



**KTO KARATAY
ÜNİVERSİTESİ**

T.C.

**KTO Karatay Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**BETONARME YAPILARDA A1 DÜZENSİZLİK DURUMUNUN
DEĞİŞİK DEPREM BÖLGELERİNDE ARAŞTIRILMASI**

Ahmet Mesut YORULMAZ

KONYA

HAZİRAN 2018

**BETONARME YAPILARDA A1 DÜZENSİZLİK DURUMUNUN DEĞİŞİK
DEPREM BÖLGELERİNDE ARAŞTIRILMASI**

Ahmet Mesut YORULMAZ

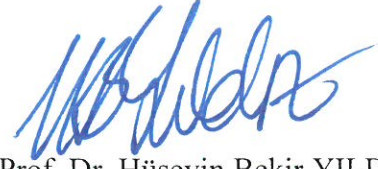
KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

HAZİRAN, 2018

KONYA

Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.

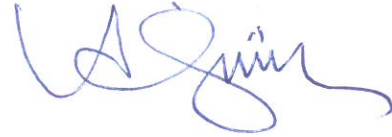
Bu tezli yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Doç. Dr. Atilla ÖZÜTOK
Anabilim Dalı Başkanı

Ahmet Mesut YORULMAZ tarafından hazırlanan BETONARME YAPILARDA A1 DÜZENSİZLİK DURUMUNUN DEĞİŞİK DEPREM BÖLGELERİNDE ARAŞTIRILMASI başlıklı bu çalışma 19.06.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN
Tez Danışmanı

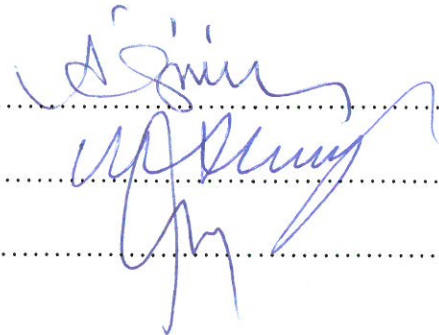


Jüri Üyeleri

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi M. Alpaslan KÖROĞLU

Üye: Dr. Öğr. Üyesi S. Kamil AKIN



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

19.06.2018

Ahmet Mesut YORULMAZ

ÖZET

BETONARME YAPILARDA A1 DÜZENSİZLİK DURUMUNUN DEĞİŞİK DEPREM BÖLGELERİNDE ARAŞTIRILMASI

YORULMAZ, Ahmet Mesut

Yüksek Lisans-İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN

Haziran 2018

Ülkemizdeki bina hasarlarının çoğunluğu deprem nedeniyle oluşmaktadır. Bu hasarları meydana getiren deprem kuvvetlerinin büyüklüğünde ise bildiğimiz gibi yapının özellikleri belirleyici olmaktadır. Bu yüzden tasarım aşamasında taşıyıcı sistem seçimi büyük önem arz etmektedir. Yapıda bulunacak herhangi bir düzensizlik durumunda yük aktarımı güvenli bir şekilde sağlanamayacaktır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte (DBYBHY-2007), ilgili düzensizlikler iki ayrı grupta incelenmektedir. Bunlardan A grubu, planda düzensizlikleri göstermekte iken; B grubu ise düşeyde düzensizlikleri temsil etmektedir.

Planda düzensizlik durumları, A1 Burulma düzensizliği; A2 Döşeme Süreksizlikleri; ve A3 Planda çıkıntılar bulunması şeklindedir.

Bu çalışmada ise betonarme yapılarda A1 düzensizlik durumu değişik deprem bölgeleri için incelenmiştir. Çalışmadaki amaç burulma düzensizliği katsayısının farklı deprem bölgelerinde değişimini görmektir.

Sonuç olarak, geometrik ve rijitlik özellikleri aynı olan tipik bir binada, burulma düzensizliği katsayısının farklı deprem bölgeleri için değişmediği görülmüştür. Ayrıca, bir kez daha perde elemanlarının plandaki konumunun önemine dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Burulma düzensizliği, Betonarme yapı, Yapısal davranış

ABSTRACT

INVESTIGATION OF A1 IRREGULARITY IN REINFORCED CONCRETE FOR DIFFERENT EARTHQUAKE ZONE

Yorulmaz, Ahmet Mesut

M. Sc. Civil Engineering

Ass. Prof. Dr. Abdülkerim İLGÜN

June 2018

The majority of damages to the building in country are resulted from earthquake. As we know, the properties of structure are determinant in the magnitude of earthquake that causes these damages. Therefore, the choice of structural system in the design phase is of great importance. In case of any irregularity in the structure, the load transfer shall not be provided safely.

Related irregularities are examined into two different groups in the DBYBHY-2007. The Group A from them shows irregularities in the plan; while the Group B shows vertical irregularities.

Irregularity states in the plan are A1 torsional irregularities; A2 flooring discontinuities; A3 overhang in the plan.

In this study, the situation of A1 irregularity in reinforced concrete structures was investigated for different earthquake zones. The aim of the study is to understand the change of torsional irregularity coefficient in different earthquake zones.

In conclusion, it is seen that, in a typical building having the same geometrical and rigidity properties, the torsional irregularity coefficient did not change for different seismic zones. Furthermore, once again, the location of shear wall was pointed out.

Keywords: Torsional irregularity, Reinforced concrete structure, Structural behaviour

TEŞEKKÜR

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında gerçekteőtirilen bu yüksek lisans çalıőmasında burulma düzensizliği katsayısı farklı deprem bölgeleri için incelenmiştir.

Bu tez çalıőması süresince her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danıőman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN'e teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca hep yanımda olan değerli aileme őükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiv
SEMBOL LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
1. 1. Konuya Giriş	1
1. 2. Konuyla İlgili Çalışmalar	1
1. 3. Amaç ve Kapsam	3
2. PLANDA DÜZENSİZLİK TÜRLERİ	4
2. 1. A1 Burulma Düzensizliği	4
2. 2. A2 Döşeme Süreksizlikleri	4
2. 3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması	5
3. A1 BURULMA DÜZENSİZLİĞİ	7
3. 1. Burulma Düzensizliği Hesabı	8
3. 2. Plan Geometrisi ve Rijitlik Dağılımın Burulmaya Etkisi	10
3. 3. Burulma Momentine Maruz Kalmış Yapı Örnekleri	14
4. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ VE MOMENTİNİN İNCELENMESİ	16
4. 1. İncelenen Yapı Tipi	16
4. 2. İncelenen Yapının Dinamik Analiz Sonuçları	29
4. 3. İncelenen Yapıda Bulunan Burulma Düzensizliği İçin Çözüm Önerisi ve Sonuçları	40

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	51



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4. 1. Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	18
Çizelge 4. 2. Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	19
Çizelge 4. 3. Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	19
Çizelge 4. 4. Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	20
Çizelge 4. 5. Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	20
Çizelge 4. 6. Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	21
Çizelge 4. 7. Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	21
Çizelge 4. 8. Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	22
Çizelge 4. 9. Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	24
Çizelge 4. 10. Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	25
Çizelge 4. 11. Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	25
Çizelge 4. 12. Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	26
Çizelge 4. 13. Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	26
Çizelge 4. 14. Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	27
Çizelge 4. 15. Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	27
Çizelge 4. 16. Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	28
Çizelge 4. 17. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	30
Çizelge 4. 18. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	30
Çizelge 4. 19. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	31
Çizelge 4. 20. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	31
Çizelge 4. 21. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	32
Çizelge 4. 22. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	32

Çizelge 4. 23. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	33
Çizelge 4. 24. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	33
Çizelge 4. 25. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	35
Çizelge 4. 26. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	35
Çizelge 4. 27. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	36
Çizelge 4. 28. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	36
Çizelge 4. 29. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	37
Çizelge 4. 30. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	37
Çizelge 4. 31. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri	38
Çizelge 4. 32. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri	38
Çizelge 4. 33. Düzeltilmiş Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	41
Çizelge 4. 34. Düzeltilmiş Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	42
Çizelge 4. 35. Düzeltilmiş Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	42
Çizelge 4. 36. Düzeltilmiş Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	43
Çizelge 4. 37. Düzeltilmiş Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	43

Çizelge 4. 38. Düzeltilmiş Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	44
Çizelge 4. 39. Düzeltilmiş Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri	44
Çizelge 4. 40. Düzeltilmiş Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri	45



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2. 1. A2 Düzensizlik Durumu	5
Şekil 2. 2. A3 türü düzensizlik durumu	6
Şekil 3. 1. Yapıda Oluşan Burulma Momentinin Şekil Olarak Gösterimi	7
Şekil 3. 2. Yapıda Oluşan Burulma Momentinin Şekil Olarak Gösterimi	7
Şekil 3. 3. Rijitlik Merkezi ve Kütle Merkezi Gösterimi	8
Şekil 3. 4. Görelî Kat Ötelemesi	9
Şekil 3. 5. Plan Geometrisi Düzensiz Örnek Yapı	11
Şekil 3. 6. Rijitlik Dağılımı Düzensiz Örnek Yapı	12
Şekil 3. 7. Geometri ve Rijitlik Dağılımı Düzensiz Örnek Yapı	12
Şekil 3. 8. Gizli Burulma Düzensizliği Olan Örnek Yapı	13
Şekil 3. 9. Mexico City, 2007 [14]	14
Şekil 3. 10. Bozuk Geometriden Dolayı Hasar Almış Yapı [15]	14
Şekil 3. 11. Derzi Olmayan Yapı Geometrisi Bozuk Yapı Hasarı [15]	15
Şekil 4. 1. İncelenen Yapının 3 Boyutlu Görünümü	17
Şekil 4. 2. İncelenen Yapının Planı	18
Şekil 4. 3. Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	22
Şekil 4. 4. Yapıda X Yönünde Oluşan Burulma Modu	23
Şekil 4. 5. Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	23
Şekil 4. 6. Yapıda Y Yönünde Oluşan Burulma Modu	24
Şekil 4. 7. Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin X Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması	28
Şekil 4. 8. Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin Y Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması	29
Şekil 4. 9. Dinamik Hesap Sonucu Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	34
Şekil 4. 10. Dinamik Hesap Sonucu Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	34

Şekil 4. 11. Dinamik Hesap Sonucu Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin X Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması	39
Şekil 4. 12. Dinamik Hesap Sonucu Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin Y Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması	39
Şekil 4. 13. Düzeltilmiş Yapının 3 Boyutlu Görünümü	40
Şekil 4. 14. Düzeltilmiş Yapının Planı	41
Şekil 4. 15. Düzeltilmiş Yapının Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	45
Şekil 4. 16. Düzeltilmiş Yapının Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması	46
Şekil 4. 17. X Yönündeki Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması	46
Şekil 4. 18. Y Yönündeki Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması	47

KISALTMALAR

DBYBHY

Deprem bölgelerine yapılacak binalar hakkındaki yönetmelik



SEMBOL LİSTESİ

A_b	Boşluk kesit alanı
A	Toplam kesit alanı
a_x	X yönünde binadaki çıkıntı uzunluğu
a_y	Y yönünde binadaki çıkıntı uzunluğu
D	Burulma düzensizliği büyütme katsayısı
V_x	X yönündeki kat kesme kuvveti
V_y	Y yönündeki kat kesme kuvveti
I	Bina önem katsayısı
L_x	X yönünde binanın uzunluğu
L_y	Y yönünde binanın uzunluğu
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
RM	Rijitlik merkezi
M_z	Burulma momenti
η_{bi}	Burulma katsayısı
d_i	Binanın i 'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$(d_i)_{max}$	Binanın i 'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan maksimum yerdeğiştirme
$(d_{i-1})_{max}$	Binanın $(i-1)$ 'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan maksimum yerdeğiştirme
$(d_i)_{min}$	Binanın i 'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan minimum yerdeğiştirme
$(d_{i-1})_{min}$	Binanın $(i-1)$ 'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan minimum yerdeğiştirme
$(\Delta_i)_{max}$	Binanın i 'nci katındaki azaltılmış maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	Binanın i 'nci katındaki azaltılmış minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	Binanın i 'nci katındaki azaltılmış ortalama görelî kat ötelemesi

1. GİRİŞ

1. 1. Konuya Giriş

Yapı genel olarak tasarlanırken ekonomik olması, estetik olması ve emniyetli olması gereklilikleri göz önünde bulundurularak tasarlanır. Öyle ki yapının emniyetli olması yani göçme durumunda güvenirliliğin sağlanması, karakteristik yükler altında öngörülen deplasman ve kesit çatlama ları dışında gayrinizami bir durumun olmaması diğer hususlardan daha önemlidir. Bahsedilen bu deplasmanlar deprem durumunda atalet kuvvetleri nedeniyle kendini gösterir. Tüm bunlar çağdaş deprem yönetmeliklerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Genel olarak tüm Uluslararası deprem yönetmelikleri, yapının nispeten daha az şiddetli depremlerde kolayca onarılabilecek hasarların meydana gelmesini ve şiddetli depremlerde ise yapının göçmemesini, herhangi bir can kaybının olmamasını sağlamaya yöneliktir.

Yönetmeliklerde en çok dikkat çeken konulardan bir tanesi de Burulma Düzensizliği konusudur. İlgili yönetmelikler düzensizliklere bir takım sınırlamalar getirmişlerdir. Bunlar belirlenen sınırların aşılması halinde dış merkezliliğin artırılması veya dinamik analiz yapılması gibi hususlardır.

1. 2. Konuyla İlgili Çalışmalar

B. Yön, M. E. Öncü, E. Sayın, [1] burulma düzensizliğine sahip bir yapıda farklı zemin sınıflarının toplam burulma momentinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemek için Türk Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) belirtilen burulma düzensizliğine göre perdeli-çerçeve li çok katlı betonarme bir bina tasarlayarak, analiz sonuçlarını değerlendirmişlerdir.

H. Erdem, [2] yapıların taşıyıcı sistemlerinin, depreme dayanıklı taşıyıcı sistem seçimi ilkelerine uygun seçilmemesi durumunda, yapıların kütle ve rijitlik merkezlerinin çakıştırılmaması nedeniyle sebep olunan burulma düzensizliğinin etkilerini, kolon

boyutlarını değiştirerek farklı eksantrisiteye ve rijitliklere sahip taşıyıcı sistemler oluşturup sonuçları incelemiştir.

