.3          | 2.8          | 2.4          | 2.2          | 2.0             |
| ZF                 | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5). |              |              |              |              |                 |

Tablo 2. Yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018)

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 \text{ işlemleri ile elde edilir.}$$

$S_{DS}$  : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

$S_{D1}$  : 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

#### 4.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{sc}(T)$  aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. (TBDY, 2018)

$$S_{ac}(T) = \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

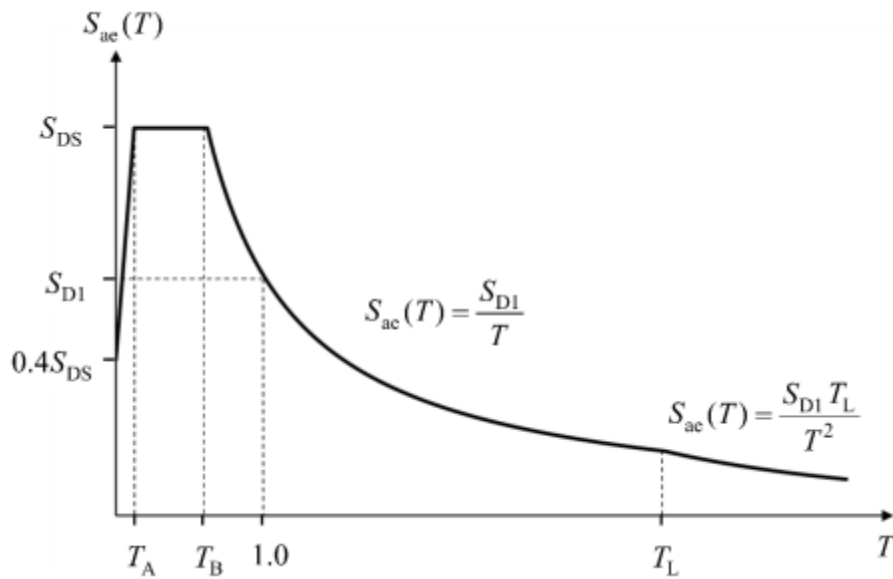
$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

Şekil 10. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (TBDY, 2018)

$T$  doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$ ,  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ’ e göre hesaplanır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu olan  $T_L = 6$  s alınır.



Grafik 1. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY, 2018)

#### 4.5. Yerel Zemin Sınıfları

TBDY 2018'e göre zemin sınıfları altı kısma ayrılmıştır. ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF den oluşmaktadır.

ZA : Sağlam sert kayalar

ZB : Az ayrılmış, orta sağlam kayalar

ZC : Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar

ZD : Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları

ZE : Gevşek kum, çakıl veya yumuşak- katı kil tabakaları

ZF : Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler

olarak tanımlanırlar. (TBDY, 2018)

Bu tez çalışmasında ZA, ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıfları kullanılarak analiz yapılmıştır.

#### 4.6. Bina Kullanım Sınıfları

Yeni deprem yönetmeliğine göre bazı kavramlar güncellenmiştir. Bunlardan bazıları deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina kullanım sınıfı (BKS) dır.

| Bina Kullanım Sınıfı | Binanın Kullanım Amacı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bina Önem Katsayısı (I) |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| BKS = 1              | <p><b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p> | 1.5                     |
| BKS = 2              | <p><b>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1.2                     |
| BKS = 3              | <p><b>Diğer binalar</b></p> <p>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1.0                     |

Tablo 3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem kat katsayısı (TBDY, 2018)

Yapılan çalışmada mevcut yapı konut tipidir. Bina kullanım sınıfı (BKS) 3 olarak alınıp bina önem katsayısı (I) ise 1 olarak alınmıştır.

#### 4.7. Deprem Tasarım Sınıfları

Deprem yer hareket düzeyinden DD-2 ye karar verildikten sonra AFAD'ın oluşturmuş olduğu interaktif web uygulamasından spektral ivme katsayılarını ( $S_{DS}$ ) otomatik öğrenip her tip proje için ayrı ayrı deprem tasarım sınıfı elde edilmektedir.

| DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı ( $S_{DS}$ ) | Bina Kullanım Sınıfı |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|
|                                                                                              | BKS = 1              | BKS = 2, 3 |
| $S_{DS} < 0.33$                                                                              | DTS = 4a             | DTS = 4    |
| $0.33 \leq S_{DS} < 0.50$                                                                    | DTS = 3a             | DTS = 3    |
| $0.50 \leq S_{DS} < 0.75$                                                                    | DTS = 2a             | DTS = 2    |
| $0.75 \leq S_{DS}$                                                                           | DTS = 1a             | DTS = 1    |

Tablo 4. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018)

#### 4.8. Bina Yükseklik Sınıfları

Bina yükseklik sınıfları, deprem tasarım sınıfları bulunduğundan sonra bina yükseklik aralıklarına göre seçilir.

| Bina Yükseklik Sınıfı | Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m] |                        |                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                       | DTS = 1, 1a, 2, 2a                                                                                   | DTS = 3, 3a            | DTS = 4, 4a         |
| BYS = 1               | $H_N > 70$                                                                                           | $H_N > 91$             | $H_N > 105$         |
| BYS = 2               | $56 < H_N \leq 70$                                                                                   | $70 < H_N \leq 91$     | $91 < H_N \leq 105$ |
| BYS = 3               | $42 < H_N \leq 56$                                                                                   | $56 < H_N \leq 70$     | $56 < H_N \leq 91$  |
| BYS = 4               | $28 < H_N \leq 42$                                                                                   | $42 < H_N \leq 56$     |                     |
| BYS = 5               | $17.5 < H_N \leq 28$                                                                                 | $28 < H_N \leq 42$     |                     |
| BYS = 6               | $10.5 < H_N \leq 17.5$                                                                               | $17.5 < H_N \leq 28$   |                     |
| BYS = 7               | $7 < H_N \leq 10.5$                                                                                  | $10.5 < H_N \leq 17.5$ |                     |
| BYS = 8               | $H_N \leq 7$                                                                                         | $H_N \leq 10.5$        |                     |

Tablo 5. Bina yükseklik sınıfları (BYS) (TBDY, 2018)

#### 4.9. Bina Taşıyıcı Sistem

Bu çalışma kapsamında bina yükseklik sınıfları 2'den büyük olup bina taşıyıcı sistemi "A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklilik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar" (TBDY, 2018) seçilmiş olup taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 7 alınmış olup dayanım fazlalığı katsayısı (D) 2,5 alınmıştır.

| Bina Taşıyıcı Sistemi                                                                                                                                                                                                               | Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R$ | Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D$ | İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>                                                                                                                                                                          |                                        |                                 |                                           |
| <b>A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>                                                                                                                                                                                |                                        |                                 |                                           |
| <b>A11.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar                                                                                                   | 8                                      | 3                               | $BYS \geq 3$                              |
| <b>A12.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar                                                                                             | 7                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                              |
| <b>A13.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar                                                                                                          | 6                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                              |
| <b>A14.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5) | 8                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                              |
| <b>A15.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)              | 7                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                              |
| <b>A16.</b> Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar                      | 3                                      | 2                               | –                                         |

Tablo 6. Bina taşıyıcı sistemi (TBDY, 2018)

## 5. SAYISAL ÇALIŞMA

Bu tez çalışması, düzensizlik türlerinden biri olan burulma düzensizliğini etkileyen parametreleri incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, geometrik ve rijitlik açısından aynı olan bir yapı tasarlanmış ve Amasya ilinde aynı bölgede bulunan 5 farklı zemin grubu (ZA,ZB,ZC,ZD,ZE) için mod birleştirme yöntemi kullanılarak görelî kat ötelenmesi hesaplanmıştır. Ardından burulma düzensizliği katsayıları karşılaştırılmıştır.

Yapının üç boyutlu modellenmesi SAP2000 programıyla oluşturulmuştur. Mevcut yapı konut olarak tasarlanmış olup 2018 TBDY'ye göre deprem yer hareket düzeyi DD-2 seçilmiştir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından belirlenen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından deprem yer hareket düzeyi ve zemin sınıfı belirlenerek aynı konumdan enlem ve boylam seçilerek harita spektral ivme katsayıları belirlenmiştir.

### 5.1. Yapılar Hakkında Genel Bilgiler

Modellenen yapı, perde ve çerçevelerden oluşan betonarme bir yapıdır. Toplam kat sayısı 5, 8 ve 12 olarak değişen yapılar planda, X yönünde 30 m, Y yönünde ise 16 m dir. Yapının tasarımı her katta aynıdır ve kat yüksekliği 3 metredir. Taşıyıcı sistem elemanları olan kolon, perde ve kiriş enkesit boyutları sırasıyla 40 cm × 40 cm, 210 cm × 30 cm ve 30 cm × 50 cm dir. Döşeme kalınlığı 16 cm dir. Döşemelerden kirişlere gelen yayılı yüklerin, trapez durumunda aktarılıp üniform yayılı yük şeklinde kirişlere gelir.

Oluşturulan modelde her kata kendine ait rijit diyafram tanımlanmıştır. Yapı zemin üzerinde ankastre bir şekilde bağlı olduğu düşünülmüş ve modellenmemiş böylelikle temel hesabı da yapılmamıştır. Yapı malzemelerinin içeriğine baktığımız zaman C30 beton, S420 tipinde donatı çeliği kullanılmıştır.

Tasarımı oluşturan yapının özellikleri;

Kat sayısı: 5, 8 ve 12

Kat yüksekliği: 3 m

Toplam bina yüksekliği: 15, 24 ve 36 metre

Taşıyıcı sistem türü: Perdeli-çerçeve

Bina türü: Konut

X doğrultusunda uzunluk: 30m

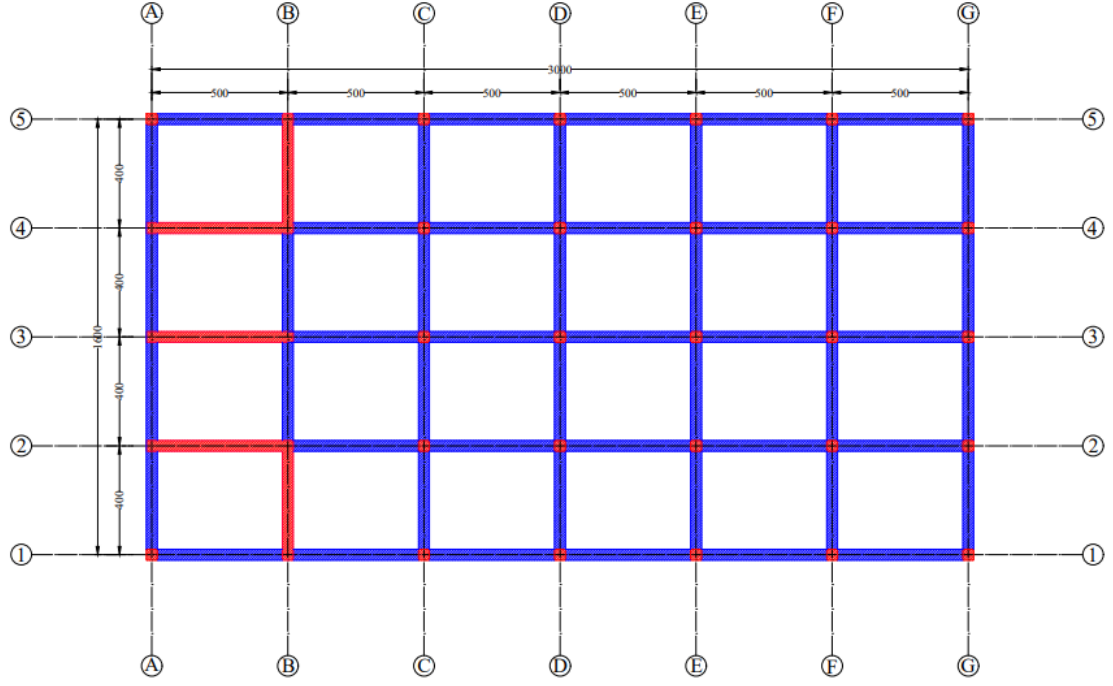
Y doğrultusunda uzunluk: 16m

Toplam bina alanı: 480 m<sup>2</sup>

Beton sınıfı: C30

Donatı çeliği sınıfı: S420

Deprem yer hareket düzeyi: DD-2

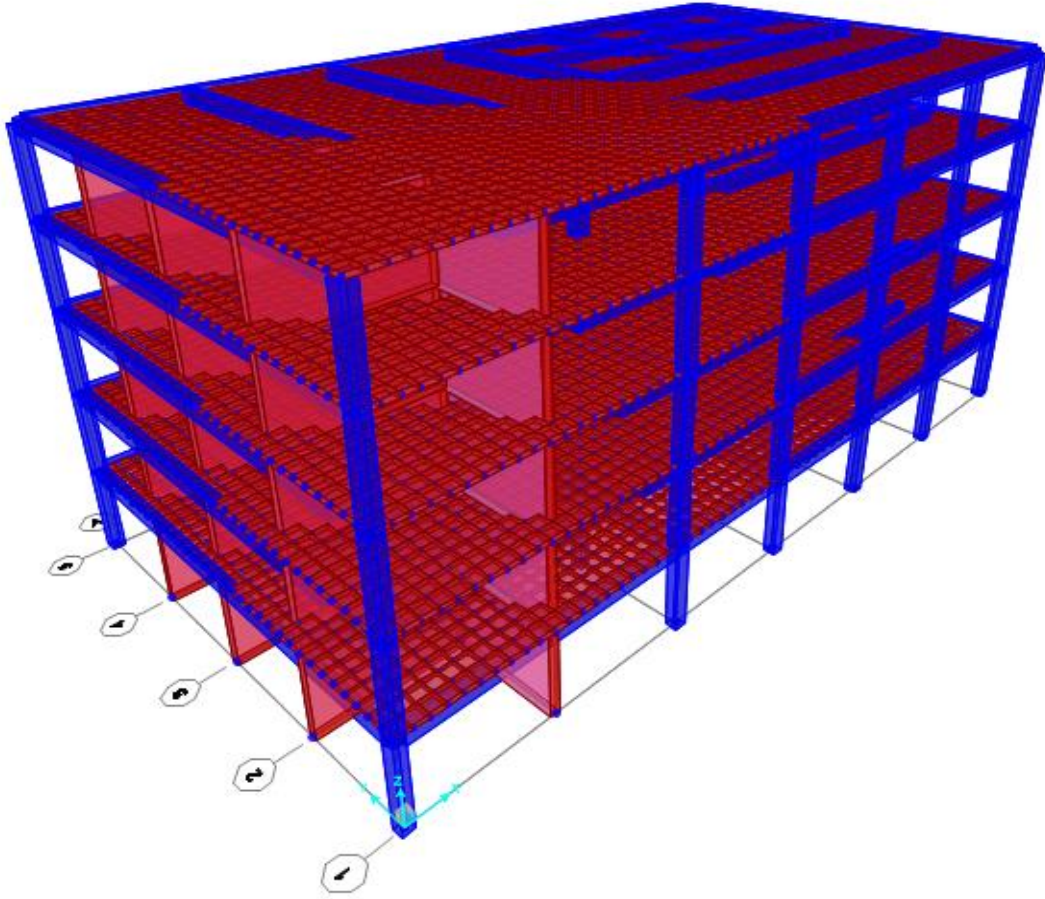


Şekil 10. Betonarme yapının kalıp aplikasyon planı

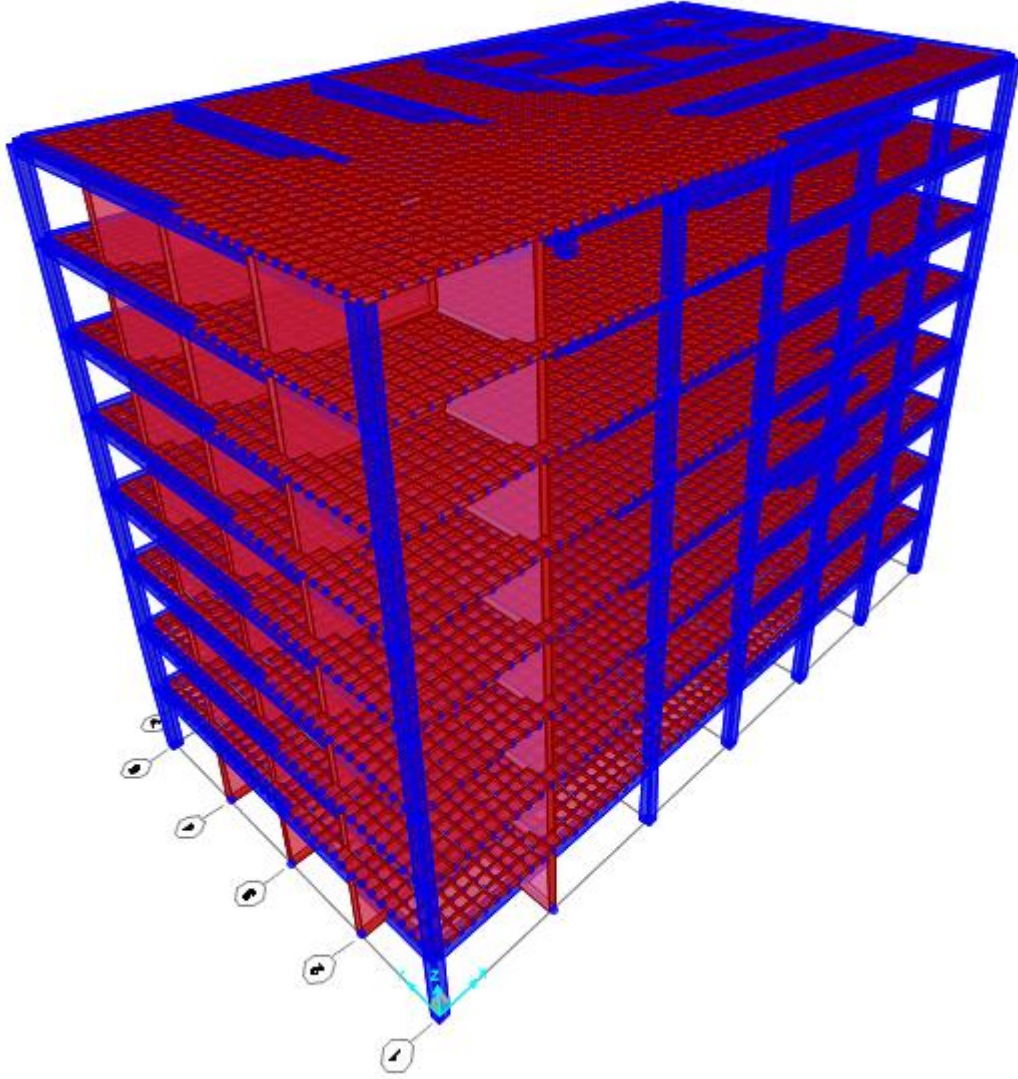
## 5.2.Yapıların SAP2000 de Modellenmesi

Taşıyıcı sistem türü bakımından perdeli-çerçeve şeklinde oluşan betonarme yapı 5,8 ve 12 katlı olup kat yüksekliği 3 m alınmıştır. Binanın modellenmesi Sap2000 v22 versiyonunda yapılmış olup dinamik ve statik analiz sonuç verileri buradan alınmıştır.