G. Özmen, [3] burulma düzensizliği katsayısının 2.00 üst sınırını aşması için gerekli koşulları parametrik bir araştırma yöntemi ile incelemiş, perdeleri değişik konumlarda olan 8 tipik yapı grubu seçilmiş ve bunların deprem yükleri altındaki davranışları değerlendirilmiştir.

A. Demir, D. Dönmez, [4] çok katlı perde-çerçeve sistemlerin parametrik bir araştırma yöntemi ile “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” koşullarına göre burulma düzensizliklerini etkileyen faktörleri geometrik planları ve perde yerleşimleri farklı olan 6 tip yapı, 4 adet yerel zemin sınıfına göre incelemişlerdir.

G. Özmen, [5] yönetmeliklerdeki burulma düzensizliği katsayılarının geçerliliğini irdelemek amacı ile perde konumları farklı olan 6 grup tipik yapı seçilmiş ve bu yapıların aks sayıları 5, 6 ve 7, kat sayıları da 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 arasında değiştirilerek burulma düzensizliği katsayılarının değişimini incelemiştir.

O. Doğan, ř. B. Er, [6] konut türü yapılarda hareketli yük dağılımının kat düzleminde düzgün yayılı olmamasına bağlı olarak burulma düzensizliği değişimini incelemişlerdir.

A. Demir, M. Bağcı, D. D. Demir, [7] mevcut betonarme bir hastane binasının farklı zemin sınıflarında burulma davranışının değişimini, Türk Deprem Yönetmeliği-2007’de bahsedilen Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemleri ile dört farklı yerel zemin sınıfı için incelemişler ve ölçeklenmiş deprem kayıtlarının yapının çeşitli davranışları üzerinde etkisini araştırmışlardır.

G. Özmen, [8] rijitlik dağılımı bakımından düzenli ve düzensiz olan bazı tipik yapıların deprem hesabı ve boyutlandırma sonuçlarını ele aldığı tüm yapılarda geometrik

bakımdan düzensizlik etkisi bulunmamasını sağlamak amacıyla plan geometrisini dikdörtgen olarak seçerek incelemiştir.

M. Sami Döndüren, A. Karaduman, M. T. Çöğürçü, M. Altın, [9] plan geometrisi ve rijitlik dağılımı bakımlarından simetrik olan ve olmayan yapılarda burulma düzensizliği durumlarını 15 katlı üçgen, elips, kare, dikdörtgen, daire, L ve T şeklinde geometriye sahip yedi farklı türde çok katlı yapıları ele alarak deprem etkileri altındaki davranışlarını tetkik etmişlerdir.

K. Soyluk, İ. Y. Yavuz, [10] çerçeve sistemli binalarda istinat duvarlarının burulma düzensizliğine etkisini incelemiştir.

G. Özmen, [11] plan geometrisinin burulma düzensizliğine etkisini incelemiştir.

T. Uçar, O. Merter, [12] perde yerleşiminin betonarme perde-çerçeve binaların deprem davranışına etkisini burulma düzensizliği katsayılarını da ele alarak incelemiştir.

1. 3. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada rijitlik dağılımı düzensiz tip bir yapı seçilerek DBYBHY-2007 [13] hükümlerine göre eşdeğer deprem yükü yöntemiyle, 1, 2, 3, ve 4. deprem bölgelerine göre ayrı ayrı analizi yapılarak sonuçlar tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Bu sonuçlar arasında toplam burulma momentleri, burulma düzensizliği katsayıları ve görece kat ötelemeleri mevcuttur.

2. PLANDA DÜZENSİZLİK TÜRLERİ

DBYBHY-2007'ye göre planda düzensizlikler 3 ana başlıkta ele alınmış olup bunlar;

- A1 Burulma Düzensizliği
- A2 Döşeme Süreksizlikleri
- A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

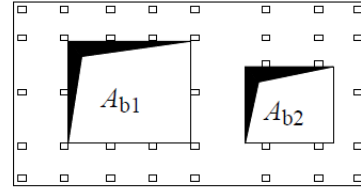
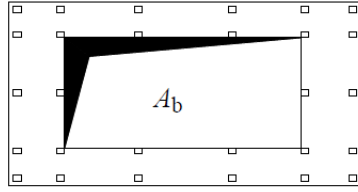
2. 1. A1 Burulma Düzensizliği

Burulma düzensizliği durumu detaylı şekilde Bölüm 3 de irdelenmiştir.

2. 2. A2 Döşeme Süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 2.1);

- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'den fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu, şeklinde 3 madde olarak tanımlanmıştır.



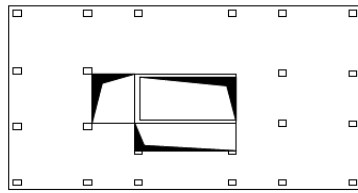
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

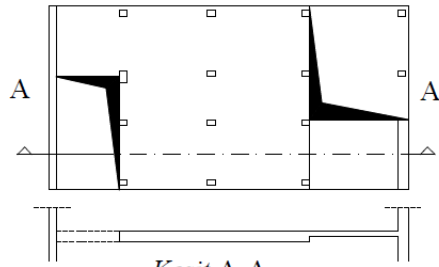
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II



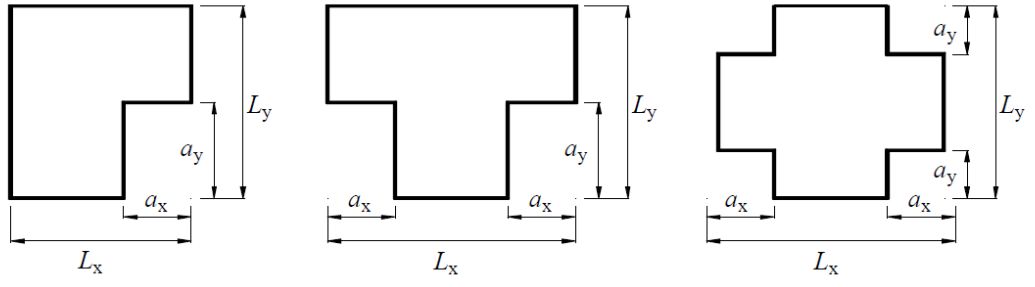
Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 2. 1. A2 Düzensizlik Durumu

2. 3. A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 2.2).



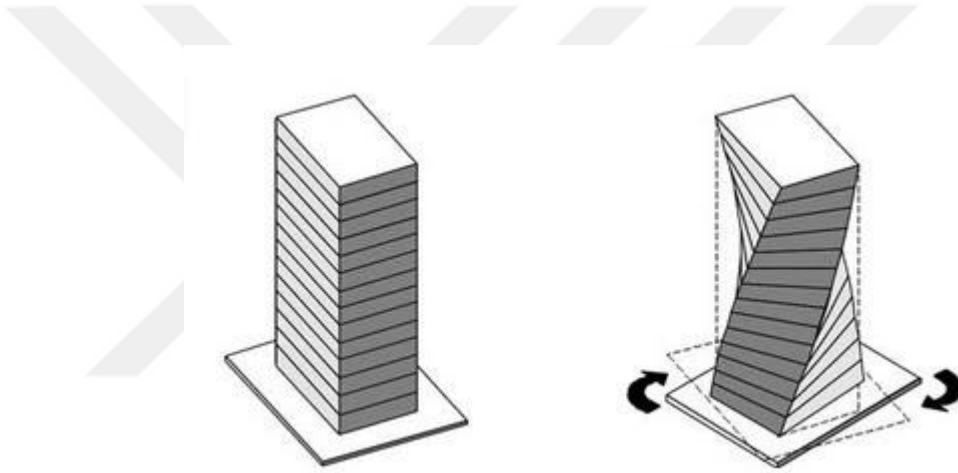
A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 2. 2. A3 türü düzensizlik durumu

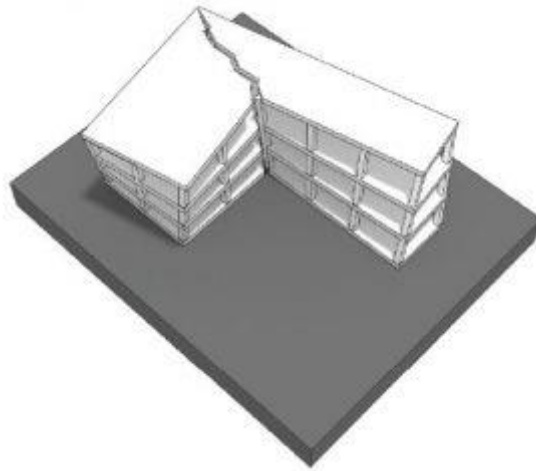
3. A1 BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

Burulma Düzensizliği, DBYBHY-2007’de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı şeklinde ifade edilmiştir.

Basitçe bir yaklaşımla yapıların salt deprem kuvvetlerine göre tasarlanması tam olarak amaca hizmet etmez. Yapının planında söz konusu olan düzensizlikler ek burulma momentleri oluşturur. Bu durum şekil olarak aşağıda Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



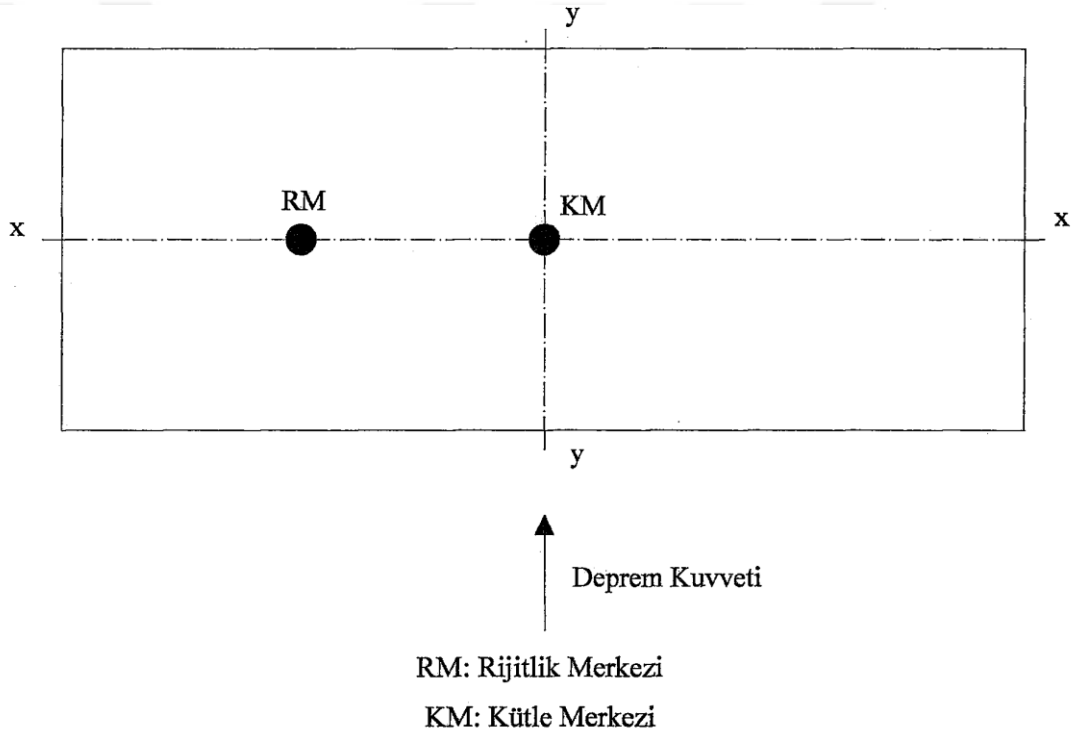
Şekil 3. 1. Yapıda Oluşan Burulma Momentinin Şekil Olarak Gösterimi



Şekil 3. 2. Yapıda Oluşan Burulma Momentinin Şekil Olarak Gösterimi

3. 1. Burulma Düzensizliği Hesabı

Deprem sırasında meydana gelen atalet kuvvetleri yapı ağırlık merkezinde oluşur. Yapı ise rijitlik merkezi etrafında dönmeye çalışır. Yapı ağırlık merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmaması nedeniyle yapıda burulma momenti oluşur (Şekil 3.1). Bu yüzden rijitlikleri nispeten yüksek olan elemanlardan perde ve kolonların rijitlik merkezleri mümkün olduğunca yapı ağırlık merkezine yakın şekilde konumlandırılması gerekir. Özellikle perde elemanlar yapı dışında teşkil edecek şekilde konumlandırılmalıdır.



Şekil 3. 3. Rijitlik Merkezi ve Kütle Merkezi Gösterimi

Uluslararası deprem yönetmelikleri incelendiğinde üzerinde en çok durulan düzensizlik durumlarından bir tanesi de burulma düzensizliğidir. Burulma düzensizliği, ele alınan katta maksimum görelî yer değiştirmenin ortalama görelî yer değiştirmeye oranı olarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısına bağlıdır.

DBYBHY-2007’de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî

ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumunda burulma düzensizliği dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max}/(\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (3.2)$$

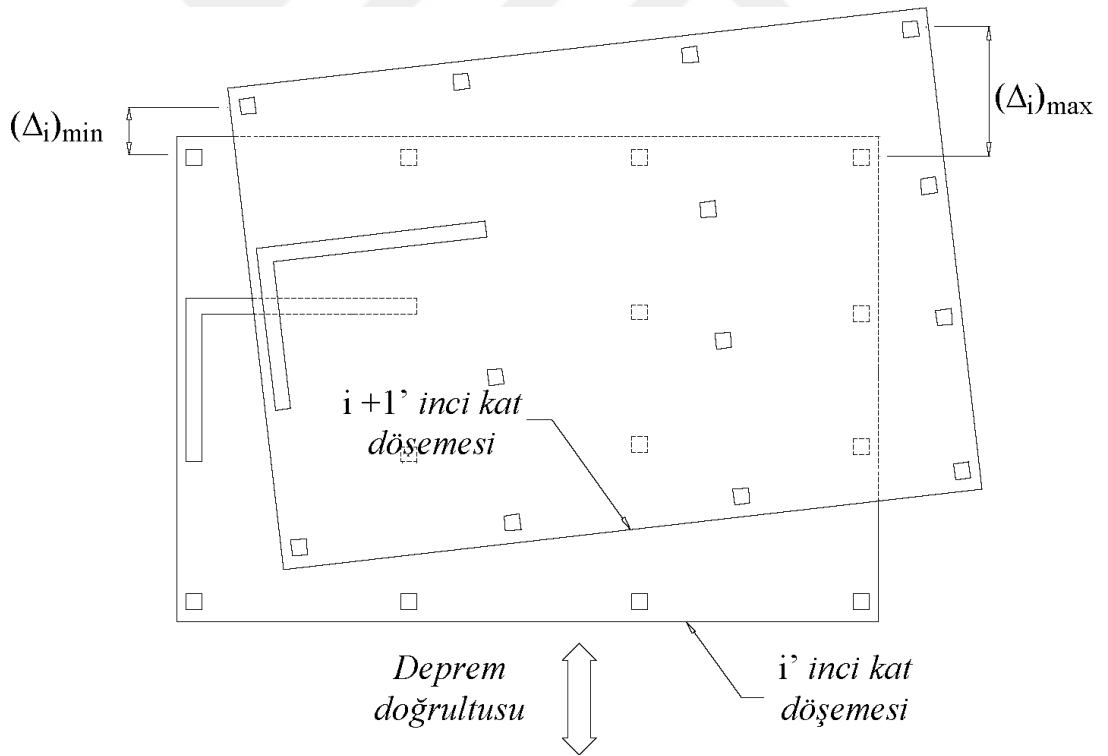
$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (3.3)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = ((\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min})/2 \quad (3.4)$$

d_i = Binanın i. katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme,

$(\Delta_i)_{\max}$ = Binanın i. katındaki maksimum görel kat ötelenmesi.

Aşağıda (Şekil 3.4) burulma düzensizliğine neden olan görel kat ötelenmesi DBYBHY-2007'de gösterilen şekliyle gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Görel Kat Ötelenmesi

Yapılan analiz sonucunda burulma katsayısının herhangi bir katta 1,2'den büyük çıkması halinde, DBYBHY-2007 2.7.3.3 maddesinde belirtildiği üzere, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$

olmak koşulu ile bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dış merkezlik, her iki deprem doğrultusu için (Denklem 3.5) D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.5)$$

Burulma katsayısının 2,00 sınırını aştığı hallerde ise, ilgili yönetmelikte bahsedilen dinamik analiz yöntemlerinden birinin uygulanması gerekmektedir.

3. 2. Plan Geometrisi ve Rijitlik Dağılımın Burulmaya Etkisi

İdeal olarak en uygun yapı planda ve kesitte simetrik olan kare tipi yapılardır. Bu tür yapılarda yapı ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi çakışmaya yakındır. Ancak mimari gerekçeler nedeniyle bu çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Farklı geometrilere sahip bu tür yapılarda oluşan burulma momenti, yapılarda ilave kesme kuvvetlerine neden olur. Bu hususta rijitlik dağılımı geometriye göre daha önem arz etmektedir. Nitekim geometrik şekillerden vazgeçilemediği durumlarda yapıların burulmasını önlemek amacıyla rijitlik dağılımlarına özen gösterilmelidir. Bunlara ilave olarak plan geometrisi ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan veya ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi çakışan yapılarda da burulma görülebilir. Buradaki burulmanın nedeni şekil 3.8 de gösterildiği gibi dış akslardaki elemanların rijitliklerinin nispeten daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Asansör perdelerinin genelde çekirdekte planlanması buna en iyi örnek olacaktır.

Plan geometrisinin ve Rijitlik dağılımın etkisinin sonuçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [8], [11].

1. Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olabilmektedir.

2. Burulma bakımından en elverişsiz nitelikteki yapılarda bile η_b burulma düzensizliği katsayıları, DBYBHY-2007'de eşdeğer deprem yükü uygulaması için sınır değer olarak belirtilen 2.00 değerinin altında kalmaktadır

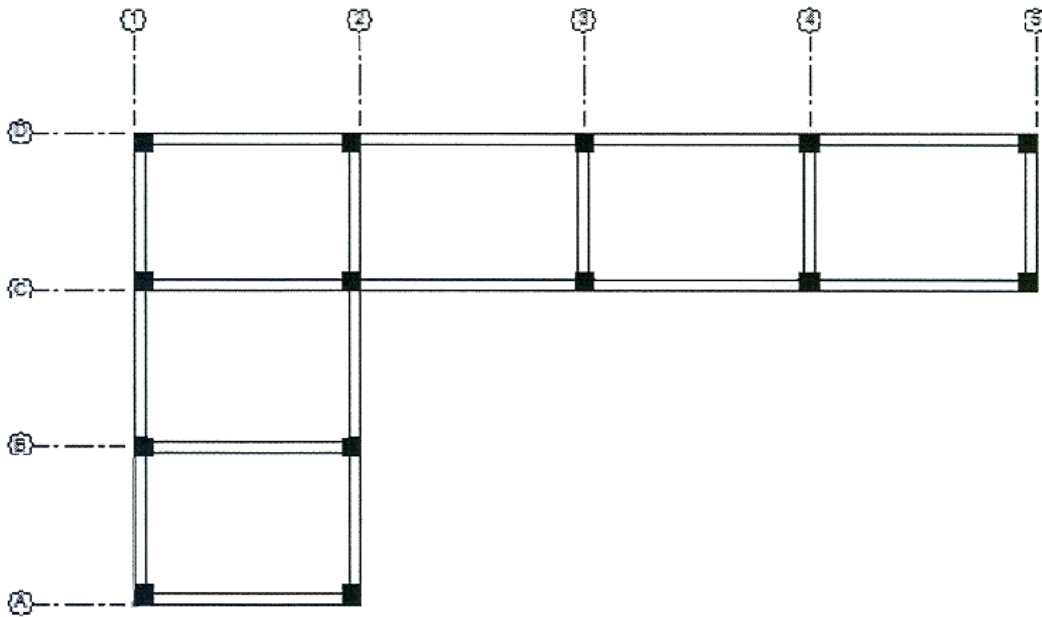
3. Bu tür yapıların zayıf akslarına taşıyıcı elemanlarda yapılacak düzenlemelerle burulma düzensizliği geniş ölçüde giderilebilmektedir.

4. Burulma düzensizliğini azaltmak için en etkili yöntem zayıf akslara, kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde yerleştirilmesidir.

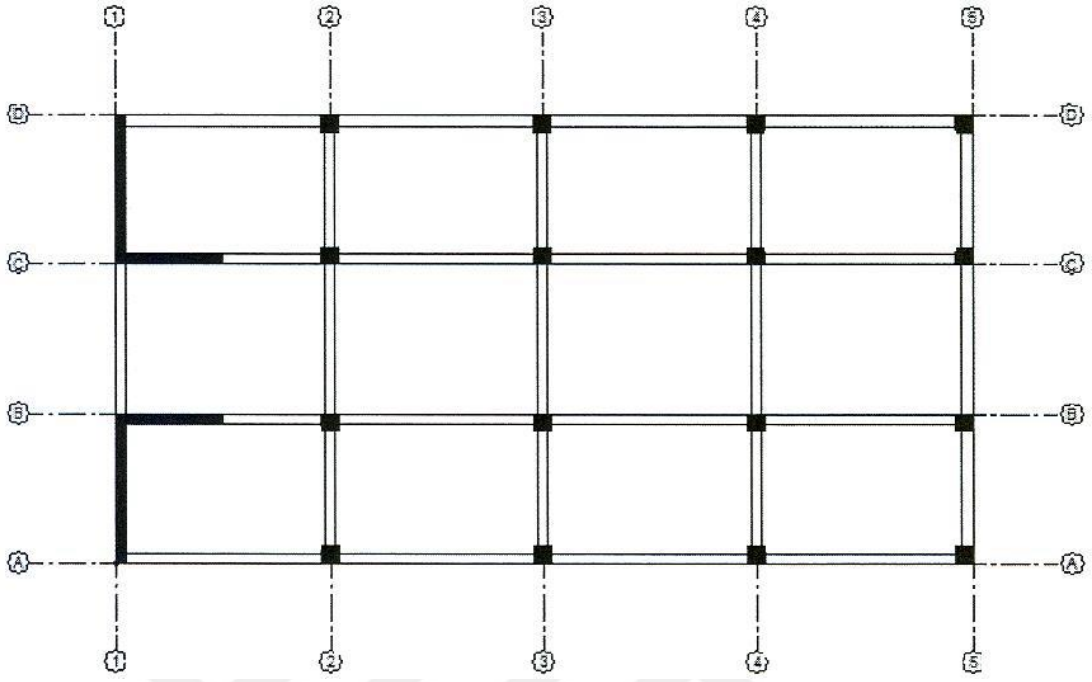
5. Zayıf akslardaki kolon veya kiriş boyutlarının arttırılması da burulma düzensizliğini azaltma yönünde bir miktar yararlı olmaktadır.

6. Yüksek oranda burulma düzensizliği olan yapılarda bile, boyutlandırma bakımından önemli bir olumsuzlukla karşılaşılmamaktadır. Yönetmeliklerde burulma düzensizliği için öngörülen önlemlerde değişiklikler yapılmasının gerektiği ileri sürülebilir.

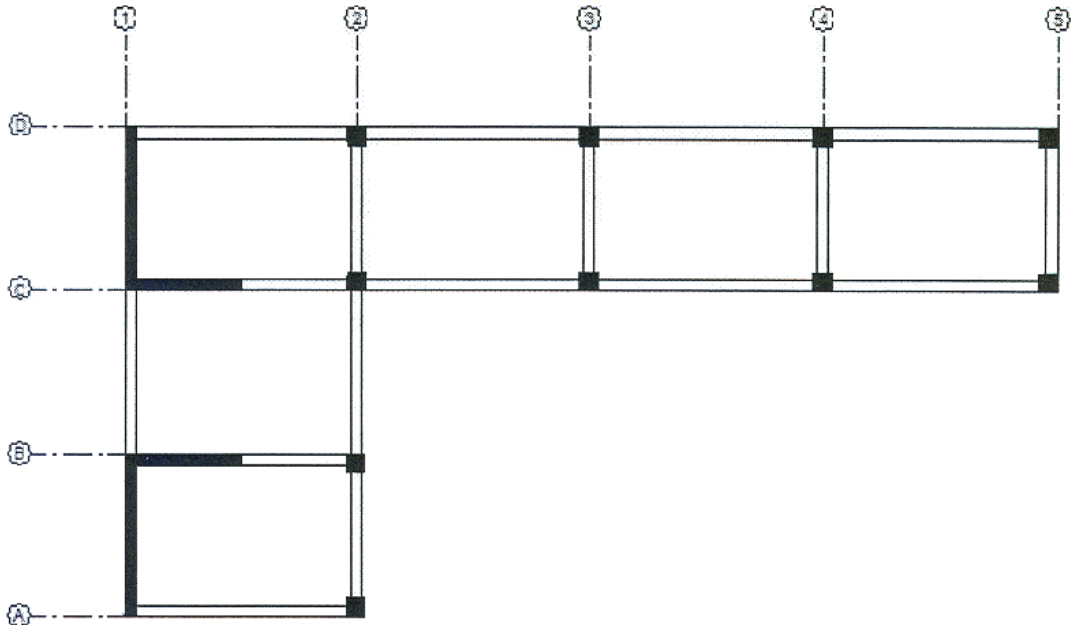
7. Burulma düzensizliği bakımından rijitlik dağılımının geometriye oranla daha önemli bir faktör olduğu izlenimi elde edilmektedir.



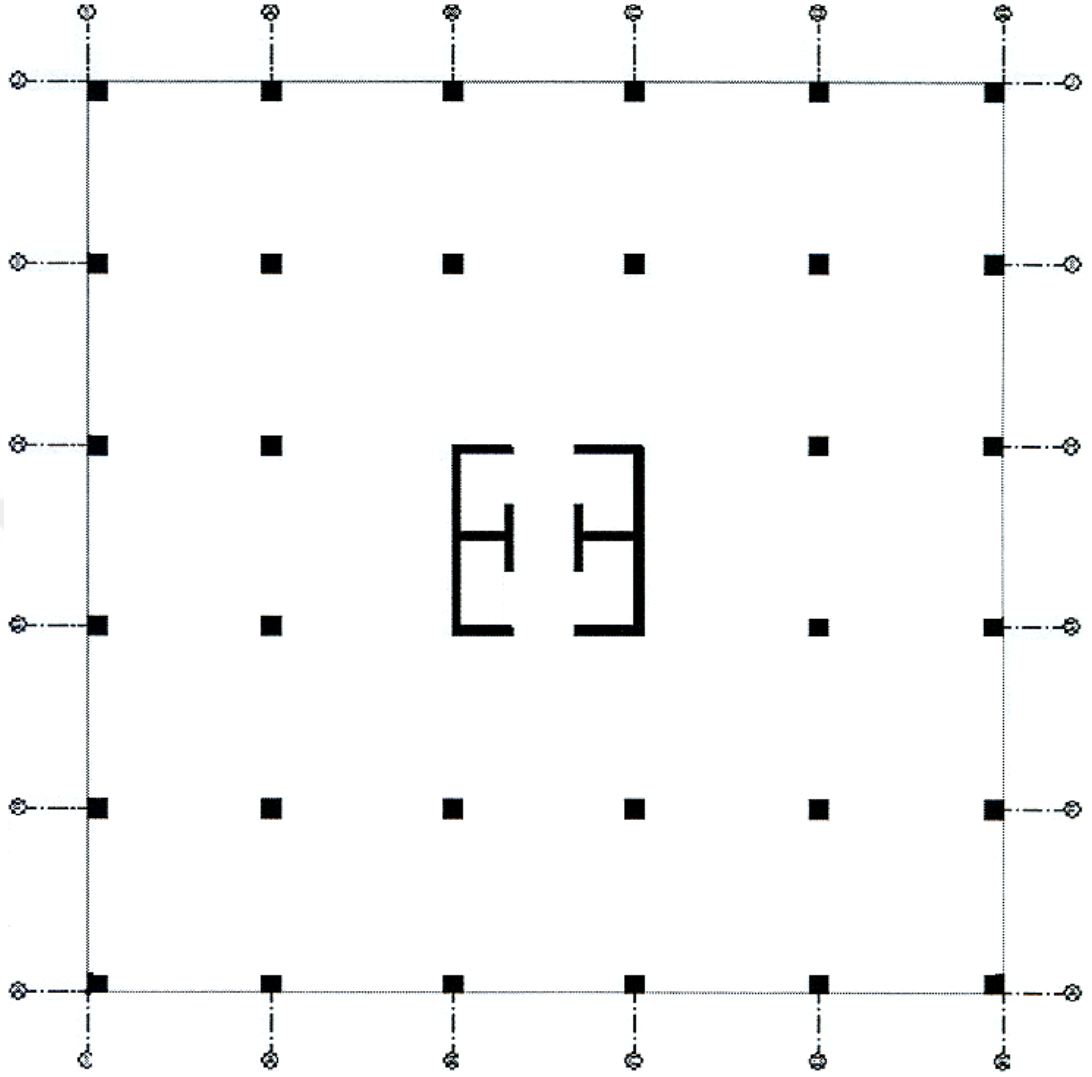
Şekil 3. 5. Plan Geometrisi Düzensiz Örnek Yapı