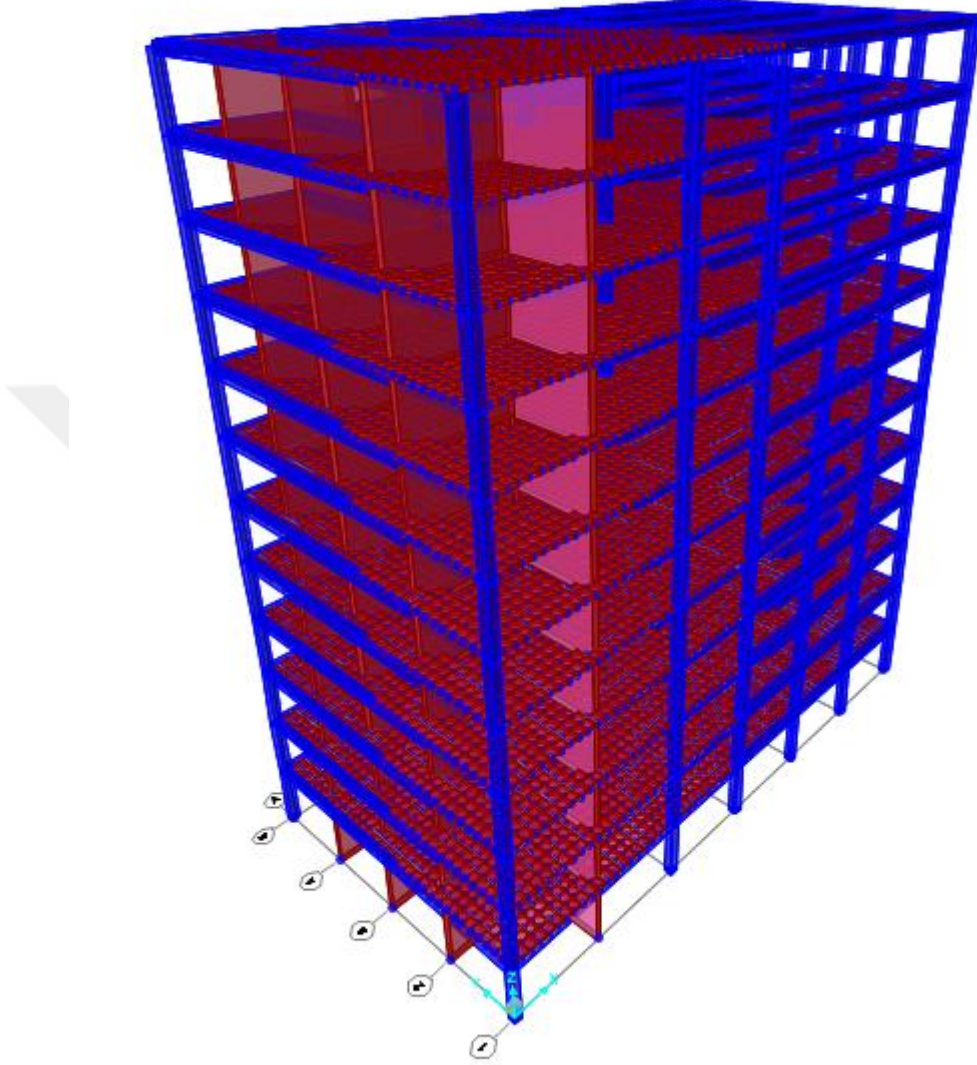




Şekil 11. 5 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü



Şekil 12. 8 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü



Şekil 13. 12 Katlı betonarme yapının üç boyutlu görüntüsü

### 5.3.Yapıların Mod Şekilleri

Mod şekilleri bir yapıya etki eden salınımın veya titreşimin belirli şekilleridir. Her bir mod şekli yapının belli bir frekansta titreşim yapma durumunu temsil eder. Yapının mod şekilleri, yapının rijitliğine, kütlesine ve destek durumlarına bağlı olarak değişir.

Mod 1 yapının ilk mod durumu olduğundan yapısal davranışın temel özelliklerinden bahseder. Bu mod durumu genellikle titreşim analizi, yapısal mukavemet ve tasarım ile ilgili

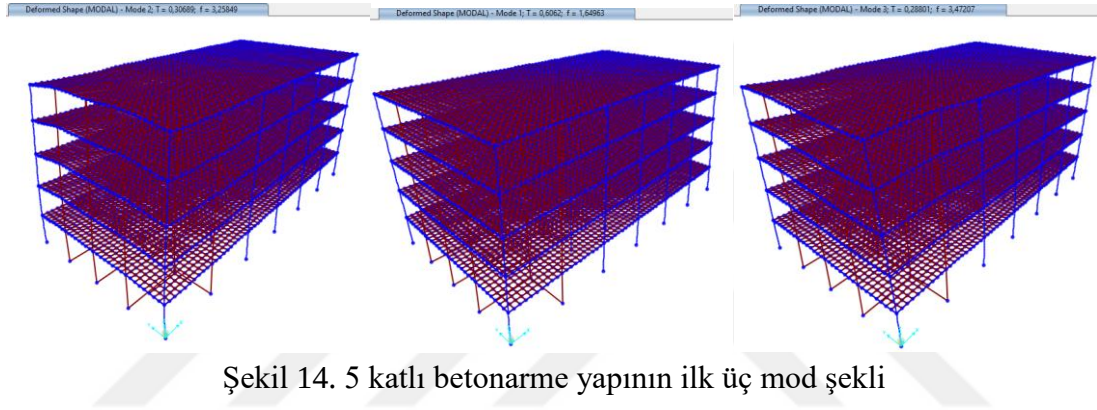


bilgiler verir.

İkinci mod şekli yapının ikinci doğal titreşim şeklini verir. Bu mod şekli yapıdaki ikinci en düşük frekansı temsil eder. Yapıdaki titreşim davranışı ve etkileşimler hakkında bilgiler verir.

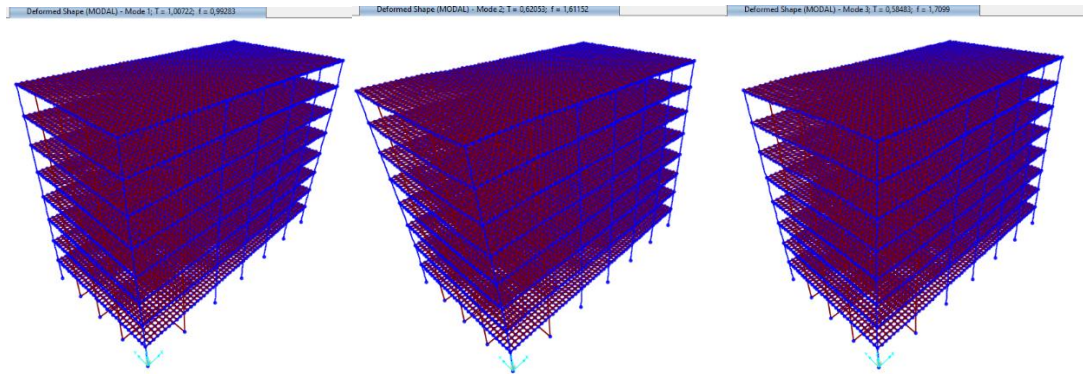
Üçüncü mod şekli yapının üçüncü en önemli titreşim modunu verir. 3. Mod şekli yapıda ortaya çıkan yapıya özgü titreşim modudur. Yapısal performansın analiz edilmesi ve bu durumun iyileştirilmesi için önemli bir bilgi sağlar.

Betonarme yapı 5 katlı tasarlanmış olup analiz sonuçlarına göre mod durumları şekildeki gibidir. (Bknz. Şekil 15)



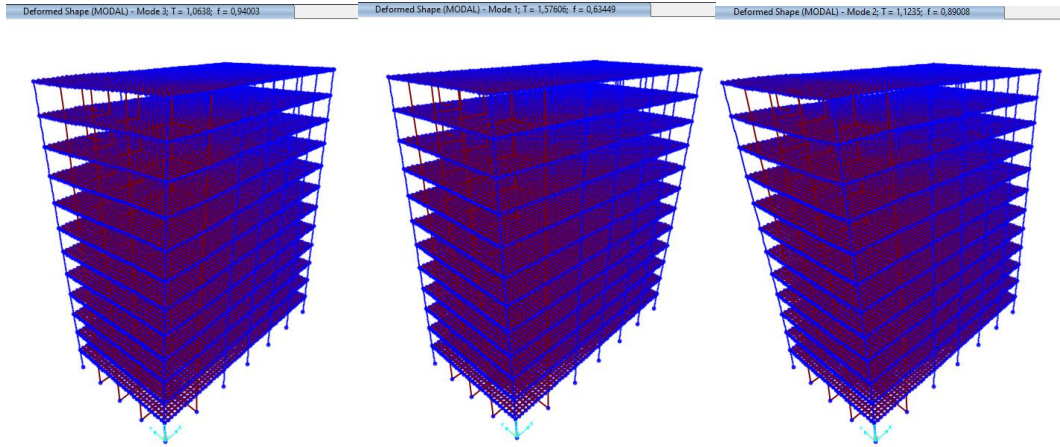
Şekil 14. 5 katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli

Betonarme yapı 8 katlı tasarlanmış analiz sonuçlarına göre mod durumları şekildeki gibidir. (Bknz. Şekil 16)



Şekil 15. 8 katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli

Betonarme yapı 12 katlı tasarlanmış olup analiz sonuçlarına göre mod durumları şekildeki gibidir. (Bknz. Şekil 17)



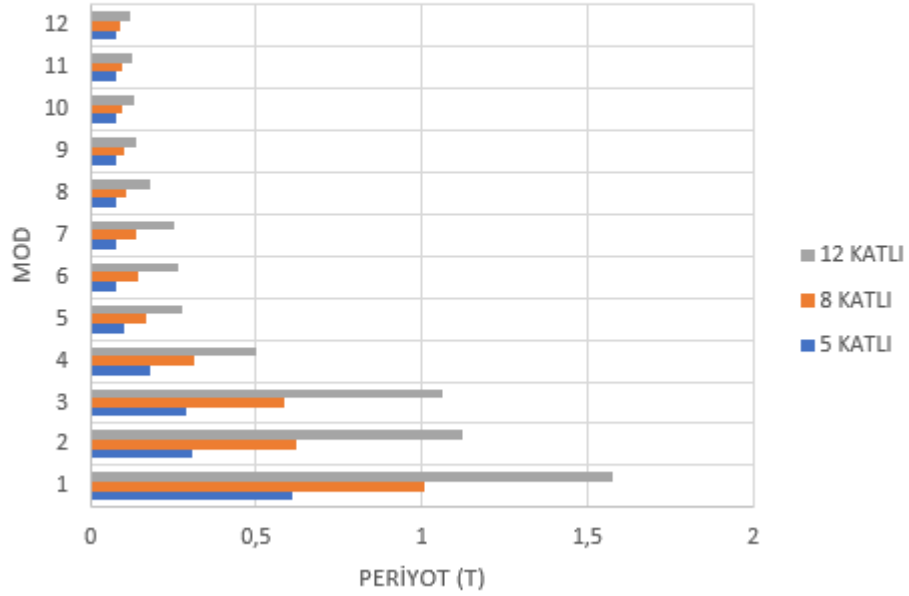
Şekil 16. 12 Katlı betonarme yapının ilk üç mod şekli

Kat adetlerine göre periyot ve frekans değişimleri tablo ve grafikteki gibidir.

| 5 KATLI, 8 KATLI VE 12 KATLI YAPIDA MOD DURUMLARINA GÖRE PERİYOT DEĞİŞİMİ |    |         |         |          |
|---------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|----------|
|                                                                           |    | 5 KATLI | 8 KATLI | 12 KATLI |
| MOD :                                                                     | 1  | 0,6062  | 1,00722 | 1,57606  |
| MOD :                                                                     | 2  | 0,30689 | 0,62053 | 1,1235   |
| MOD :                                                                     | 3  | 0,28801 | 0,58483 | 1,0638   |
| MOD :                                                                     | 4  | 0,18232 | 0,31198 | 0,49745  |
| MOD :                                                                     | 5  | 0,09858 | 0,16823 | 0,27535  |
| MOD :                                                                     | 6  | 0,08002 | 0,14285 | 0,26476  |
| MOD :                                                                     | 7  | 0,07832 | 0,13596 | 0,24952  |
| MOD :                                                                     | 8  | 0,07743 | 0,10913 | 0,18064  |
| MOD :                                                                     | 9  | 0,07639 | 0,10088 | 0,1367   |
| MOD :                                                                     | 10 | 0,07502 | 0,09593 | 0,13058  |
| MOD :                                                                     | 11 | 0,07438 | 0,0931  | 0,12659  |
| MOD :                                                                     | 12 | 0,07435 | 0,0886  | 0,122    |

Tablo 7. Kat adetlerine göre periyot değişimi

5 KATLI, 8 KATLI VE 12 KATLI YAPIDA MOD  
DURUMLARINA GÖRE PERİYOT DEĞİŞİMİ

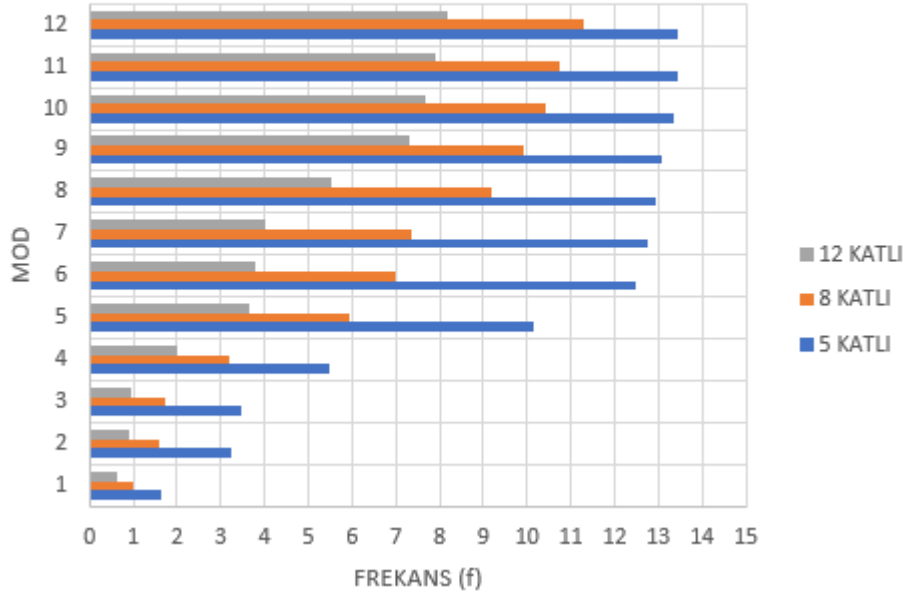


Grafik 2. Kat adetlerine göre periyot değişimi

| 5 KATLI, 8 KATLI VE 12 KATLI YAPIDA MOD DURUMLARINA GÖRE FREKANS DEĞİŞİMİ |    |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------|----|----------|----------|----------|
|                                                                           |    | 5 KATLI  | 8 KATLI  | 12 KATLI |
| MOD :                                                                     | 1  | 1,64963  | 0,99283  | 0,63449  |
| MOD :                                                                     | 2  | 3,25849  | 1,61152  | 0,89008  |
| MOD :                                                                     | 3  | 3,47207  | 1,7099   | 0,94003  |
| MOD :                                                                     | 4  | 5,48484  | 3,20532  | 2,01025  |
| MOD :                                                                     | 5  | 10,14414 | 5,94424  | 3,6318   |
| MOD :                                                                     | 6  | 12,49703 | 7,00035  | 3,77701  |
| MOD :                                                                     | 7  | 12,76827 | 7,35511  | 4,00774  |
| MOD :                                                                     | 8  | 12,91414 | 9,16314  | 5,53601  |
| MOD :                                                                     | 9  | 13,09038 | 9,91323  | 7,31549  |
| MOD :                                                                     | 10 | 13,3295  | 10,42397 | 7,65839  |
| MOD :                                                                     | 11 | 13,4448  | 10,74113 | 7,89928  |
| MOD :                                                                     | 12 | 13,44933 | 11,28728 | 8,19659  |

Tablo 8. Kat adetlerine göre frekans değimi

### 5 KATLI, 8 KATLI VE 12 KATLI YAPIDA MOD DURUMLARINA GÖRE FREKANS DEĞİŞİMİ



Grafik 3. Kat adetlerine göre frekans değişimi

#### 5.4.Yapıların Statik ve Dinamik Analizleri

Yapılar farklı zemin sınıfları olan ZA, ZB, ZC, ZD, ZE de analizleri yapılmıştır. Burulma düzensizliği yapıların tasarım aşamasında plan durumuna bağlı olduğundan bölgenin etkin zemin sınıfı olan ZC dikkate alınarak burulma düzensizliği katsayıları belirlenmiştir. Daha sonra burulma düzensizliği katsayısını, görel kat ötelenmelerinin ve taban kesme kuvvetlerinin farklı kat yüksekliklerine sahip yapılar için karşılaştırılması yapılmıştır.