Şekil 3. 6. Rijitlik Dağılımı Düzensiz Örnek Yapı



Şekil 3. 7. Geometri ve Rijitlik Dağılımı Düzensiz Örnek Yapı



Şekil 3. 8. Gizli Burulma Düzensizliği Olan Örnek Yapı

3. 3. Burulma Momentine Maruz Kalmış Yapı Örnekleri

Yapının plan geometrisi düzgün olmayan yapılar, yük aktarımlarının büyük oranda değiştiği yerlerde gerilme yığılmalarını engellemek ve deprem sırasında ilave kuvvetler oluşmaması için bu tip yapılara deprem derzleri oluşturulması gerekmektedir. Deprem anında oluşan burulma etkisiyle Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11 de yapıların aldığı hasarlar gözükmemektedir.



Şekil 3. 9. Mexico City, 2007 [14]



Şekil 3. 10. Bozuk Geometriden Dolayı Hasar Almış Yapı [15]



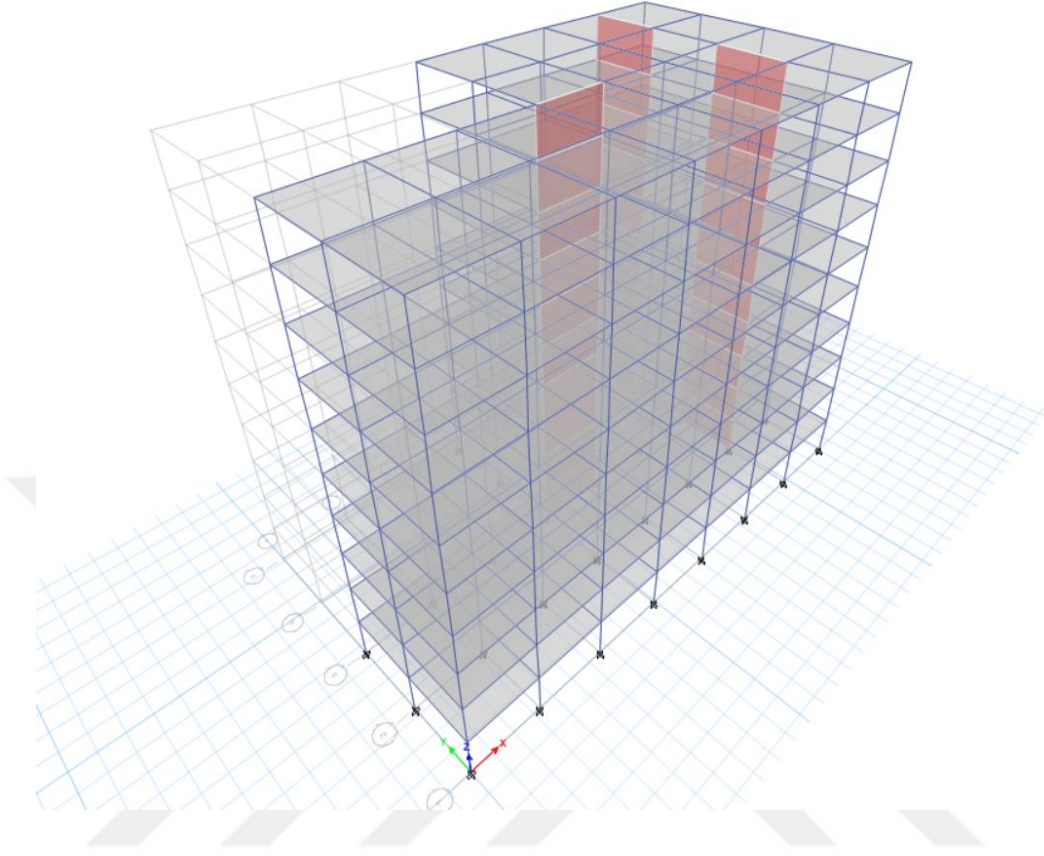
Şekil 3. 11. Derzi Olmayan Yapı Geometrisi Bozuk Yapı Hasarı [15]

4. BURULMA DÜZENSİZLİĞİ VE MOMENTİNİN İNCELENMESİ

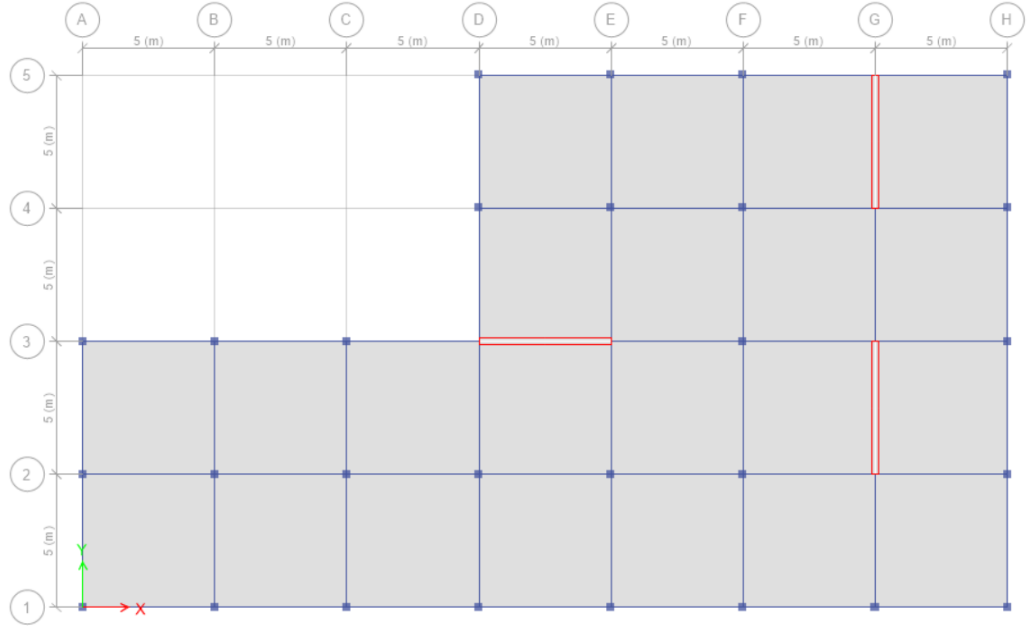
4. 1. İncelenen Yapı Tipi

Yapılarda oluşan burulma düzensizliği katsayılarının ve burulma momentlerinin farklı deprem bölgeleri için yorumlanabilmesi amacıyla tip bir yapı seçilerek, geometrik ve rijitlik değerleri aynı kalmak koşuluyla ele alınan yapı ayrı ayrı analiz edilmiştir. Yapının tüm analizleri Etabs 2016 programı kullanılarak yapılmış olup, yapıya ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Yapı Toplam Yüksekliği	:30 m
Yapı Kat Adedi	:10
Yapı Boyutları	:35 m x 20 m
Döşeme Sistemi	:Plak Kiriş
Yapı Önem Katsayısı(I)	:1
Süneklik Düzeyi(R)	:7
Zemin Sınıfı	:Z1
Kolon Boyutları	:30 cm x 30 cm
Kiriş Boyutları	:25 cm x 40 cm
Perde Genişlikleri	:25 cm
Döşeme Kalınlığı	:14 cm
Kaplama Yüğü	:2 kN/m ²
Hareketli Yüğü	:3,5 kN/m ²
Beton Sınıfı	:C30
Donatı Sınıfı	:S420



Şekil 4. 1. İncelenen Yapının 3 Boyutlu Görünümü



Şekil 4. 2. İncelenen Yapının Planı

Çizelge 4. 1. Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	39,477	36,946	1,069
9	X	35,659	33,15	1,076
8	X	31,553	29,128	1,083
7	X	27,157	24,882	1,091
6	X	22,522	20,451	1,101
5	X	17,758	15,942	1,114
4	X	13,028	11,514	1,131
3	X	8,553	7,386	1,158
2	X	4,616	3,84	1,202
1	X	1,573	1,226	1,282

Çizelge 4. 2. Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	79,115	43,513	1,818
9	Y	76,238	41,065	1,857
8	Y	71,62	37,859	1,892
7	Y	65,482	33,995	1,926
6	Y	58,023	29,576	1,962
5	Y	49,44	24,714	2
4	Y	39,929	19,536	2,044
3	Y	29,685	14,177	2,094
2	Y	18,92	8,791	2,152
1	Y	8,007	3,611	2,217

Çizelge 4. 3. Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	29,608	27,709	1,069
9	X	26,744	24,863	1,076
8	X	23,665	21,846	1,083
7	X	20,368	18,661	1,091
6	X	16,892	15,338	1,101
5	X	13,318	11,956	1,114
4	X	9,771	8,635	1,131
3	X	6,415	5,54	1,158
2	X	3,462	2,88	1,202
1	X	1,179	0,92	1,282

Çizelge 4. 4. Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	59,336	32,635	1,818
9	Y	57,178	30,799	1,857
8	Y	53,715	28,394	1,892
7	Y	49,111	25,496	1,926
6	Y	43,517	22,182	1,962
5	Y	37,08	18,536	2
4	Y	29,947	14,652	2,044
3	Y	22,263	10,633	2,094
2	Y	14,19	6,593	2,152
1	Y	6,005	2,708	2,217

Çizelge 4. 5. Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	19,739	18,473	1,069
9	X	17,83	16,575	1,076
8	X	15,777	14,564	1,083
7	X	13,579	12,441	1,091
6	X	11,261	10,226	1,101
5	X	8,879	7,971	1,114
4	X	6,514	5,757	1,131
3	X	4,277	3,693	1,158
2	X	2,308	1,92	1,202
1	X	0,786	0,613	1,282

Çizelge 4. 6. Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

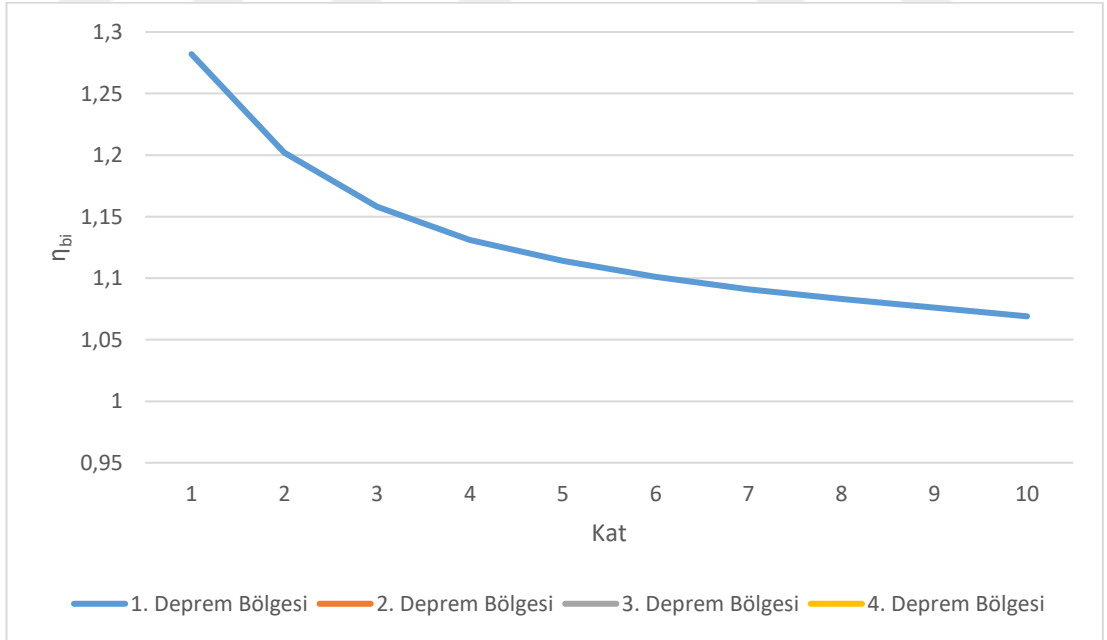
Kat	Yönü	En Büyük Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	39,558	21,757	1,818
9	Y	38,119	20,532	1,857
8	Y	35,81	18,93	1,892
7	Y	32,741	16,998	1,926
6	Y	29,012	14,788	1,962
5	Y	24,72	12,357	2
4	Y	19,965	9,768	2,044
3	Y	14,842	7,088	2,094
2	Y	9,46	4,396	2,152
1	Y	4,003	1,805	2,217

Çizelge 4. 7. Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

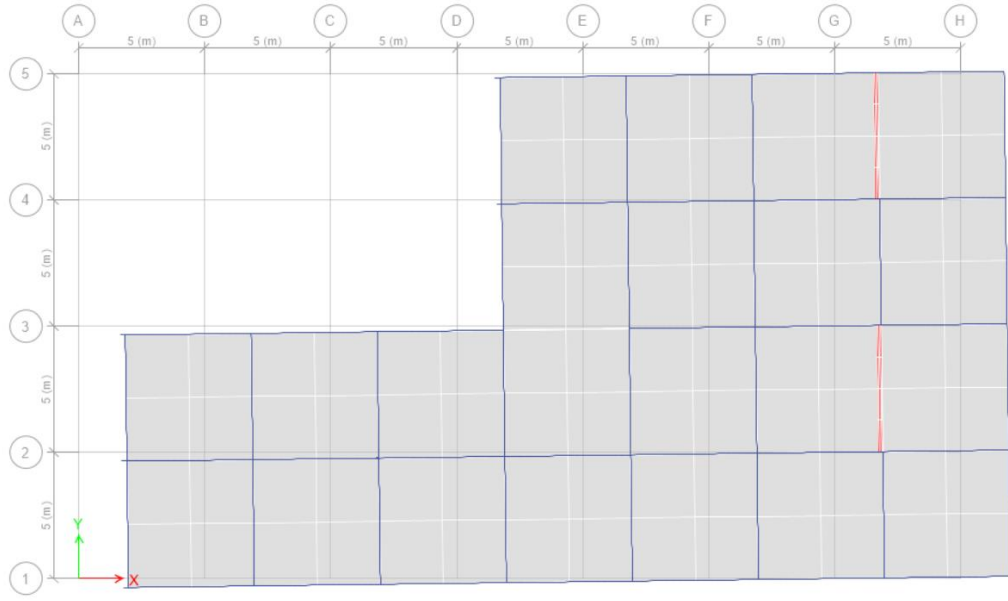
Kat	Yönü	En Büyük Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	9,869	9,236	1,069
9	X	8,915	8,288	1,076
8	X	7,888	7,282	1,083
7	X	6,789	6,22	1,091
6	X	5,631	5,113	1,101
5	X	4,439	3,985	1,114
4	X	3,257	2,878	1,131
3	X	2,138	1,847	1,158
2	X	1,154	0,96	1,202
1	X	0,393	0,307	1,282

Çizelge 4. 8. Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

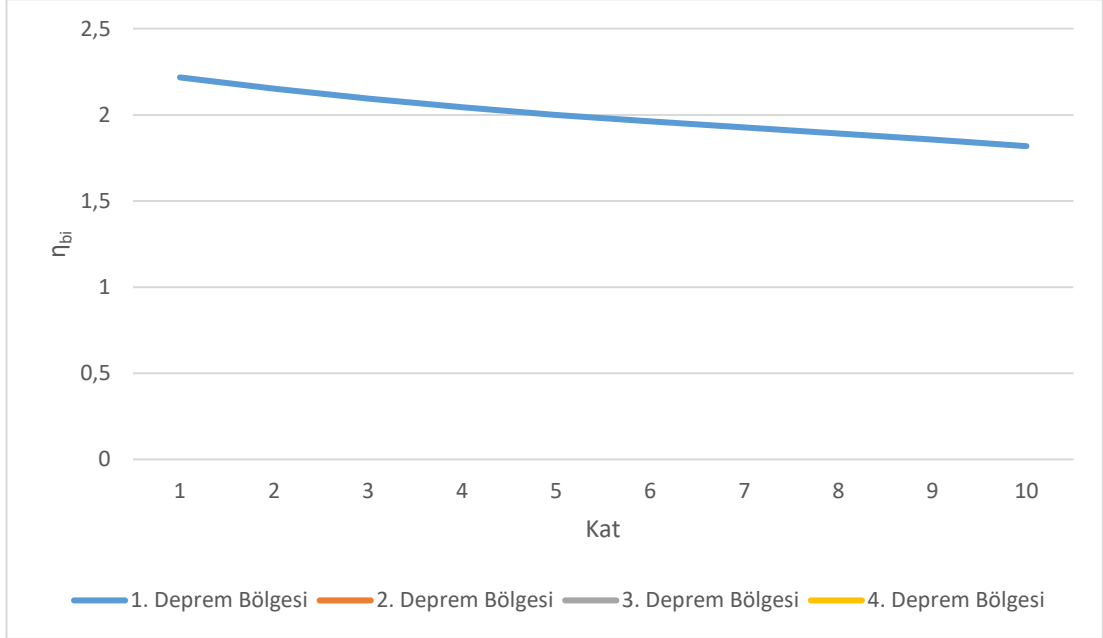
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	19,779	10,878	1,818
9	Y	19,059	10,266	1,857
8	Y	17,905	9,465	1,892
7	Y	16,37	8,499	1,926
6	Y	14,506	7,394	1,962
5	Y	12,36	6,179	2
4	Y	9,982	4,884	2,044
3	Y	7,421	3,544	2,094
2	Y	4,73	2,198	2,152
1	Y	2,002	0,903	2,217



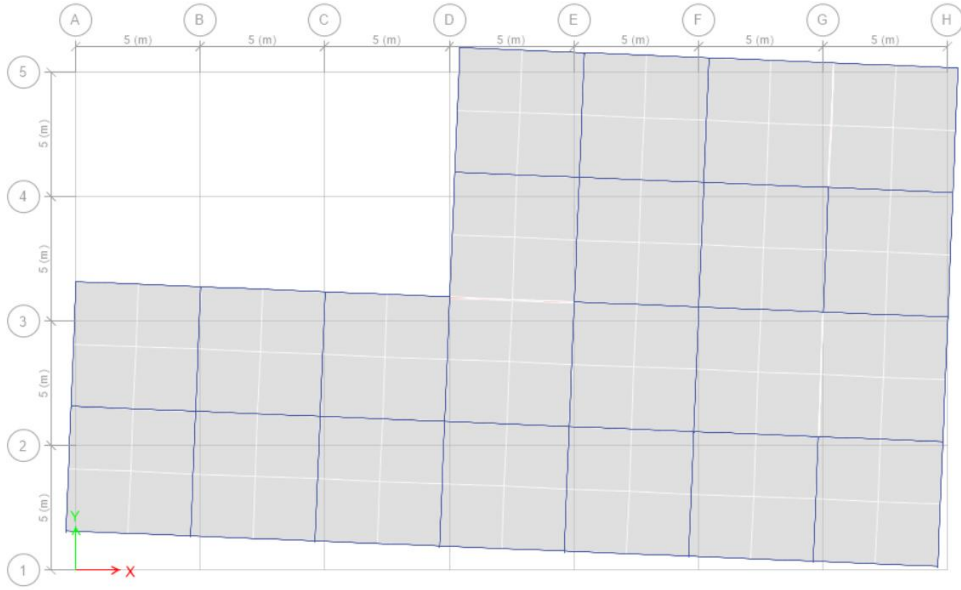
Şekil 4. 3. Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması



Şekil 4. 4. Yapıda X Yönünde Oluşan Burulma Modu



Şekil 4. 5. Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması



Şekil 4. 6. Yapıda Y Yönünde Oluşan Burulma Modu

Çizelge 4. 9. Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	491,4561	4305,1028
9	804,406	7051,0357
8	1082,5837	9491,865
7	1325,9892	11627,5906
6	1534,6224	13458,2125
5	1708,4835	14983,7308
4	1847,5723	16204,1454
3	1951,889	17119,4564
2	2021,4334	17729,6637
1	2056,2056	18034,7673

Çizelge 4. 10. Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	447,0453	9121,2166
9	731,7152	14933,3512
8	984,7552	20099,6931
7	1206,1651	24620,2422
6	1395,9451	28494,9986
5	1554,0951	31723,9623
4	1680,615	34307,1332
3	1775,505	36244,5114
2	1838,765	37536,0969
1	1870,395	38181,8896

Çizelge 4. 11. Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	368,5921	3228,8271
9	603,3045	5288,2768
8	811,9378	7118,8987
7	994,4919	8720,6929
6	1150,9668	10093,6594
5	1281,3626	11237,7981
4	1385,6793	12153,1091
3	1463,9167	12839,5923
2	1516,075	13297,2478
1	1542,1542	13526,0755

Çizelge 4. 12. Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	335,284	6840,9124
9	548,7864	11200,0134
8	738,5664	15074,7698
7	904,6239	18465,1816
6	1046,9588	21371,2489
5	1165,5713	23792,9717
4	1260,4613	25730,3499
3	1331,6288	27183,3835
2	1379,0738	28152,0726
1	1402,7963	28636,4172

Çizelge 4. 13. Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	245,7281	2152,5514
9	402,203	3525,5179
8	541,2918	4745,9325
7	662,9946	5813,7953
6	767,3112	6729,1062
5	854,2417	7491,8654
4	923,7862	8102,0727
3	975,9445	8559,7282
2	1010,7167	8864,8318
1	1028,1028	9017,3837

Çizelge 4. 14. Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

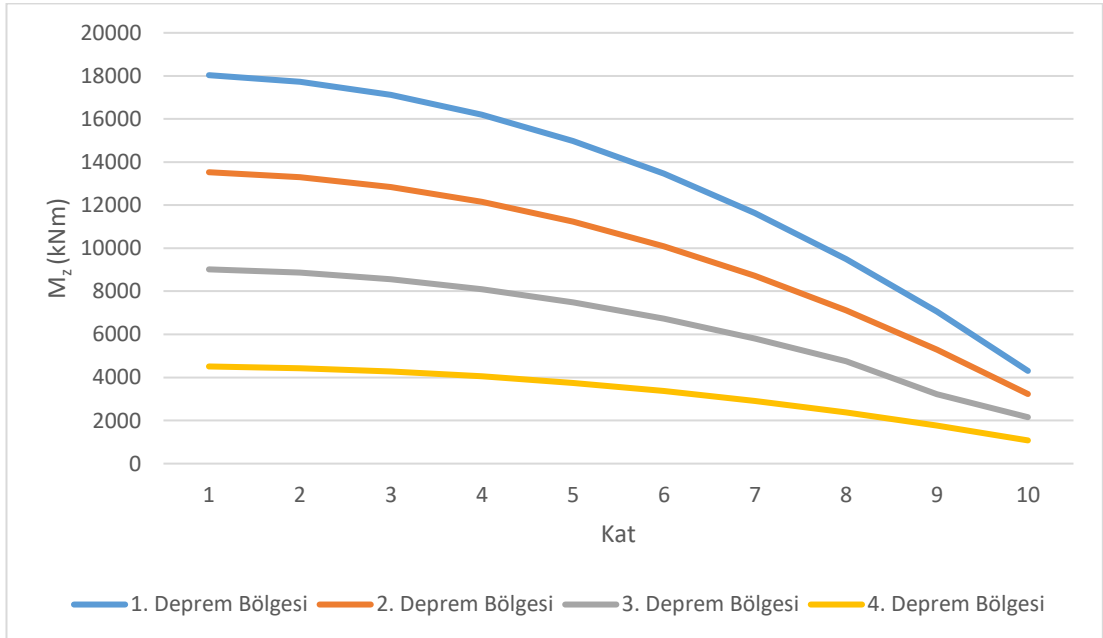
Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	223,5226	4560,6083
9	365,8576	7466,6756
8	492,3776	10049,8465
7	603,0826	12310,1211
6	697,9725	14247,4993
5	777,0475	15861,9811
4	840,3075	17153,5666
3	887,7525	18122,2557
2	919,3825	18768,0484
1	935,1975	19090,9448

Çizelge 4. 15. Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

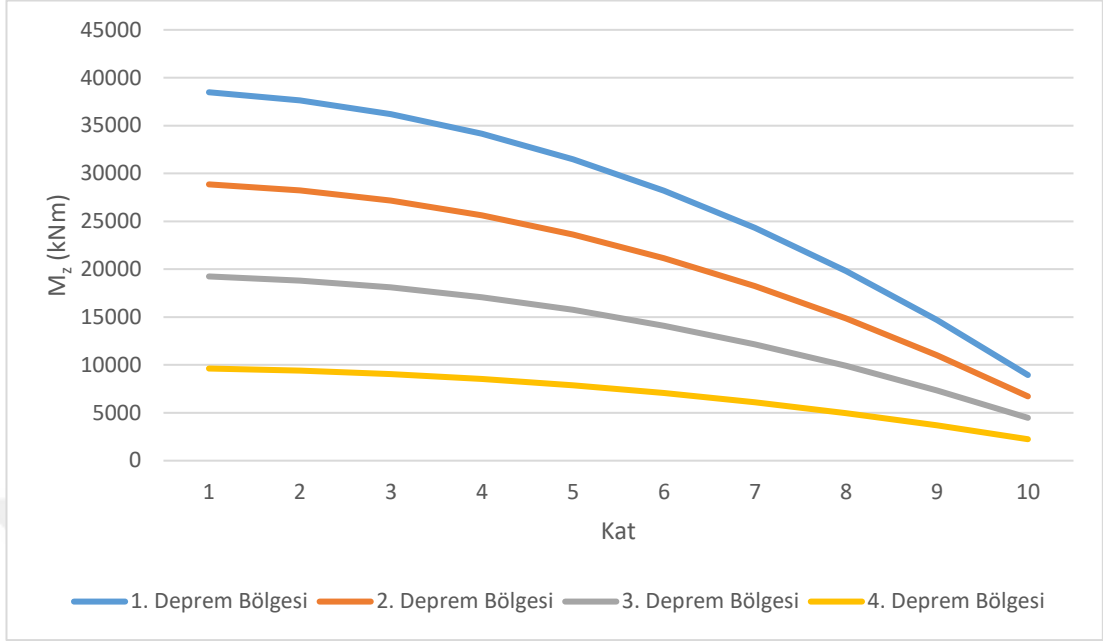
Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	122,864	1076,2757
9	201,1015	1762,7589
8	270,6459	2372,9662
7	331,4973	2906,8976
6	383,6556	3364,5531
5	427,1209	3745,9327
4	461,8931	4051,0364
3	487,9722	4279,8641
2	505,3583	4432,4159
1	514,0514	4508,6918