##### 5.4.1. 5 katlı yapının Amasya ili ZC zemin sınıfına göre burulma düzensizliği katsayısı hesabı

Modellenen yapı 2018 TB DY'e göre deprem yer hareket düzeyi DD-2 seçilmiş olup AFAD tarafından belirlenen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından zemin sınıfı ZC seçilip Amasya ilinde belirli enlem ve boylam alınarak harita spektral ivme katsayıları belirlenmiştir.

Deprem yer hareket düzeyi: DD-2

Yerel zemin sınıfı: ZC

Enlem: 40.652114

Boylam: 35.809659

$S_s$ : 1,033

$S_1$ : 0,316

$F_s$ : 1,2

$F_1$ : 1,5

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1$$

$S_{DS}$ : 1,240

$S_{D1}$ : 0,474

$T_A$ : 0,076  $T_B$ : 0,382  $T_L$ : 6

Diğer bilgiler 2018 TBDY den alınmış olup bina yükseklik sınıfı oluşturulmuştur.

BKS: 3

I: 1

$0,75 \leq S_{DS}$ : 1,240 BKS:3 olduğu için DTS: 1 alınır.

$10,5 < H_N = 15 \leq 17,5$  aralığında olup BYS: 6 seçilir.

R : 7

D: 2,5

Bu bilgiler dahilinde deprem etkisi altında X ve Y doğrultusuna göre görelî kat ötelenmesi hesabıyla burulma düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır.

| DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA |             |             |          |          |          |         |
|---------------------------------------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|---------|
| KAT                                               | di (min) cm | di (max) cm | Δi (min) | Δi (max) | Δi (ort) | ηbi     |
| 5                                                 | 0,80569     | 0,91284     | 0,20605  | 0,22149  | 0,21377  | 1,03611 |
| 4                                                 | 0,59964     | 0,69135     | 0,20049  | 0,21928  | 0,20988  | 1,04476 |
| 3                                                 | 0,39916     | 0,47208     | 0,18347  | 0,20901  | 0,19624  | 1,06507 |
| 2                                                 | 0,21569     | 0,26307     | 0,14361  | 0,17111  | 0,15736  | 1,08740 |
| 1                                                 | 0,07208     | 0,09195     | 0,07208  | 0,09195  | 0,08202  | 1,12114 |

Tablo 9. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı



Her katın ötelenmesi ayrı ayrı hesap edildikten sonra her kattaki burulma düzensizliği katsayısı maksimum görelî kat ötelenmesinin o kattaki ortalama görelî kat ötelenmesine bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu oran 1,2’den büyük ise burulma düzensizliği var demektir. Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisi altında X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı 1,2’den düşük olup burulma düzensizliği görülmemektedir.

| <b>DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA</b> |                    |                    |                 |                 |                 |            |
|----------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| <b>KAT</b>                                               | <b>di (min) cm</b> | <b>di (max) cm</b> | <b>Δi (min)</b> | <b>Δi (max)</b> | <b>Δi (ort)</b> | <b>ηbi</b> |
| 5                                                        | 0,32944            | 2,29148            | 0,10766         | 0,30033         | 0,20400         | 1,47224    |
| 4                                                        | 0,22177            | 1,99115            | 0,09060         | 0,47868         | 0,28464         | 1,68171    |
| 3                                                        | 0,13118            | 1,51247            | 0,07411         | 0,56908         | 0,32160         | 1,76954    |
| 2                                                        | 0,05706            | 0,94339            | 0,04754         | 0,56803         | 0,30779         | 1,84553    |
| 1                                                        | 0,00952            | 0,37535            | 0,00952         | 0,37535         | 0,19243         | 1,95054    |

Tablo 10. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı

Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2’den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir.

#### 5.4.2. 8 katlı yapının Amasya ili ZC zemin sınıfına göre burulma düzensizliği katsayısı hesabı

Modellenen yapı 2018 TBDY’e göre deprem yer hareket düzeyi DD-2 seçilmiş olup AFAD tarafından belirlenen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından zemin sınıfı ZC seçilip Amasya ilinde belirli enlem ve boylam alınarak harita spektral ivme katsayıları belirlenmiştir.

Deprem yer hareket düzeyi: DD-2

Yerel zemin sınıfı: ZC

Enlem: 40.652114

Boylam: 35.809659

S<sub>s</sub>: 1,033

S<sub>1</sub>: 0,316

F<sub>s</sub>: 1,2

$F_1: 1,5$

$$S_{Ds} = S_s \cdot F_s$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1$$

$S_{Ds}: 1,240$

$S_{D1}: 0,474$

$T_A: 0,076 \quad T_B: 0,382 \quad T_L: 6$

Diğer bilgiler 2018 TBDY den alınmış olup bina yükseklik sınıfı oluşturulmuştur.

BKS: 3

I: 1

$0,75 \leq S_{Ds}: 1,240$  BKS:3 olduğu için DTS: 1 alınır.

$17,5 < H_N = 24 \leq 28$  aralığında olup BYS: 5 seçilir.

R : 7

D: 2,5

Bu bilgiler dahilinde deprem etkisi altında X ve Y doğrultusuna göre görel kat ötelenmesi hesabıyla burulma düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır.

| DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISI |             |             |                  |                  |                  |             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| KAT                                                                      | di (min) cm | di (max) cm | $\Delta i$ (min) | $\Delta i$ (max) | $\Delta i$ (ort) | $\eta_{bi}$ |
| 8                                                                        | 1,88924     | 2,22101     | 0,29128          | 0,32163          | 0,30646          | 1,04952     |
| 7                                                                        | 1,59796     | 1,89938     | 0,29776          | 0,33530          | 0,31653          | 1,05931     |
| 6                                                                        | 1,30020     | 1,56408     | 0,29737          | 0,34092          | 0,31915          | 1,06824     |
| 5                                                                        | 1,00284     | 1,22316     | 0,28728          | 0,33544          | 0,31136          | 1,07733     |
| 4                                                                        | 0,71556     | 0,88772     | 0,26320          | 0,31368          | 0,28844          | 1,08751     |
| 3                                                                        | 0,45236     | 0,57404     | 0,22160          | 0,27117          | 0,24638          | 1,10060     |
| 2                                                                        | 0,23076     | 0,30287     | 0,15920          | 0,20322          | 0,18121          | 1,12147     |
| 1                                                                        | 0,07156     | 0,09965     | 0,07156          | 0,09965          | 0,08560          | 1,16403     |

Tablo 11. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı

Her katın ötelenmesi ayrı ayrı hesap edildikten sonra her kattaki burulma düzensizliği katsayısı maksimum görel kat ötelenmesinin o kattaki ortalama görel kat ötelenmesine bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu oran 1,2'den büyük ise burulma düzensizliği var demektir.

Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisi altında X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı 1,2'den düşük olup burulma düzensizliği görülmemektedir.

| <b>DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISI</b> |                    |                    |                 |                 |                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| <b>KAT</b>                                                                      | <b>di (min) cm</b> | <b>di (max) cm</b> | <b>Δi (min)</b> | <b>Δi (max)</b> | <b>Δi (ort)</b> | <b>ηbi</b> |
| 8                                                                               | 0,94193            | 4,10233            | 0,16488         | 0,26937         | 0,21713         | 1,24062    |
| 7                                                                               | 0,77705            | 3,83296            | 0,16091         | 0,38600         | 0,27346         | 1,41156    |
| 6                                                                               | 0,61614            | 3,44696            | 0,15649         | 0,49677         | 0,32663         | 1,52090    |
| 5                                                                               | 0,45965            | 2,95019            | 0,14724         | 0,59305         | 0,37014         | 1,60222    |
| 4                                                                               | 0,31242            | 2,35714            | 0,13046         | 0,66053         | 0,39549         | 1,67014    |
| 3                                                                               | 0,18196            | 1,69661            | 0,10377         | 0,68133         | 0,39255         | 1,73564    |
| 2                                                                               | 0,07819            | 1,01528            | 0,06438         | 0,62372         | 0,34405         | 1,81288    |
| 1                                                                               | 0,01381            | 0,39156            | 0,01381         | 0,39156         | 0,20268         | 1,93189    |

Tablo 12. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı

Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir.

#### 5.4.3. 12 katlı yapının Amasya ili ZC zemin sınıfına göre burulma düzensizliği katsayısı hesabı

Modellenen yapı 2018 TB DY'e göre deprem yer hareket düzeyi DD-2 seçilmiş olup AFAD tarafından belirlenen Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından zemin sınıfı ZC seçilip Amasya ilinde belirli enlem ve boylam alınarak harita spektral ivme katsayıları belirlenmiştir.

Deprem yer hareket düzeyi: DD-2

Yerel zemin sınıfı: ZC

Enlem: 40.652114

Boylam: 35.809659

S<sub>s</sub>: 1,033

S<sub>1</sub>: 0,316

F<sub>s</sub>: 1,2

F<sub>1</sub>: 1,5

$$S_{Ds} = S_s \cdot F_s$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1$$

S<sub>DS</sub>: 1,240

S<sub>D1</sub>: 0,474

T<sub>A</sub>: 0,076 T<sub>B</sub>: 0,382 T<sub>L</sub>: 6

Diğer bilgiler 2018 TBDY den alınmış olup bina yükseklik sınıfı oluşturulmuştur.

BKS: 3

I: 1

0,75 ≤ S<sub>DS</sub>: 1,240 BKS:3 olduğu için DTS: 1 alınır.

28 < H<sub>N</sub> = 36 ≤ 42 aralığında olup BYS: 4 seçilir.

R : 7

D: 2,5

Bu bilgiler dahilinde deprem etkisi altında X ve Y doğrultusuna göre göreceli kat ötelenmesi hesabıyla burulma düzensizliği katsayısı hesaplanmıştır.

| DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISI |                         |                         |                      |                      |                      |                 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| KAT                                                                      | d <sub>i</sub> (min) cm | d <sub>i</sub> (max) cm | Δ <sub>i</sub> (min) | Δ <sub>i</sub> (max) | Δ <sub>i</sub> (ort) | η <sub>bi</sub> |
| 12                                                                       | 3,63224                 | 4,13931                 | 0,35243              | 0,38257              | 0,36750              | 1,04101         |
| 11                                                                       | 3,27981                 | 3,75674                 | 0,36165              | 0,39664              | 0,37914              | 1,04614         |
| 10                                                                       | 2,91816                 | 3,36010                 | 0,36912              | 0,40845              | 0,38879              | 1,05058         |
| 9                                                                        | 2,54904                 | 2,95165                 | 0,37452              | 0,41794              | 0,39623              | 1,05479         |
| 8                                                                        | 2,17452                 | 2,53371                 | 0,37509              | 0,42199              | 0,39854              | 1,05884         |
| 7                                                                        | 1,79943                 | 2,11172                 | 0,36871              | 0,41825              | 0,39348              | 1,06295         |
| 6                                                                        | 1,43071                 | 1,69347                 | 0,35329              | 0,40442              | 0,37885              | 1,06747         |
| 5                                                                        | 1,07742                 | 1,28906                 | 0,32683              | 0,37825              | 0,35254              | 1,07292         |
| 4                                                                        | 0,75059                 | 0,91081                 | 0,28738              | 0,33745              | 0,31241              | 1,08014         |
| 3                                                                        | 0,46321                 | 0,57336                 | 0,23289              | 0,27934              | 0,25611              | 1,09068         |
| 2                                                                        | 0,23032                 | 0,29402                 | 0,16125              | 0,20069              | 0,18097              | 1,10896         |
| 1                                                                        | 0,06907                 | 0,09333                 | 0,06907              | 0,09333              | 0,08120              | 1,14936         |

Tablo 13. Deprem tesirinde X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı

Her katın ötelenmesi ayrı ayrı hesap edildikten sonra her kattaki burulma düzensizliği katsayısı maksimum görelî kat ötelenmesinin o kattaki ortalama görelî kat ötelenmesine bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu oran 1,2’den büyük ise burulma düzensizliği var demektir. Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisi altında X doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı 1,2’den düşük olup burulma düzensizliği görülmemektedir.

| <b>DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISI</b> |                    |                    |                 |                 |                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| <b>KAT</b>                                                                      | <b>di (min) cm</b> | <b>di (max) cm</b> | <b>Δi (min)</b> | <b>Δi (max)</b> | <b>Δi (ort)</b> | <b>ηbi</b> |
| 12                                                                              | 2,64532            | 7,36848            | 0,28062         | 0,25723         | 0,26892         | 0,95651    |
| 11                                                                              | 2,36470            | 7,11125            | 0,28106         | 0,35364         | 0,31735         | 1,11436    |
| 10                                                                              | 2,08365            | 6,75761            | 0,28283         | 0,45103         | 0,36693         | 1,22920    |
| 9                                                                               | 1,80082            | 6,30658            | 0,28325         | 0,54622         | 0,41474         | 1,31704    |
| 8                                                                               | 1,51757            | 5,76036            | 0,28020         | 0,63359         | 0,45689         | 1,38673    |
| 7                                                                               | 1,23737            | 5,12678            | 0,27199         | 0,71000         | 0,49099         | 1,44605    |
| 6                                                                               | 0,96539            | 4,41678            | 0,25701         | 0,77294         | 0,51497         | 1,50093    |
| 5                                                                               | 0,70838            | 3,64384            | 0,23369         | 0,81861         | 0,52615         | 1,55585    |
| 4                                                                               | 0,47469            | 2,82523            | 0,20039         | 0,83947         | 0,51993         | 1,61459    |
| 3                                                                               | 0,27430            | 1,98576            | 0,15524         | 0,81910         | 0,48717         | 1,68134    |
| 2                                                                               | 0,11905            | 1,16666            | 0,09564         | 0,72303         | 0,40933         | 1,76635    |
| 1                                                                               | 0,02341            | 0,44363            | 0,02341         | 0,44363         | 0,23352         | 1,89974    |

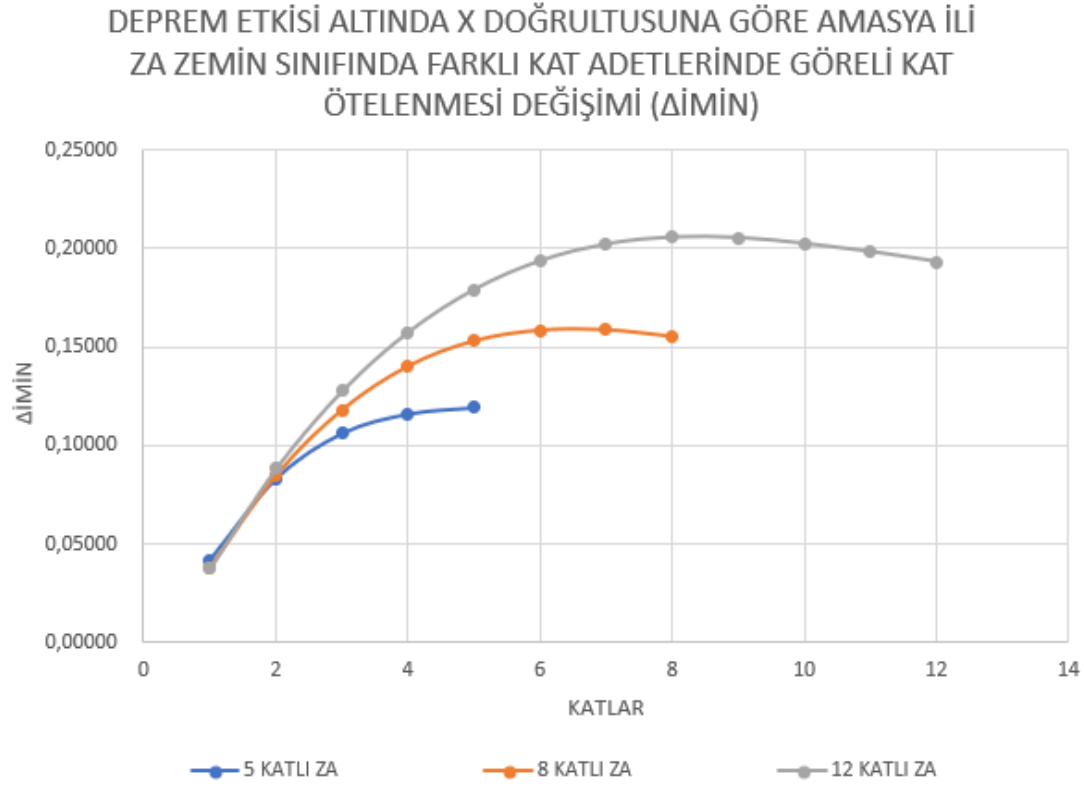
Tablo 14. Deprem tesirinde Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı

Amasya ili ZC zemin sınıfında deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2’den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir.