Çizelge 4. 16. Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	111,7613	2280,3041
9	182,9288	3733,3378
8	246,1888	5024,9233
7	301,5413	6155,0605
6	348,9863	7123,7496
5	388,5238	7930,9906
4	420,1538	8576,7833
3	443,8763	9061,1278
2	459,6913	9384,0242
1	467,5988	9545,4724



Şekil 4. 7. Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin X Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4. 8. Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin Y Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması

4. 2. İncelenen Yapının Dinamik Analiz Sonuçları

İncelenen yapı eşdeğer deprem yükü yöntemine göre çözülmüş ve Bölüm 4.1'deki çizelge ve şekiller elde edilmiştir. Şekil 4.5 de görüldüğü üzere yapının Y yönü 1, 2, 3, 4, ve 5. katlarında burulma düzensizliği katsayısı 2'den büyük çıkmıştır. Bu durumda DBYBHY-2007 eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine dinamik hesap yöntemlerinin kullanılmasını öngörmektedir. Yönetmeliğe bağlı kalınarak plan geometrisi ve rijitlik dağılımı aynı tip yapıımız DBYBHY-2007 madde 2.8.'de hesap esasları verilen Mod Birleştirme Yöntemiyle tekrar çözülmüştür. Böylelikle eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemiyle analiz edilen yapıdan elde edilen sonuçlar karşılıklı olarak irdelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4. 17. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	28,383	27,373	1,037
9	X	25,526	24,586	1,038
8	X	22,502	21,65	1,039
7	X	19,324	18,568	1,041
6	X	16,015	15,364	1,042
5	X	12,631	12,097	1,044
4	X	9,263	8,859	1,046
3	X	6,058	5,789	1,046
2	X	3,229	3,086	1,046
1	X	1,069	1,022	1,046

Çizelge 4. 18. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	52,224	34,226	1,526
9	Y	50,598	32,602	1,552
8	Y	47,864	30,234	1,583
7	Y	44,113	27,34	1,614
6	Y	39,468	23,997	1,645
5	Y	34,029	20,277	1,678
4	Y	27,864	16,245	1,715
3	Y	21,028	11,968	1,757
2	Y	13,607	7,541	1,804
1	Y	5,836	3,145	1,855

Çizelge 4. 19. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	21,287	20,53	1,037
9	X	19,145	18,44	1,038
8	X	16,876	16,237	1,039
7	X	14,493	13,926	1,041
6	X	12,011	11,523	1,042
5	X	9,473	9,073	1,044
4	X	6,947	6,644	1,046
3	X	4,543	4,341	1,046
2	X	2,422	2,315	1,046
1	X	0,802	0,766	1,046

Çizelge 4. 20. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	39,168	25,669	1,526
9	Y	37,948	24,451	1,552
8	Y	35,898	22,675	1,583
7	Y	33,085	20,505	1,614
6	Y	29,601	17,998	1,645
5	Y	25,522	15,208	1,678
4	Y	20,898	12,184	1,715
3	Y	15,771	8,976	1,757
2	Y	10,205	5,656	1,804
1	Y	4,377	2,359	1,855

Çizelge 4. 21. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	14,192	13,686	1,037
9	X	12,763	12,293	1,038
8	X	11,251	10,825	1,039
7	X	9,662	9,284	1,041
6	X	8,008	7,682	1,042
5	X	6,315	6,049	1,044
4	X	4,631	4,429	1,046
3	X	3,029	2,894	1,046
2	X	1,614	1,543	1,046
1	X	0,534	0,511	1,046

Çizelge 4. 22. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

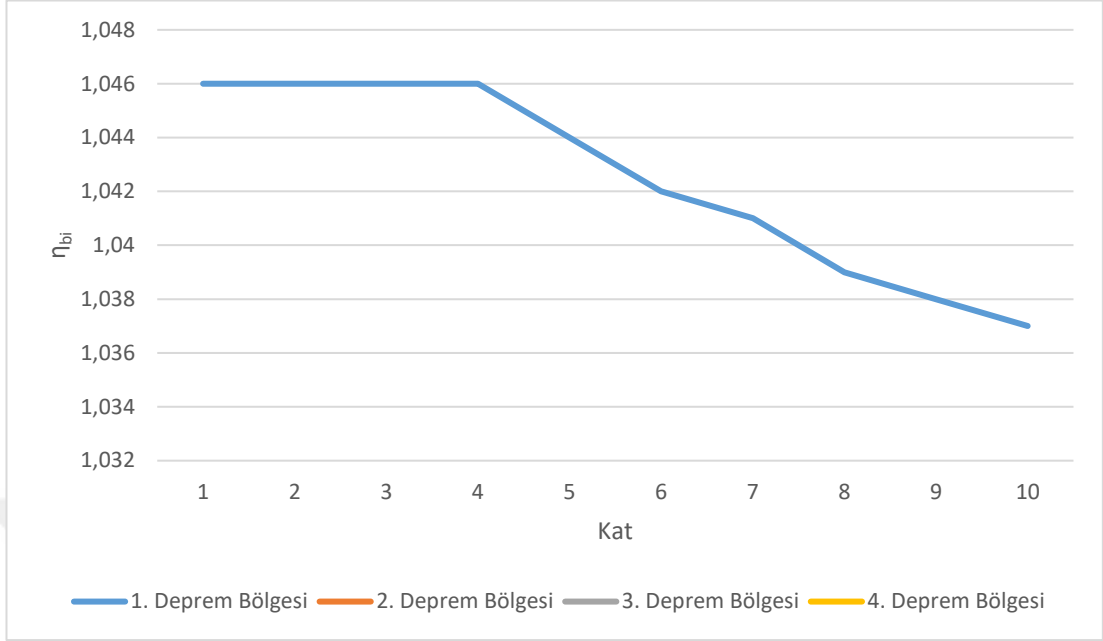
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	26,112	17,113	1,526
9	Y	25,299	16,301	1,552
8	Y	23,932	15,117	1,583
7	Y	22,056	13,67	1,614
6	Y	19,734	11,998	1,645
5	Y	17,015	10,139	1,678
4	Y	13,932	8,123	1,715
3	Y	10,514	5,984	1,757
2	Y	6,803	3,771	1,804
1	Y	2,918	1,573	1,855

Çizelge 4. 23. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

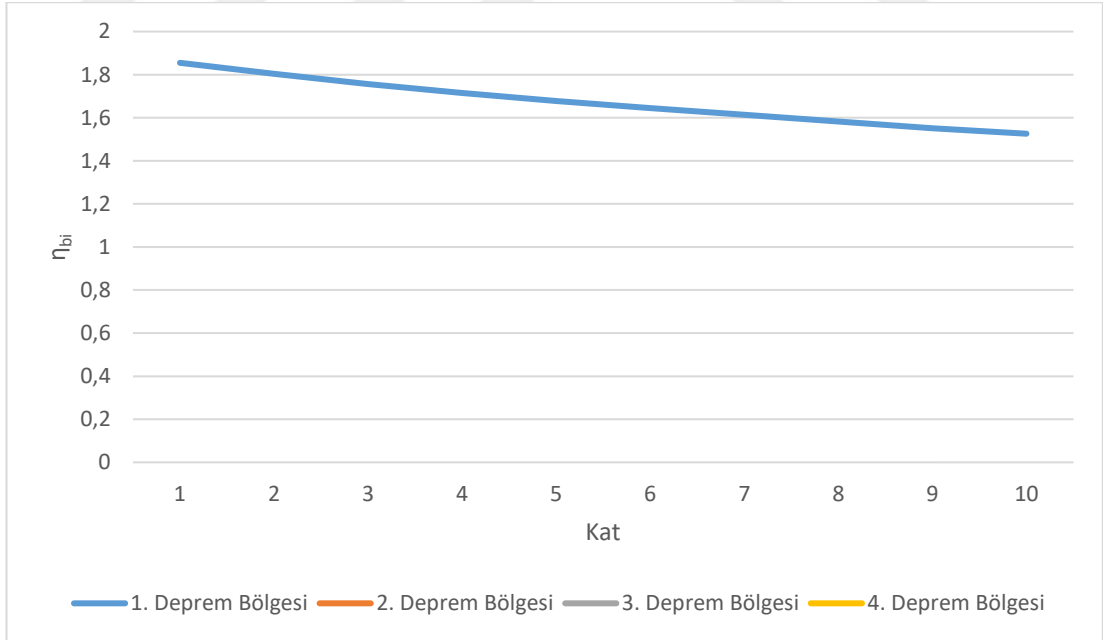
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	7,096	6,843	1,037
9	X	6,382	6,147	1,038
8	X	5,625	5,412	1,039
7	X	4,831	4,642	1,041
6	X	4,004	3,841	1,042
5	X	3,158	3,024	1,044
4	X	2,316	2,215	1,046
3	X	1,514	1,447	1,046
2	X	0,807	0,772	1,046
1	X	0,267	0,255	1,046

Çizelge 4. 24. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	13,056	8,556	1,526
9	Y	12,649	8,15	1,552
8	Y	11,966	7,558	1,583
7	Y	11,028	6,835	1,614
6	Y	9,867	5,999	1,645
5	Y	8,507	5,069	1,678
4	Y	6,966	4,061	1,715
3	Y	5,257	2,992	1,757
2	Y	3,402	1,885	1,804
1	Y	1,459	0,786	1,855



Şekil 4. 9. Dinamik Hesap Sonucu Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması



Şekil 4. 10. Dinamik Hesap Sonucu Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması

Çizelge 4. 25. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	516,8073	3939,3946
9	830,8392	6341,1906
8	990,4998	7583,472
7	1095,8364	8409,07
6	1206,4915	9264,4155
5	1328,9885	10184,4172
4	1470,5692	11259,6373
3	1631,8355	12514,7853
2	1769,9416	13606,8329
1	1833,9981	14130,2765

Çizelge 4. 26. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	331,8745	9783,8957
9	584,3132	16784,4754
8	748,8389	21026,1145
7	838,4415	23422,7176
6	916,1466	25598,0311
5	1026,7476	28639,6654
4	1142,1814	32145,9005
3	1242,0284	35279,593
2	1334,8379	37543,4046
1	1392,8374	38561,2991

Çizelge 4. 27. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	387,6055	2954,546
9	623,1294	4755,893
8	742,8749	5687,604
7	821,8773	6306,8025
6	904,8687	6948,3116
5	996,7414	7638,3129
4	1102,9269	8444,728
3	1223,8766	9386,089
2	1327,4562	10205,1247
1	1375,4986	10597,7074

Çizelge 4. 28. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	248,9058	7337,9218
9	438,2349	12588,3565
8	561,6292	15769,5859
7	628,8311	17567,0382
6	687,11	19198,5233
5	770,0607	21479,749
4	856,6361	24109,4253
3	931,5213	26459,6948
2	1001,1284	28157,5534
1	1044,6281	28920,9743

Çizelge 4. 29. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	258,4037	1969,6973
9	415,4196	3170,5953
8	495,2499	3791,736
7	547,9182	4204,535
6	603,2458	4632,2077
5	664,4943	5092,2086
4	735,2846	5629,8187
3	815,9177	6257,3927
2	884,9708	6803,4165
1	916,9991	7065,1383

Çizelge 4. 30. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

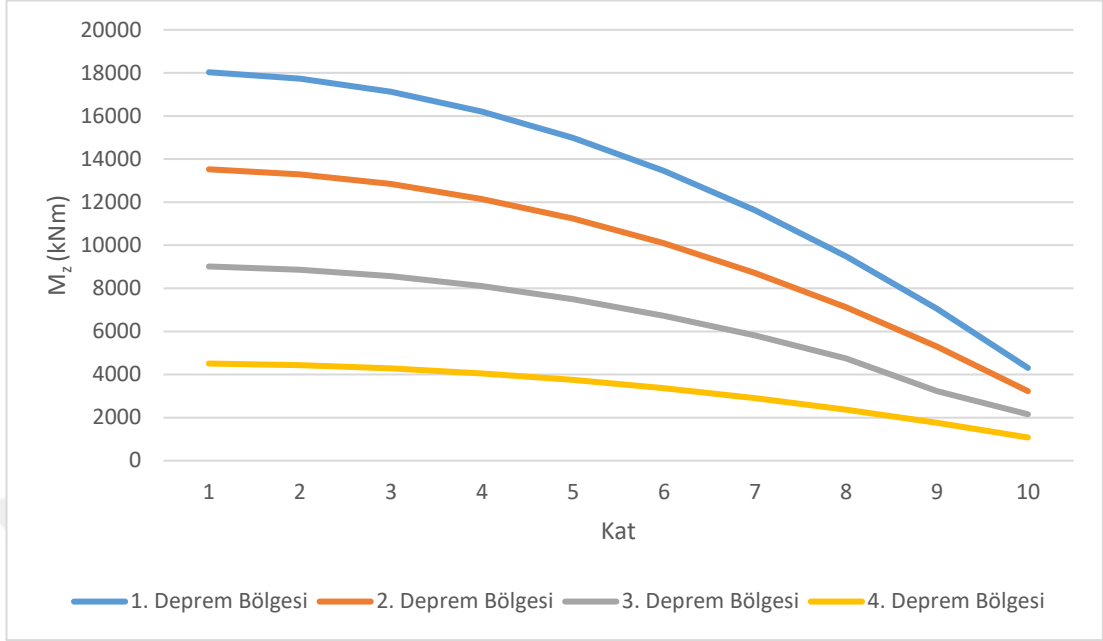
Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	165,9372	4891,9479
9	292,1566	8392,2377
8	374,4194	10513,0573
7	419,2207	11711,3588
6	458,0733	12799,0155
5	513,3738	14319,8327
4	571,0907	16072,9502
3	621,0142	17639,7965
2	667,4189	18771,7023
1	696,4187	19280,6496

Çizelge 4. 31. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönü Burulma Momentleri

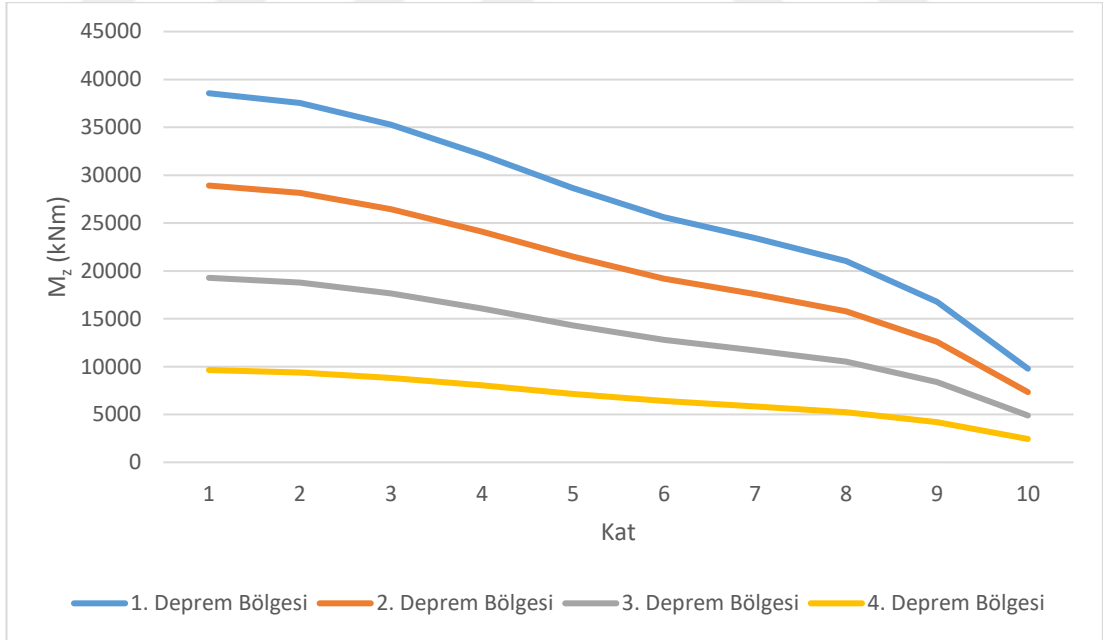
Kat	V_x (kN)	M_z (kNm)
10	129,2018	984,8487
9	207,7098	1585,2977
8	247,625	1895,868
7	273,9591	2102,2675
6	301,6229	2316,1039
5	332,2471	2546,1043
4	367,6423	2814,9093
3	407,9589	3128,6963
2	442,4854	3401,7082
1	458,4995	3532,5691

Çizelge 4. 32. Dinamik Hesap Sonucu Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönü Burulma Momentleri

Kat	V_y (kN)	M_z (kNm)
10	82,9686	2445,9739
9	146,0783	4196,1188
8	187,2097	5256,5286
7	209,6104	5855,6794
6	229,0367	6399,5078
5	256,6869	7159,9163
4	285,5454	8036,4751
3	310,5071	8819,8983
2	333,7095	9385,8511
1	348,2094	9640,3248



Şekil 4. 11. Dinamik Hesap Sonucu Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin X Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması

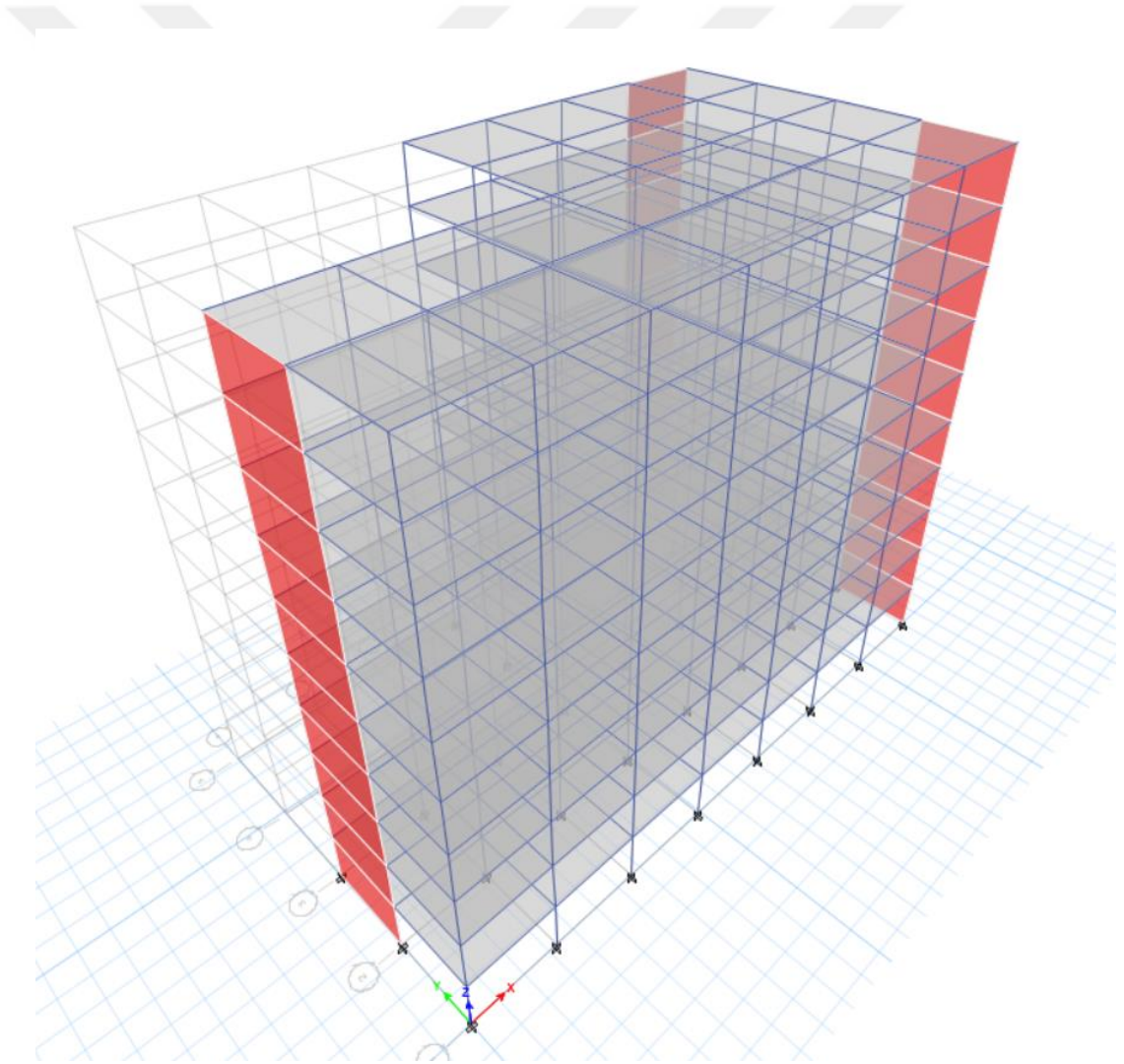


Şekil 4. 12. Dinamik Hesap Sonucu Yapının Farklı Deprem Bölgeleri İçin Y Yönünde Elde Edilen Burulma Momentlerinin Karşılaştırılması

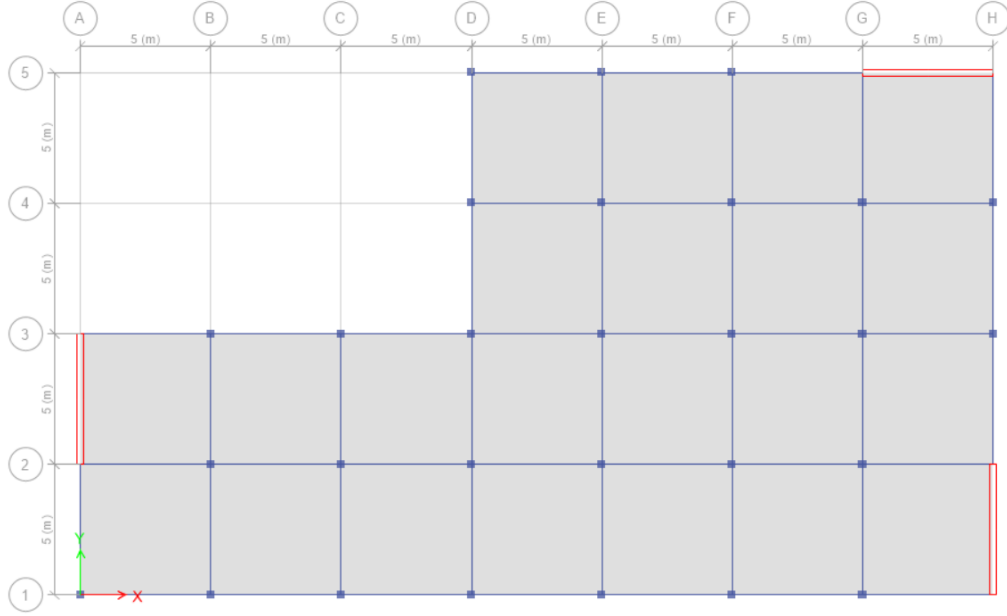
4. 3. İncelenen Yapıda Bulunan Burulma Düzensizliği İçin Çözüm Önerisi ve Sonuçları

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Bölüm 4.1 de analizi yapılan yapının dinamik analizi Bölüm 4.2 de yapılmıştır.

Bu analizlere ek olarak perde elemanlarının konumunun önemine dikkat çekmek için perde genişliklerini ve sayısını değiştirmeden sadece dış akslara kaydırılarak yapı tekrar eşdeğer deprem yükü yöntemiyle çözülmüş ve burulma düzensizliği katsayısı irdelenmiştir.



Şekil 4. 13. Düzeltilmiş Yapının 3 Boyutlu Görünümü



Şekil 4. 14. Düzeltilmiş Yapının Planı

Çizelge 4. 33. Düzeltilmiş Yapının 1. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	43,616	39,508	1,104
9	X	39,244	35,469	1,106
8	X	34,588	31,187	1,109
7	X	29,643	26,663	1,112
6	X	24,448	21,937	1,114
5	X	19,126	17,118	1,117
4	X	13,866	12,378	1,12
3	X	8,932	7,951	1,123
2	X	4,666	4,14	1,127
1	X	1,5	1,325	1,132

Çizelge 4. 34. Düzeltilmiş Yapının 1. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	36,993	33,753	1,096
9	Y	32,639	29,727	1,098
8	Y	28,169	25,607	1,1
7	Y	23,611	21,42	1,102
6	Y	19,027	17,223	1,105
5	Y	14,525	13,118	1,107
4	Y	10,257	9,241	1,11
3	Y	6,415	5,764	1,113
2	Y	3,233	2,895	1,117
1	Y	0,986	0,879	1,122

Çizelge 4. 35. Düzeltilmiş Yapının 2. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	32,712	29,631	1,104
9	X	29,433	26,602	1,106
8	X	25,941	23,391	1,109
7	X	22,232	19,997	1,112
6	X	18,336	16,452	1,114
5	X	14,344	12,838	1,117
4	X	10,4	9,283	1,12
3	X	6,699	5,963	1,123
2	X	3,499	3,105	1,127
1	X	1,125	0,994	1,132

Çizelge 4. 36. Düzeltilmiş Yapının 2. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	27,745	25,314	1,096
9	Y	24,479	22,295	1,098
8	Y	21,127	19,205	1,1
7	Y	17,708	16,065	1,102
6	Y	14,27	12,918	1,105
5	Y	10,894	9,839	1,107
4	Y	7,693	6,931	1,11
3	Y	4,811	4,323	1,113
2	Y	2,425	2,171	1,117
1	Y	0,74	0,659	1,122

Çizelge 4. 37. Düzeltilmiş Yapının 3. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	21,808	19,754	1,104
9	X	19,622	17,734	1,106
8	X	17,294	15,594	1,109
7	X	14,821	13,332	1,112
6	X	12,224	10,968	1,114
5	X	9,563	8,559	1,117
4	X	6,933	6,189	1,12
3	X	4,466	3,975	1,123
2	X	2,333	2,07	1,127
1	X	0,75	0,662	1,132

Çizelge 4. 38. Düzeltilmiş Yapının 3. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

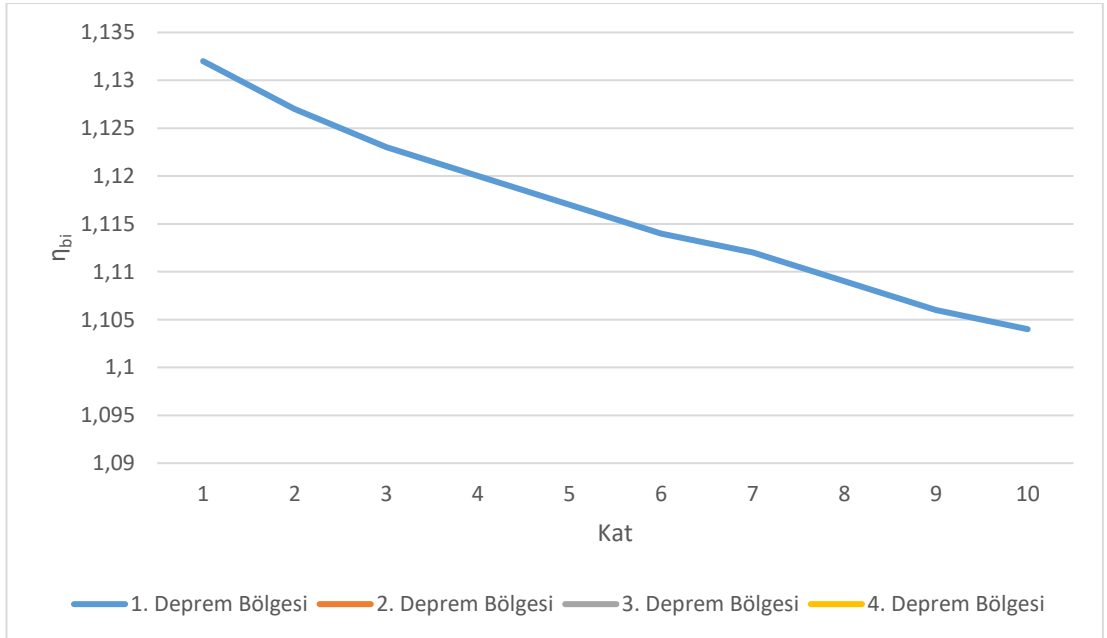
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	18,497	16,876	1,096
9	Y	16,319	14,863	1,098
8	Y	14,084	12,803	1,1
7	Y	11,806	10,71	1,102
6	Y	9,514	8,612	1,105
5	Y	7,263	6,559	1,107
4	Y	5,129	4,62	1,11
3	Y	3,208	2,882	1,113
2	Y	1,617	1,448	1,117
1	Y	0,493	0,439	1,122