##### 5.5. Kat Adetlerine ve Zemin Sınıfına Bağlı Görelî Kat Ötelenmesinin ve Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması

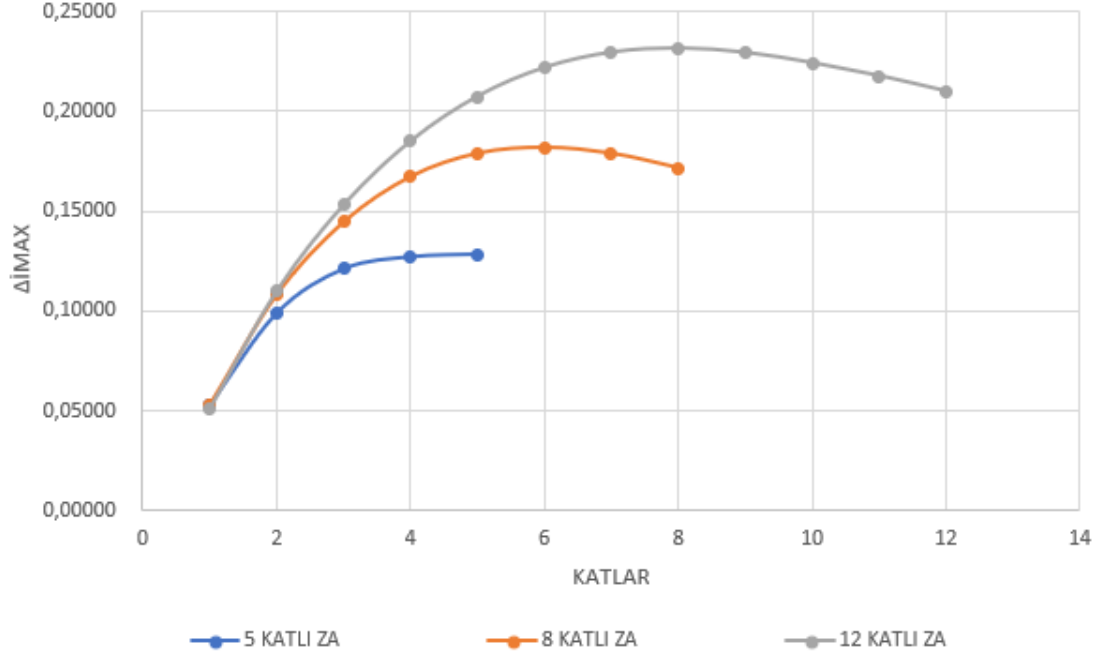
Modellenen betonarme yapıda kat adetleri 5, 8 ve 12 katlı değiştirilerek Amasya ili seçilip zemin gruplarına göre maksimum ve minimum görelî kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayısının aralarındaki değişimi grafik ortamında karşılaştırıldı.

**5.5.1. Amasya ili ZA zemin sınıfına göre farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimi**



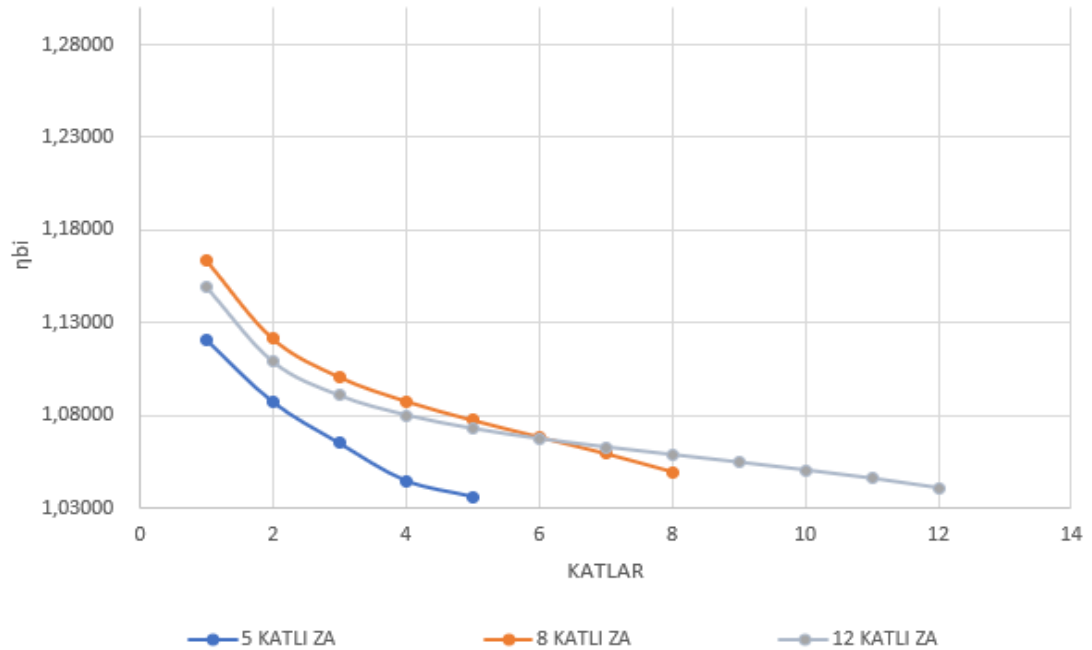
Grafik 4. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta i_{min}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZA ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{iMAX}$ )



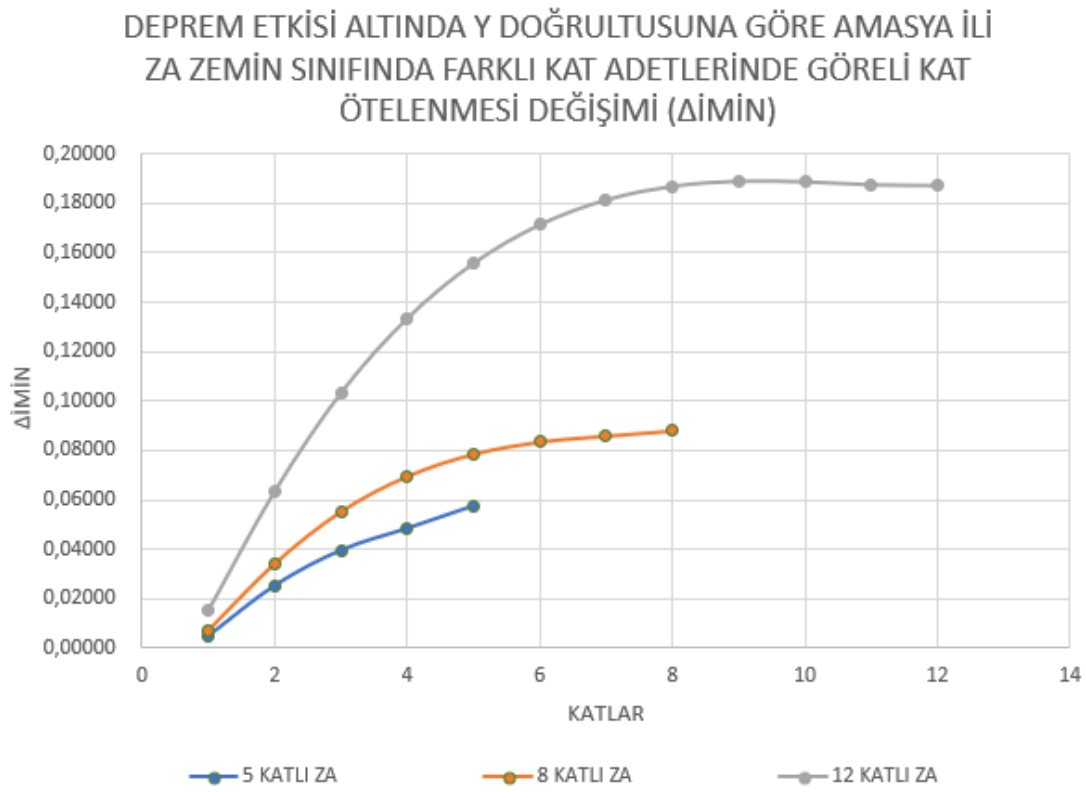
Grafik 5. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{iMAX}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZA ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 6. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

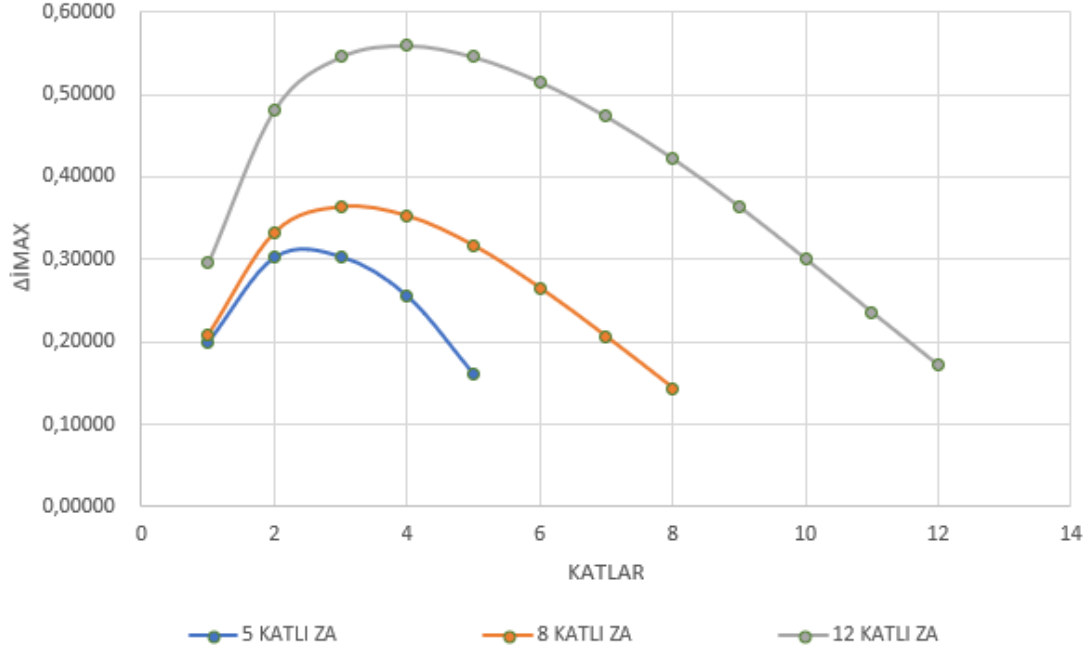
Amasya ilinde ZA zemin sınıfına göre deprem etkisi altında X doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda 1,2' den küçük olup X doğrultusunda burulma düzensizliği görülmemektedir.



Grafik 7. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi

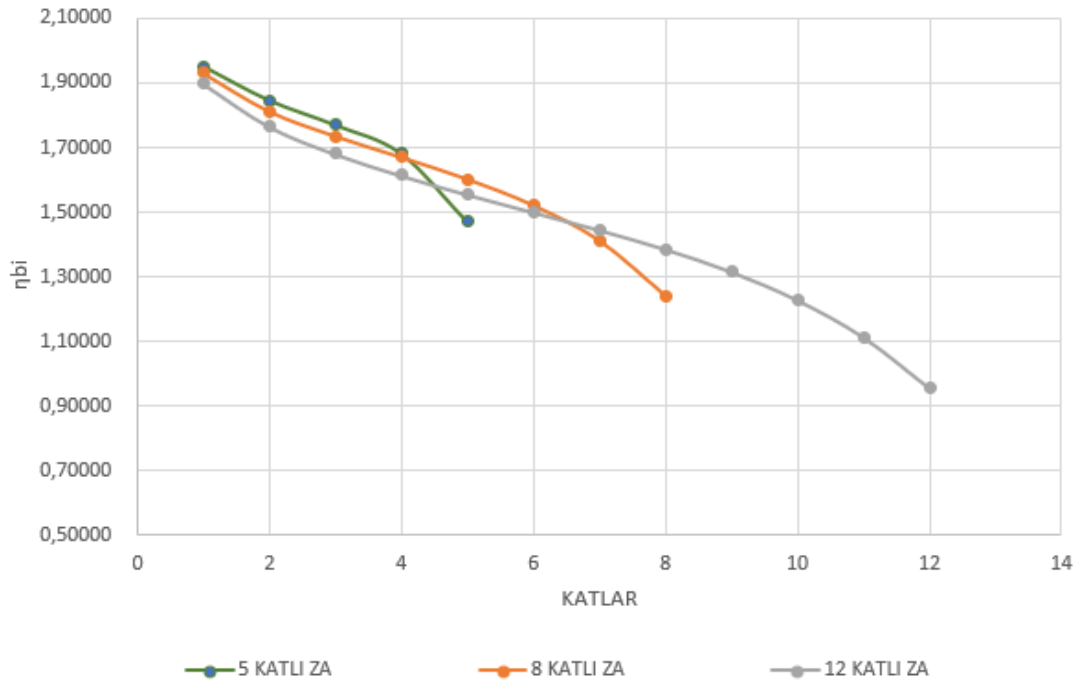


DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZA ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{MAX}$ )



Grafik 8. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{max}$ ) değışimi

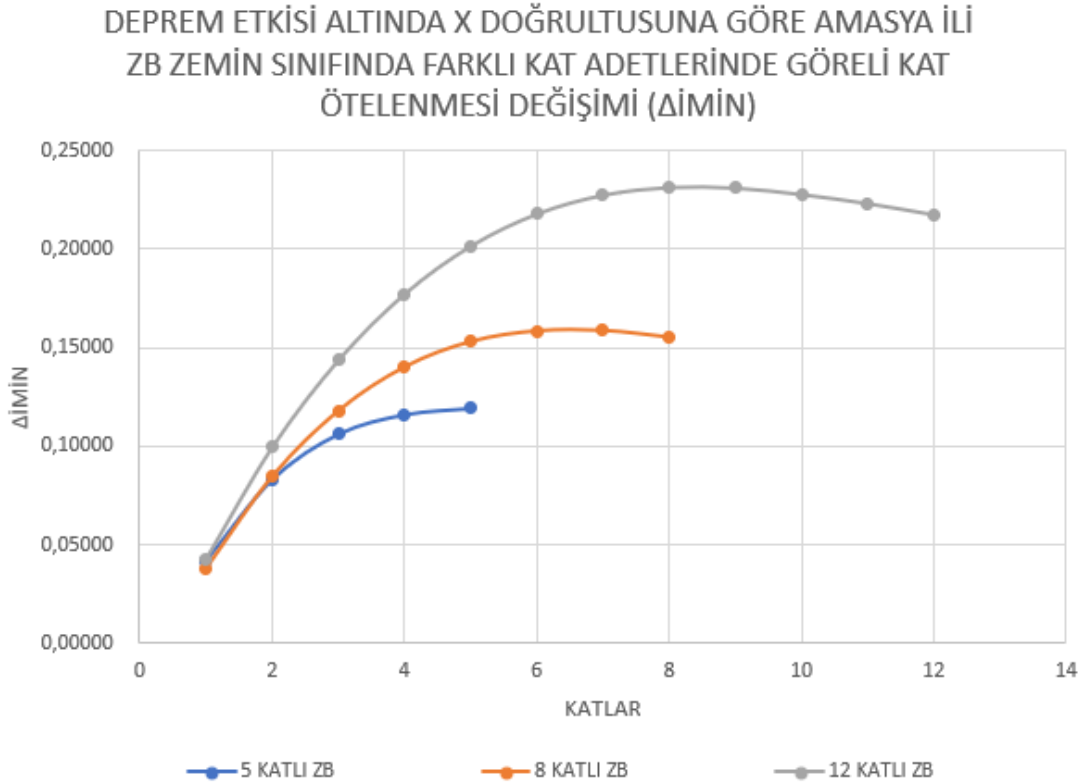
DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZA ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 9. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

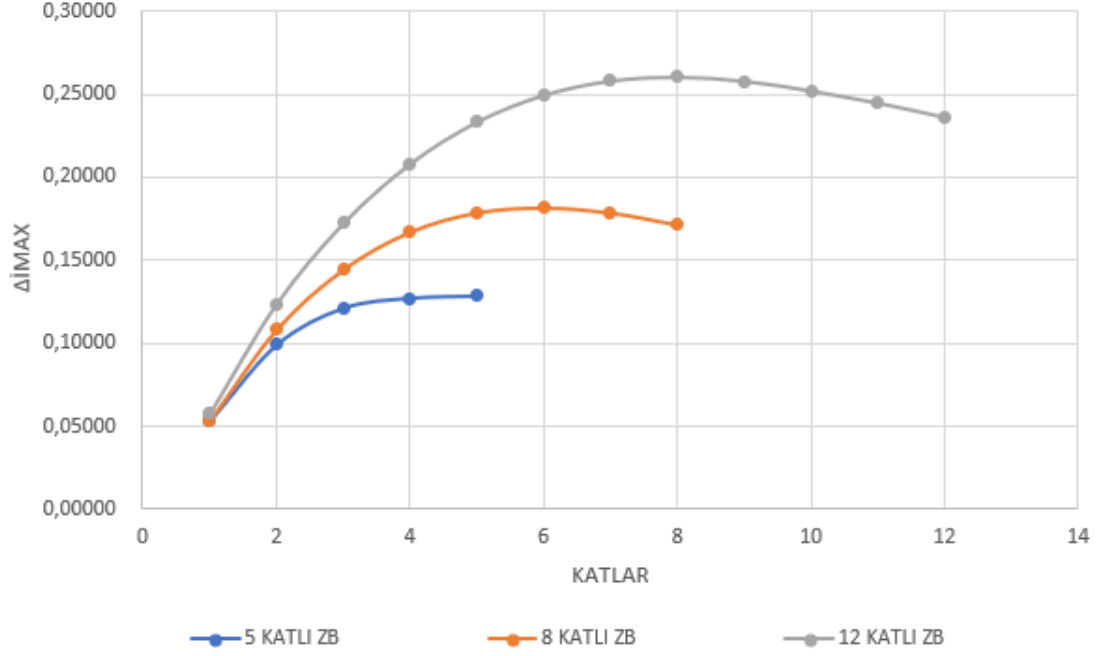
Amasya ilinde ZA zemin sınıfına göre deprem etkisi altında Y doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Burulma düzensizliği katsayısı ise belirli bir oran olup görelî kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağlıdır. Deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir. Kat adeti değişikliği ile burulma düzensizliği kat sayısında da ötelenmeye bağlı olarak değişiklik gözlenmiştir.

#### 5.5.2. Amasya ili ZB zemin sınıfına göre farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimi



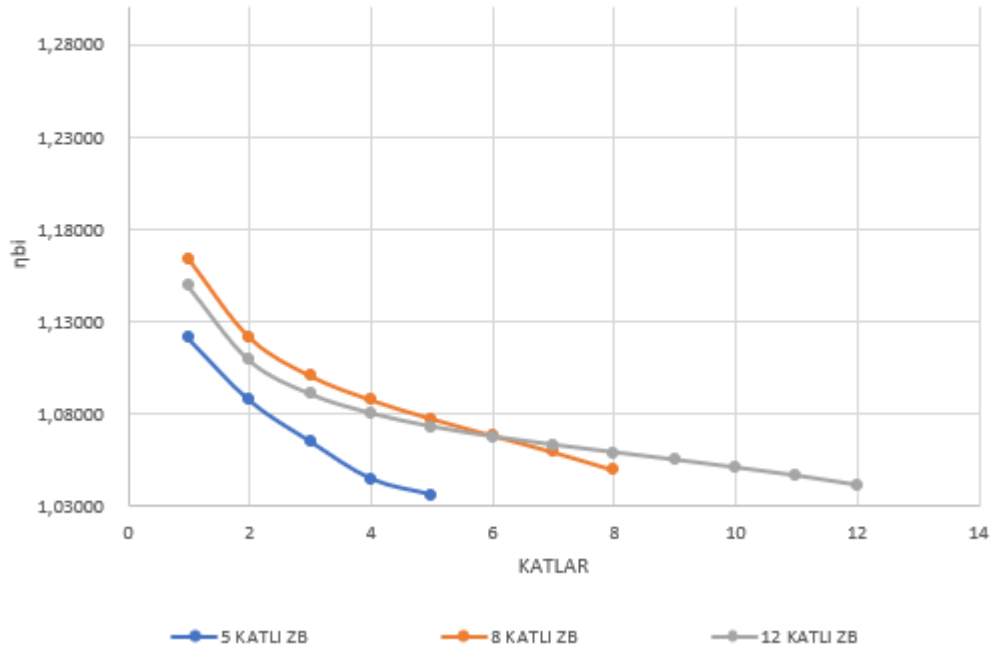
Grafik 10. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta i_{min}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZB ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{iMAX}$ )



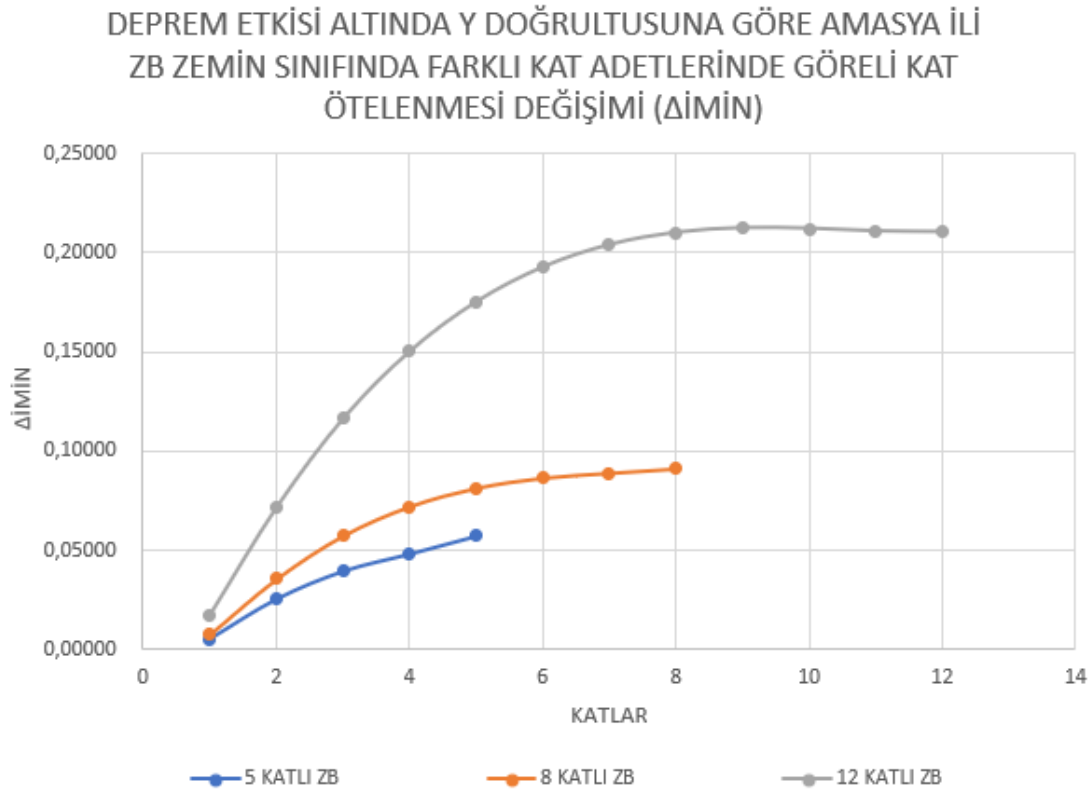
Grafik 11. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{iMAX}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZB ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



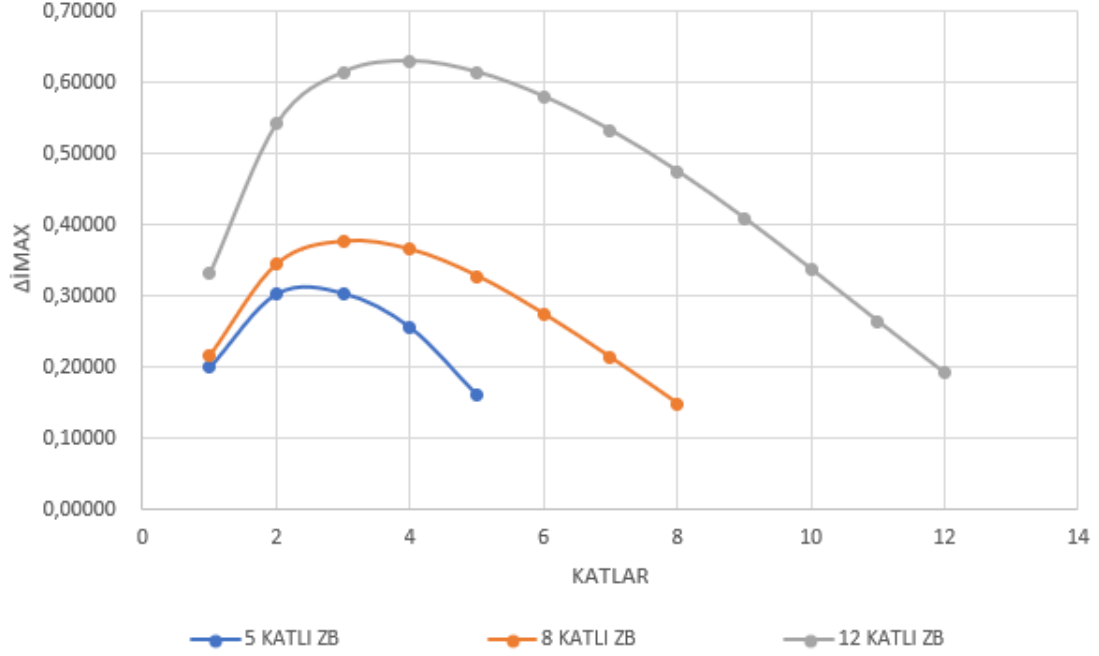
Grafik 12. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değışimi

Amasya ilinde ZB zemin sınıfına göre deprem etkisi altında X doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda 1,2' den küçük olup X doğrultusunda burulma düzensizliği görülmektedir.



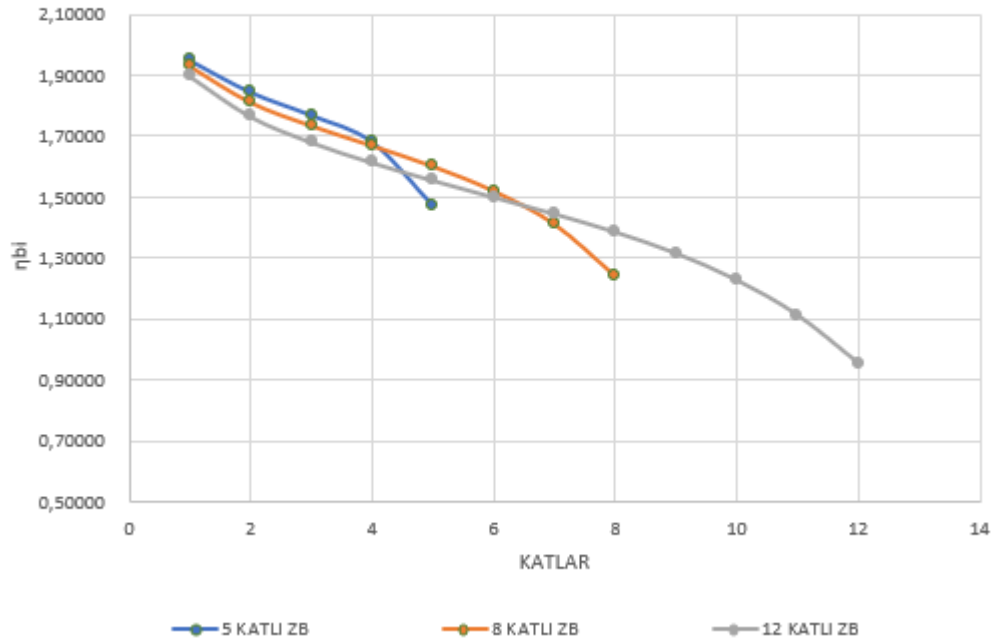
Grafik 13. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{im}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZB ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{iMAX}$ )



Grafik 14. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{iMAX}$ ) değışimi

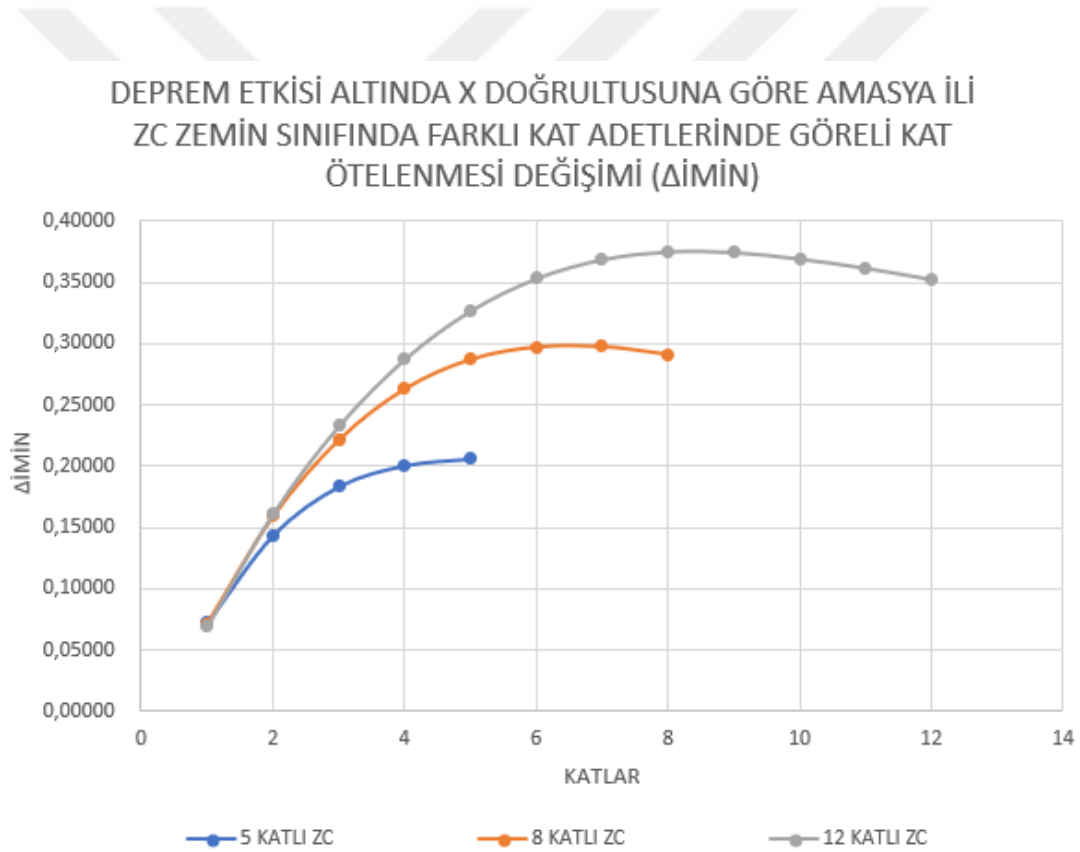
DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZB ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 15. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

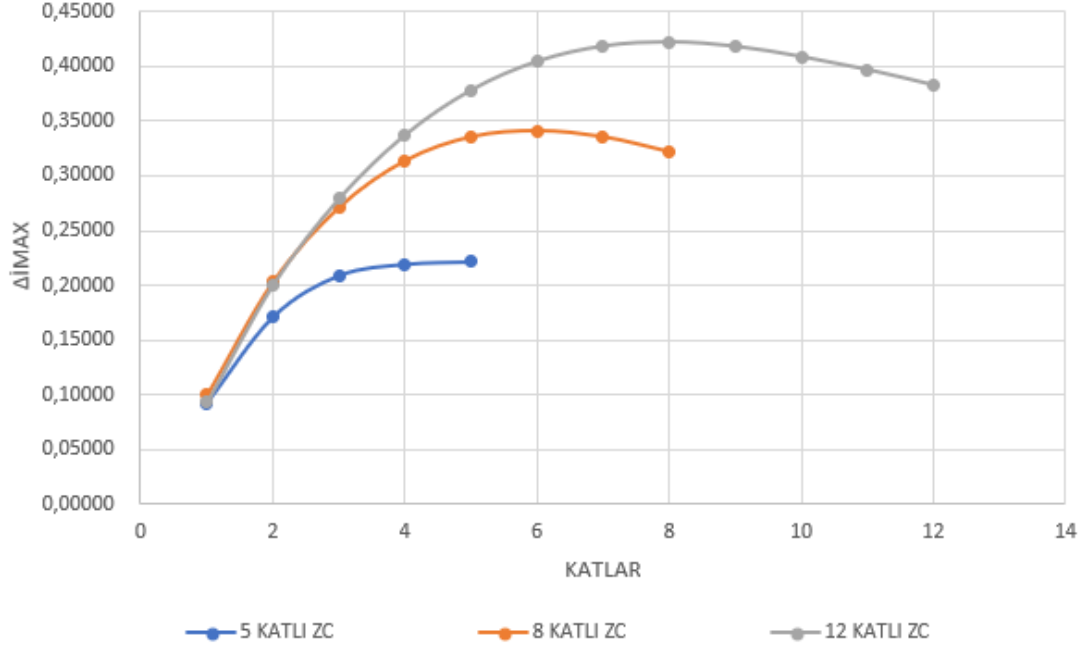
Amasya ilinde ZB zemin sınıfına göre deprem etkisi altında Y doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Burulma düzensizliği katsayısı ise belirli bir oran olup görelî kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağlıdır. Deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir. Kat adeti değişikliği ile burulma düzensizliği kat sayısında da ötelenmeye bağlı olarak değişiklik gözlenmiştir.

### 5.5.3. Amasya ili ZC zemin sınıfına göre farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimi



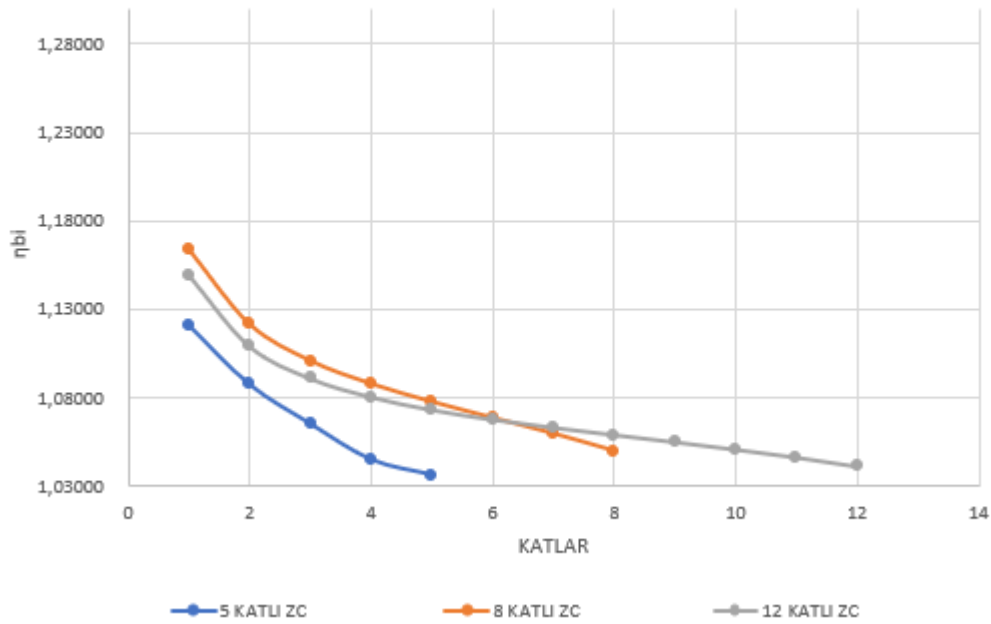
Grafik 16. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZC ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta i_{MAX}$ )



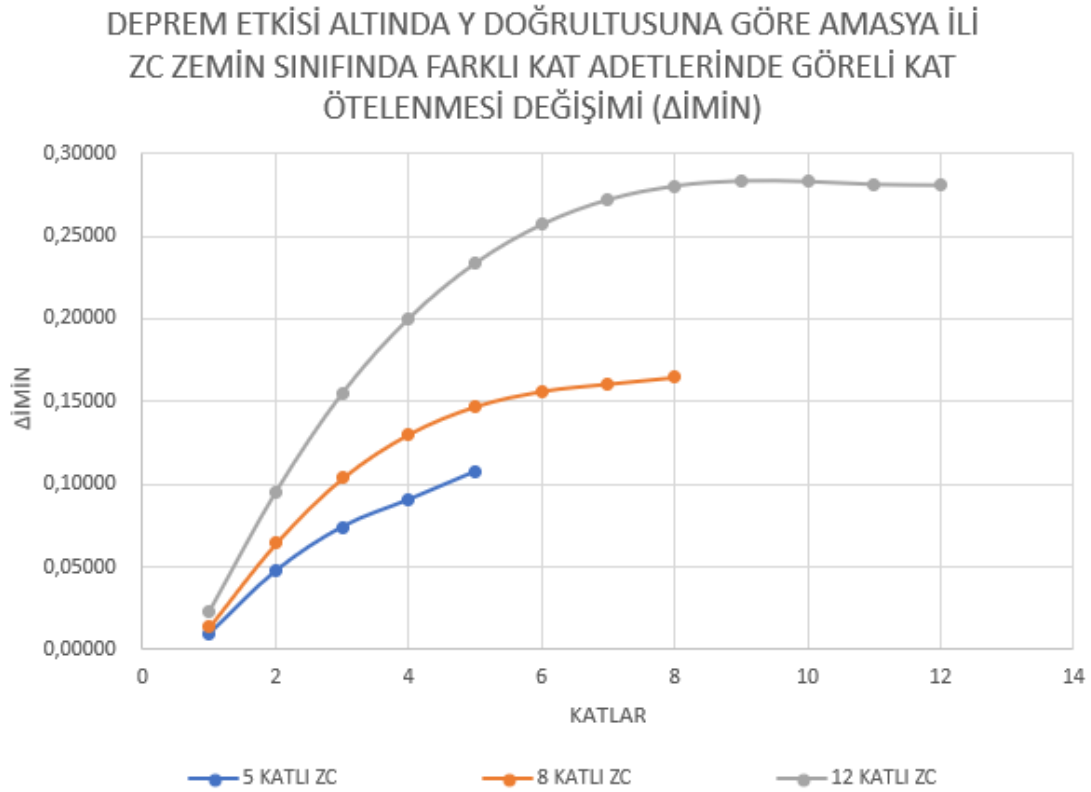
Grafik 17. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta i_{max}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZC ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 18. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

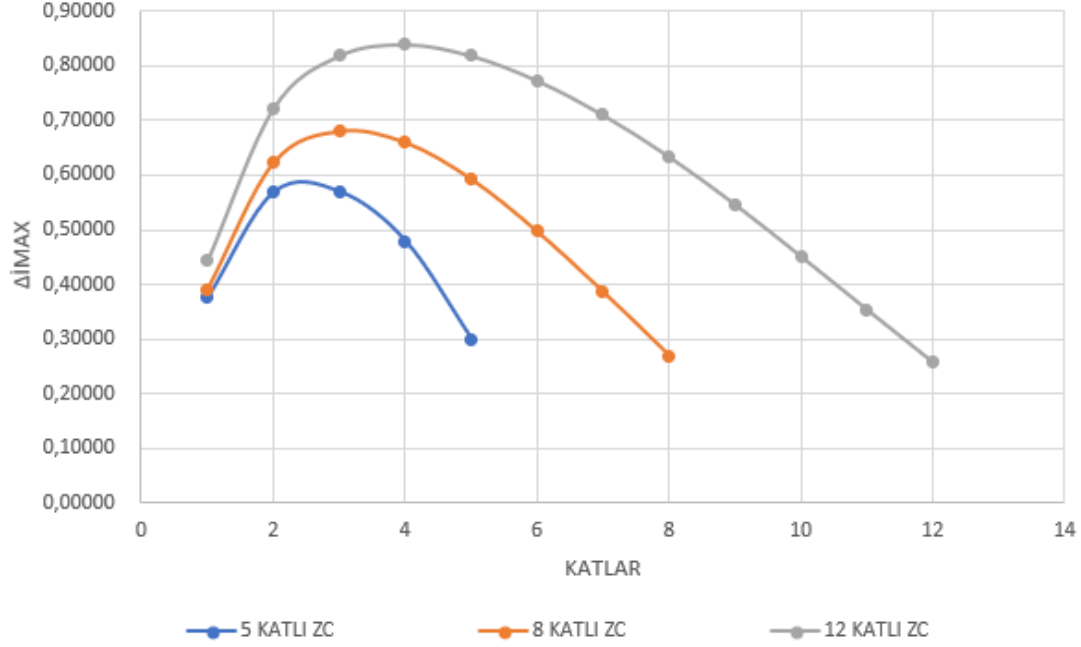
Amasya ilinde ZC zemin sınıfına göre deprem etkisi altında X doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda 1,2' den küçük olup X doğrultusunda burulma düzensizliği görülmemektedir.



Grafik 19. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{im}$ ) değişimi

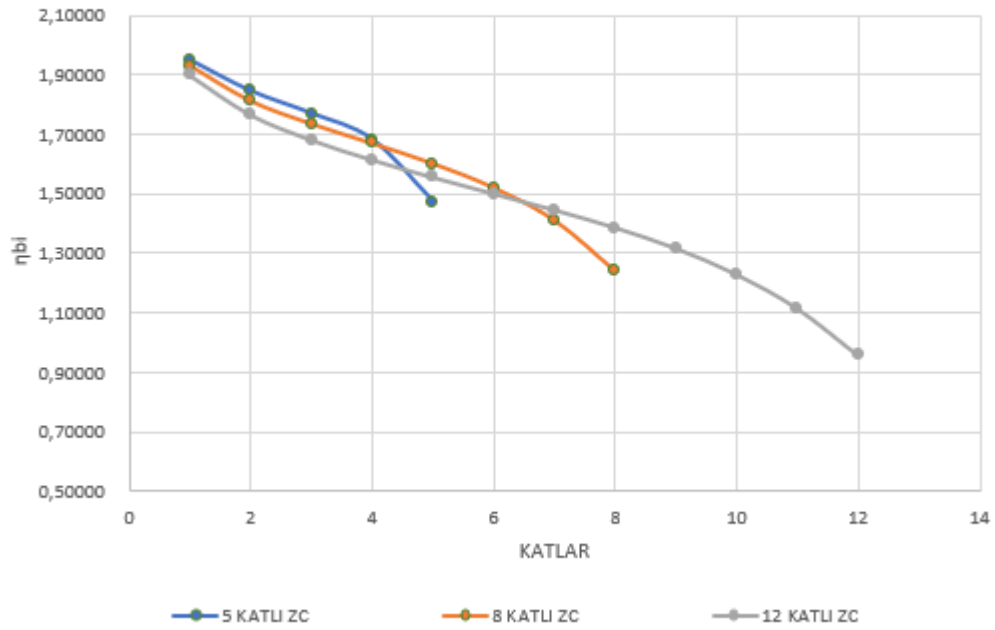


DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZC ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta i_{MAX}$ )



Grafik 20. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta i_{max}$ ) değışimi

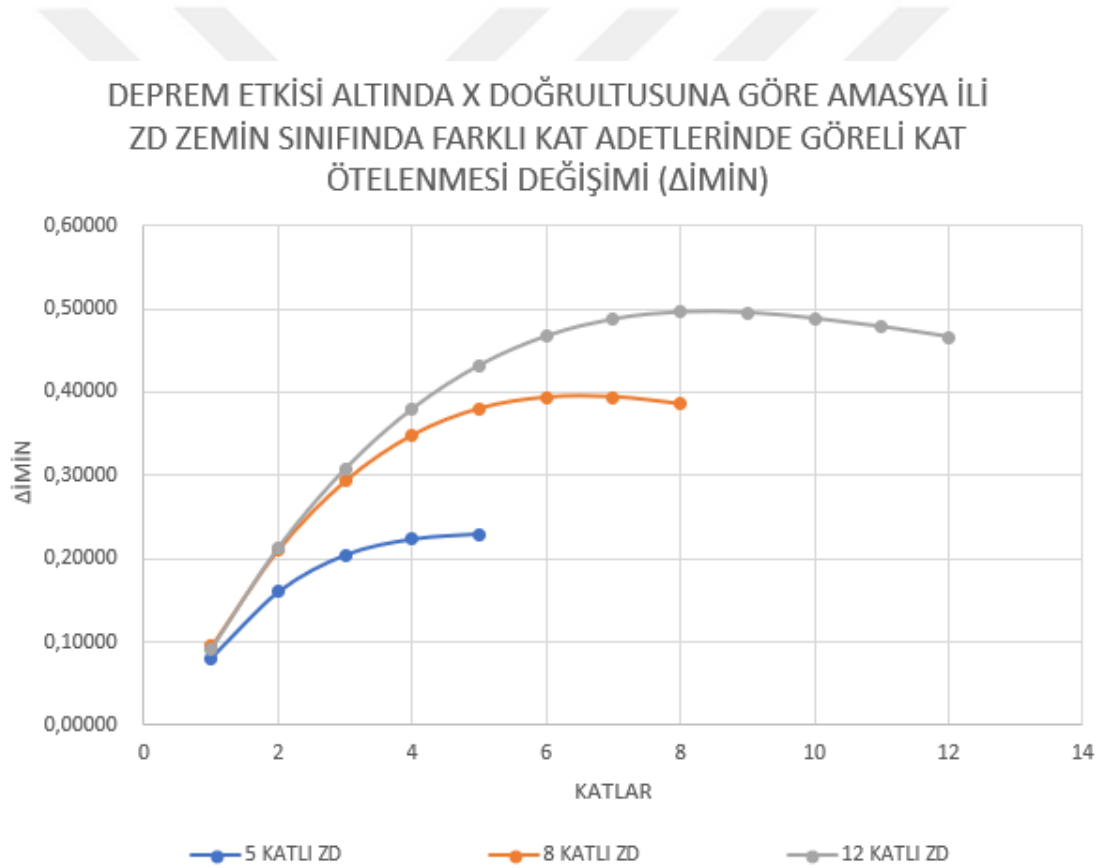
DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZC ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 21. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

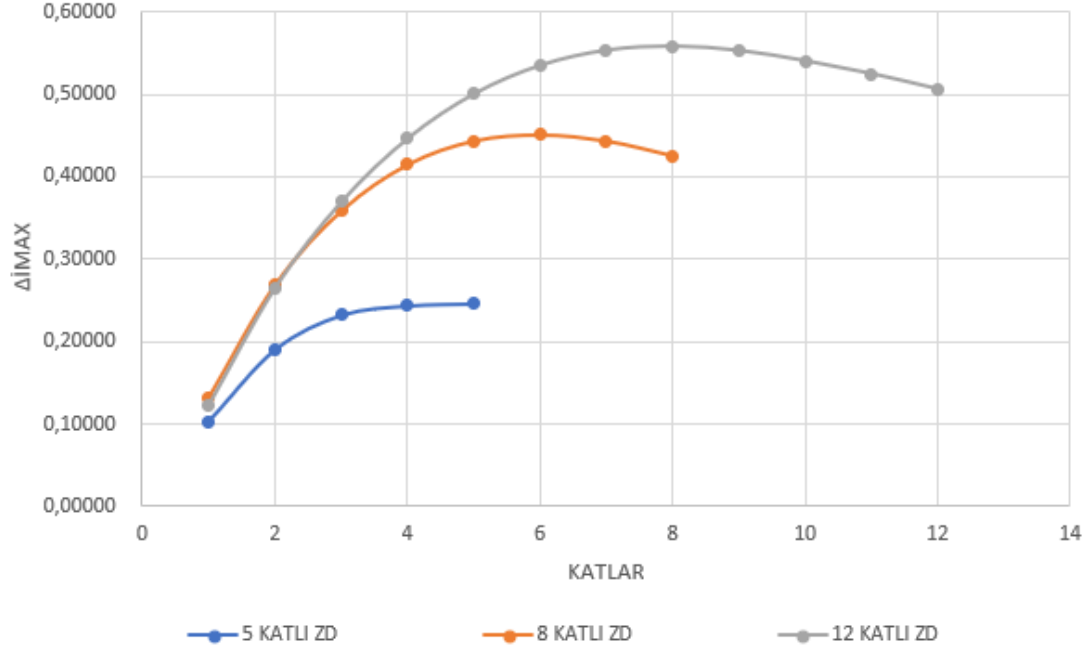
Amasya ilinde ZC zemin sınıfına göre deprem etkisi altında Y doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Burulma düzensizliği katsayısı ise belirli bir oran olup görelî kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağlıdır. Deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir. Kat adeti değişikliği ile burulma düzensizliği kat sayısında da ötelenmeye bağlı olarak değişiklik gözlenmiştir.

#### 5.5.4. Amasya ili ZD zemin sınıfına göre farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimi



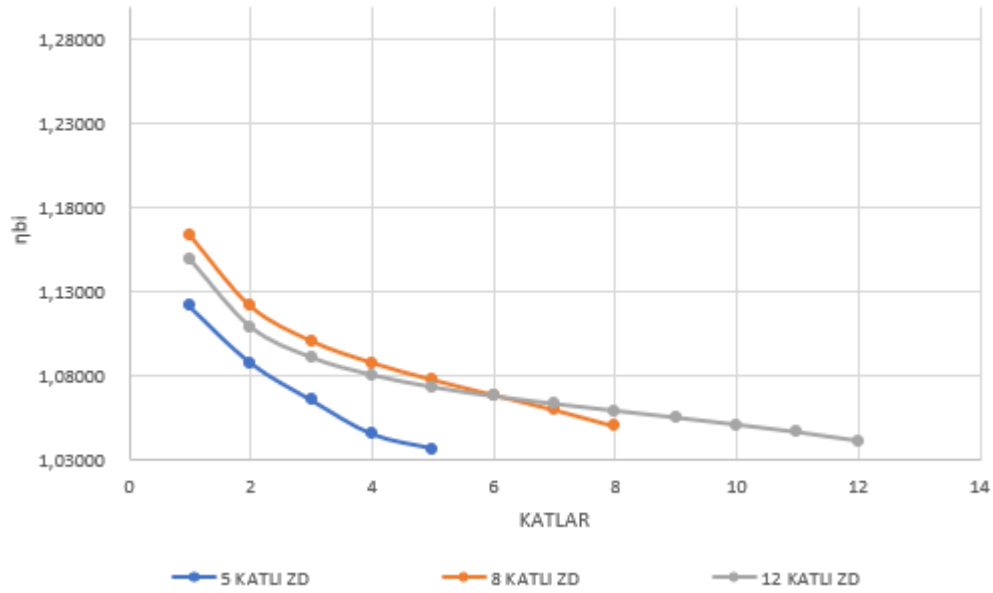
Grafik 22. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{im}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZD ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta i_{MAX}$ )



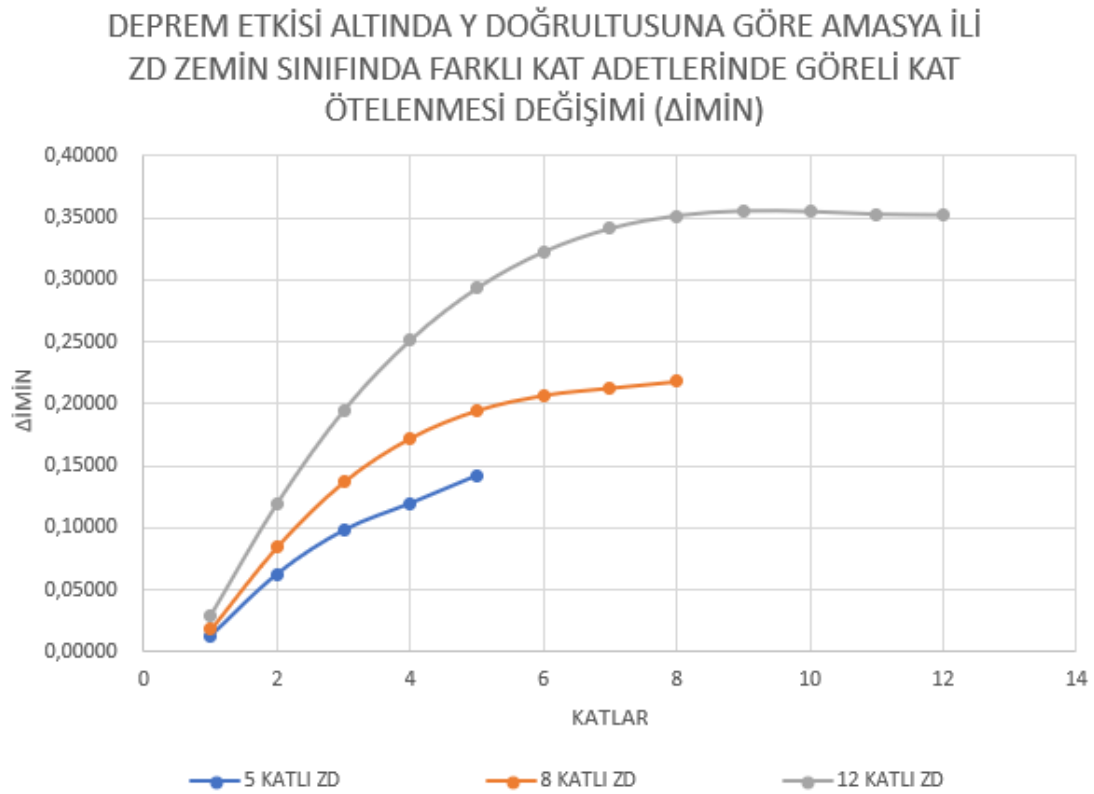
Grafik 23. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta i_{max}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZD ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



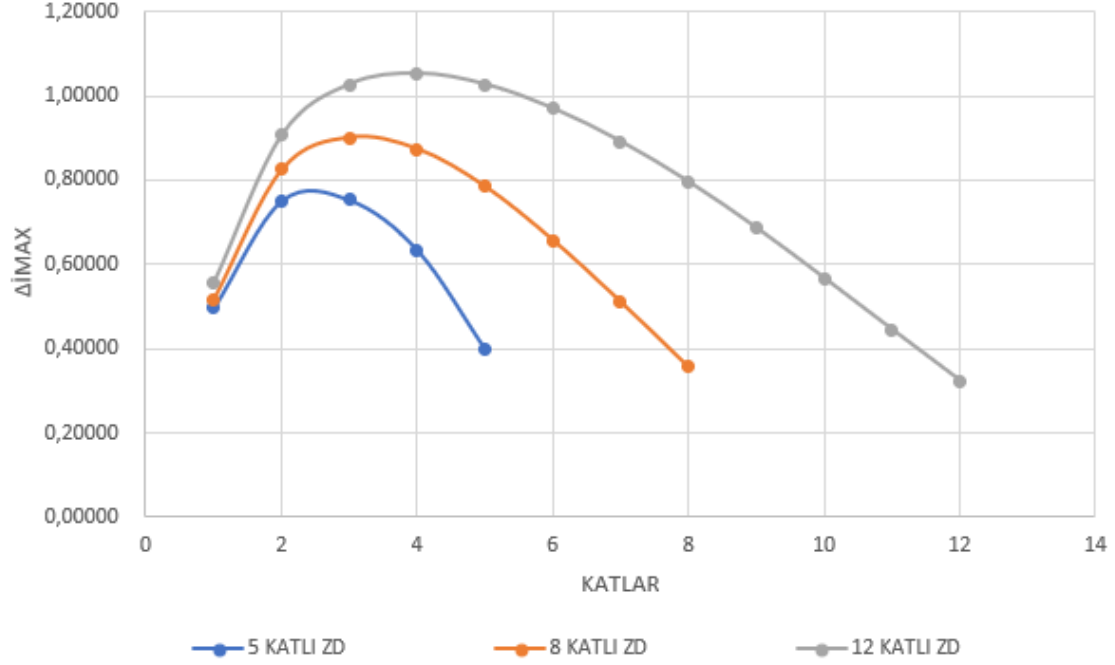
Grafik 24. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliğı katsayıları değışimi

Amasya ilinde ZD zemin sınıfına göre deprem etkisi altında X doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda 1,2' den küçük olup X doğrultusunda burulma düzensizliği görülmemektedir.



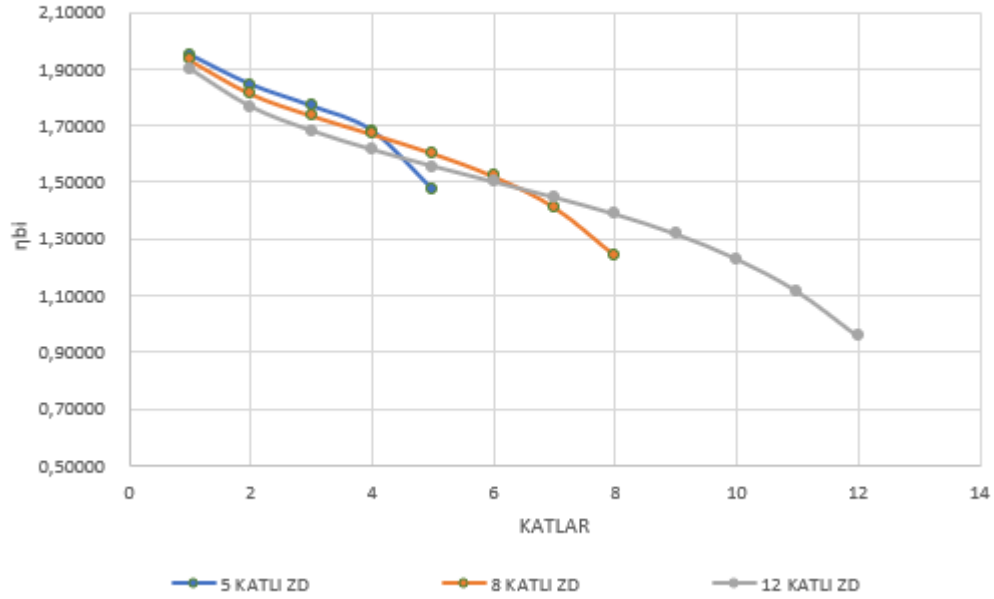
Grafik 25. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{im}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZD ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta I_{MAX}$ )



Grafik 26. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta I_{max}$ ) değışimi

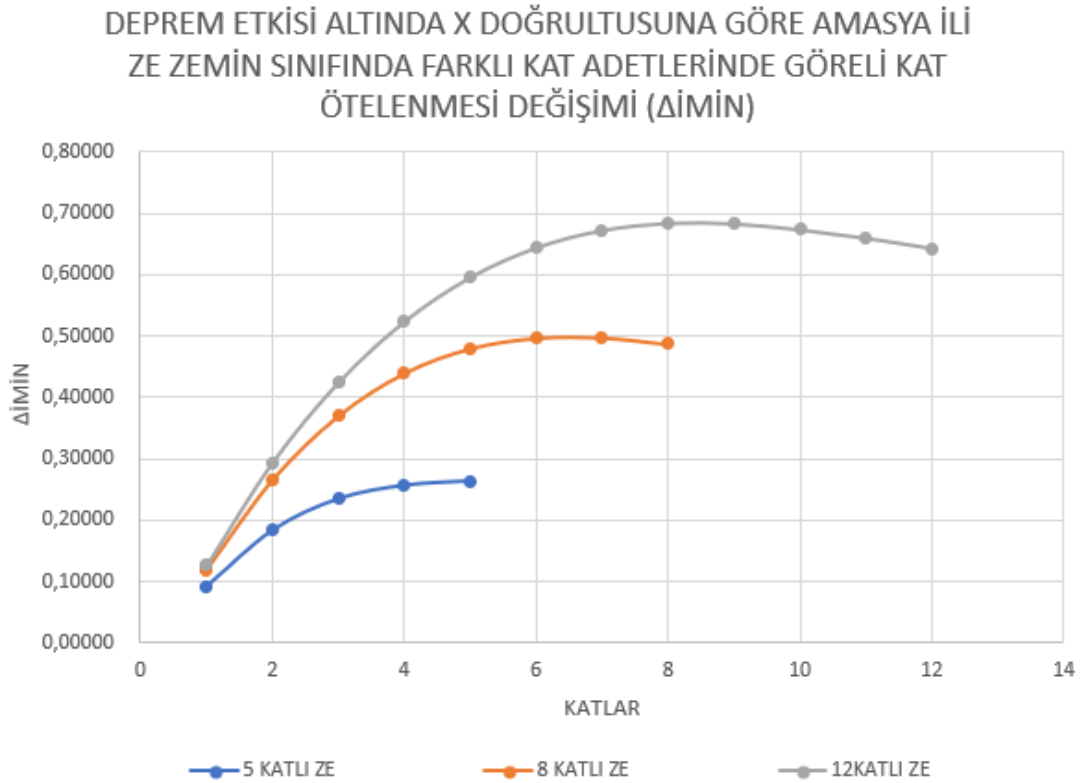
DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZD ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENİSİZLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 27. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

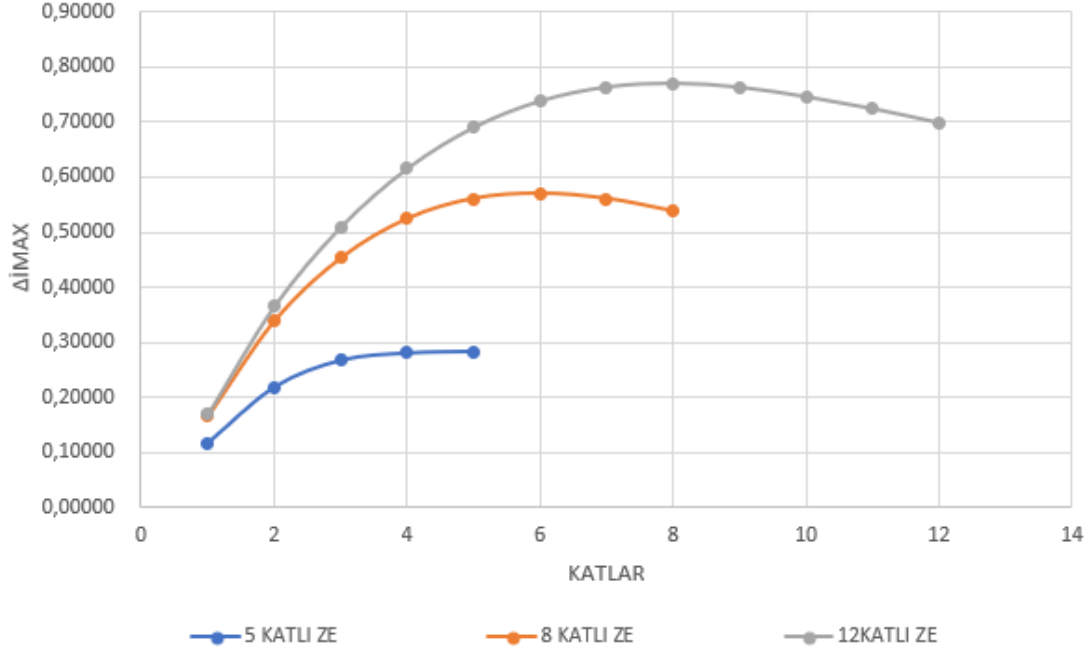
Amasya ilinde ZD zemin sınıfına göre deprem etkisi altında Y doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Burulma düzensizliği katsayısı ise belirli bir oran olup görelî kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağlıdır. Deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir. Kat adeti değişikliği ile burulma düzensizliği kat sayısında da ötelenmeye bağlı olarak değişiklik gözlenmiştir.

#### 5.5.5. Amasya ili ZE zemin sınıfına göre farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ve burulma düzensizliği katsayısı değişimi



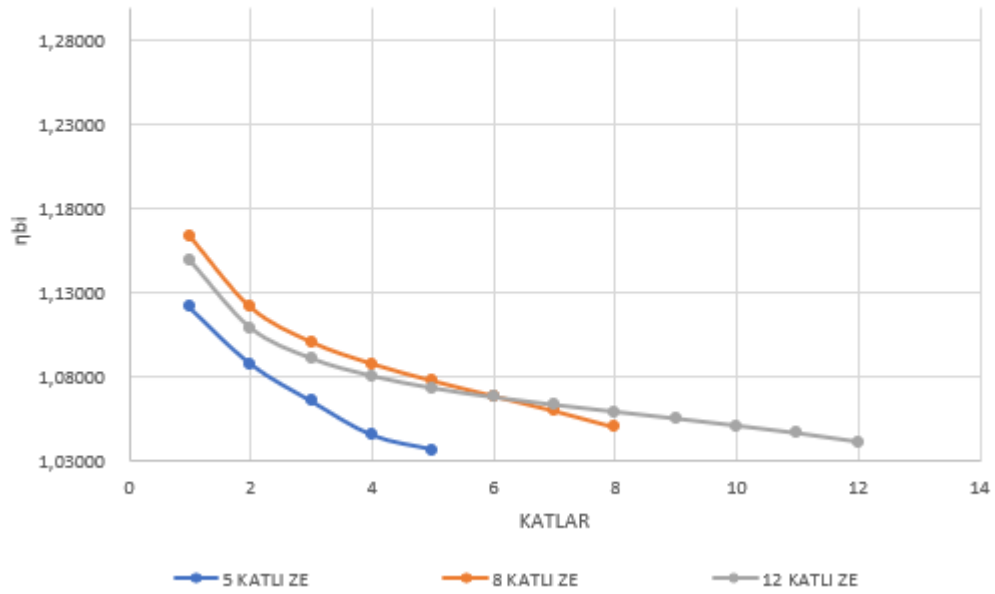
Grafik 28. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{imin}$ ) değişimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZE ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{\text{MAX}}$ )



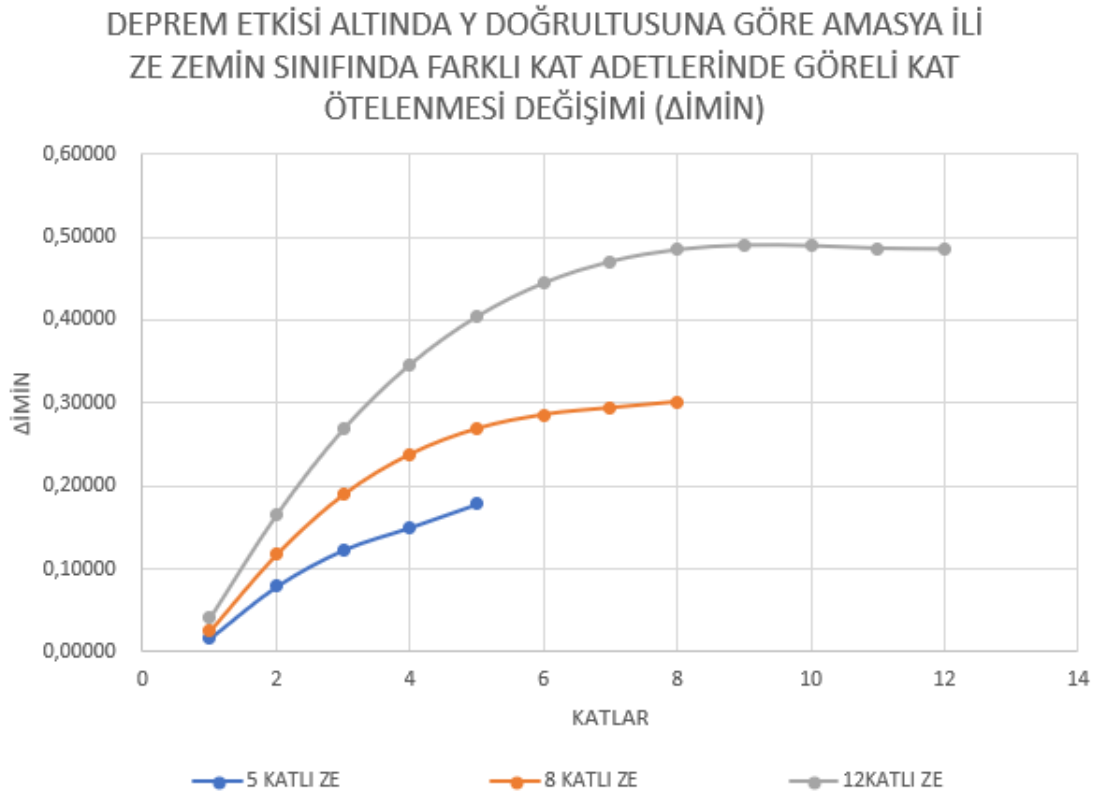
Grafik 29. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{\text{max}}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA X DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZE ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENLİLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 30. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

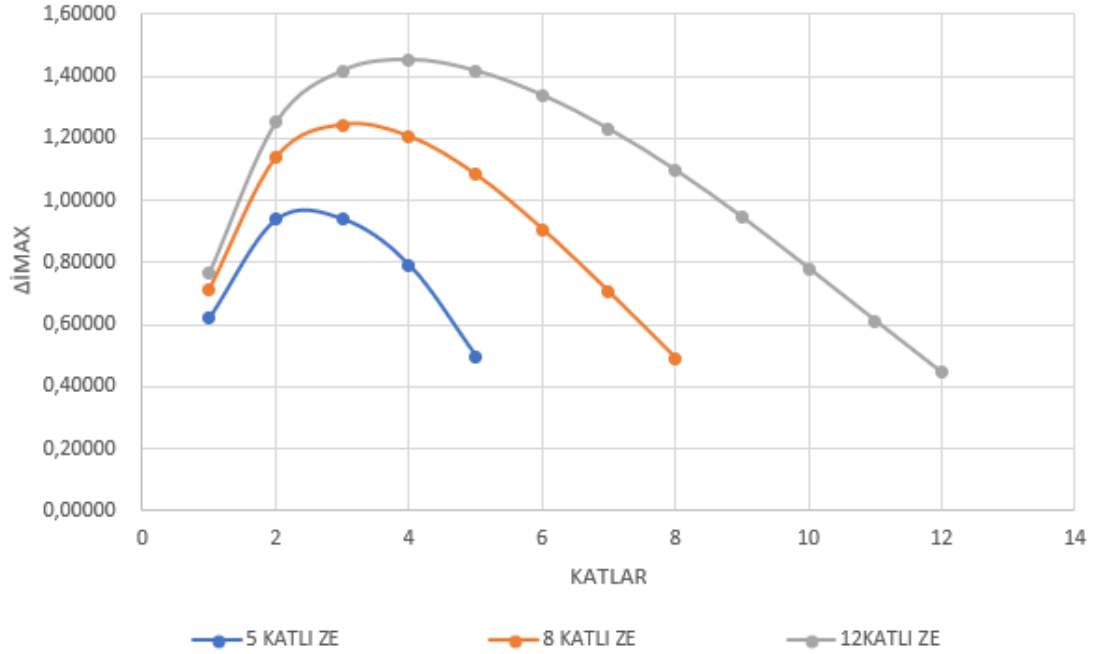
Amasya ilinde ZE zemin sınıfına göre deprem etkisi altında X doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görelî kat ötelenmeleri farklıdır. Maksimum kat ötelenmesinin ortalama kat ötelenmesine oranının 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği varlığı kabul edilir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda 1,2' den küçük olup X doğrultusunda burulma düzensizliği görülmemektedir.



Grafik 31. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{im}$ ) değişimi

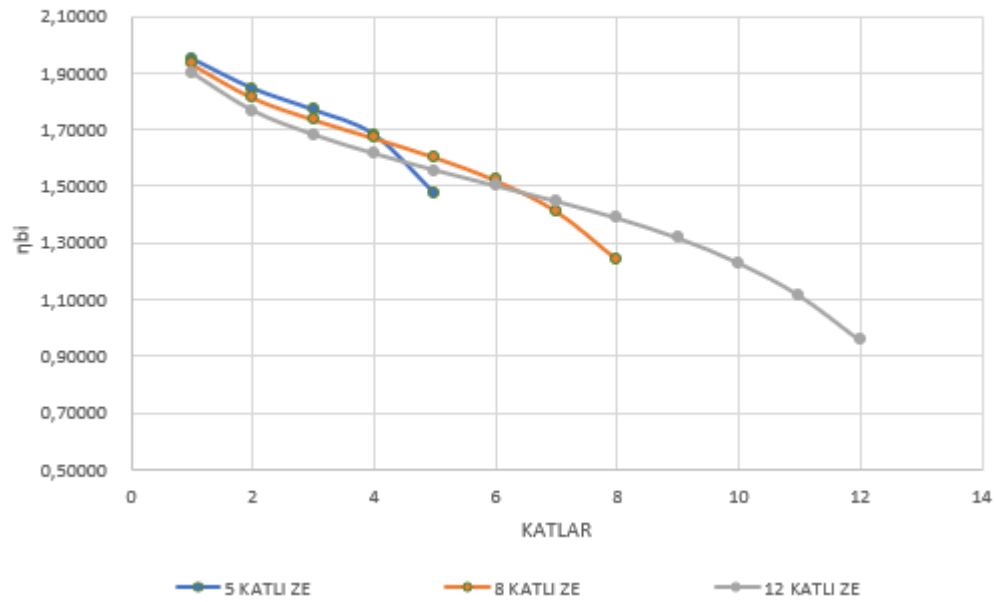


DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZE ZEMİN SINIFINDA FARKLI KAT ADETLERİNDE GÖRELİ KAT  
ÖTELENMESİ DEĞİŞİMİ ( $\Delta_{MAX}$ )



Grafik 32. Farklı kat adetlerinde görelî kat ötelenmesi ( $\Delta_{max}$ ) değışimi

DEPREM ETKİSİ ALTINDA Y DOĞRULTUSUNA GÖRE AMASYA İLİ  
ZE ZEMİN SINIFINDA OLAN BİR YAPININ FARKLI KAT ADETLERİNE  
GÖRE BURULMA DÜZENİSİZLİĞİ KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



Grafik 33. Farklı kat adetlerine göre burulma düzensizliği katsayıları değışimi

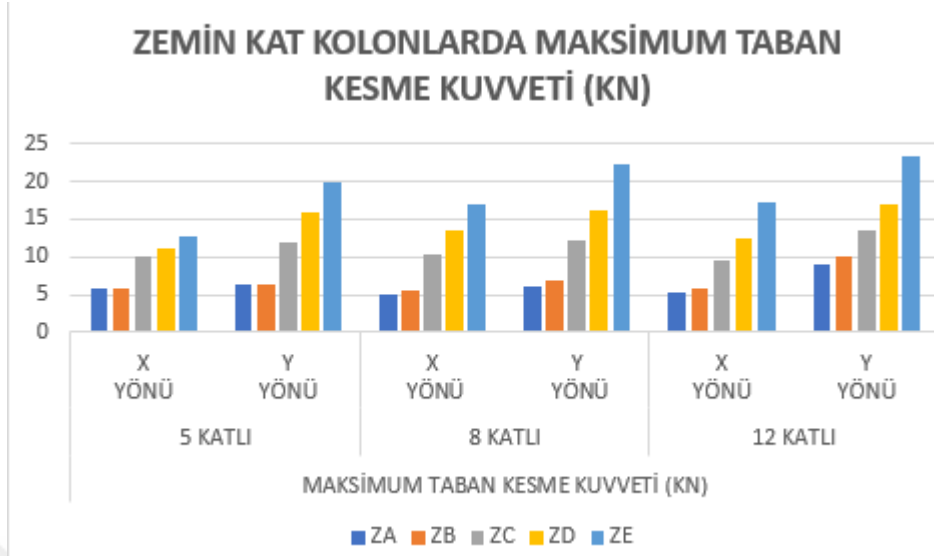
Amasya ilinde ZE zemin sınıfına göre deprem etkisi altında Y doğrultusunda oluşturulan tablolardan aldığımız verilere dayanarak her katta deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeler ve buna bağlı olarak görel kat ötelenmeleri farklıdır. Burulma düzensizliği katsayısı ise belirli bir oran olup görel kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağlıdır. Deprem etkisinde Y doğrultusunda ise her kattaki burulma düzensizliği katsayısı oranı 1,2'den büyük olup burulma düzensizliği bu doğrultuda görülmektedir. Kat adeti değişikliği ile burulma düzensizliği kat sayısında da ötelenmeye bağlı olarak değişiklik gözlenmiştir

#### 5.6.Kat Adetlerine ve Zemin Sınıfına Bağlı Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Yapılarda oluşan taban kesme kuvveti yapının tabanına doğru bir kuvvet oluşturur. Taban kesme kuvvetini belli parametrelerden etkilenir. Bu tez çalışmasında farklı zemin koşullarında ve farklı kat adetlerinde taban kesme kuvvetinde oluşan değişiklikler tablo ve grafikler halinde verilmiştir. 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda taban kesme kuvveti ve maksimum oluşan moment zemin katta incelenmiştir.

| ZEMİN KAT<br>KOLONLARDA  | MAKSİMUM TABAN KESME KUVVETİ (KN) |           |           |           |           |           |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                          | 5 KATLI                           |           | 8 KATLI   |           | 12 KATLI  |           |
| YEREL ZEMİN<br>SINIFLARI | X<br>YÖNÜ                         | Y<br>YÖNÜ | X<br>YÖNÜ | Y<br>YÖNÜ | X<br>YÖNÜ | Y<br>YÖNÜ |
| ZA                       | 5,77                              | 6,419     | 5,049     | 5,983     | 5,166     | 9,046     |
| ZB                       | 5,77                              | 6,419     | 5,452     | 6,763     | 5,812     | 10,176    |
| ZC                       | 9,945                             | 12,035    | 10,223    | 12,226    | 9,42      | 13,569    |
| ZD                       | 11,069                            | 15,919    | 13,521    | 16,171    | 12,46     | 17,017    |
| ZE                       | 12,73                             | 19,918    | 17,082    | 22,3      | 17,182    | 23,466    |

Tablo 15. Maksimum Taban Kesme Kuvveti

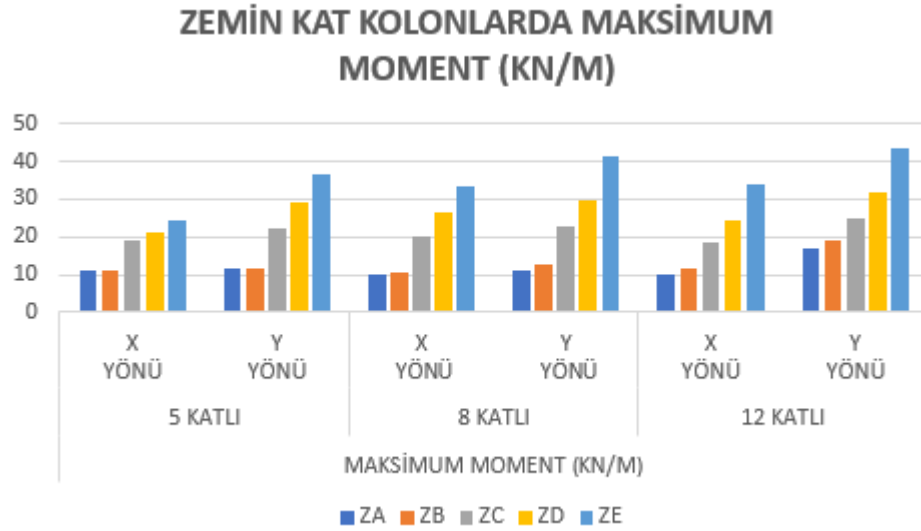


Grafik 34. Maksimum Taban Kesme Kuvveti

Zemin kattaki kolonlardan elde edilen sonuca göre maksimum taban kesme kuvveti 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda aynı aks üzerinde oluşmuş olup X yönünde C, Y yönünde 4 aksıdır. Tablolardan alınan bilgilere göre farklı zemin sınıflarında taban kesme kuvveti farklılık göstermiştir. ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru X ve Y yönlerinde artış gözlemlenmiştir. Kat adetlerine göre de 5 katlıdan 12 katlıya doğru X ve Y yönlerinde taban kesme kuvvetinde artışlar görülmektedir.

| ZEMİN KAT KOLONLARDA  | MAKSİMUM MOMENT (KN/M) |         |         |         |          |         |
|-----------------------|------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
|                       | 5 KATLI                |         | 8 KATLI |         | 12 KATLI |         |
| YEREL ZEMİN SINIFLARI | X YÖNÜ                 | Y YÖNÜ  | X YÖNÜ  | Y YÖNÜ  | X YÖNÜ   | Y YÖNÜ  |
| ZA                    | 11,0258                | 11,7941 | 9,8177  | 11,0775 | 10,1563  | 16,7689 |
| ZB                    | 11,0258                | 11,7941 | 10,6003 | 12,523  | 11,4258  | 18,865  |
| ZC                    | 19,0039                | 22,1139 | 19,8756 | 22,6392 | 18,518   | 25,1533 |
| ZD                    | 21,152                 | 29,2494 | 26,2888 | 29,9441 | 24,4931  | 31,5451 |
| ZE                    | 24,3265                | 36,5974 | 33,2128 | 41,2939 | 33,7768  | 43,5017 |

Tablo 16. Maksimum Moment



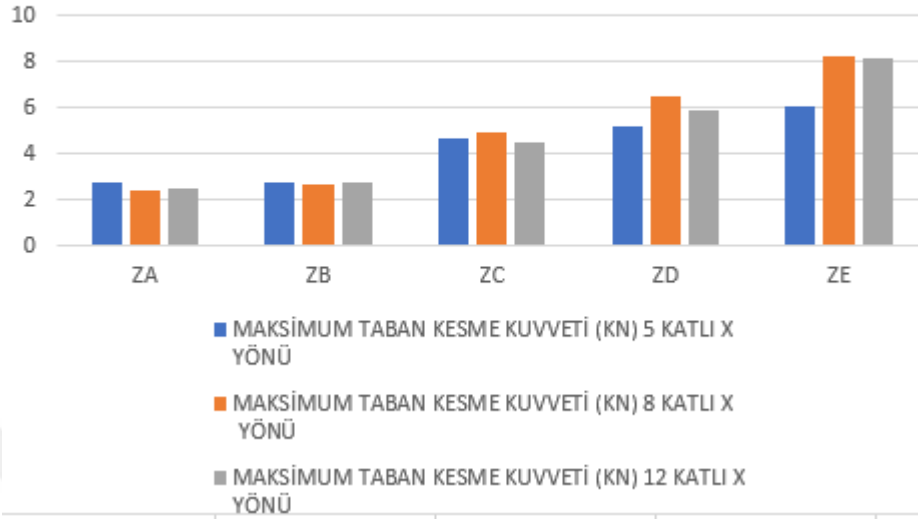
Grafik 35. Maksimum Moment

Zemin kattaki kolonlardan elde edilen sonuca göre maksimum moment 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda aynı aks üzerinde oluşmuş olup X yönünde F, Y yönünde 1 aksıdır. Tablolardan alınan bilgilere göre farklı zemin sınıflarında maksimum moment farklılık göstermiştir. ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru X ve Y yönlerinde artış gözlemlenmiştir. Kat adetlerine göre de 5 katlıdan 12 katlıya doğru X ve Y yönlerinde maksimum moment de artışlar görülmektedir.

| ZEMİN KAT<br>PERDELERDE  | MAKSİMUM TABAN KESME KUVVETİ (KN) |           |           |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|                          | 5 KATLI                           | 8 KATLI   | 12 KATLI  |
| YEREL ZEMİN<br>SINIFLARI | X<br>YÖNÜ                         | X<br>YÖNÜ | X<br>YÖNÜ |
| ZA                       | 2,73                              | 2,43      | 2,45      |
| ZB                       | 2,73                              | 2,63      | 2,76      |
| ZC                       | 4,7                               | 4,93      | 4,47      |
| ZD                       | 5,23                              | 6,52      | 5,91      |
| ZE                       | 6,02                              | 8,23      | 8,15      |

Tablo 17. Maksimum Taban Kesme Kuvveti

### ZEMİN KAT PERDELERDE TABAN KESME KUVVETİ (KN)



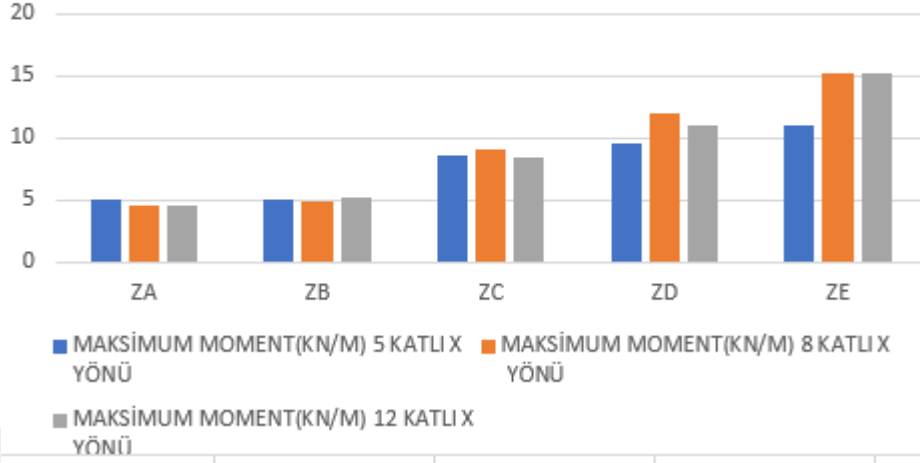
Grafik 36. Maksimum Taban Kesme Kuvveti

Zemin kattaki perdelerden elde edilen sonuca göre maksimum taban kesme kuvveti 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda aynı aks üzerinde oluşmuş olup X yönünde B, Y yönünde 4 aksıdır. Tablolardan alınan bilgilere göre farklı zemin sınıflarında taban kesme kuvveti farklılık göstermiştir. ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru X ve Y yönlerinde artış gözlemlenmiştir. Kat adetlerine göre de 5 katlıdan 12 katlıya doğru X ve Y yönlerinde taban kesme kuvvetinde artışlar görülmektedir.

| ZEMİN KAT<br>PERDELERDE  | MAKSİMUM MOMENT(KN/M) |           |           |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                          | 5 KATLI               | 8 KATLI   | 12 KATLI  |
| YEREL ZEMİN<br>SINIFLARI | X<br>YÖNÜ             | X<br>YÖNÜ | X<br>YÖNÜ |
| ZA                       | 4,9511                | 4,4849    | 4,5834    |
| ZB                       | 4,9511                | 4,8426    | 5,1564    |
| ZC                       | 8,5337                | 9,0798    | 8,357     |
| ZD                       | 9,4983                | 12,0096   | 11,0535   |
| ZE                       | 10,9238               | 15,1727   | 15,2431   |

Tablo 18. Maksimum Moment

### ZEMİN KAT PERDELERDE MAKSİMUM MOMENT (KN/M)



Grafik 37. Maksimum Moment

Zemin kattaki perdelerden elde edilen sonuca göre maksimum moment 5 katlı, 8 katlı ve 12 katlı yapılarda aynı aks üzerinde oluşmuş olup X yönünde B, Y yönünde 4 aksıdır. Tablolardan alınan bilgilere göre farklı zemin sınıflarında maksimum moment farklılık göstermiştir. ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru X ve Y yönlerinde artış gözlemlenmiştir. Kat adetlerine göre de 5 katlıdan 12 katlıya doğru X ve Y yönlerinde maksimum moment de artışlar görülmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı sistemlerinde düzensizlik türlerinden burulma düzensizliğini etkileyen faktörlerin incelenmesi amacıyla hazırlanan bu çalışmada, geometrik ve rijitlik özellikleri aynı olan bir yapıda farklı kat adetlerinde ve farklı zemin bölgelerinde burulma düzensizliği katsayısının ve göreceli kat ötelenmesinin değişim durumunun incelenmesi idi. Belirlenen betonarme çerçeve sistem üzerine SAP2000 programı kullanılarak modelleme ve analiz gerçekleştirilmiştir. Günümüzde yürürlükte olan deprem yönetmeliği TBDY-2018 esas alınıp binaların performansları için değerlere uygun olarak incelenmiştir.

Her bir yapının analizi sonucunda göreceli kat ötelenmeleri hesaplanmış, burulma düzensizliği katsayısı bulunmuştur. Tablolar incelendiğinde deprem etkisi altında y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı 1,2 aşmıştır. Bu durum burulmaya sebep olmuştur. Deprem kuvvetleri yapılarda kütlelerin merkezine doğru etki etmektedir. Kütle ve rijitlik

merkezlerinin çakışmadığından dolayı dış merkezlikten ötürü yapı rijitlik merkezinde dönme hareketi yapar ve böylelikle burulma momenti oluşur. Görelî kat ötelenmeleri üst katlarda daha büyük değerler almıştır ve böylelikle burulma artmaktadır. Fakat burulma düzensizliği katsayısı zemin katta daha fazla değer aldığı görülmüştür. Bu durumda burulma düzensizliği katsayısının görelî kat ötelenmelerinden ziyade ötelenmelere bağılı olduğunu belirtmektedir. Farklı kat adetlerinden alınan sonuca göre de kat sayısı artıkça ortalama görelî kat ötelenmesinin minimum ve maksimum değerlerinin yer değiştirmeye bağılı olarak artığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında farklı zemin koşullarında ve farklı kat adetlerinde taban kesme kuvvetinde değişikliklerde incelenmiş olup ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru taban kesme kuvvetinin artığı görülmektedir. Kat sayısı artıkça da aynı durum gerçekleşmektedir.

Yapılan çalışmanın en önemli sonucu ise geometrik ve rijitlik özellikleri aynı olduğu için farklı kat adetlerinde veya farklı zemin sınıflarında statik ve dinamik yüklemelerin değişkenlik göstermemesi burulma katsayısında çok büyük değişiklik oluşturmamıştır. Burulma düzensizliği kat sayısı bir oran olup yapının tasarım aşamasındaki plan ve geometrisine bağılıdır.

## 7-KAYNAKLAR

- Balta, H. (2020). Betonarme binaların burulma düzensizliği dikkate alınarak doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya. (6)
- Burak, Y. Ö. N., Öncü, M. E., & Sayın, E.(2010). Binalardaki burulma düzensizliğinin farklı zemin sınıflarına göre değerlendirilmesi. Celal Bayar University Journal Of Science, 6(1), 19-32.(5)
- Çetin, K., Demir, A., & Altıok, T. Y.(2020). 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre yerel zemin sınıflarının yapılardaki burulma düzensizliğine etkisi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 282-290. (1)
- Erdem, H. (2016). Burulma düzensizliğinin betonarme yapı davranışına etkileri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 459-468.(2)
- Nasıroğlu, S. (2018). Farklı zemin kat yüksekliklerinde yerleştirilen perde duvarların yerinin burulma düzensizliğine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elâzığ. (4)
- Özmen, G.(2004). Çok katlı yapılarda aşırı burulma düzensizliği. Teknik Dergi, 15(71).(7)
- Sandıkçı, T. (2014). Bina türü betonarme bir yapıda yumuşak kat ve burulma düzensizliği ilişkisinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.(8)
- Sezer, E. (2006). Yapı sistemlerinde burulma düzensizliğini etkileyen parametrelerin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak. (3)
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Ankara.
- Yorulmaz, A. M. (2018). Betonarme yapılarda a1 düzensizlik durumunun değişik deprem bölgelerinde araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), KTO Karatay Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya. (9)