Çizelge 4. 39. Düzeltilmiş Yapının 4. Deprem Bölgesi X Yönünde Elde Edilen Değerleri

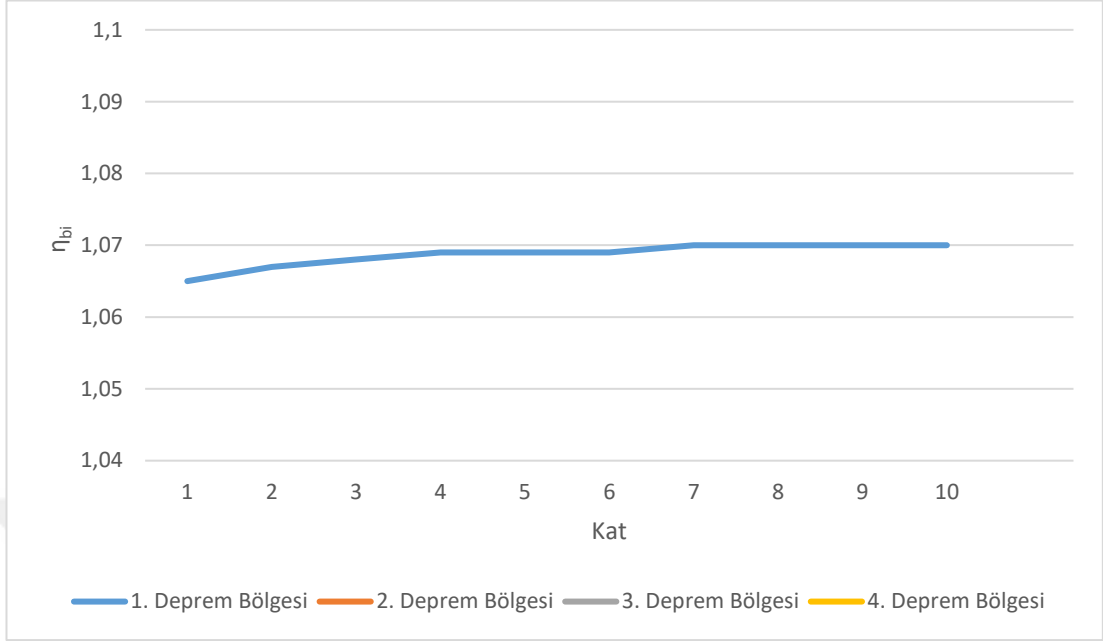
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	X	10,904	9,877	1,104
9	X	9,811	8,867	1,106
8	X	8,647	7,797	1,109
7	X	7,411	6,666	1,112
6	X	6,112	5,484	1,114
5	X	4,781	4,279	1,117
4	X	3,467	3,094	1,12
3	X	2,233	1,988	1,123
2	X	1,166	1,035	1,127
1	X	0,375	0,331	1,132

Çizelge 4. 40. Düzeltilmiş Yapının 4. Deprem Bölgesi Y Yönünde Elde Edilen Değerleri

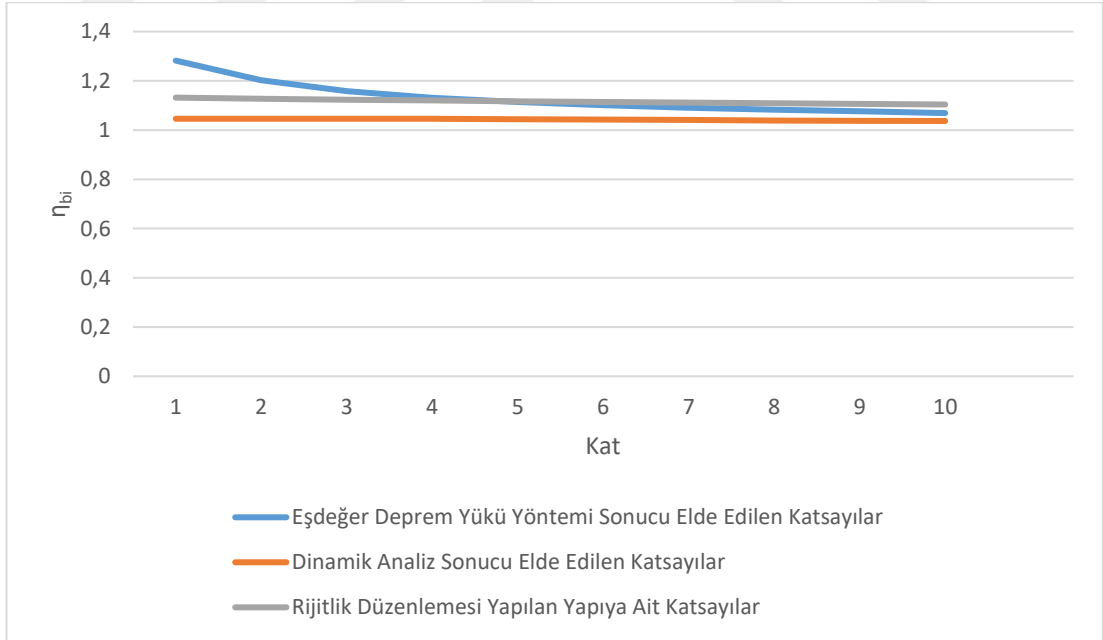
Kat	Yönü	En Büyük Göreli Kat Ötelemesi (mm)	Ortalama Kat Ötelemesi (mm)	Burulma Düzensizliği (η_{bi})
10	Y	9,248	8,438	1,096
9	Y	8,16	7,432	1,098
8	Y	7,042	6,402	1,1
7	Y	5,903	5,355	1,102
6	Y	4,757	4,306	1,105
5	Y	3,631	3,28	1,107
4	Y	2,564	2,31	1,11
3	Y	1,604	1,441	1,113
2	Y	0,808	0,724	1,117
1	Y	0,247	0,22	1,122



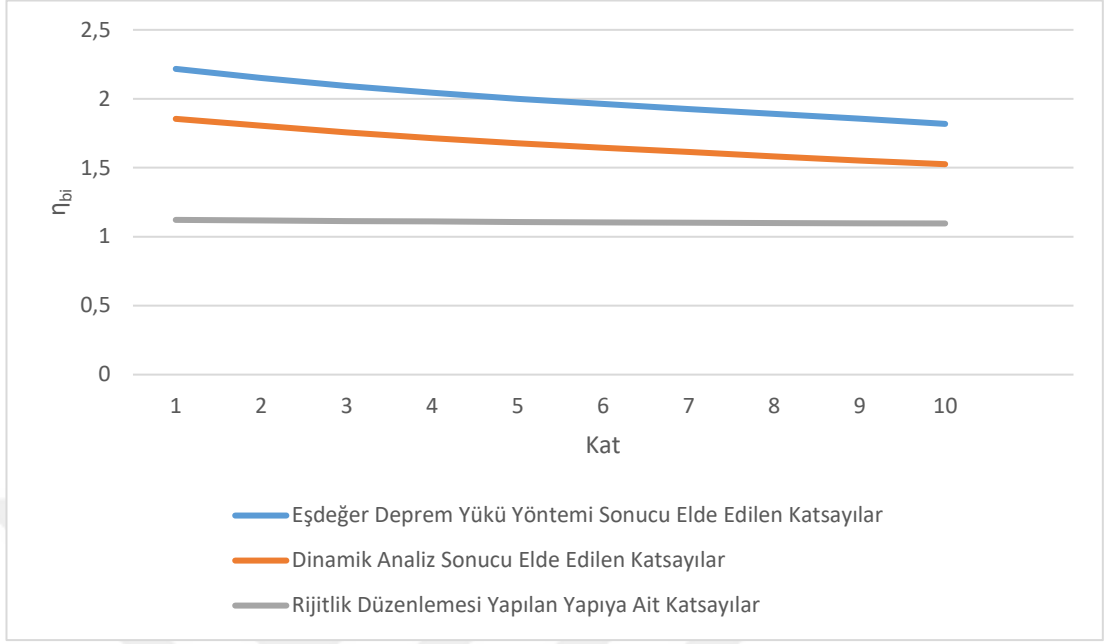
Şekil 4. 15. Düzeltilmiş Yapının Farklı Deprem Bölgeleri için X Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması



Şekil 4. 16. Düzeltilmiş Yapının Farklı Deprem Bölgeleri için Y Yönünde Oluşan Burulma Düzensizliği Katsayısının Karşılaştırılması



Şekil 4. 17. X Yönündeki Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması



Şekil 4. 18. Y Yönündeki Burulma Düzensizliği Katsayılarının Karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın en önemli sonucu aynı hesap yöntemiyle yapı plan geometrisi ve rijitlik dağılımı değiştirilmeden aynı yapıyı farklı deprem bölgeleri için analiz edilmesi burulma düzensizliği katsayısını değiştirmemektir.

Bununla birlikte kat burulma momentlerinin 1. Deprem bölgesinde en fazla, 4. Deprem bölgesinde ise en az çıkması beklenen bir sonuçtur. Nitekim atalet kuvvetleri en çok 1. Deprem bölgesindeki yapıya etkiyecektir.

Her ne kadar analiz sonuçlarında farklı ötelenmeler ve farklı burulma momentleri elde edilse bile, zemin sınıfının değişmesi, statik veya dinamik yükleme durumlarının farklılaşması burulma düzensizliği katsayısını değiştirmeyecektir. Burulma düzensizliği katsayısı nihayetinde bir oran olup, yapı plan geometrisi ve rijitlik dağılımı ile ilişkilidir.

Elde edilen diğer bir sonuç ise dinamik analiz sonucu elde edilen burulma düzensizliği katsayılarının eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan katsayılardan daha düşük çıktığı sonucudur.

Bölüm 4.3' de ise İnşaat Mühendisliği disiplini açısından perde elemanlarının konumuna dikkat çekmek için Bölüm 4.1'de analiz edilen yapıda mevcut perde elemanlarının sayısı ve boyutu değiştirilmeden, sadece konumları değiştirilerek burulma düzensizliği katsayısının son derece makul seviyelere çekildiği görülmüştür. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 incelendiği takdirde rijitlik düzenlemesi yapılan yapının burulma düzensizliği katsayısının 1,2'den küçük çıkması nedeniyle diğer çözümlere göre eleman ve kesitlerde daha düşük gerilmelerin oluşacağı açıktır.

Literatürde yapılan tüm çalışmalar ve yaptığımız analiz bir kez daha göstermiştir ki, yapıların tasarlanmasında malzeme ve şantiye ortamından daha önemlisi düzenli formda yapı modelleyebilmektir. Nitekim tüm imalatlar tekniğine uygun yapılsa dahi uygun olmayan yerlere yetersiz ve düzensiz rijitliğe sahip elemanlar yerleştirilmesi deprem anında yapıyı göçme moduna sokması sürpriz olmayacaktır. Unutulmamalıdır ki yapı güvenliği açısından düzensizlik durumları son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1]Yön, B., Öncü, M.E., 2010. Sayın, E., Binalardaki Burulma Düzensizliğinin Farklı Zemin Sınıflarına Göre Değerlendirilmesi, C.B.Ü Fen Bilimleri Dergisi.
- [2]Erdem, H., 2016. Burulma Düzensizliğinin Betonarme Yapı Davranışına Etkileri, Ç.Ü Müh. Mim. Fak. Dergisi.
- [3]Özmen, G., 2004. Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi.
- [4]Demir, A., Dönmez D., 2008. Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler, C.B.Ü Fen Bilimleri Dergisi.
- [5]Özmen, G., 2012. Deprem Yönetmeliklerindeki Burulma Düzensizliği Koşulları, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi.
- [6]Doğan, O., Er, Ş.B., 2010. Hareketli Yük Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisinin İncelenmesi, International Journal of Engineering Research and Development.
- [7]Demir A., Bağcı M., Demir, D.D., 2011. Mevcut Betonarme Hastane Binasının Farklı Zemin Sınıflarında Burulma Davranışı, C.B.Ü Fen Bilimleri Dergisi.
- [8]Özmen, G., 2001. Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi.
- [9]Döndüren, M.S., Karaduman, A., Çöğürçü, M.T., Altın, M., 2007. Yapılarda Burulma Düzensizliği, Selçuk-Teknik Dergisi.
- [10]Soyluk, K., Yavuz, İ.Y., 2009. Çerçevesiz Binalarda Bodrum Kat İstinat Duvarlarının Burulma Düzensizliğine Etkisi, İmo Teknik Dergi.
- [11]Özmen, G., 2000. Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi, Türkiye Mühendislik Haberleri.

[12]Uçar T., Merter O., 2009. Planda Perde Yerleşiminin Betonarme Perde-Çerçevesi Binaların Deprem Davranışına Etkisi, Deü Mühendislik Bilimleri Dergisi.

[13] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Mart, Ankara.

[14]https://www.researchgate.net/figure/Mexico-City-building-failure-associated-with-the-torsional-translation-motion_fig1_221915988

[15]<http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/>



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :YORULMAZ, Ahmet Mesut
Uyruğu :T.C.
Doğum tarihi ve yeri :27.01.1988 Seyhan
Medeni hali :Bekar
Telefon :0332 221 00 00
Faks :0332 324 18 54
e-mail :mstyrlmz@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gümüşhane Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2015

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015	Sağlık İl Müdürlüğü	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar