

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**BİNALARDA YUMUŞAK KAT OLUŞUMUNDA DOLGU  
DUVARLARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Erdem ÖZKAYA**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU**



**MANİSA-2018**

**Erdem  
ÖZKAYA**

**BİNALARDA YUMUŞAK KAT OLUŞUMUNDA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**2018**

## TEZ ONAYI

**Erdem ÖZKAYA** tarafından hazırlanan "**Binalarda Yumuşak Kat Oluşumunda Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi**" adlı tez çalışması 29/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Ali DEMİR**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN**  
İstanbul Aydın Üniversitesi

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Erdem ÖZKAYA**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ .....	V
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı .....	2
1.2. Literatür Özeti .....	3
2. GENEL BİLGİLER .....	10
2.1. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Deprem Davranışına Etkileri .....	10
2.1.1. Dayanım.....	10
2.1.2. Rijitlik .....	11
2.1.3. Süneklik .....	12
2.1.4. Enerji Yutma Kapasitesi ve Sönüm.....	13
2.1.5. Titreşim Periyoduna Etki.....	14
2.1.6. Kısa Kolon Davranışına Etki .....	15
2.2. Dolgu Duvarların Modellenmesi.....	17
2.2.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi .....	18
2.3. Doğrusal Elastik Olmayan Yapısal Analiz .....	20
2.3.1. Statik İtme Analizi.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	22
3.1. Dolgu Duvarlı ve Duvarsız Örnek Yapıların Modellenmesi.....	22
3.1.1. Birinci Grup Yapıların Modellenmesi .....	22
3.1.1.1. Duvarsız Yapı Modeli.....	22
3.1.1.2. Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	25
3.1.1.3. Duvarlı Yapı Modeli.....	28
3.1.1.4. Eşdeğer Basınç Çubuklarının Genişlik Hesabı.....	29
3.1.1.5. Duvarlı Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	33
3.1.1.6. Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli .....	33
3.1.1.7. Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	34
3.1.2. İkinci Grup Yapıların Modellenmesi.....	34
3.1.2.1. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Yapı Modeli.....	34
3.1.2.2. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	35
3.1.2.3. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Yapı Modeli .....	35
3.1.2.4. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	36
3.1.2.5. Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli .....	36
3.1.2.6. Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	37
3.1.3. Üçüncü Grup Yapıların Modellenmesi.....	37
3.1.3.1. Perdesiz ve Duvarsız Yapı Modeli .....	37
3.1.3.2. Perdesiz ve Duvarsız Yapı için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	38
3.1.3.3. Perdesiz ve Duvarlı Yapı Modeli .....	38

3.1.3.4. Perdesiz ve Duvarlı Yapı için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	39
3.1.3.5. Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli .....	40
3.1.3.6. Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Yapı için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı .....	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	41
4.1. Deplasmanların Karşılaştırılması .....	41
4.2. Periyotların Karşılaştırılması .....	44
4.3. Burulma Düzensizliğı Kontrolü .....	45
4.4. Yumuşak Kat Düzensizliğı Kontrolü .....	50
4.5. Zayıf Kat Düzensizliğı Kontrolü .....	55
4.6. Duvarlı Modelin Statik İtme Analizi Yöntemi İle İncelenmesi .....	59
5. BULGULAR .....	65
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	70
KAYNAKLAR .....	73
ÖZGEÇMİŞ .....	75



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AFAD</b>	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
<b>DBYBHY</b>	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
<b>FEMA</b>	Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Yönetim Kurumu)
<b>A(T)</b>	Spektral İvme Katsayısı
<b>A<sub>o</sub></b>	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
<b>F<sub>i</sub></b>	Binanın i'inci katına etkileyen eşdeğer deprem yükü
<b>h<sub>i</sub></b>	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
<b>n</b>	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
<b>R</b>	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
<b>S(T)</b>	Spektrum Katsayısı
<b>T</b>	Bina doğal titreşim periyodu
<b>T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub></b>	Spektrum Karakteristik Periyotları
<b>V<sub>t</sub></b>	Binaya etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü
<b>Δ<sub>FN</sub></b>	Binanın N'inci katına etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
<b>W</b>	Bina toplam ağırlığı
<b>a<sub>duvar</sub></b>	Eşdeğer çubuğun genişliği
<b>λ<sub>duvar</sub></b>	Eşdeğer çubuğun genişliği hesabında kullanılan katsayı
<b>h<sub>k</sub></b>	Kiriş eksenleri arasında kalan kolon yüksekliği
<b>r<sub>duvar</sub></b>	Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu
<b>E<sub>duvar</sub></b>	Dolgu duvarın elastisite modülü
<b>E<sub>c</sub></b>	Çerçevenin elastisite modülü
<b>t<sub>duvar</sub></b>	Dolgu duvarın ve eşdeğer çubuğun kalınlığı
<b>I<sub>k</sub></b>	Kolonun atalet momenti
<b>h<sub>duvar</sub></b>	Dolgu duvar yüksekliği
<b>Θ</b>	Köşegenin yatay ile yaptığı açı
<b>f<sub>duvar</sub></b>	Dolgu duvarın basınç dayanımı
<b>Δ<sub>i</sub></b>	Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
<b>(Δ<sub>i</sub>)<sub>ort</sub></b>	Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
<b>η<sub>bi</sub></b>	i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
<b>η<sub>ci</sub></b>	i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
<b>η<sub>ki</sub></b>	i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Burulma düzensizliğinin tanımı.....	3
Şekil 1.2. Zayıf kat düzensizliğinin tanımı .....	3
Şekil 1.3. Yumuşak kat düzensizliğinin tanımı.....	4
Şekil 1.4. Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar .....	4
Şekil 1.5. İç kuvvet ve yerdeğiştirmelerin arttırılmasına ilişkin düzensizlik koşulu .....	4
Şekil 1.6. Kocaeli depreminde yumuşak kat ve zayıf kat nedeniyle oluşan hasar	6
Şekil 1.7. Kocaeli depremi sırasında gerçekleşen yumuşak kat ve zayıf kat hasarı .....	6
Şekil 2.1. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yükler altındaki davranışa etkisi .....	11
Şekil 2.2. Dolgu duvarlı ve basit çerçevede çevrimsel yükler sonucunda rijitliğin değişimi .....	12
Şekil 2.3. Dolgu duvarlı çerçeveler ile basit çerçevelerin toplam enerji yutma miktarlarının karşılaştırılması .....	13
Şekil 2.4. İki yanında bant pencere bulunan kolon .....	15
Şekil 2.5. Kolon boyunun kısalması sonucu eğilme kırılması için gereken kesme kuvvetinin artışı.....	15
Şekil 2.6. Kısa kolon kırılmasının olmadığı düşük dayanımlı briket dolgu duvarlı bant pencere (1992 Erzincan Depremi).....	16
Şekil 2.7. Sık etriyeli kısa kolon örneği (1992 Erzincan Depremi) .....	16
Şekil 2.8. Diyagonal eleman modeli ve sonlu eleman modeli .....	17
Şekil 2.9. Yatay yük altında çapraz basınç çubuğunun oluşumu .....	18
Şekil 3.1. Yapının plan görünüşü .....	23
Şekil 3.2. Duvarsız yapının üç boyutlu modeli .....	25
Şekil 3.3. Zemin sınıfına göre spektrum grafiği .....	26
Şekil 3.4. Duvarlı yapının üç boyutlu modeli .....	28
Şekil 3.5. Çerçeve örneği .....	29
Şekil 3.6. Eşdeğer basınç çubuklarının genişlik hesapları için hazırlanan Excel programı .....	30
Şekil 3.7. Zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli .....	33
Şekil 3.8. Zemin katı yükseltilmiş duvarsız yapının üç boyutlu modeli .....	34
Şekil 3.9. Zemin katı yükseltilmiş duvarlı yapının üç boyutlu modeli .....	35
Şekil 3.10. Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli.....	36
Şekil 3.11. Perdesiz ve duvarsız yapının üç boyutlu modeli .....	37
Şekil 3.12. Perdesiz ve duvarlı yapının üç boyutlu modeli.....	38
Şekil 3.13. Perdesiz ve zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli.....	40
Şekil 4.1. Statik itme analizi için düşey yükleme durumunun tanımlanması .....	59
Şekil 4.2. POX yükleme durumunun tanımlanması.....	60
Şekil 4.3. POY yükleme durumunun tanımlanması.....	60
Şekil 4.4. Kiriş elemanı için plastik mafsal tanımı .....	61
Şekil 4.5. Kolon elemanı için plastik mafsal tanımı .....	61
Şekil 4.6. Duvar elemanları için plastik mafsal tanımı .....	63
Şekil 4.7. Plastik mafsalları tanımlanan A aksı elemanları.....	64
Şekil 4.8. A aksında mafsallaşma durumu .....	64
Şekil 5.1. Tüm analiz modellerinin deplasman grafiği .....	69

## TABLO DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 3.1. Taşıyıcı elemanların kesit boyutları.....	24
Tablo 3.2. Duvarsız yapının periyot değerleri .....	24
Tablo 3.3. Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ).....	25
Tablo 3.4. Bina önem katsayısı (I).....	26
Tablo 3.5. Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A, T_B$ ).....	26
Tablo 3.6. Duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri.....	28
Tablo 3.7. Duvarlı yapının periyot değerleri.....	28
Tablo 3.8. X yönünde A ve B aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri.....	30
Tablo 3.9. X yönünde C ve D aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri.....	31
Tablo 3.10. Y yönünde 1, 2 ve 5 aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri.....	32
Tablo 3.11. Y yönünde 8, 9 ve 10 aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri.....	32
Tablo 3.12. Duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri.....	33
Tablo 3.13. Zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri.....	34
Tablo 3.14. Zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri .....	34
Tablo 3.15. Zemin katı yükseltilmiş duvarsız yapının periyot değerleri .....	35
Tablo 3.16. Zemin katı yükseltilmiş duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri .....	35
Tablo 3.17. Zemin katı yükseltilmiş duvarlı yapının periyot değerleri.....	36
Tablo 3.18. Zemin katı yükseltilmiş duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri .....	36
Tablo 3.19. Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri.....	37
Tablo 3.20. Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri.....	37
Tablo 3.21. Perdesiz ve duvarsız yapının periyot değerleri .....	38
Tablo 3.22. Perdesiz ve duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri .....	38
Tablo 3.23. Perdesiz ve duvarlı yapının periyot değerleri .....	39
Tablo 3.24. Perdesiz ve duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri .....	39
Tablo 3.25. Perdesiz ve zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri .....	40
Tablo 3.26. Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri.....	40
Tablo 4.1. İncelenen yapıların katlara göre yaptıkları yerdeğiştirme miktarları.	41
Tablo 4.2. İncelenen yapıların periyot değerleri .....	44
Tablo 4.3. Duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü.....	45
Tablo 4.4. Duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü.....	46
Tablo 4.5. Zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü .....	46
Tablo 4.6. Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü .....	47
Tablo 4.7. Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü .....	47
Tablo 4.8. Z. Katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü.....	47

Tablo 4.9. Perdesiz ve duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü .....	48
Tablo 4.10. Perdesiz ve duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü.....	49
Tablo 4.11. Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü .....	49
Tablo 4.12. Duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	50
Tablo 4.13. Duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü .....	51
Tablo 4.14. Zemin katı duvarsız model için yumuşak kat kontrolü.....	51
Tablo 4.15. Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü .....	52
Tablo 4.16. Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü .....	52
Tablo 4.17. Z. katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.....	53
Tablo 4.18. Perdesiz ve duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü	53
Tablo 4.19. Perdesiz ve duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü.	54
Tablo 4.20. Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü .....	54
Tablo 4.21. Duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	56
Tablo 4.22. Duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	56
Tablo 4.23. Zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü.....	56
Tablo 4.24. Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	57
Tablo 4.25. Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	57
Tablo 4.26. Z. katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü.....	57
Tablo 4.27. Perdesiz ve duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü.....	57
Tablo 4.28. Perdesiz ve duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	58
Tablo 4.29. Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü .....	58
Tablo 4.30. X yönü eşdeğer basınç çubuklarının aksenal yük taşıma kapasiteleri .....	62
Tablo 4.31. Y yönü eşdeğer basınç çubuklarının aksenal yük taşıma kapasiteleri .....	63
Tablo 5.1. Perdeli ve perdesiz bina türlerinin periyot değerleri.....	70

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanması aşamasında bana destek olan, bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU'ya, çalışmalarım sırasında manevi anlamda desteğini her an hissettiğim başta değerli arkadaşım İnşaat Mühendisi Taner KILIÇ olmak üzere tüm okul arkadaşlarıma, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Erdem ÖZKAYA  
Manisa, 2018



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

### Binalarda Yumuşak Kat Oluşumunda Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi

Erdem ÖZKAYA

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU

Deprem riski açısından oldukça yoğun bir bölgede yer alan ülkemizde yapıların tasarımları aşamasında dolgu duvarların etkisinin yeteri kadar dikkate alınıp alınmadığı sık sık tartışılmaktadır. Bu durum geçmişten günümüze kadar birçok akademik çalışmaya da konu olmuştur ve yapılan çalışmalar dolgu duvarların yapı davranışına çeşitli etkileri olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Özellikle yapıların analizlerinde sadece ağırlık olarak dikkate alınan dolgu duvarların deprem esnasındaki çerçeve davranışına etkisi gözardı edilmektedir. Fakat bu durum yapıda öngörülemeyen hasarlar meydana getirebilmektedir.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada dolgu duvarların farklı tiplerde tasarlanan binalar üzerindeki davranış etkileri incelenmiştir. Binalarda bulunan duvarlar Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi'nin hesap esaslarına göre modellenmiştir. Mevcut duvarların ve perdelerin bina modeline eklenip çıkartılması şeklinde farklı tasarımlar elde edilip doğrusal analizler yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Doğrusal analizlere ek olarak duvarlı bir yapıya statik itme analizi uygulanarak yapı elemanları üzerinde oluşan plastik mafsallar gözlemlenmiştir. Binanın zemin katı yükseltilecek de benzer analizler tekrarlanarak bu durumun yumuşak kat düzensizliği oluşumuna etkileri incelenmek istenmiştir. Özellikle konut tipi yapılarda yaygın olarak karşılaşılan yumuşak kat düzensizliğinin yanısıra zayıf kat düzensizliği ve burulma düzensizliklerinin oluşmasında duvarların rolü gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak bu tez kapsamında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan ve etki ettirilen deprem kuvvetleri ile doğrusal olan ve olmayan analizler yapılmıştır. Bu analizler ışığında dolgu duvarların ve perdelerin yapıların davranışları üzerindeki etkileri, yatay yer değiştirmeleri ve periyotlarındaki değişimler incelenerek çıkarımlar yapılmıştır. Dolgu duvarların yapıların hesaplarında ihmal edilmeleri yaklaşımının güvenilir olmadığı ve duvarların yumuşak kat davranışı oluşumunda etkili oldukları gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dolgu duvarlar, Eşdeğer basınç çubuğu, Düzensizlikler, Statik itme analizi.

2018, 75 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **Research of the Effect of Infill Walls on Soft Storey Occurrence**

**Erdem ÖZKAYA**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assistant Professor Halil NOHUTCU**

Although our country has intense risk of earthquake, the omission of infill wall effects during the process of structural design is being discussed. This situation has been the subject of many academic studies until now. These studies show the effects of infill wall on the behavior of structure. Especially in the analyses of structures, the effects of infill walls that are considered just a dead load on the behaviour of frame are omitted but this case can cause unpredictable damages on structure during an earthquake.

As an msc thesis, in this study, the buildings that include various design types and the effects of infill walls on the behaviours of these buildings were researched. The walls of the buildings were modelled according to the calculation principles of equivalent compression struts method. With including the existing walls in structural model or excluding from it, various designs were obtained and analysed as linear. And also the results were researched. In addition to the linear analyses, a building that includes infill walls was made pushover analysis and plastic hinges which were determined on structural elements were observed. Also, first floor of the building was raised and same analyses were applied again. So, because of this condition, the occurrence of soft storey irregularity was researched. In addition to soft storey irregularity, the infill walls acting on weak storey irregularity and torsional irregularity occurrences were observed.

In this thesis, as a result, linear and nonlinear analyses were done with seismic loads calculated with equivalent seismic load method and applied on the buildings. With the results of these analyses, the effects of infill walls and shear walls on behaviours of structures, horizontal displacements of structures and also variances of period magnitudes were studied. In calculations of structures, the results has indicated that the approach of omitting infill walls is not reliable and infill walls have an influence on occurrence of soft storey irregularity.

**Keywords: Infill walls, Equivalent compression strut, Irregularities, Pushover Analysis**

**2018, 75 pages**

## 1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliği, insanlığa bir hizmet ve medeniyetin inşası anlamlarını taşıyan, insanoğlunun varlığı ile başlayan temel bir mühendislik dalıdır. Geçmişten bugüne kadar gelişen inşaat teknolojileri ve edinilen tecrübeler sayesinde günümüzde, güvenlik açısından yeterli, estetik ve kullanım verimliliği anlamında sıradışı yapılar yapılabilmektedir. Fakat tüm bu gelişime rağmen insan faktörü ve doğal afetlerden kaynaklı öngörülemeyen olumsuzlukların yaşanması kaçınılmaz olabilmektedir.

Sınırları içerisinde birçok aktif fay hattı bulunduran ülkemiz, riskli bir deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. AFAD'ın verilerine göre yılda yirmi bin civarında deprem gerçekleştiği öne sürülen ülkemiz, geçmişte yaşadığı şiddetli depremlerle de bu durumun ciddiyetini acı bir şekilde tecrübe etmiştir. Gelecekte de benzer olumsuzlukların yaşanmaması için yapılan hataların doğru şekilde tespit edilmesi ve bu hatalardan ders çıkarılması esastır. Yapılan hataların başında da yapıların, DBYBHY 2007'de tanımlanan düzensiz binalara ait koşullara dikkat edilmeden inşa edilmesi gelmektedir.

Tez çalışması içeriğinde dokuz adet farklı tipteki analiz modelleri üzerinde yumuşak kat düzensizliği, zayıf kat düzensizliği ve burulma düzensizliği incelemeleri yapılmıştır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu düzensizliklerin oluşmasına sebep olabilen ve ortak faktör olan dolgu duvarların yapı modellerine dahil edilmemeleri yaklaşımının güvenilirliği araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda dolgu duvarların yapı hesaplarında ihmal edilmelerinin doğru bir yaklaşım olmadığı sonucuna varılmıştır. Yüksek şiddetli depremlerde yumuşak kat davranışı oluşması sebebiyle pek çok yapının göçme durumuna geçtiği bilinmektedir. Bu çalışmada da dolgu duvarların özellikle giriş katlarda ihmal edilmelerinin yumuşak kat davranışını tetiklediği gözlenmiştir.

Sonuç olarak dolgu duvarların yapı davranışına olan etkileri de incelenerek desteklenen bu tez çalışmasının literatüre olumlu bir katkı sağlayarak konu ile ilgili sonraki araştırmalara ışık tutacağı hedeflenmiştir.

## 1.1. Tezin Amacı

Çalışma kapsamında başlangıç olarak dolgu duvarların betonarme yapıların deprem esnasındaki davranışlarına etkileri hakkında literatür bilgisi verilerek burulma düzensizliği, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kavramlarının tanımları yapılmıştır. Yapıların, dolgu duvarlar etkisiyle değişen parametreleri ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve özellikle periyot ve yanal deplasmanlar üzerinde gözlemler yapılarak sonuçlar çıkartılmıştır.

Çalışmanın deneysel kısmında örnek olarak dört katlı betonarme bir bina ele alınmış ve üzerinde değişiklikler yapılarak farklı tip binalar üzerinde çalışılmıştır. Toplamda dokuz tip bina üzerinde incelemeler yapılmış olup modelleme ve analiz aşamalarında SAP2000 yapı analiz programı kullanılmıştır. Birinci tip olarak yapı projesinde bulunan duvarlar yapıya sadece ağırlık olarak etki ettirilerek duvarsız olarak modellenmiştir. İkinci tip olarak projede yer alan duvarlar eşdeğer sanal basınç çubuğu yaklaşımıyla modellemeleri yapılarak yapı modeline eklenmiştir. Üçüncü tip olarak ise zemin kattaki duvarlar kaldırılarak analiz modeli oluşturulmuştur. Ek olarak bu üç tip yapının her birinin zemin katları yükseltilerek analiz modeli sayısı altıya çıkartılmış ve yumuşak kat düzensizliği oluşumunda yapıların giriş katlarının yüksek yapılması faktörü incelenmek istenmiştir. Son olarak projede yer alan perde elemanlarının başta burulma düzensizliği oluşumu olmak üzere yapı davranışı üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla perde elemanları olmadan üç tip yapı modeli oluşturulmuş ve analizler tekrarlanmıştır.

Binalara etki ettirilen deprem kuvvetlerinin hesaplarında DBYBHY 2007 Bölüm 2.7.'de yer verilen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmış olup hesap esasları için gereken parametrelerin elde edilmesinde yine Bölüm 2'de yer alan talimatlar takip edilmiştir. Kontrolü yapılan düzensizlikler için de DBYBHY 2007 Bölüm 2.3.'de belirtilen sınır şartları esas alınmıştır.

Projede yer alan dolgu duvarların genişliklerinin hesap edilmesinde ve analiz modellerine dahil edilmelerinde eşdeğer sanal basınç çubuğu yaklaşımı kullanılmıştır. Deprem esnasında mafsallaşmanın duvarlarda başlaması durumunu gözlemlemek amacıyla da Statik İtme Analizi Yöntemi ile incelemeler yapılmıştır.

## 1.2. Literatür Özeti

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve uygulamasından kaçınılması gereken düzensiz binalar iki ana başlık altında ele alınır. Bunlar “Planda Düzensizlik Durumları” ve “Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları” başlıklarıdır. Bu bölümde her bir başlık altında üçer tane olmak üzere toplam altı tane düzensizlik tanımlanmıştır [1]. Tez çalışması kapsamında burulma düzensizliği, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği olmak üzere üç adet düzensizlik türü incelenmiştir.

### **A1 – Burulma Düzensizliği :**

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı*  $\eta_{bi}$  ’nin 1.2’den büyük olması durumu (**Şekil 2.1**). [ $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2$ ]  
*Görelî kat ötelemelerinin hesabı,  $\pm$  %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7’ye göre yapılacaktır.*

Şekil 1.1. Burulma düzensizliğinin tanımı [1]

### **B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :**

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı* ’nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı* ’na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı*  $\eta_{ci}$  ’nin 0.80’den küçük olması durumu. [ $\eta_{ci} = (\sum A_c)_i / (\sum A_c)_{i+1} < 0.80$ ]  
*Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:*  
 $\sum A_c = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$  (Simgeler için Bkz. 3.0)

Şekil 1.2. Zayıf kat düzensizliğinin tanımı [1]

DBYBHY 2007’de düzensiz binalara ilişkin belirtilen koşulların 2.3.2.3. maddesine göre B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda göz önüne alınan i’inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise  $\eta_{ci}$  ’nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmaz.  $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} \leq 0.80$  aralığında Tablo 2.5’te verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı,  $1.25(\eta_{ci})_{\min}$  değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanmalıdır. Ancak hiçbir zaman  $\eta_{ci} \leq 0.60$  olmamalıdır. Aksi durumda zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

**B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :**  
 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 ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı*  $\eta_{ki}$  'nin 2.0'den fazla olması durumu. [ $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$  veya  $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$ ]  
*Görelî kat ötelemelerinin hesabı,  $\pm$  %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.*

**Şekil 1.3.** Yumuşak kat düzensizliğinin tanımı [1]

**TABLO 2.6 – EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ'NİN UYGULANABİLECEĞİ BİNALAR**

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca <b>B2</b> türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

**Şekil 1.4.** Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar [1]

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, 2.8.4'e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü  $V_{IB}$ 'nin, *Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*'nde **Denk.2.4**'ten hesaplanan bina toplam deprem yükü  $V_t$ 'ye oranının aşağıda tanımlanan  $\beta$  değerinden küçük olması durumunda ( $V_{IB} < \beta V_t$ ), *Mod Birleştirme Yöntemi*'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, **Denk.(2.16)**'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{IB}} B_B \quad (2.16)$$

**Tablo 2.1**'de tanımlanan **A1**, **B2** veya **B3** türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda **Denk.(2.16)**'da  $\beta=0.90$ , bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise  $\beta=0.80$  alınacaktır.

**Şekil 1.5.** İç kuvvet ve yerdeğiştirmelerin arttırılmasına ilişkin düzensizlik koşulu [1]

Burulma düzensizliği günümüz deprem yönetmeliklerinde en çok göz önüne alınan düzensizlik türüdür. Ülkemizde de birçok akademik çalışmada burulma düzensizliği konusu incelenerek belli tip yapılar için önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre burulma düzensizliğine neden olan başlıca sebepler; yapıların geometrilerinde ve rijitlik dağılımlarında oluşturulan asimetrik durumlardır. Bu noktalardaki olumsuzluklar yapının kat planında kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi arttırmaktadır ve sonuç olarak deprem gibi yatay kuvvetlerin

etkimesiyle birlikte katlarda burulma momentleri gerçekleştirmektedir. Katlarda oluşan burulma momentleri de kolonlarda plastik mafsal oluşumuna neden olarak yapıyı göçme noktasına getirebilmektedir. Yapının bu tür bir düzensizliğe sahip olmaması için ise katlardaki kütle ve rijitlik merkezlerinin birbirine yakın olacak şekilde tasarlanması esastır [2]. Bu çalışmanın bir kısmında ise perdeli bir yapının planında, perde elemanlarının simetrik olarak yer almamasından dolayı ilgili düzensizliğin oluşumunu gözlemleyeceğiz.

Tez çalışması içinde ikinci olarak incelenecek düzensizlik çeşidi olan zayıf kat düzensizliği kısaca düşey yönde rijitlik süreksizliği olarak tanımlanabilir [3]. Geçmişten bugüne dünyanın birçok yerinde gerçekleşen deprem yıkımları incelendiğinde yapılarda zayıf kat oluşumunun büyük hasarlara neden olduğu görülmüştür. Bu düzensizliğin oluşmasında başlıca etken ise binaların zemin katlarındaki duvarların, mağaza, restoran vb. ticari amaçlarla hiç yapılmaması ya da az yapılmasıdır. Çünkü deprem yönetmeliğindeki düzensizlik kontrolünde dolgu duvarların kesit alanlarının %15'i de hesaba katılmaktadır.

İkinci bir etken olarak ise kolon ve perde elemanlarının kesitlerinin katlara göre değiştirilmesi de dayanım düzensizliği katsayısını etkileyerek zayıf kat oluşumunu tetiklemektedir.

Zayıf kat düzensizliği komşu katlar arasındaki etkili kesme alanları arasında fark yaratarak zemin katın yanal kuvvetlere karşı direncini azaltmaktadır ve sonuç olarak deprem sırasında zemin katın daha fazla yanal ötelenmeye maruz kalmasına sebep olmaktadır [3]. Kocaeli depremi sonrası hasar görmüş yapı örnekleri incelendiğinde de zayıf ve yumuşak kat düzensizliği kaynaklı yıkımların fazla olması durumun ciddiyetini açıkça gözler önüne sermektedir [4].



**Şekil 1.6.** Kocaeli depreminde yumuşak kat ve zayıf kat nedeniyle oluşan hasar [4]



**Şekil 1.7.** Kocaeli depremi sırasında gerçekleşen yumuşak kat ve zayıf kat hasarı [3]

Tez çalışması içeriğinde ele alınacak son düzensizlik tipi yumuşak kat düzensizliğidir. Yumuşak kat düzensizliğinin oluşma nedenleri ve etkileri genel olarak zayıf kat düzensizliği ile benzerdir. Fakat zayıf kat düzensizliği, katlardaki düşey elemanların kesit alanları ile ilgiliyken yumuşak kat düzensizliği, katların ortalama görelî kat ötelemeleri ile ilgilidir. Kısaca bir deprem yönü doğrultusunda herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesiyle elde edilen Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2.0'dan büyük olması durumu yumuşak kat düzensizliği olarak tanımlanır [1].

Konut tipi yapılarda sıkça karşılaşılan bu düzensizlik çeşidi yapıların giriş katlarının yüksek yapılması ve ticari amaçlar doğrultusunda yapıların daha fonksiyonel olması için dolgu duvarların yapılmaması sonucu ortaya çıkarak deprem sırasında alt katların daha fazla yatay yer değiştirmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda da taşıyıcı sistem ağır hasar görmektedir.

Zayıf kat ve yumuşak kat oluşumunun ortak noktasında dolgu duvarlar yer almaktadır. Konu ile ilgili yapılan araştırmalar genellikle dolgu duvarların yapı davranışını nasıl etkilediği ile ilgili çalışmaları da beraberinde getirmektedir. İlgili düzensizliklerin daha iyi anlaşılabilmesi için yapıların tasarımları aşamasında ihmal edilen dolgu duvarların, yapıya hangi parametreler açısından etki ettiklerini göz önünde bulundurmak gerekir. Yapılan araştırmalar dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin gözardı edilemez olduğunu göstermektedir. Bu etki birçok akademik çalışmaya da konu olmuştur.

Kappos ve ark. [5], dolgu duvarların betonarme çerçevelerin yatay rijitliğine olan katkısının %440'a kadar çıkabileceğini çalışmalarında göstermiştir [16]. Aynı zamanda hizmete elverişlilik düzeyinde enerjinin %95'inin dolgu duvarlarda oluşan çatlaklarda sönmüldüğünü de belirtmiştir [16]. Calvi ve ark. [6] ise depremin ilk anlarında dolgu duvarların dayanımlarını kaybetmesinden dolayı ihmal edilmeleri görüşünün doğru olmadığını savunarak birçok durumda enerjinin büyük bir kısmının dolgu duvarlarda sönmüldüğünü söylemektedir [16].

Dolgu duvarlar hakkındaki çalışmalara 1956'da Polyakov öncülük etmiştir. Duvarların eşdeğer sanal basınç çubukları yaklaşımı ile çapraz olarak sisteme kenetlenme eğiliminde olduğunu ve çerçeveden duvara gelen gerilmelerin çerçeve ve duvar ara yüzeyindeki basınç bölgesinde aktarıldığını ileri sürmektedir [7].

Stafford Smith ve ark. 60'lı yıllarda gerçekleştirdiği çalışmalar ile dolgu çerçeveli yapıların rijitliklerini ve yanal dayanımlarını anlayabilmek için günümüzde hala temel oluşturan ve pratik bir metot olan duvarların eşdeğer sanal basınç çubuklarıyla modelleme tekniğine katkıda bulunmuştur. Araştırmalar sonucunda ilgili parametrelerin, duvarın boyutları ve fiziksel özelliklerinin yanısıra duvar ile etrafındaki çerçeve ile olan temas uzunluğuna da bağlı olduğunu göstermiştir [8].

Ersoy ve ark. dolgu duvarların mafsallı basınç çubuğu olarak modellenmesini önererek farklı tip betonarme yapılar ile deneyler yapmışlardır. Çalışma sonucunda dolgulu çerçevelerin yatay yük kapasitesinde ve rijitliğinde ciddi bir artış gözlenirken yer değiştirme kapasitesinin ise azaldığı ileri sürülmüştür [9].

Govindan ve ark. dolgu duvarlı ve duvarsız betonarme çerçeveler ile deneyler yapmışlardır. Çalışmalar sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin duvarsız çerçevelere göre daha çok taban kesme kuvveti aldığı tespit etmişlerdir [10]. Negro ve ark. ise yaptıkları deneylerde dolgu duvarlı yapının yük taşıma kapasitesinin dolgu duvarsız yapıya göre 1.5 kat fazla olduğu sonucuna ulaşmışlardır [11].

Zarnic ve ark. çalışmaları sonucunda dolgu duvarların yapı üzerinde hem yararlı hem de zararlı etkileri olduğunu saptamışlardır. Bunun sonucu olarak dolgu duvarların yeterli miktarda derz uygulanarak çerçeveden ayrı çalışacak şekilde yapılması gerektiğini öne sürmüşlerdir. İkinci bir öneri olarak ise dolgu duvarlar ile çerçeve arasındaki kuvvet dağılımını göz önünde bulundurarak hesap yapılmasını uygun görmüşlerdir [12].

Sayın, çalışmasında dolgu duvarları farklı analiz programlarıyla modelleyerek karşılaştırma yapmıştır. Çalışma sonucunda dolgu duvarların malzeme özelliklerinin belirlenmesi durumunda yapılan modellemelerin gerçeğe yakın davranış sergilediğini gözlemiştir [13]. Çağatay, araştırmasında dolgu duvarların yapılarda kısa kolon oluşumuna etkilerini incelemek amacıyla dolgu duvarsız ve değişik oranlarda dolgu duvarlı sistemler üzerinde çalışmıştır. Yapılan analizler sonucunda dolgu duvarlardaki boşlukların, duvarların bağlandığı kolonlardaki kesme kuvvetini önemli derecede arttırdığını tespit etmiştir [14].

Arulselvan ve ark. çalışmalarında betonarme yapılarda dolgu duvar etkisini incelemişler ve çerçevenin göçmeye başlamadan önce duvarlarda diyagonal çatlakların oluştuğunu görmüşlerdir. Diyagonal çatlakların oluşmasıyla zemin katta duvarların etkisini yitirerek yıkıldığını ve böylece yumuşak kat davranışının oluştuğunu gözlemlemişlerdir [15].

Dolgu duvarların yapıların davranışı üzerindeki etkileri günümüzde akademik çalışmalara konu olmaya devam etmektedir. Bilim insanları tarafından geçmişten bugüne yapılan araştırmalar belli noktalarda ortak sonuçlara ulaşarak dolgu duvarların yapım tekniklerine baēlı olarak yapı davranışına gözardı edilmemesi gereken etkileri olduēunu ortaya çıkarmıştır. Ekim 2011’de yaşanılan Van Depremi sonrası yapılan tespitler de dolgu duvarların olumlu ve olumsuz etkilerinin tecrübe edildiēini göstermiştir. Deprem sırasında dolgu duvarların kısmi veya tümden göçmesi bazı durumlarda yapıların ayakta kalması ve yıkılmasında etkili olmuştur. Bunun sonucunda da maddi hasarların oluşması ve can kayıplarının yaşanması üzücü bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır [16].



## 2. GENEL BİLGİLER

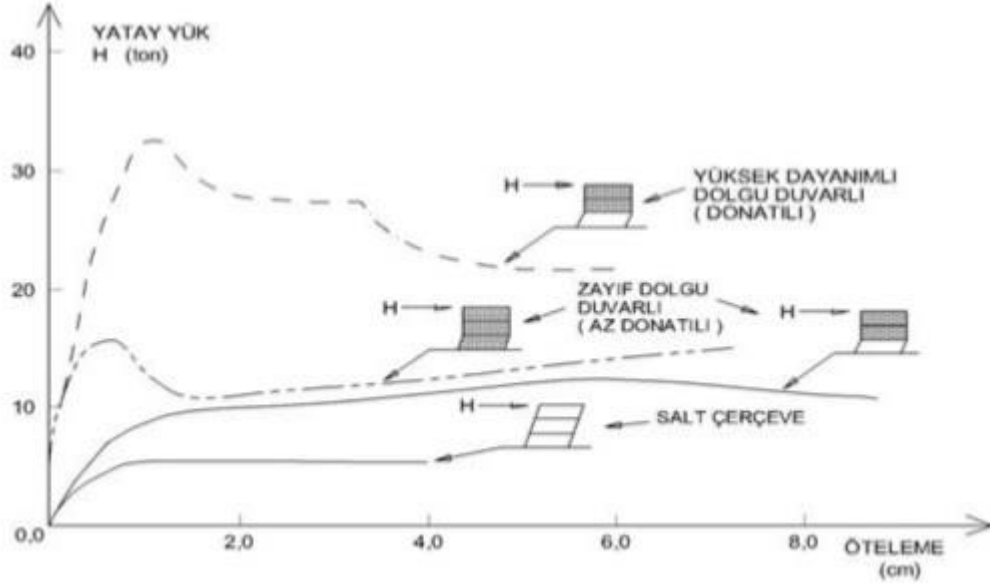
### 2.1. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Deprem Davranışına Etkileri

#### 2.1.1. Dayanım

Bir yapı sistemi için dayanım tanımlanmak istenirse, yapıya etkiyen yük ya da yük etkilerine karşı tüm elemanların birlikte karşı koyma gücü olarak tanımlanabilir.

Tecrübe edilen birçok deprem sonrası oluşan yapı hasarları incelendiğinde dolgu duvarların dayanıma katıldığı söylenebilir. Dolgu duvarların yapıların yatay yükler altındaki davranışını belirleme deneylerinde dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin yatay yüklere karşı dayanımlarının dolgu duvarsız betonarme çerçevelere göre en az iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak dolgu duvar malzemesinin çok boşluklu olması ve düşük dayanımlı malzeme olması gibi durumlarda duvarlı çerçevenin yatay yük taşımaya katkısı, duvarsız çerçeveye göre en çok %40 kadar fazla olmaktadır [17]. Negro ve ark. çalışmasına göre ise dolgu duvarlı kompozit yapının yatay yük taşıma kapasitesinin betonarme yapıya oranla 1.5 kat fazla olduğu gözlenmiştir [11]. Deneylerden çıkarılan bu katkı miktarları yapıların gerçek depremdaki davranışlarında deprem enerjisi tüketiminde kullanılmaktadır. Bu durum ise deprem hasarını azalttığı için yapıların yıkılmasını ya da can kaybını önleyebilir.

Dolgu duvarlar ile ilgili başka bir gözleme göre ise yapılardaki bütün duvarlar perde duvarlardır ve perde duvarlar yatay yük taşıyan yapı elemanlarıdır. Bu elemanlar taşıma güçlerine ulaşana kadar yatay yük taşırlar. Yatay yük taşımayacağı varsayılan duvarlar da bir perde duvar davranışı sergiler. Betonarme çerçeveli yapılarda kolonlar arasındaki tuğla dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü vardır. Bu sınırın altındaki yük düzeylerinde tuğla dolgu duvar önemli rijitliği olan birer perde duvardır [18]. Şiddetli bir depremin ilk anlarında ya da hafif şiddetli depremlerde tuğla dolgu duvarlar yatay yük taşırlar ancak duvarlar hasar gördükçe bu katkı giderek azalır.

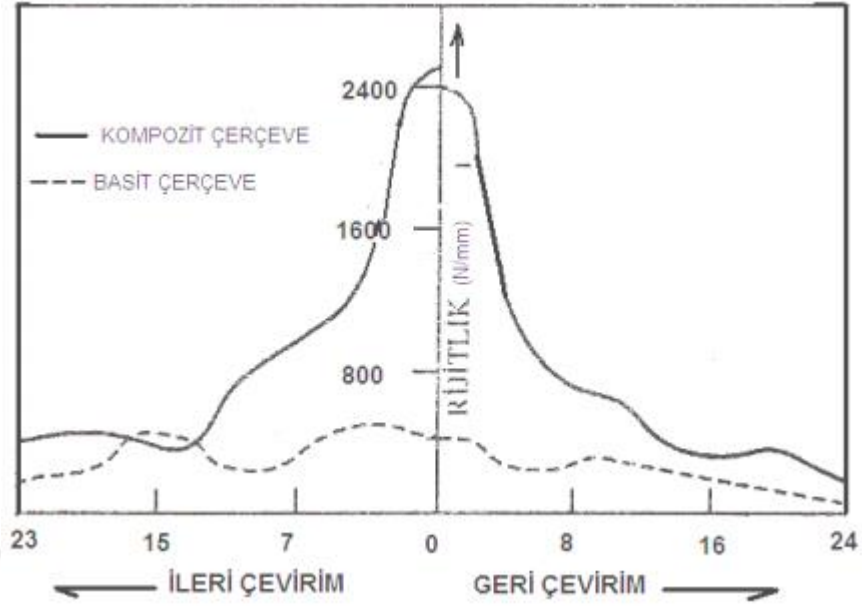


**Şekil 2.1.** Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yükler altındaki davranışa etkisi [19]

### 2.1.2. Rijitlik

Rijitlik kelimesi cismin şekildeğiştirmeye karşı koyma direnci olarak tanımlanabilir. Dolgu duvarlar çatlamadan önce rijit eleman olarak davranırlar. Yapının titreşim periyodunu azaltırlar. Ancak deprem kuvvetlerinin artması ile çatlayıp hasar gördükçe rijitliğe katkıları azalır. Dolgu duvarların depremin ilk anlarında rijit davranmasının olumsuz bir etkeni olarak ise yapı planlarında simetrik olarak yer almayan dolgu duvarların, yapının kütle ve rijitlik merkezlerinde fark oluşmasına neden olarak yapıda burulma etkisi oluşturabilme durumunu söyleyebiliriz [20].

Govindan ve ark. çalışmalarında duvarlı betonarme ve duvarsız betonarme çerçevelerin rijitliklerinin çevrimsel yükler altında değişimini incelemiştirler. Yüklemin ilk aşamalarında, duvarlarda çatlama durumu oluşana kadar duvarlı çerçevenin duvarsız çerçeveye göre beş kat daha rijit davranış gösterdiği gözlenmiştir. Çatlakların artması sonucunda ise rijitlikte önemli bir azalma gerçekleşmiş olsa da duvarlı çerçevenin, duvarsız çerçevenin işletme yükünden daha fazla yük miktarında yapı rijitliğinde azalma olmadan işlevini devam ettirebileceği belirtilmiştir [10].



**Şekil 2.2.** Dolgu duvarlı ve basit çerçevede çevrimsel yükler sonucunda rijitliğin değişimi [10]

### 2.1.3. Süneklik

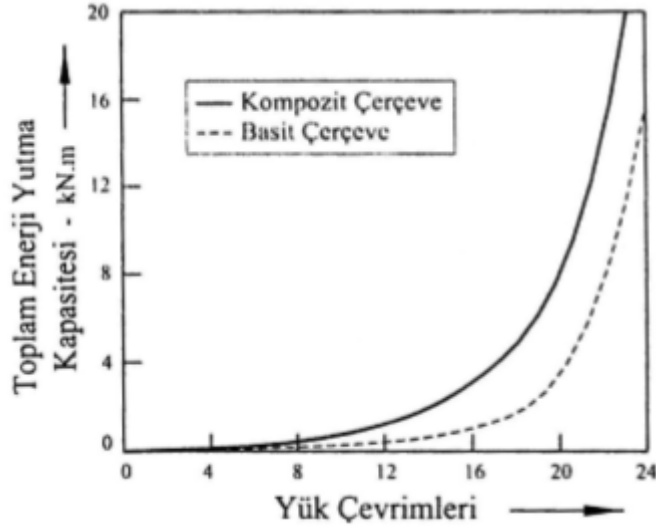
Bir malzeme, bir kesit, bir eleman ya da bir yapının taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan deformasyon yapabilme ve tekrarlı yükler etkisinde büyük şekilde değişimlerle enerji tüketebilme özelliğine süneklik denilmektedir.

Govindan ve ark. yaptıkları çalışmalarda dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçevelere göre daha gevrek davranış sergilediklerini öne sürmüşlerdir. Sonuçta, basit çerçevenin sünekliğinin dolgu duvarlı çerçeveye göre 3.29 kat fazla olduğu belirtilmiştir [10]. Konu ile ilgili yapılan bir diğer çalışmaya göre ise farklı oranlarda dolgu duvar içeren altı adet örnek betonarme çerçevenin nonlineer statik analizleri yapılarak elde edilen kuramsal sonuçlar ile dolgu duvarların sistem rijitliğine ve sünekliğine olan etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) dolgu duvarlı ve boş çerçeve için değişimler göstermiştir. Dolgu duvarların yapılardaki oranlarına ve dizilişlerine bağlı olarak R değerinin %12 ile %47 arasında değiştiği belirtilerek özellikle yumuşak kat oluşumu gösteren çerçevenin R katsayısının çok düşük olduğuna dikkat çekilmiştir [21].

#### 2.1.4. Enerji Yutma Kapasitesi ve Sönüm

Yapının herhangi bir kuvvet neticesinde yaptığı hareketin yavaşlayarak durması sönüm olarak tanımlanabilir. Yapının hareketi esnasında hava ile yaptığı sürtünme, donatının akması, çatlakların oluşması ve çatlayan yüzeylerin birbirine sürtünmesi, mesnetlerde olan sürtünmeler sönümü sağlar. Dolgu duvarlar ile çerçevenin kolon ve kirişlerle olan ara yüzeylerindeki hareket yapıya sönüm sağlamaktadır. Dolgu duvarla çerçevenin ayrışması, dolgu duvarlar içinde olan çatlaklar yapının sönümünü daha da artırır. Bu ara yüzeyler arasındaki hareketin sonucu oluşan sürtünme kuvvetleri ciddi miktarda deprem enerjisi tüketir [20].

Enerji yutma kapasitesi, uygulanan yükleme ile ortaya çıkan yük-yer değiştirme eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlanabilir. Govindan ve ark. çalışmaları sonucunda basit çerçeve ve dolgu duvarlı çerçevede yutulan enerji miktarlarını gösteren grafiği elde etmişlerdir.



Şekil 2.3. Dolgu duvarlı çerçeveler ile basit çerçevelerin toplam enerji yutma miktarlarının karşılaştırılması [10]

### 2.1.5. Titreşim Periyoduna Etki

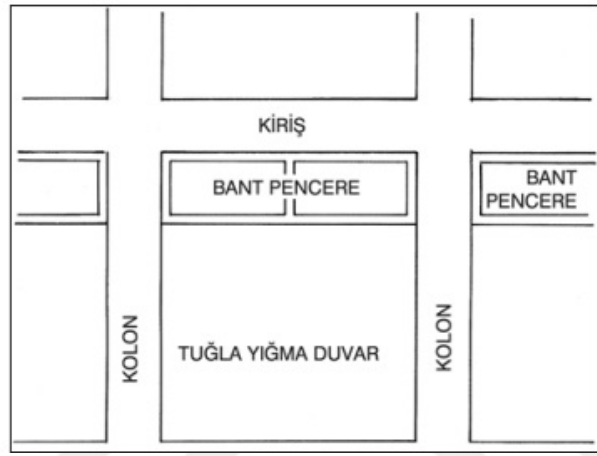
Bayülke, yaptığı çalışmalarda dolgu duvarların yapı periyoduna etkisini incelemiştir ve duvarsız bir çerçeveye duvarlar eklendikten sonra yapı periyodunda büyük değişimler gözlemlemiştir. Dolgu duvar ve sıvaları bulunan yapıların titreşim periyotları, çıplak çerçevelerin titreşim periyotlarının %50-%70'i kadar çıkmıştır [20, 22]. Dolgu duvarlar yapıların çıplak çerçeve durumundaki rijitliğini 2-4 kat arttırabilmektedir [20]. Ayrıca dolgu duvarlar yapının ağırlığını arttırdıkları için rijitliğe olan katkıları daha fazla da olabilmektedir [20]. Bayülke, periyot değişimlerini çok düşük yatay yükler altında ve düşük genlikli titreşimlerde gözlemiştir. Gerçek bir depremde ise yapıya gelen yatay yük çok daha büyük olacağından dolgu duvarların, rijitlik ve periyot üzerindeki etkisi giderek azalacaktır.

1971 San Fernando depreminden etkilenen 15 katlı betonarme kabuk ile örtülü çelik çerçeveli bir yapıda her iki asal yönde çevrel titreşimler etkisi altında yapının periyotları 1.32 ve 1.88 saniye ölçülmüştür. Deprem sırasında yapıda ölçülen ivme kaydından hesaplanan periyotlar ise 2.84 ve 2.77 saniyedir. Depremden sonra tekrar çevrel titreşimlerden ölçülen periyotlar 2.10 ve 2.15 saniye çıkmıştır ve yalnızca çerçevelerin rijitliği dikkate alınarak hesaplanmış periyotlar ise 3.31 ve 3.19 saniyedir. Hesaplanan ve ölçülmüş periyotlar arasındaki bu farklılıklar taşıyıcı olmayan bölme duvarların yapı davranışına etkisini kanıtlamaktadır. Depremin şiddetli olması ise dolgu duvarların katkısını giderek azaltmaktadır [20, 23].

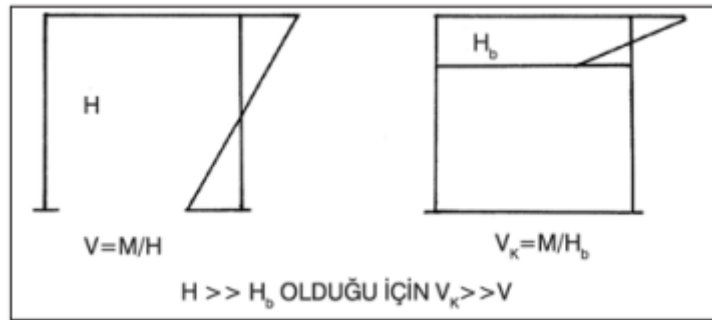
Şiddetli depremlerde salınımları ölçülmüş yapıların periyotları ile analitik yöntemlerle hesaplanmış periyotlar arasında biraz fark vardır. Dolgu duvarların katkısı dikkate alınmadan hesaplanan periyotlar, deprem kuvvetli hareket kayıtlarından hesaplanan periyotlardan daha uzundur. Bununla birlikte dolgu duvarların rijitliğe olan katkısı da dikkate alınarak hesaplanan periyotlar ile depremde ölçülen periyotlar birbirine daha yakındır. Deprem kuvvetlerinin genliğinin büyümesi ve dolgu duvarlarda çatlak oluşması ile birlikte yapıların titreşim periyotları uzamaktadır ve yapının salt taşıyıcı çerçeve sistemi dikkate alınarak hesaplanan periyoduna yaklaşmaktadır [20].

### 2.1.6. Kısa Kolon Davranışına Etki

Yapıların bodrum katlarına ve iç koridorlarına ışık gelmesi için kolonların üst başlarında bant pencereler yapılması ile kolonların boyları kısaltılmaktadır. Boylarının kısılmasıyla rijitleşen kolonların payına moment kırılması için gereken kesme kuvvetlerinden daha büyük kesme kuvvetleri etkiyebilmektedir. Bu sebeple eğilme kırılması olmadan kesme kırılmasını önlemek için dikkate alınan kesme dayanımı aşıldığı için eğilme kırılmasından önce kesme kırılması olmaktadır.



Şekil 2.4. İki yanında bant pencere bulunan kolon [20]



Şekil 2.5. Kolon boyunun kısılması sonucu eğilme kırılması için gereken kesme kuvvetinin artışı [20]

Bant pencere nedeniyle kolonun boyu (H) yerine bant pencere yüksekliği olan ( $H_b$ ) kadar olmaktadır. Bu durumda kolonun moment taşıma gücünü M kabul edersek eğilme kırılması için gereken kesme kuvveti  $V_k=M/H_b$  olacaktır.

Burada  $H_b < H$  olduğu için  $V_k$  değeri, kolon moment kırılması için gereken kesme kuvvetinden ( $V$ ) büyük olmaktadır. Bu etki dikkate alınmadan tasarım yapılması durumunda ise kolonda kısa kolon kırılması denen kesme kırılması oluşabilmektedir.

Kısa kolon kırılmasında dolgu duvar malzemesinin dayanımı önemli olmaktadır. Kolonun yanındaki dolgu duvar taş, dolu tuğla ve betonarme dolgu gibi malzemelerden yapılırsa kısa kolon kırılması gerçekleşebilirken, boşluklu cüruf briketten yapılan duvarlı bir sistemde kısa kolon kırılması olmayabilir [20]. Ayrıca kısa kolon kırılması beklentisi ile etriye sıklaştırması yapılması durumunda betonun çatlaması önlenemese de yıkım seviyesinden kesme kırılması önlenabilir.



**Şekil 2.6.** Kısa kolon kırılmasının olmadığı düşük dayanımlı briket dolgu duvarlı bant pencere (1992 Erzincan Depremi) [20]



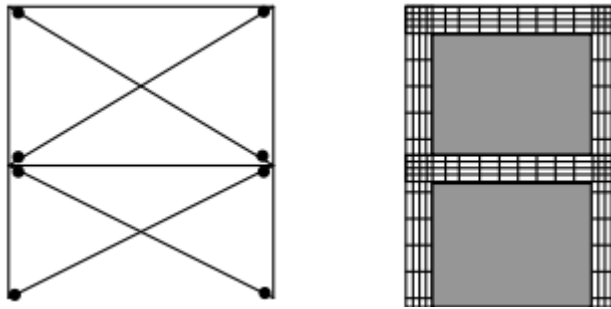
**Şekil 2.7.** Sık etriyeli kısa kolon örneği (1992 Erzincan Depremi) [20]

## 2.2. Dolgu Duvarların Modellenmesi

Geçmişten günümüze dolgu duvarlı çerçevelerin yapısal davranışı ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmış ve araştırmalar sonucunda duvarlar ile ilgili birkaç analitik model geliştirilmiştir. Bu modeller, mikro modeller ve makro modeller olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilmektedir.

Mikro modeller bütün olası göçme modlarını kapsayabilmesi açısından bir yapısal elemanın davranışını detaylı olarak modeller. Sistem, sonlu elemanlar yöntemine dayandırılır. Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yük etkisi altındaki davranışını temsil etmesi için çerçeveyi oluşturan elemanlar ve bağlantı noktaları farklı şekillerde modellenebilmektedir. Örneğin çerçeveyi bir çubuk veya düzlem eleman olarak tasarlarken, kullanılan tuğla malzemesi düzlem eleman olarak ele alınabilir ve kullanılan harç malzemesi de ara yüz elemanı ya da tek boyutlu düğüm elemanları ile analitik modele yansıtılabilmektedir [24].

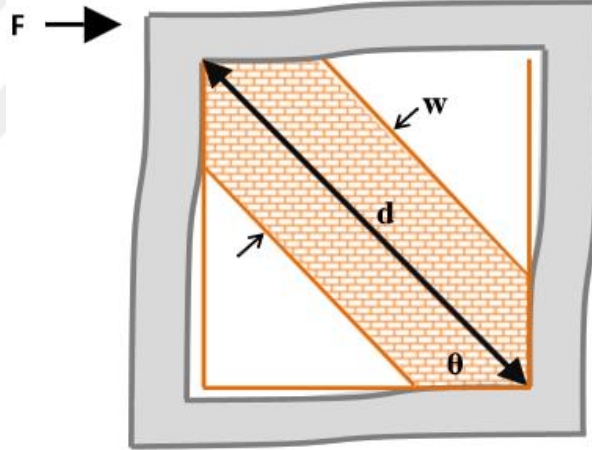
Makro modeller, bir yapısal elemanın davranışını, bütün olası yerel göçme modlarını modellemeden basitleştirilmiş bir yaklaşımla ele alırlar. Dolgu duvarlı çerçeve yapılarının modellenmesi için yapılan birçok çalışmada ise uygun geometrik ve mekanik özellikli bir diyagonal çubuğun bu soruna çözüm olabileceği gösterilmiştir. Smith, S., Carter, C. (1969) ile Mainstone, R.J. (1971) çelik çerçeveli dolgu duvarları modellemek ve dolgu yapıların tekil yük etkisi altındaki davranışlarını araştırmak için eşdeğer çubuk yaklaşımını kullanmışlardır. Bu yaklaşım uygulamadaki kolaylığı nedeniyle en çok tercih edilen yöntem olmuştur.



Şekil 2.8. Diyagonal eleman modeli ve sonlu eleman modeli [24]

### 2.2.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi

Dolgu duvarları modellemek için kullanılan en kolay yöntem çapraz çubuk modelleridir. Bu yöntemin özündeki düşünce oldukça basittir. Çerçeve sistemi ve dolgu duvar etkileşiminde düşük yatay yük değerleri için betonarme çerçeve ve dolgu duvarlar birlikte hareket etmektedirler. Sistemde artan yükler altında deformasyonlar oluştuğunda dolgu duvarlar, kiriş veya kolonların belli bir uzunluğu boyunca ayrılmakta ve çerçeve ile dolgu duvar arasındaki temas diğer iki karşı köşede devam etmektedir. Bu aşamada temasın devam ettiği bir köşeden diğerine çizilen bir çizgi basıncın yönünü göstermektedir. Duvar bu çizgi doğrultusunda basıncı aktarmaktadır ve bu bölge duvarın eşdeğeri olan sanal bir basınç çubuğu ile modellenmektedir [25].



Şekil 2.9. Yatay yük altında çapraz basınç çubuğunun oluşumu [16]

Smith, dolgu duvarların basınç çubuğu olarak modellenmesiyle ilgili yaptığı analiz sonuçlarında %11.7 fark ile hemen hemen aynı değerler elde etmiştir. Bu durum eşdeğer basınç çubuğu yönteminin bina analizlerinde doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ayrıca duvar malzemesinin dayanımının çerçevenin davranışını değiştirmede doğrudan etkili olduğu sonucu çıkarılmıştır [26].

Eşdeğer çubuğun malzeme özellikleri ve kalınlığı dolgu duvar malzemesiyle aynı kabul edilir. Dayanım ve rijitliği belirleyecek temel parametre çubuğun genişliğidir. Modelleme yapılırken dolgu duvarın çerçeveye bağlı olmadığı varsayılarak temas yüzeylerinde oluşacak sürtünme kuvvetleri ve dolgu duvarların çekme dayanımları ihmal edilmiştir [16]. Deprem yönetmeliği, dolgu duvarları modelleme esaslarında, duvar yüzey alanına oranı %10 u geçmeyen boşlukların bulunduğu duvarların yapı modeline katılmasına ve boşlukların konumunun köşegen basınç çubuğu oluşumunu engellememesi koşuluyla izin vermektedir. Çalışmanın içeriğinde ise dolgu duvarların boşluksuz olduğu varsayılarak hesaplar yapılmıştır.

Eşdeğer basınç çubuklarının genişlik hesapları için ele alınacak yöntem DBYBHY 2007'nin Bilgilendirme Eki 7F.'de yer alan formüllere göre yapılmıştır.

$$a_{duvar} = 0.175 (\lambda_{duvar} h_k)^{-0.4} r_{duvar} \quad (2.1)$$

$$\lambda_{duvar} = \left( \frac{E_{duvar} t_{duvar} \sin 2\theta}{4 E_c I_k h_{duvar}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (2.2)$$

- $a_{duvar}$  : Eşdeğer çubuğun genişliği
- $\lambda_{duvar}$  : Eşdeğer çubuğun genişliği hesabında kullanılan katsayı
- $h_k$  : Kiriş eksenleri arasında kalan kolon yüksekliği
- $r_{duvar}$  : Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu
- $E_{duvar}$  : Dolgu duvarın elastisite modülü
- $E_c$  : Çerçevenin elastisite modülü
- $t_{duvar}$  : Dolgu duvarın ve eşdeğer çubuğun kalınlığı
- $I_k$  : Kolonun atalet momenti
- $h_{duvar}$  : Dolgu duvar yüksekliği
- $\theta$  : Köşegenin yatay ile yaptığı açı
- $f_{duvar}$  : Dolgu duvarın basınç dayanımı

Dolguyu temsil eden eşdeğer basınç çubuğunun eksenel yük taşıma kapasitesi Denklem 2.3 ile ifade edilebilir.

$$F = f_{duvar} t_{duvar} a_{duvar} \quad (2.3)$$

### 2.3. Doğrusal Elastik Olmayan Yapısal Analiz

Doğrusal olmayan yapısal analiz yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde kullanılan ve yapının elastik ötesi davranışını belirlemede kullanılan analiz yöntemidir. Günümüzde bu analiz yöntemi iki şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar doğrusal olmayan statik analiz ve doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analizlerdir. Bu analizlerden doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analizler en çok güvenilen analizlerdir. Ancak bu analizlerin karmaşıklığı ve zaman alıcı olması, doğrusal olmayan statik itme analizlerinin tercih edilmemesine neden olabilmektedir [27, 28]. FEMA-356'da da doğrusal olmayan statik itme analizlerinin kullanılması desteklenmekte ve bu analizlerle yapısal davranışın belirlenmesi için yöntemler verilmektedir [28].

Yapıların doğrusal hesap yöntemleri ile yapılan analizlerinde birinci mertebe doğrusal elastik teori geçerlidir. Yapı malzemesinin doğrusal elastik davrandığı ve yer değiştirmelerin küçük olduğu kabulleri geçerli olmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri ile yapılan hesaplar sonucu, göçmeye karşı sabit bir güvenlik sağlanamazken, elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitesinden de faydalanılamaz. Doğrusal analiz yöntemleri, yapı sistemlerinin elastik kapasiteleri ve ilk akma bölgesi hakkında iyi sonuçlar vermekle birlikte, yapının göçme mekanizmasının doğrusal analiz yöntemleri ile belirlenmesi mümkün olmamaktadır [28].

Doğrusal olmayan analizde elastik analizden farklı olarak elemanların belirli bir dayanım kapasitesi mevcuttur. Eleman üzerindeki yük etkileri arttıkça rijitliğinde azalma olur ve kritik bölgelerde dayanım değerine ulaşıktan sonra eleman sabit sayılabilecek yük değeri altında deformasyon yaparak enerji sönmlemeyi sürdürür. Bu durum eleman deformasyon kapasitesini kaybedene kadar devam eder. Doğrusal olmayan analizdeki bu dayanım deformasyon ilişkisi “plastik mafsallar” yoluyla modellenir [29, 30].

Bu tez çalışması içeriğinde de yanal kuvvet etkisine maruz kalan dolgu duvarlı betonarme bir çerçevede plastik mafsalların oluşumunu gözlemek amacıyla bir örnek gerçekleştirilmiştir.

### 2.3.1. Statik İtme Analizi

İtme analizi, yanal yükler etkisi altındaki yapıların performansını değerlendiren bir çeşit doğrusal olmayan statik analiz yöntemidir [25]. Doğrusal olmayan statik itme analizi temel olarak, yapının yatay kuvvetler etkisi altındaki dayanımını ifade eden yatay kuvvet - yer değiştirme ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrileri ile ifade edilen bu ilişki, kat seviyelerinde artımsal yatay yükler uygulanarak elde edilir. Yapıda düşey yükler bulunurken, deprem yüklerini temsil eden yatay yükler de aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılmaktadır. Bu yükleme işlemine yapının stabilitesi bozuluncaya veya belirlenen bir sınır yer değiştirme değerine kadar devam edilir [28, 31].

Kapasite eğrisinden yararlanılarak yapının zayıf ve yetersiz elemanları, bunların yerleri ve olası bölgesel veya toptan göçme mekanizmaları belirlenmektedir. Ayrıca belirli bir deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans hedefinin gerçekleşme durumu kontrol edilebilmektedir [32].

Doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ile yapının performansının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kriterde yapılabilmektedir. Dayanım bazlı değerlendirmeler adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapıya etkiyen yatay deprem yükleri yönetmeliklerde öngörülen seviyelere ulaştığında, gerek dayanım gerekse de yer değiştirme ve şekil değiştirmeler bakımından yapının davranışı incelenebilmektedir. Yer değiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirmelerin esas alındığı yöntemlerde ise belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için yapıdaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında yapının davranışı incelenebilmektedir [32].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Dolgu Duvarlı ve Duvarsız Örnek Yapıların Modellenmesi

Tez çalışması kapsamında incelenen yapıların modelleme ve analiz aşamaları SAP2000 yapısal analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

##### 3.1.1. Birinci Grup Yapıların Modellenmesi

###### 3.1.1.1. Duvarsız Yapı Modeli

İncelemesi yapılacak olan bina bir adet zemin kat ve üç adet normal kat olmak üzere toplam dört kattan oluşmaktadır. Kat yükseklikleri tüm katlarda aynı olmak üzere 2.8 m'dir.

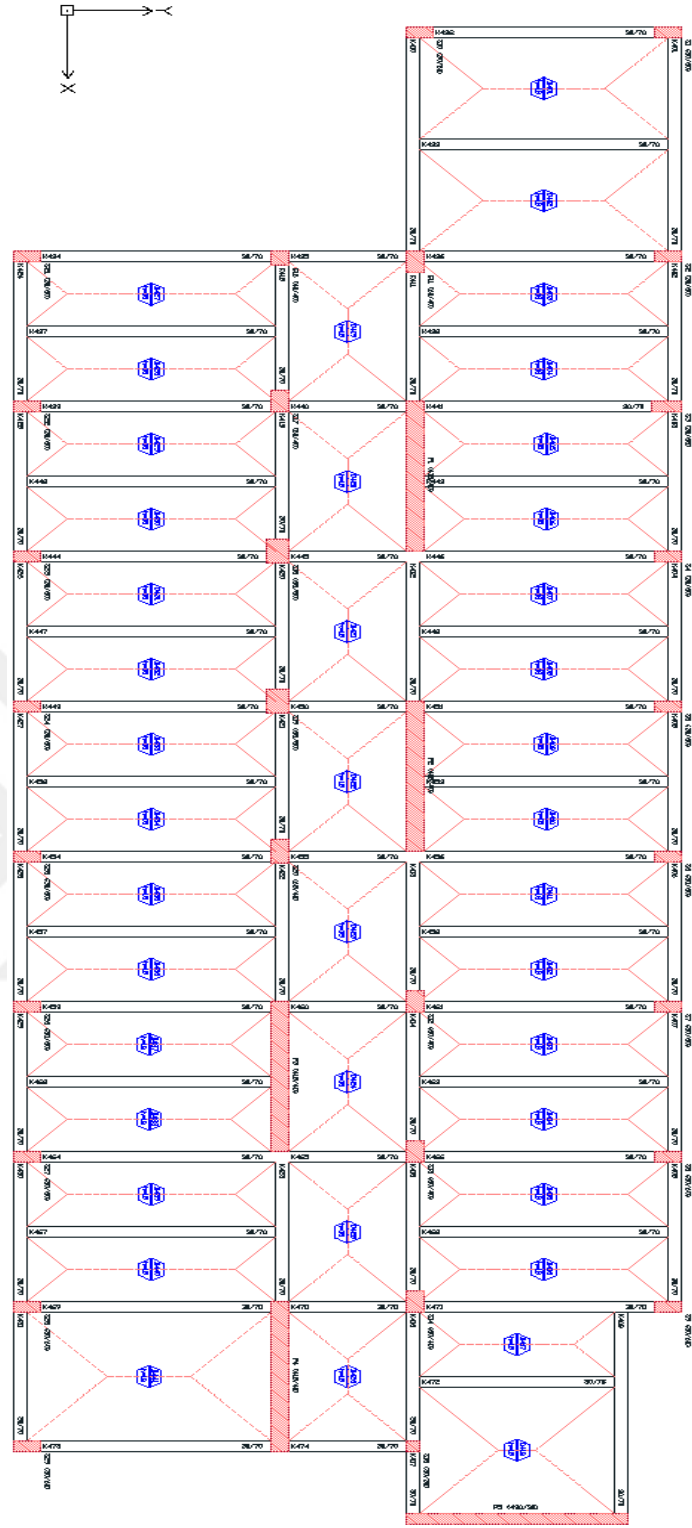
Beton malzemesinin özellikleri;

Beton sınıfı	: C11
Beton elastisite modülü	: 25268 MPa
Beton basınç dayanımı	: 11 MPa

Donatı çeliği malzemesinin özellikleri;

Çelik sınıfı	: S220
Çelik elastisite modülü	: 200000 MPa
Akma dayanımı	: 220 MPa
Çekme dayanımı	: 340 MPa

Kolon ve kiriş elemanlarının kesitleri tanımlanırken 2.5 cm pas payı kullanılmıştır ve donatılar, projede belirtilen şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 3.1. Yapının plan görünüşü

**Tablo 3.1.** Taşıyıcı elemanların kesit boyutları

Kolon Boyutları (cm)	Perde Boyutları (cm)	Kiriş Boyutları (cm)	Döşeme Kalınlığı (cm)
30/30	40/415	30/70	18
30/60	490/30		
30/65			
40/40			
60/40			
65/40			
65/50			

Düşey yüklerin tanımlanması aşamasında kirişler için kullanılan kapı ve pencere boşluklarının ihmal edildiği duvar yükleri;

Dış duvarlar için : 9.27 kN/m  
İç duvarlar için : 7.85 kN/m

Döşemeler için kullanılan sabit ve hareketli yük değerleri;

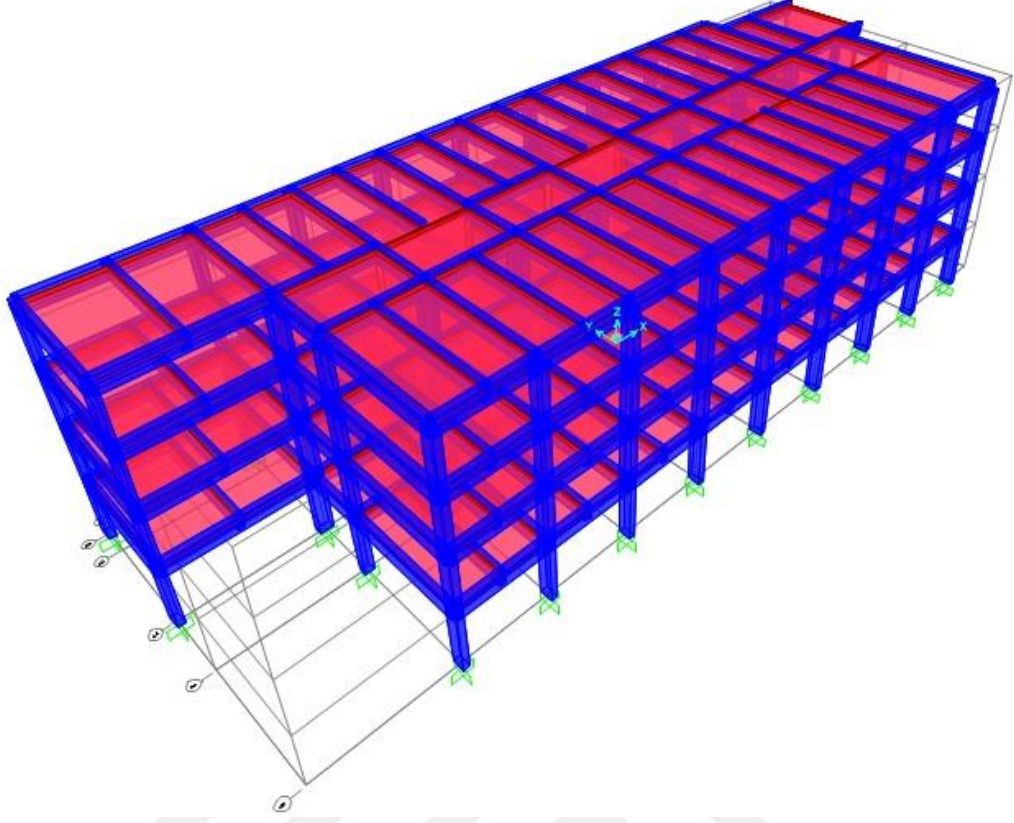
Normal katlar için sınıflarda,  $G = 2.079 \text{ kN/m}^2$  ve  $Q = 3.5 \text{ kN/m}^2$   
Normal katlar için koridorda,  $G = 2.079 \text{ kN/m}^2$  ve  $Q = 5.0 \text{ kN/m}^2$   
En üst katta tüm döşemelerde,  $G = 2.079 \text{ kN/m}^2$  ve  $Q = 2.0 \text{ kN/m}^2$

Döşemelere ait yük değerlerinin tanımlanmasından sonra yatay deprem yükleri altında kat döşemelerinin, kendi düzlemleri içinde rijit cisim hareketi yaptıklarını belirtmek için katlara rijit diyaframlar tanımlanmıştır.

Yapının kütesinin belirlenmesinde SAP2000'nin kütle kaynağı özelliği kullanılmıştır ve binanın kullanım amacının okul olmasından dolayı hareketli yük katılım katsayısı ( $n$ ) 0.6 alınarak  $G+0.6Q$  kombinasyonu tanımlanmıştır.

**Tablo 3.2.** Duvarsız yapının periyot değerleri

Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.45	0.22



**Şekil 3.2.** Duvarsız yapının üç boyutlu modeli

### 3.1.1.2. Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.3.** Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) [1]

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yapı 1. derece deprem bölgesinde yer aldığından  $A_0 = 0.40$  alınmıştır.

İncelenen yapının kullanım amacı okul binasıdır. DBYBHY 2007 Tablo 2.3’ de verilen bina önem katsayılarına ilişkin talimatlar doğrultusunda  $I = 1.4$  alınmıştır.

**Tablo 3.4.** Bina önem katsayısı (I) [1]

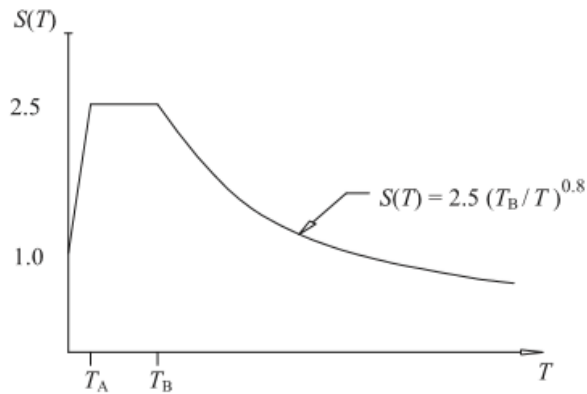
Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4

**Tablo 3.5.** Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$ ,  $T_B$ ) [1]

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

İncelenen yapının zemin sınıfı Z2'dir. Yönetmeliğe göre hazırlanan Tablo 3.4'ten  $T_A = 0.15$  ve  $T_B = 0.40$  alınmıştır.

DBYBHY 2007 Bölüm 2'de yer alan taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R) seçimine ilişkin talimatlara göre incelenen yapı, deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı bir yapıdır ve  $R = 7$  alınmıştır.



**Şekil 3.3.** Zemin sınıfına göre spektrum grafiği [1]

$$\begin{aligned}
S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\
S(T) &= 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T)
\end{aligned} \tag{3.1}$$

$$\text{Y yönünde} \quad S(T_y) = 2.5 \left( \frac{0.40}{0.45} \right)^{0.8} = 2.275$$

$$\text{X yönünde} \quad S(T_x) = 2.5$$

Binanın ağırlığı 34843.16 kN'dur. Buna göre toplam deprem yükleri;

$$\text{Y yönünde} \quad V_{Ty} = 34843.16 \times \frac{0.40 \times 1.4 \times 2.275}{7} = 6341.48 \text{ kN}$$

$$\text{X yönünde} \quad V_{Tx} = 34843.16 \times \frac{0.40 \times 1.4 \times 2.5}{7} = 6968.63 \text{ kN}$$

Binanın en üst katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükleri;

$$\text{Y yönünde} \quad \Delta F_{NY} = 0.0075 \times N \times V_{Ty} = 0.0075 \times 4 \times 6341.48 = 190.24 \text{ kN}$$

$$\text{X yönünde} \quad \Delta F_{NX} = 0.0075 \times N \times V_{Tx} = 0.0075 \times 4 \times 6968.63 = 209.06 \text{ kN}$$

Katlara dağıtılacak deprem yükleri;

$$\text{Y yönünde} \quad V_{Ty} - \Delta F_{NY} = 6341.48 - 190.24 = 6151.24 \text{ kN}$$

$$\text{X yönünde} \quad V_{Tx} - \Delta F_{NX} = 6968.63 - 209.06 = 6759.57 \text{ kN}$$

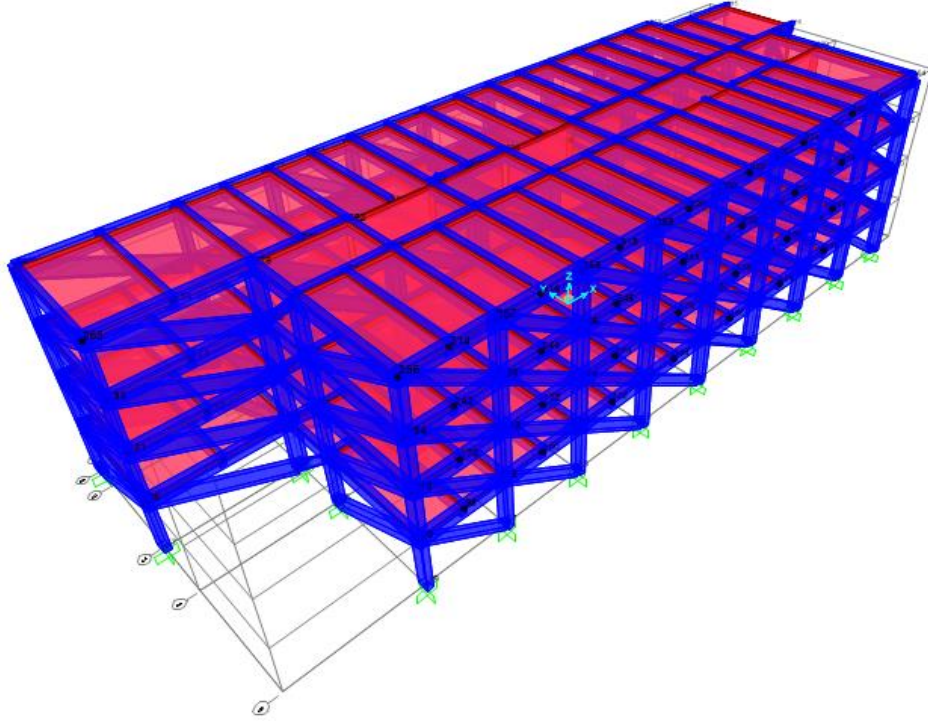
Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  tepe kuvveti dışında geri kalan kısmı binanın katlarına aşağıdaki bağıntı ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \tag{3.2}$$

**Tablo 3.6.** Duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	11.2	78555.23	2474.42	2251.73	1831.07	4661.08
2	2.8	8.4	77922.01	2247.10	2044.87	1662.86	4232.89
1	2.8	5.6	51948.01	1498.07	1363.25	1108.57	2821.93
Z	2.8	2.8	25974.00	749.03	681.62	554.29	1410.96
<b>Toplam</b>			<b>234399.3</b>	<b>6968.63</b>	<b>6341.48</b>		

### 3.1.1.3. Duvarlı Yapı Modeli



**Şekil 3.4.** Duvarlı yapının üç boyutlu modeli

**Tablo 3.7.** Duvarlı yapının periyot değerleri

Duvarlı Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.41	0.20

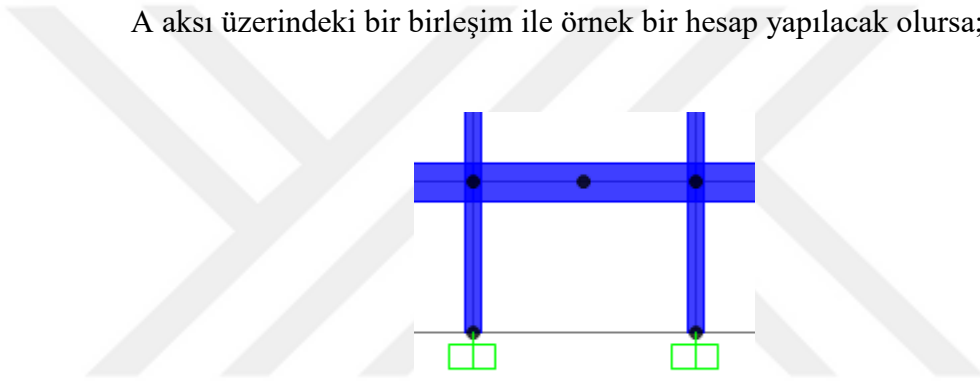
### 3.1.1.4. Eşdeğer Basınç Çubuklarının Genişlik Hesabı

Duvar malzemesinin elastisite modülü ve basınç dayanımı DBYBHY 2007, Bilgilendirme Eki 7F’de yer alan boşluklu fabrika tuğlası için verilen değerlere göre alınmıştır. Buna göre;

$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa}$  ve  $f_{duvar} = 1.0 \text{ MPa}$  kullanılacaktır.

Duvar kalınlığı, projede belirtilen şekilde tüm duvarlarda 20 cm olarak ele alınmıştır. Buna göre  $t_{duvar} = 20 \text{ cm}$  kullanılacaktır.

A aksı üzerindeki bir birleşim ile örnek bir hesap yapılacak olursa;



Şekil 3.5. Çerçeve örneği

$E_c$  : 25276210.56 kN/m<sup>2</sup>

Kolonlar : 30 x 60 cm

Kiriş : 30 x 70 cm

Kat yüksekliği: 2.8 m

$h_{duvar}$  : 2.8 - 0.7 = 2.1 m

$L_{duvar}$  : 4.15 - 0.15 - 0.15 = 3.85 m

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{h_{duvar}}{L_{duvar}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{2.10}{3.85} \right) = 28.61^\circ$$

$$I_k = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.6 \times 0.3^3}{12} = 0.00135 m^4$$

$$\lambda_{du\ var} = \left[ \frac{E_{du\ var} t_{du\ var} \sin 2\theta}{4E_c I_k h_{du\ var}} \right]^{\frac{1}{4}} = \left[ \frac{1000000 \times 0.2 \times \sin(2 \times 28.61)}{4 \times 25276210.56 \times 0.00135 \times 2.1} \right]^{\frac{1}{4}} = 0.87$$

$$a_{du\ var} = 0.175 (\lambda_{du\ var} h_k)^{-0.4} r_{du\ var} = 0.175 (0.87 \times 2.8)^{-0.4} \times \sqrt{2.1^2 + 3.85^2} = 0.54m$$

Hazırlanan bir Excel programı ile X ve Y yönünde bulunan diğer duvarlar için eşdeğer çubukların genişlik hesapları yapılmıştır.

DUVAR HESABI													
$E_m$	Birim	$E_f$	Birim	$t_{inf}$	Birim	$h_{inf}$	Birim	$L_{inf}$	Birim	$b_{col}$	Birim	$h_{col}$	Birim
$t/m^2$		$t/m^2$		m		m		m		m		m	
100000		2576576		0.2		2.1		3.85		0.6		0.3	
						$r_{inf}$	Birim	4.38548743		$l_{col}$	Birim	0.00135	
										$H_{col}$	Birim	2.8	
						$\theta$	Birim	28.61045967					
										$\lambda=$	0.87099		
										$a=$	0.53726		

**Şekil 3.6.** Eşdeğer basınç çubuklarının genişlik hesapları için hazırlanan Excel programı

**Tablo 3.8.** X yönünde A ve B aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri

İSİM	a	İSİM	a
W_AA23_KZ	0.537 m	W_BB23_KZ	0.538 m
W_AA23_K1	0.54 m	W_BB23_K1	0.54 m
W_AA23_K2	0.54 m	W_BB23_K2	0.54 m
W_AA23_K3	0.54 m	W_BB23_K3	0.54 m
W_AA34_KZ	0.537 m	W_BB34_KZ	0.592 m
W_AA34_K1	0.54 m	W_BB34_K1	0.60 m
W_AA34_K2	0.54 m	W_BB34_K2	0.60 m
W_AA34_K3	0.54 m	W_BB34_K3	0.60 m
W_AA45_KZ	0.537 m	W_BB45_KZ	0.616 m
W_AA45_K1	0.54 m	W_BB45_K1	0.62 m
W_AA45_K2	0.54 m	W_BB45_K2	0.62 m
W_AA45_K3	0.54 m	W_BB45_K3	0.62 m
W_AA56_KZ	0.537 m	W_BB56_KZ	0.603 m

W_AA56_K1	0.54 m	W_BB56_K1	0.60 m
W_AA56_K2	0.54 m	W_BB56_K2	0.60 m
W_AA56_K3	0.54 m	W_BB56_K3	0.60 m
W_AA67_KZ	0.537 m	W_BB67_KZ	0.647 m
W_AA67_K1	0.54 m	W_BB67_K1	0.65 m
W_AA67_K2	0.54 m	W_BB67_K2	0.65 m
W_AA67_K3	0.54 m	W_BB67_K3	0.65 m
W_AA78_KZ	0.537 m	W_BB89_KZ	1.208 m
W_AA78_K1	0.54 m	W_BB89_K1	1.21 m
W_AA78_K2	0.54 m	W_BB89_K2	1.21 m
W_AA78_K3	0.54 m	W_BB89_K3	1.21 m
W_AA89_KZ	0.537 m		
W_AA89_K1	0.54 m		
W_AA89_K2	0.54 m		
W_AA89_K3	0.54 m		
W_AA910_KZ	0.503 m		
W_AA910_K1	0.50 m		
W_AA910_K2	0.50 m		
W_AA910_K3	0.50 m		

**Tablo 3.9.** X yönünde C ve D aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri

W_CC12_KZ	0.770 m	W_EE911_KZ	0.921 m
W_CC12_K1	0.77 m	W_EE911_K1	0.92 m
W_CC12_K2	0.77 m	W_EE911_K2	0.92 m
W_CC12_K3	0.77 m	W_EE911_K3	0.92 m
W_CC23_KZ	0.635 m	W_DD12_KZ	0.789 m
W_CC23_K1	0.64 m	W_DD12_K1	0.79 m
W_CC23_K2	0.64 m	W_DD12_K2	0.79 m
W_CC23_K3	0.64 m	W_DD12_K3	0.79 m
W_CC45_KZ	1.208 m	W_DD23_KZ	0.537 m
W_CC45_K1	1.21 m	W_DD23_K1	0.54 m
W_CC45_K2	1.21 m	W_DD23_K2	0.54 m
W_CC45_K3	1.21 m	W_DD23_K3	0.54 m
W_CC67_KZ	0.635 m	W_DD34_KZ	0.537 m
W_CC67_K1	0.64 m	W_DD34_K1	0.54 m
W_CC67_K2	0.64 m	W_DD34_K2	0.54 m
W_CC67_K3	0.64 m	W_DD34_K3	0.54 m
W_CC78_KZ	0.595 m	W_DD45_KZ	0.537 m
W_CC78_K1	0.60 m	W_DD45_K1	0.54 m
W_CC78_K2	0.60 m	W_DD45_K2	0.54 m
W_CC78_K3	0.60 m	W_DD45_K3	0.54 m
W_CC89_KZ	0.595 m	W_DD56_KZ	0.537 m
W_CC89_K1	0.60 m	W_DD56_K1	0.54 m

W_CC89_K2	0.60 m	W_DD56_K2	0.54 m
W_CC89_K3	0.60 m	W_DD56_K3	0.54 m
W_CC910_KZ	0.454 m	W_DD67_KZ	0.537 m
W_CC910_K1	0.45 m	W_DD67_K1	0.54 m
W_CC910_K2	0.45 m	W_DD67_K2	0.54 m
W_CC910_K3	0.45 m	W_DD67_K3	0.54 m
W_CC1011_KZ	0.304 m	W_DD78_KZ	0.537 m
W_CC1011_K1	0.30 m	W_DD78_K1	0.54 m
W_CC1011_K2	0.30 m	W_DD78_K2	0.54 m
W_CC1011_K3	0.30 m	W_DD78_K3	0.54 m
		W_DD89_KZ	0.537 m
		W_DD89_K1	0.54 m
		W_DD89_K2	0.54 m
		W_DD89_K3	0.54 m

**Tablo 3.10.** Y yönünde 1, 2 ve 5 aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri

İSİM	a	İSİM	a	İSİM	a
W_11CD_KZ	0.804 m	W_22AB_KZ	0.746 m	W_55AB_KZ	0.812 m
W_11CD_K1	0.80 m	W_22AB_K1	0.75 m	W_55AB_K1	0.81 m
W_11CD_K2	0.80 m	W_22AB_K2	0.75 m	W_55AB_K2	0.81 m
W_11CD_K3	0.80 m	W_22AB_K3	0.75 m	W_55AB_K3	0.81 m
		W_22BC_KZ	0.412 m	W_55CD_KZ	0.819 m
		W_22BC_K1	0.41 m	W_55CD_K1	0.82 m
		W_22BC_K2	0.41 m	W_55CD_K2	0.82 m
		W_22BC_K3	0.41 m	W_55CD_K3	0.82 m
		W_22CD_KZ	0.777 m		
		W_22CD_K1	0.78 m		
		W_22CD_K2	0.78 m		
		W_22CD_K3	0.78 m		

**Tablo 3.11.** Y yönünde 8, 9 ve 10 aksı çerçevelerinin çubuk genişlikleri

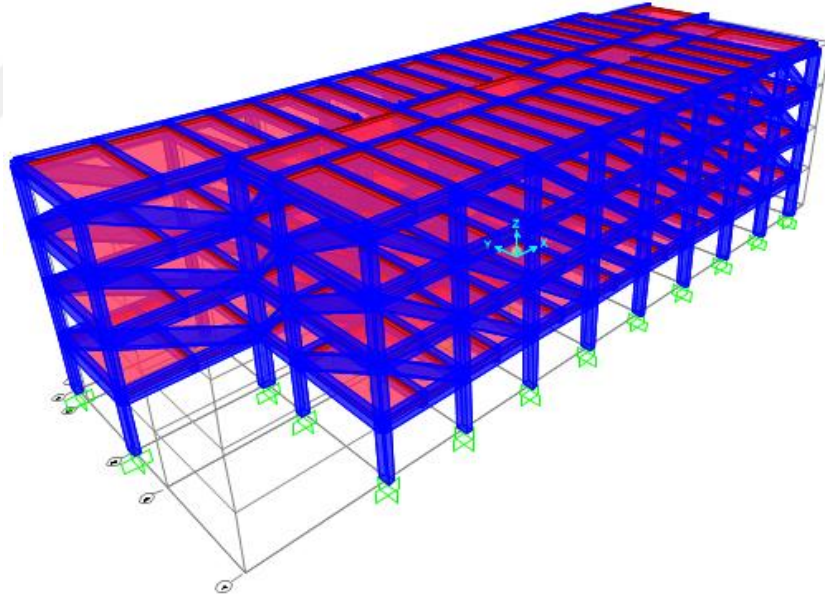
İSİM	a	İSİM	a	İSİM	a
W_88AB_KZ	0.819 m	W_99CD_KZ	0.777 m	W_1010AB_KZ	0.819 m
W_88AB_K1	0.82 m	W_99CD_K1	0.78 m	W_1010AB_K1	0.82 m
W_88AB_K2	0.82 m	W_99CD_K2	0.78 m	W_1010AB_K2	0.82 m
W_88AB_K3	0.82 m	W_99CD_K3	0.78 m	W_1010AB_K3	0.82 m
W_88CD_KZ	0.777 m			W_1010BC_KZ	0.372 m
W_88CD_K1	0.78 m			W_1010BC_K1	0.37 m
W_88CD_K2	0.78 m			W_1010BC_K2	0.37 m
W_88CD_K3	0.78 m			W_1010BC_K3	0.37 m

### 3.1.1.5. Duvarlı Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.12.** Duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Duvarlı Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	11.2	78555.23	2474.42	2424.89	1831.07	5019.53
2	2.8	8.4	77922.01	2247.11	2202.17	1662.86	4558.49
1	2.8	5.6	51948.01	1498.07	1468.11	1108.57	3038.99
Z	2.8	2.8	25974.00	749.04	734.06	554.29	1519.50
<b>Toplam</b>			<b>234399.3</b>	<b>6968.63</b>	<b>6829.23</b>		

### 3.1.1.6. Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli



**Şekil 3.7.** Zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli

Analiz modellerinin periyotlarının çok büyük değişimler göstermemesi DBYBHY 2007’de dolgu duvar malzemesi için verilen elastisite modülü değerinin düşük bir değer olmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 3.13.** Zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri

Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.42	0.21

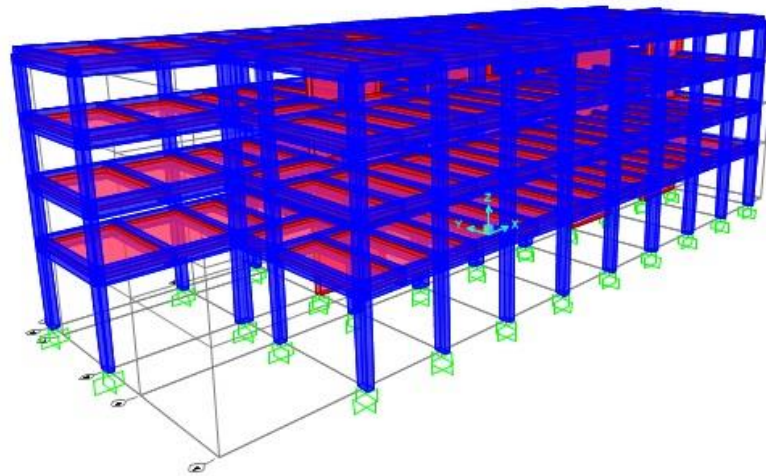
### 3.1.1.7. Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.14.** Zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Zemin Katı Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	11.2	78555.23	2474.42	2375.63	1831.07	4917.56
2	2.8	8.4	77922.01	2247.11	2157.39	1662.86	4465.80
1	2.8	5.6	51948.01	1498.07	1438.26	1108.57	2977.20
Z	2.8	2.8	25974.00	749.04	719.13	554.29	1488.60
<b>Toplam</b>			<b>234399.3</b>	<b>6968.63</b>	<b>6690.42</b>		

### 3.1.2. İkinci Grup Yapıların Modellenmesi

#### 3.1.2.1. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Yapı Modeli



**Şekil 3.8.** Zemin katı yükseltilmiş duvarsız yapının üç boyutlu modeli

**Tablo 3.15.** Zemin katı yükseltilmiş duvarsız yapının periyot değerleri

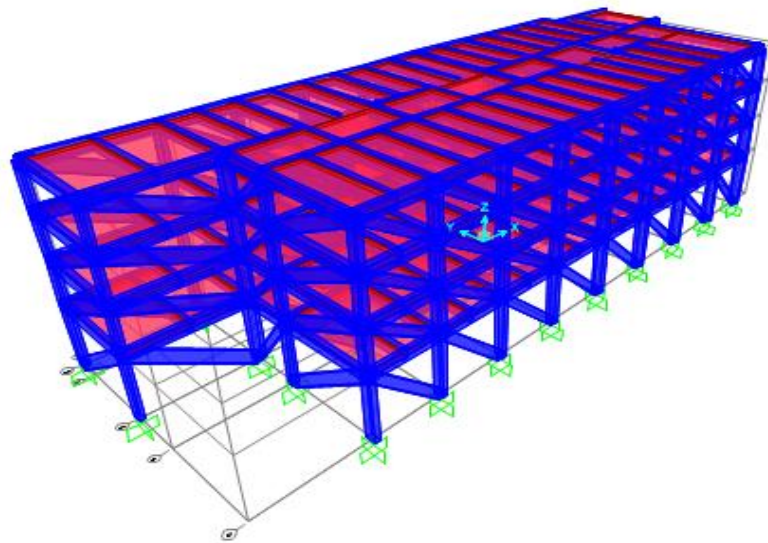
Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.56	0.25

### 3.1.2.2. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.16.** Zemin katı yükseltilmiş duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	12.4	86971.81	2344.95	1796.20	1735.26	3718.13
2	2.8	9.6	89053.77	2185.72	1674.26	1617.43	3465.72
1	2.8	6.8	63079.75	1548.22	1185.93	1145.68	2454.89
Z	4	4	37930.17	930.95	713.11	688.90	1476.13
<b>Toplam</b>			<b>277035.5</b>	<b>7009.83</b>	<b>5369.50</b>		

### 3.1.2.3. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Yapı Modeli



**Şekil 3.9.** Zemin katı yükseltilmiş duvarlı yapının üç boyutlu modeli

**Tablo 3.17.** Zemin katı yükseltilmiş duvarlı yapının periyot değerleri

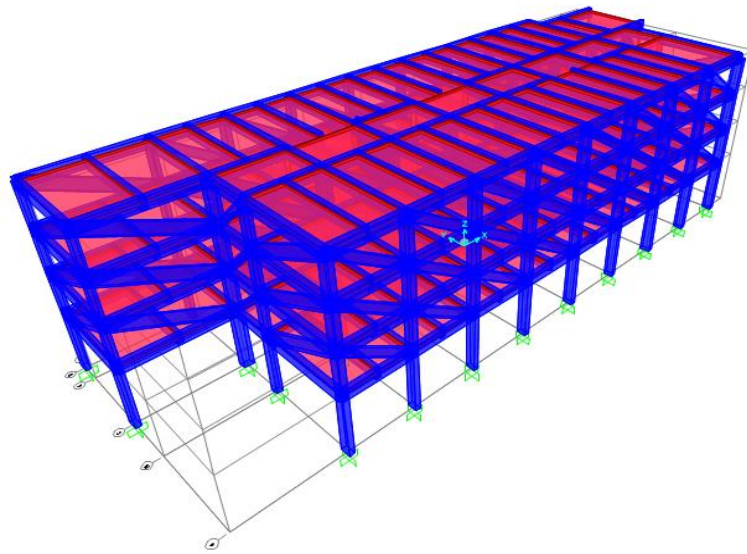
Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.50	0.23

### 3.1.2.4. Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

**Tablo 3.18.** Zemin katı yükseltilmiş duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Zemin Katı Yükseltilmiş Duvarlı Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	12.4	86971.81	2344.95	1960.34	1735.26	4057.91
2	2.8	9.6	89053.77	2185.72	1827.27	1617.43	3782.44
1	2.8	6.8	63079.75	1548.22	1294.31	1145.68	2679.23
Z	4	4	37930.17	930.95	778.28	688.90	1611.03
<b>Toplam</b>			<b>277035.5</b>	<b>7009.83</b>	<b>5860.20</b>		

### 3.1.2.5. Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli



**Şekil 3.10.** Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli

**Tablo 3.19.** Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri

Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.53	0.24

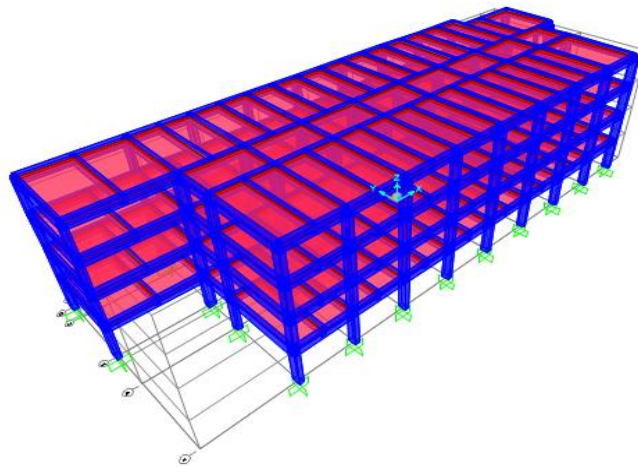
### 3.1.2.6. Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.20.** Zemin katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Zemin Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	12.4	86971.81	2344.95	1875.95	1735.26	3883.22
2	2.8	9.6	89053.77	2185.72	1748.59	1617.43	3619.58
1	2.8	6.8	63079.75	1548.22	1238.58	1145.68	2563.87
Z	4	4	37930.17	930.95	744.77	688.90	1541.67
<b>Toplam</b>			<b>277035.5</b>	<b>7009.83</b>	<b>5607.89</b>		

### 3.1.3. Üçüncü Grup Yapıların Modellenmesi

#### 3.1.3.1. Perdesiz ve Duvarsız Yapı Modeli



**Şekil 3.11.** Perdesiz ve duvarsız yapının üç boyutlu modeli

**Tablo 3.21.** Perdesiz ve duvarsız yapının periyot değerleri

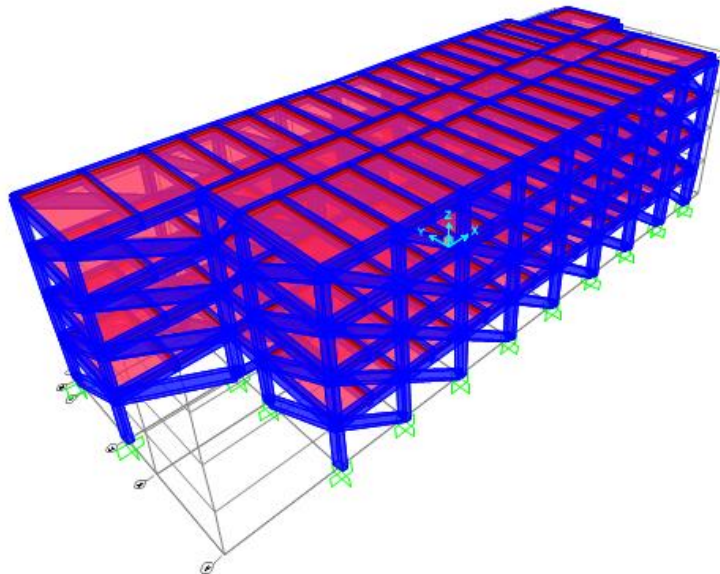
Perdesiz ve Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.50	0.47

### 3.1.3.2. Perdesiz ve Duvarsız Yapı için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

**Tablo 3.22.** Perdesiz ve duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Perdesiz ve Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	11.2	78049.77	1891.19	1796.58	1399.48	3718.92
2	2.8	8.4	77020.55	1709.04	1623.61	1264.69	3360.88
1	2.8	5.6	51347.03	1139.36	1082.41	843.13	2240.59
Z	2.8	2.8	25673.52	569.68	541.20	421.56	1120.29
<b>Toplam</b>			<b>232090.9</b>	<b>5309.27</b>	<b>5043.81</b>		

### 3.1.3.3. Perdesiz ve Duvarlı Yapı Modeli



**Şekil 3.12.** Perdesiz ve duvarlı yapının üç boyutlu modeli

Perdeleri kaldırılan modellerde ve zemin katları yükseltlen modellerde yapılan değişikliklerden dolayı eşdeğer basınç çubuklarının genişlikleri için gerekli revizyonlar yapılmıştır. Yönetmelikten alınan dolgu duvar malzemesi özellikleri ile analizler gerçekleştirildiğinde diyagonal çubuklar, periyot ve deprem kuvvetlerinde büyük değişimler oluşturmamasına rağmen depremlerde bu koşulların etkileri daha yıkıcı düzeylerde gözlenmektedir.

**Tablo 3.23.** Perdesiz ve duvarlı yapının periyot değerleri

Perdesiz ve Duvarlı Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.45	0.39

#### 3.1.3.4. Perdesiz ve Duvarlı Yapı için Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

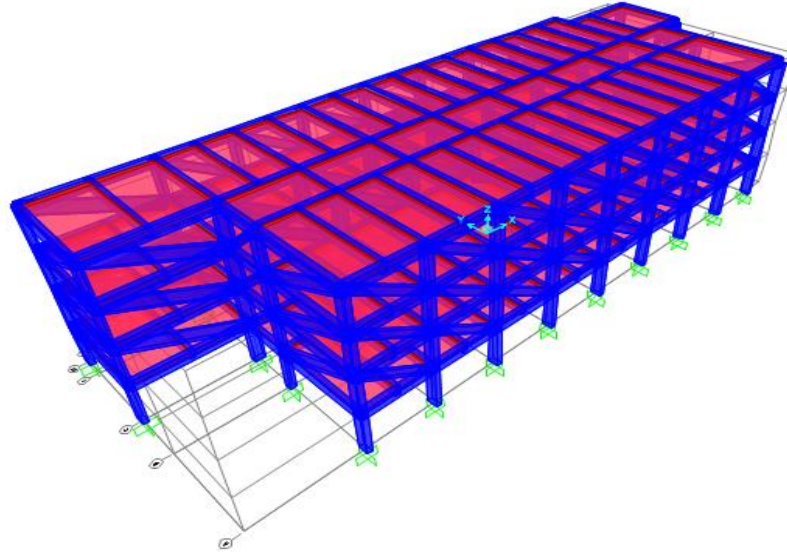
Perdelerin kaldırıldığı modellerde yapılan değişiklikler sonucunda kat ağırlıklarının değişimi ve R katsayısının değişimi göz önünde bulundurularak işlemler revize edilmiştir.

Zemin katı yükseltlen modellerde yapılan değişiklikler sonucunda da giriş katlarındaki kolonların boylarının uzaması ve zemin katın ağırlığının değişmesi durumları göz önünde bulundurularak gerekli işlemler tekrarlanmıştır.

**Tablo 3.24.** Perdesiz ve duvarlı model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Perdesiz ve Duvarlı Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
<b>3</b>	2.8	11.2	78049.77	2149.08	1955.67	1590.32	4048.24
<b>2</b>	2.8	8.4	77020.55	1942.13	1767.35	1437.18	3658.40
<b>1</b>	2.8	5.6	51347.03	1294.76	1178.23	958.12	2438.94
<b>Z</b>	2.8	2.8	25673.52	647.38	589.12	479.06	1219.47
<b>Toplam</b>			<b>232090.9</b>	<b>6033.35</b>	<b>5490.36</b>		

### 3.1.3.5. Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Yapı Modeli



Şekil 3.13. Perdesiz ve zemin katı duvarsız yapının üç boyutlu modeli

Tablo 3.25. Perdesiz ve zemin katı duvarsız yapının periyot değerleri

Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Yapı İçin Periyot Değerleri (s)	
Y Yönü	X Yönü
0.46	0.42

### 3.1.3.6. Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Yapı için Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Tablo 3.26. Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için katlara dağıtılan yükler ve %5 dışmerkezlikten doğan moment değerleri

Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Model							
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i \times H_i$	$F_{ix} + \Delta F_{NX}$ (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{NY}$ (kN)	$M_{ix}$ (kNm)	$M_{iy}$ (kNm)
3	2.8	11.2	78049.77	2066.53	1922.11	1529.24	3978.78
2	2.8	8.4	77020.55	1867.55	1737.04	1381.99	3595.67
1	2.8	5.6	51347.03	1245.03	1158.02	921.32	2397.11
Z	2.8	2.8	25673.52	622.52	579.01	460.66	1198.56
<b>Toplam</b>			<b>232090.9</b>	<b>5801.63</b>	<b>5396.19</b>		

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Deplasmanların Karşılaştırılması

**Tablo 4.1.** İncelenen yapıların katlara göre yaptıkları yerdeğiştirme miktarları

		Y Yönü		X Yönü	
		Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)
Duvarsız Model	Z	4.4	0.9	0.7	0.6
	1	9.9	2.5	1.9	1.7
	2	14.1	4.4	3.2	2.9
	3	16.1	6.2	4.4	4
Duvarlı Model	Z	4	0.9	0.6	0.5
	1	8.8	2.7	1.6	1.5
	2	12.3	4.6	2.7	2.5
	3	14	6.4	3.7	3.4
Zemin Katı Duvarsız Model	Z	4.5	0.9	0.6	0.6
	1	9.3	2.6	1.7	1.5
	2	12.8	4.5	2.8	2.5
	3	14.4	6.3	3.8	3.4
Z. Katı Yükseltilmiş Duvarsız Model	Z	9	1.4	1.2	1
	1	13.9	3.1	2.6	2.4
	2	17.2	4.9	4.1	3.7
	3	18.8	6.6	5.4	5
Z. Katı Yükseltilmiş Duvarlı Model	Z	7.6	1.5	1.1	0.9
	1	11.8	3.3	2.3	2.1
	2	14.7	5.2	3.5	3.2
	3	16	6.9	4.6	4.2

	Y Yönü		X Yönü		
	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	
Z. Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Model	Z	9.2	1.4	1.1	1
	1	13.4	3.1	2.4	2.1
	2	16.2	4.9	3.6	3.2
	3	17.4	6.6	4.7	4.2
	Y Yönü		X Yönü		
	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	
Perdesiz ve Duvarsız Model	Z	4.4	2.5	3.7	3.6
	1	10	5.7	8.1	7.8
	2	14.3	8.3	11.6	11.1
	3	16.8	9.7	13.4	12.9
	Y Yönü		X Yönü		
	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	
Perdesiz ve Duvarlı Model	Z	4.1	2.5	3.1	2.9
	1	8.9	5.6	6.5	6.2
	2	12.7	8	9.1	8.6
	3	14.9	9.4	10.6	10
	Y Yönü		X Yönü		
	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	
Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Model	Z	4.6	2.6	3.9	3.7
	1	9.5	5.7	7.3	7
	2	13.2	8.1	9.8	9.3
	3	15.4	9.5	11.2	10.6

Birinci grup ve ikinci grup olarak adlandırılan modellerde çıkan deplasmanlar incelendiğinde yerdeğiştirme miktarlarının Y yönünde daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi yapıların X yönünde dört adet, büyük boyutta perde eleman bulundurmaları ve duvar elemanlarının X yönünde daha fazla yer almasıdır. Perde elemanlar ve duvarlar X yönündeki yerdeğiştirmeleri oldukça kısıtlamaktadır ve max. ve min. yerdeğiştirmelerin birbirine yakın değerler çıkmasını sağlamaktadır. Bu durum aynı zamanda yumuşak kat oluşumunu ve burulma düzensizliği oluşumunu da engelleyen ciddi bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu duruma karşıt olarak Y yönünde bulunan bir adet perde eleman ise bu yönde max. ve min deplasmanlar arasında önemli bir farkın oluşmasına neden olmuştur.

Perdelerin kaldırıldığı üçüncü grup modellerdeki yerdeğiş-tirmeler incelendiğinde Y yönünde max ve min deplasmanlar arasındaki farkta %27'den %48'e kadar kapanmalar gözlenmiştir. X yönündeki yerdeğiş-tirmelerde ise 3-6 kat artış gerçekleşmiştir. Bu durum perdelerin, yatay yerdeğiş-tirmeleri önleme konusundaki önemini ortaya koymaktadır.

Zemin katları yükseltelen ikinci grup yapıların yaptıkları yerdeğiş-tirmeler incelendiğinde birinci grup yapılara göre zemin katlardaki yanal ötelenmeler %100 artış göstermiştir. Bu durum yumuşak kat oluşumuna neden olabilecek önemli bir faktördür. Yapıların daha ticari anlamda fonksiyonel olması amacı ile giriş katlarının önlem alınmadan yükseltilmesinin, o katların yerdeğiş-tirmelerini 2 kat arttıran tehlikeli bir durum olduğu gözlemlenmiştir.

Birinci grup yapıların yaptıkları yerdeğiş-tirmeler kendi içinde değerlendirilirse dolgu duvarların, binanın maksimum deplasmanlarını %15 e kadar azalttığı gözlenmiştir. Yapılarda perde elemanlarının bulunmaması durumunda ise bu etkinin daha da fazla olacağı öngörülmektedir.

Perdelerin kaldırıldığı yapıların yaptıkları yerdeğiş-tirmelerde dolgu duvarların, yapının deplasmanlarını %22'ye kadar azalttığı gözlenmiştir.

Zemin katın yükseltildiği modellerin yaptıkları yatay yerdeğiş-tirmeler incelendiğinde zemin katta dolgu duvarların bulunup bulunmaması koşulları altında dolgu duvarlar ilk katın yatay ötelenmesini %21'e kadar azaltmıştır. Bu durum yumuşak kat düzensizliği oluşumu açısından dolgu duvarların engelleyici özelliğini göstermektedir. Dolgu duvarların inşaatı aşamasında işçilik kalitesinin iyi olması, çerçeve ve duvar elemanı arasındaki temas yüzeylerinin rijitlik fazlalığı ve yüksek dayanımlı malzeme kullanılması durumlarında ise bu etkinin daha önemli seviyelere geleceği tahmin edilebilmektedir.

Zemin katın duvarsız olduğu bütün modellerde ise öngörüldüğü şekilde en yüksek yanal ötelenme zemin katlarda gerçekleşmiştir. Yumuşak kat oluşumunda birincil faktör olarak öne sunulan bu durumun doğru bir uygulama olmadığı bu sonuçla bir kez daha gözlenmiştir.

## 4.2. Periyotların Karşılaştırılması

**Tablo 4.2.** İncelenen yapıların periyot değerleri

	Y Yönü	X Yönü
Duvarsız Model	0.45	0.22
Duvarlı Model	0.41	0.20
Zemin Katı Duvarsız Model	0.42	0.21
Z. Katı Yükseltilmiş Duvarsız Model	0.56	0.25
Z. Katı Yükseltilmiş Duvarlı Model	0.50	0.23
Z. Katı Yükseltilmiş ve Zemin Katı Duvarsız Model	0.53	0.24
Perdesiz ve Duvarsız Model	0.50	0.47
Perdesiz ve Duvarlı Model	0.45	0.39
Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Model	0.46	0.42

Örnek olarak ele alınan bina X doğrultusunda daha uzun olmakla birlikte duvar elemanları bu doğrultuda yoğunlaşmıştır ve X yönünde dört adet perde eleman içermektedir. Bu nedenle perde elemanların kaldırılmadığı analiz modellerinde binalar X yönünde daha rijit olduğu için periyotlar Y yönüne göre daha küçük değerde çıkmıştır. Üçüncü grup analiz modellerinde ise perdelerin kaldırılmasıyla X ve Y yönündeki periyotlar arasındaki bu farkta kapanma gözlenmiştir.

İncelenen analiz modellerinde perdelerin kaldırılması ve zemin katın yükseltilmesi işlemlerinin ardından periyotlarda artış gözlenmiştir.

Genel olarak analiz gruplarının kendi içinde periyotları karşılaştırıldığında dolgu duvarların bina periyotlarını %10'dan %16'ya kadar düşürdüğü ortaya çıkmıştır. Bu değerler literatüre göre düşük görülmektedir. Yüksek katlı yapılarda ve yüksek dayanımlı duvar malzemesi kullanılması durumunda bu etkinin daha da artacağı öngörülerek dolgu duvarların bina periyotları üzerinde etkili olduğu sonucu çıkartılmaktadır.

Zemin katın yükseltilmesi işlemi sonucunda bina periyotlarında %24-%26'lık bir artış gerçekleşmiştir. En yüksek artış ise zemin katın diğer katlara göre daha yüksek olduğu ve bu kattaki duvarların kaldırıldığı modelde gözlenmiştir. Yumuşak kat davranışı açısından da bu durum önlem alınması gereken bir uygulamadır.

Perde elemanlarının olmadığı analiz grubunun periyotları incelendiğinde X yönünde yoğunlaşan perdelerin bina periyodu üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. X yönündeki periyotlar, perde elemanlarının bulunduğu modellere göre %113'e varan artışlar göstermiştir. Y yönündeki periyotlarda ise bu artış %10 seviyelerinde kalmıştır.

### 4.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü

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  $\eta_{bi}$ 'nin 1.2'den büyük olması durumuna Burulma Düzensizliği denilmektedir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (4.1)$$

**Tablo 4.3.** Duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarsız)					
Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$ (m)	$(\Delta_i)_{\min}$ (m)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0044	0.0009	0.00265	1.66	VAR
1.kat	0.0055	0.0016	0.00355	1.55	VAR
2.kat	0.0042	0.0019	0.00305	1.38	VAR
3.kat	0.002	0.0018	0.0019	1.05	YOK

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarsız)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0007	0.0006	0.00065	1.08	YOK
1.kat	0.0012	0.0011	0.00115	1.04	YOK
2.kat	0.0013	0.0012	0.00125	1.04	YOK
3.kat	0.0012	0.0011	0.00115	1.04	YOK

**Tablo 4.4.** Duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarlı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.004	0.0009	0.00245	1.63	VAR
1.kat	0.0048	0.0018	0.0033	1.45	VAR
2.kat	0.0035	0.0019	0.0027	1.30	VAR
3.kat	0.0017	0.0018	0.00175	0.97	YOK
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarlı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0006	0.0005	0.00055	1.09	YOK
1.kat	0.001	0.001	0.001	1.00	YOK
2.kat	0.0011	0.001	0.00105	1.05	YOK
3.kat	0.001	0.0009	0.00095	1.05	YOK

**Tablo 4.5.** Zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Zemin Duvarsız)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0045	0.0009	0.0027	1.67	VAR
1.kat	0.0048	0.0017	0.00325	1.48	VAR
2.kat	0.0035	0.0019	0.0027	1.30	VAR
3.kat	0.0016	0.0018	0.0017	0.94	YOK
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Zemin Duvarsız)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0006	0.0006	0.0006	1.00	YOK
1.kat	0.0011	0.0009	0.001	1.10	YOK
2.kat	0.0011	0.001	0.00105	1.05	YOK
3.kat	0.001	0.0009	0.00095	1.05	YOK

**Tablo 4.6.** Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarsız) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.009	0.0014	0.0052	1.73	VAR
1.kat	0.0049	0.0017	0.0033	1.48	VAR
2.kat	0.0033	0.0018	0.00255	1.29	VAR
3.kat	0.0016	0.0017	0.00165	0.97	YOK
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarsız) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0012	0.001	0.0011	1.09	YOK
1.kat	0.0014	0.0014	0.0014	1.00	YOK
2.kat	0.0015	0.0013	0.0014	1.07	YOK
3.kat	0.0013	0.0013	0.0013	1.00	YOK

**Tablo 4.7.** Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarlı) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0076	0.0015	0.00455	1.67	VAR
1.kat	0.0042	0.0018	0.003	1.40	VAR
2.kat	0.0029	0.0019	0.0024	1.21	VAR
3.kat	0.0013	0.0017	0.0015	0.87	YOK
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarlı) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0011	0.0009	0.001	1.10	YOK
1.kat	0.0012	0.0012	0.0012	1.00	YOK
2.kat	0.0012	0.0011	0.00115	1.04	YOK
3.kat	0.0011	0.001	0.00105	1.05	YOK

**Tablo 4.8.** Z. Katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Zemin Duvarsız) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0092	0.0014	0.0053	1.74	VAR
1.kat	0.0042	0.0017	0.00295	1.42	VAR
2.kat	0.0028	0.0018	0.0023	1.22	VAR
3.kat	0.0012	0.0017	0.00145	0.83	YOK

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Zemin Duvarsız) (Yükseltilmiş Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0011	0.001	0.00105	1.05	YOK
1.kat	0.0013	0.0011	0.0012	1.08	YOK
2.kat	0.0012	0.0011	0.00115	1.04	YOK
3.kat	0.0011	0.001	0.00105	1.05	YOK

Yapının geometrisinden kaynaklı ve X yönünde perde elemanları ile duvar elemanlarının yoğun olarak bulunmasından dolayı yapının burulma düzensizliği katsayıları X yönünde minimum değerde çıkmıştır.

İncelenen yapının Y yönünde büyük bir perde elemanın bulunmasından kaynaklı maksimum ve minimum yerdeğiştirmeler arasında fark oluşmaktadır. Bu durum yapıda burulma etkisi yaratmaktadır. Bu nedenle perdelerin olduğu bütün analiz modellerinde Y yönünde burulma düzensizliği oluşumu gözlenmiştir.

Zemin katın duvarsız olduğu tüm modellerde zemin kat seviyesinde burulma düzensizliği katsayıları en yüksek değerinde çıkmıştır.

Zemin katın yükseltilmesi işlemi sonucunda burulma düzensizliği katsayılarında bir miktar artış gözlenmiştir. Bu uygulamanın burulma düzensizliği oluşumunu tetikleyen bir durum olduğu sonucu çıkartılmıştır.

**Tablo 4.9.** Perdesiz ve duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarsız) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0044	0.0025	0.00345	1.28	VAR
1.kat	0.0056	0.0032	0.0044	1.27	VAR
2.kat	0.0043	0.0026	0.00345	1.25	VAR
3.kat	0.0025	0.0014	0.00195	1.28	VAR
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarsız) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0037	0.0036	0.00365	1.01	YOK
1.kat	0.0044	0.0042	0.0043	1.02	YOK
2.kat	0.0035	0.0033	0.0034	1.03	YOK
3.kat	0.0018	0.0018	0.0018	1.00	YOK

**Tablo 4.10.** Perdesiz ve duvarlı model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Duvarlı) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0041	0.0025	0.0033	1.24	VAR
1.kat	0.0048	0.0031	0.00395	1.22	VAR
2.kat	0.0038	0.0024	0.0031	1.23	VAR
3.kat	0.0022	0.0014	0.0018	1.22	VAR
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Duvarlı) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0031	0.0029	0.003	1.03	YOK
1.kat	0.0034	0.0033	0.00335	1.01	YOK
2.kat	0.0026	0.0024	0.0025	1.04	YOK
3.kat	0.0015	0.0014	0.00145	1.03	YOK

**Tablo 4.11.** Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için burulma düzensizliği kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EY Yönü) (Zemin Duvarsız) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0046	0.0026	0.0036	1.28	VAR
1.kat	0.0049	0.0031	0.004	1.23	VAR
2.kat	0.0037	0.0024	0.00305	1.21	VAR
3.kat	0.0022	0.0014	0.0018	1.22	VAR
A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü (EX Yönü) (Zemin Duvarsız) (Perdesiz Yapı)					
Kat No	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\eta_{bi}$	Düzensizlik
Zemin kat	0.0039	0.0037	0.0038	1.03	YOK
1.kat	0.0034	0.0033	0.00335	1.01	YOK
2.kat	0.0025	0.0023	0.0024	1.04	YOK
3.kat	0.0014	0.0013	0.00135	1.04	YOK

Perde elemanların bulunmadığı modellerde yapının geometrisinden kaynaklı Y yönünde burulma düzensizliği oluşumu gözlenmiştir. Fakat perde elemanlarının bulunduğu modellere göre burulma düzensizliği katsayıları %23'lük bir azalış göstererek sınır değerlere (1.20) düşmüştür. Bu durum, perde elemanlarının yapı planında düzensiz yerleştirilmelerinin olumsuz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapının X yönü doğrultusunda perde elemanlar simetrik düzende bulunduğu için perdelerin bulunmadığı durumlarda yerdeğiştirme miktarları artsa bile burulma düzensizliği katsayılarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde dolgu duvarların, yapıların burulma davranışını bir miktar önlediği ortaya çıkmıştır. Dolgu duvarların genel anlamda burulma düzensizliği katsayısını yaklaşık %5'e kadar azalttığı gözlenmiştir.

#### 4.4. Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

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 ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2.0'dan fazla olması durumuna Yumuşak Kat Düzensizliği denilmektedir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (4.2)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (4.3)$$

**Tablo 4.12.** Duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model (EY Yönü)					
	( $\Delta_i$ )max (m)	( $\Delta_i$ )min (m)	( $\Delta_i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0044	0.0009	0.00265	0.75	-
1	0.0055	0.0016	0.00355	1.16	1.34
2	0.0042	0.0019	0.00305	1.61	0.86
3	0.002	0.0018	0.0019	-	0.62
Duvarsız Model (EX Yönü)					
	( $\Delta_i$ )max (m)	( $\Delta_i$ )min (m)	( $\Delta_i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0007	0.0006	0.00065	0.57	-
1	0.0012	0.0011	0.00115	0.92	1.77
2	0.0013	0.0012	0.00125	1.09	1.09
3	0.0012	0.0011	0.00115	-	0.92

**Tablo 4.13.** Duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model (EY Yönü)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.004	0.0009	0.00245	0.74	-
1	0.0048	0.0018	0.0033	1.22	1.35
2	0.0035	0.0019	0.0027	1.54	0.82
3	0.0017	0.0018	0.00175	-	0.65
Duvarlı Model (EX Yönü)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0006	0.0005	0.00055	0.55	-
1	0.001	0.001	0.001	0.95	1.82
2	0.0011	0.001	0.00105	1.11	1.05
3	0.001	0.0009	0.00095	-	0.90

**Tablo 4.14.** Zemin katı duvarsız model için yumuşak kat kontrolü

Zemin Duvarsız Model (EY Yönü)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0045	0.0009	0.0027	0.83	-
1	0.0048	0.0017	0.00325	1.20	1.20
2	0.0035	0.0019	0.0027	1.59	0.83
3	0.0016	0.0018	0.0017	-	0.63
Zemin Duvarsız Model (EX Yönü)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0006	0.0006	0.0006	0.60	-
1	0.0011	0.0009	0.001	0.95	1.67
2	0.0011	0.001	0.00105	1.11	1.05
3	0.001	0.0009	0.00095	-	0.90

**Tablo 4.15.** Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model (EY Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.009	0.0014	0.0052	1.10	-
1	0.0049	0.0017	0.0033	1.29	0.91
2	0.0033	0.0018	0.00255	1.55	0.77
3	0.0016	0.0017	0.00165	-	0.65
Duvarsız Model (EX Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0012	0.001	0.0011	0.55	-
1	0.0014	0.0014	0.0014	1.00	1.82
2	0.0015	0.0013	0.0014	1.08	1.00
3	0.0013	0.0013	0.0013	-	0.93

**Tablo 4.16.** Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model (EY Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0076	0.0015	0.00455	1.06	-
1	0.0042	0.0018	0.003	1.25	0.94
2	0.0029	0.0019	0.0024	1.60	0.80
3	0.0013	0.0017	0.0015	-	0.63
Duvarlı Model (EX Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0011	0.0009	0.001	0.58	-
1	0.0012	0.0012	0.0012	1.04	1.71
2	0.0012	0.0011	0.00115	1.10	0.96
3	0.0011	0.001	0.00105	-	0.91

**Tablo 4.17.** Z. katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Zemin Katı Duvarsız Model (EY Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0092	0.0014	0.0053	1.26	-
1	0.0042	0.0017	0.00295	1.28	0.80
2	0.0028	0.0018	0.0023	1.59	0.78
3	0.0012	0.0017	0.00145	-	0.63
Zemin Katı Duvarsız Model (EX Yönü) (Yükseltilmiş)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0011	0.001	0.00105	0.61	-
1	0.0013	0.0011	0.0012	1.04	1.63
2	0.0012	0.0011	0.00115	1.10	0.96
3	0.0011	0.001	0.00105	-	0.91

**Tablo 4.18.** Perdesiz ve duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model (EY Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0044	0.0025	0.00345	0.55	-
1	0.0056	0.0032	0.0044	1.28	1.82
2	0.0043	0.0026	0.00345	1.77	0.78
3	0.0025	0.0014	0.00195	-	0.57
Duvarsız Model (EX Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2$	$[(\Delta_i/h_i)_{ort}] / [(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2$
Z	0.0037	0.0036	0.00365	0.59	-
1	0.0044	0.0042	0.0043	1.26	1.68
2	0.0035	0.0033	0.0034	1.89	0.79
3	0.0018	0.0018	0.0018	-	0.53

**Tablo 4.19.** Perdesiz ve duvarlı model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model (EY Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2}$	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2}$
Z	0.0041	0.0025	0.0033	0.58	-
1	0.0048	0.0031	0.00395	1.27	1.71
2	0.0038	0.0024	0.0031	1.72	0.78
3	0.0022	0.0014	0.0018	-	0.58
Duvarlı Model (EX Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2}$	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2}$
Z	0.0031	0.0029	0.003	0.63	-
1	0.0034	0.0033	0.00335	1.34	1.60
2	0.0026	0.0024	0.0025	1.72	0.75
3	0.0015	0.0014	0.00145	-	0.58

**Tablo 4.20.** Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Zemin Katı Duvarsız Model (EY Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2}$	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2}$
Z	0.0046	0.0026	0.0036	0.63	-
1	0.0049	0.0031	0.004	1.31	1.59
2	0.0037	0.0024	0.00305	1.69	0.76
3	0.0022	0.0014	0.0018	-	0.59
Zemin Katı Duvarsız Model (EX Yönü) (Perdesiz)					
	( $\Delta i$ )max (m)	( $\Delta i$ )min (m)	( $\Delta i$ )ort (m)	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i+1})/(h_{i+1})_{ort}] > 2}$	$\frac{[(\Delta_i/h_i)_{ort}]}{[(\Delta_{i-1})/(h_{i-1})_{ort}] > 2}$
Z	0.0039	0.0037	0.0038	0.79	-
1	0.0034	0.0033	0.00335	1.40	1.26
2	0.0025	0.0023	0.0024	1.78	0.72
3	0.0014	0.0013	0.00135	-	0.56

Yapıların yumuşak kat düzensizliği kontrolleri incelendiğinde perdelerin bulunmadığı üçüncü grup analiz modellerinde zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ 'de %34'e kadar artış gözlenmiştir ve bu durumun yumuşak kat davranışı oluşumunda etkili bir unsur olduğu ortaya çıkmıştır.

Perdelerin bulunduğu birinci grup analiz modellerinde ise zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda rijitlik düzensizliği katsayısında %11'e kadar artış gözlenmiştir. Bu sonuçlar, perde elemanlarının bulunmadığı analiz modellerinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında perde elemanların yatay yerdeğiştirmeleri bir miktar sınırlandırmasından dolayı yumuşak kat davranışı oluşumunu önleyici özelliği bulunduğu sonucu çıkartılmaktadır.

Zemin katın yüksekliğinin arttırıldığı ikinci grup analiz modellerinin sonuçları incelendiğinde rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin diğer analiz modellerinin sonuçlarına göre önemli artışlar gösterdiği gözlenmiştir.

Zemin kat yüksekliğinin diğer katlar ile aynı olduğu ve dolgu duvarların tüm katlarda modellendiği sisteme göre zemin katın duvarsız ve diğer katlara göre daha yüksek olduğu modelde rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$  %70'lik bir artış göstermiştir. Dolgu duvarların zemin katta ihmal edilmeleri bu artışın %19'luk kısmını oluştururken zemin katın diğer katlara göre daha yüksek olması ise bu artışın %51'lik kısmını oluşturmaktadır. Bu sonuç, katların yüksekliklerinin birbirlerine göre farklı olması durumunun yumuşak kat davranışı oluşmasında daha riskli bir etken olduğunu ortaya çıkarmıştır.

#### 4.5. Zayıf Kat Düzensizliği Kontrolü

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ci}$ 'nin 0.80'den küçük olması durumuna Zayıf Kat Düzensizliği denilmektedir.

$$\eta_{ci} = \left( \sum A_e \right)_i / \left( \sum A_e \right)_{i+1} < 0.80 \quad (4.4)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (4.5)$$

**Tablo 4.21.** Duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix} < 0.8$	$\eta_{ciy} < 0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265		
2	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1
1	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1

**Tablo 4.22.** Duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix} < 0.8$	$\eta_{ciy} < 0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0.15x24.18	0.15x11.62	16.062	9.008		
2	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
1	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1

**Tablo 4.23.** Zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Zemin Katı Duvarsız Model									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix} < 0.8$	$\eta_{ciy} < 0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0.15x24.18	0.15x11.62	16.062	9.008		
2	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
1	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	0.77	0.81

Yumuşak kat düzensizliği çıkmayan yapılarda zayıf kat düzensizliği gözlenmesi sonucunda binalarda zayıf kat düzensizliği mutlaka yapılmalıdır.

**Tablo 4.24.** Z. katı yükseltilmiş duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model (Yükseltilmiş)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265		
2	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1
1	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	1	1

**Tablo 4.25.** Z. katı yükseltilmiş duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model (Yükseltilmiş)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0.15x24.18	0.15x11.62	16.062	9.008		
2	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
1	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1

**Tablo 4.26.** Z. katı yükseltilmiş ve zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Zemin Katı Duvarsız Model (Yükseltilmiş)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	6.64	1.47	0.15x24.18	0.15x11.62	16.062	9.008		
2	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
1	5.795	6.64	1.47	3.627	1.743	16.062	9.008	1	1
Z	5.795	6.64	1.47	0	0	12.435	7.265	0.77	0.81

**Tablo 4.27.** Perdesiz ve duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarsız Model (Perdesiz)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	0	0	0	0	5.795	5.795		
2	5.795	0	0	0	0	5.795	5.795	1	1
1	5.795	0	0	0	0	5.795	5.795	1	1
Z	5.795	0	0	0	0	5.795	5.795	1	1

**Tablo 4.28.** Perdesiz ve duvarlı model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Duvarlı Model (Perdesiz)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	0	0	0.15x(24.18)	0.15x(11.62)	9.422	7.538		
2	5.795	0	0	3.627	1.743	9.422	7.538	1	1
1	5.795	0	0	3.627	1.743	9.422	7.538	1	1
Z	5.795	0	0	3.627	1.743	9.422	7.538	1	1

**Tablo 4.29.** Perdesiz ve zemin katı duvarsız model için zayıf kat düzensizliği kontrolü

Zemin Katı Duvarsız Model (Perdesiz)									
	$\sum A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{gy}$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{kx})$ (m <sup>2</sup> )	$0.15(\sum A_{ky})$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ex}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{ey}$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{cix}<0.8$	$\eta_{ciy}<0.8$
3	5.795	0	0	0.15x(24.18)	0.15x(11.62)	9.422	7.538		
2	5.795	0	0	3.627	1.743	9.422	7.538	1	1
1	5.795	0	0	3.627	1.743	9.422	7.538	1	1
Z	5.795	0	0	0	0	5.795	5.795	0.62	0.77

Zayıf kat düzensizliği kontrolü, binanın katlarında bulunan kolonların, perde elemanların ve duvar elemanlarının kesme alanları gibi parametreleri kıyaslayan bir kontroldür. İncelenen binalarda katlar arasında kolon ve perde elemanlarının kesitleriyle ilgili bir süreksizlik bulunmadığından sadece zemin katın duvarsız olduğu yapılarda düzensizlik oluşumu gözlenmiştir. Perde elemanlarının da bulunduğu birinci grup analiz modellerinde zemin katın duvarsız bırakılmasıyla binanın X yönünde zayıf kat düzensizliği oluşumu gözlenirken Y yönünde dayanım düzensizliği katsayısı  $\eta_{ci}$  sınır değere ulaşmıştır. Bu durumun nedeni yapının X yönü doğrultusunda daha uzun olması dolayısıyla bu yönde daha fazla duvar elemanı içermesidir.

Perde elemanlarının bulunmadığı üçüncü grup analiz modellerinde ise zemin katın duvarsız bırakılmasıyla sadece dolgu duvar etkisiyle hem X yönünde hem de Y yönünde zayıf kat düzensizliği oluşumu gözlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda zemin katlarda dolgu duvarların modele dahil edilmemelerinin zayıf kat davranışı oluşumunda riskli bir unsur olduğu sonucu çıkartılmıştır.

#### 4.6. Duvarlı Modelin Statik İtme Analizi Yöntemi İle İncelenmesi

Duvar elemanlarının bulunduğu analiz modeline eşdeğer deprem kuvvetleri katlara göre uygulanmıştı. Statik itme analizi prensipleri gereği yapının düşey yükler etkisi altında (G+nQ) doğrusal olmayan analizinin gerçekleştirilmesi için ilgili veriler tanımlanmıştır. Analizde kullanılan yük değerleri, kN cinsinden kullanılmıştır.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name DUSEYPO Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Static Design...												
Initial Conditions <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State <input type="radio"/> Continue from State at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from this previous case are included in the current case	Analysis Type <input type="radio"/> Linear <input checked="" type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction	Geometric Nonlinearity Parameters <input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> P-Delta <input type="radio"/> P-Delta plus Large Displacements												
Modal Load Case All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL	Mass Source g+nq													
Loads Applied <table border="1"><thead><tr><th>Load Type</th><th>Load Name</th><th>Scale Factor</th></tr></thead><tbody><tr><td>Load Pattern</td><td>G</td><td>1.</td></tr><tr><td>Load Pattern</td><td>G</td><td>1.</td></tr><tr><td>Load Pattern</td><td>Q</td><td>0.6</td></tr></tbody></table> Add Modify Delete	Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	G	1.	Load Pattern	G	1.	Load Pattern	Q	0.6		
Load Type	Load Name	Scale Factor												
Load Pattern	G	1.												
Load Pattern	G	1.												
Load Pattern	Q	0.6												
Other Parameters Load Application: Full Load Results Saved: Final State Only Nonlinear Parameters: Default		OK Cancel												

Şekil 4.1. Statik itme analizi için düşey yükleme durumunun tanımlanması

Düşey yüklerin doğrusal olmayan analizinin bittiği noktadan deprem kuvveti etkisi altında doğrusal olmayan analizin başlaması için X ve Y yönünde yükleme durumları tanımlanmıştır.

#### Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: POX [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:  
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
 Continue from State at End of Nonlinear Case [DUSEYPO] [v]  
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:  
All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL] [v]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EXP	1.
Load Pattern	EXP	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:  
Load Application: Displ Control [Modify/Show...]  
Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]  
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Analysis Type:  
 Linear  
 Nonlinear  
 Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:  
 None  
 P-Delta  
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [g+nq] [v]

[OK] [Cancel]

Şekil 4.2. POX yükleme durumunun tanımlanması

#### Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: POY [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:  
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
 Continue from State at End of Nonlinear Case [DUSEYPO] [v]  
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:  
All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL] [v]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EYP	1.
Load Pattern	EYP	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:  
Load Application: Displ Control [Modify/Show...]  
Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]  
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Analysis Type:  
 Linear  
 Nonlinear  
 Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:  
 None  
 P-Delta  
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [g+nq] [v]

[OK] [Cancel]

Şekil 4.3. POY yükleme durumunun tanımlanması

Yapı elemanlarına plastik mafsallar tanımlanırken plastikleşmenin eleman uçlarında oluşacağı kabulü yapılarak kolon ve kiriş elemanlarının plastik mafsallık özellikleri program tarafından hesaplanmıştır. Kirişler için serbestlik derecesi M3 seçilirken kolonlar için P-M2-M3 seçilmiştir.

Frame Hinge Assignments

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.
Auto M3	0.
Auto M3	1.

Add  
Modify  
Delete

Auto Hinge Assignment Data

Type: From Tables In FEMA 356  
Table: Table 6-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i  
DOF: M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

OK Cancel

Şekil 4.4. Kiriş elemanı için plastik mafsallık tanımı

Frame Hinge Assignments

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.
Auto P-M2-M3	0.
Auto P-M2-M3	1.

Add  
Modify  
Delete

Auto Hinge Assignment Data

Type: From Tables In FEMA 356  
Table: Table 6-8 (Concrete Columns - Flexure) Item i  
DOF: P-M2-M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

OK Cancel

Şekil 4.5. Kolon elemanı için plastik mafsallık tanımı

Duvar elemanları için eşdeğer basınç çubuklarının aksel yük taşıma kapasiteleri hesaplanmıştır ve kuvvet kontrollü olmak üzere ayrı ayrı plastik mafsallar tanımlanmıştır.

**Tablo 4.30.** X yönü eşdeğer basınç çubuklarının aksel yük taşıma kapasiteleri

İSİM	$a_{duvar}$	$A_{duvar}$	$F_{duvar}$
	mm	mm <sup>2</sup>	kN
W_AA23(FH1)	540	108000	108
W_AA34(FH1)	540	108000	108
W_AA45(FH1)	540	108000	108
W_AA56(FH1)	540	108000	108
W_AA67(FH1)	540	108000	108
W_AA78(FH1)	540	108000	108
W_AA89(FH1)	540	108000	108
W_AA910(FH2)	500	100000	100
W_BB23(FH1)	540	108000	108
W_BB34(FH3)	600	120000	120
W_BB45(FH4)	620	124000	124
W_BB56(FH3)	600	120000	120
W_BB67(FH5)	650	130000	130
W_BB89(FH6)	1210	242000	242
W_CC12(FH7)	770	154000	154
W_CC23(FH8)	640	128000	128
W_CC45(FH6)	1210	242000	242
W_CC67(FH8)	640	128000	128
W_CC78(FH3)	600	120000	120
W_CC89(FH3)	600	120000	120
W_CC910(FH9)	450	90000	90
W_CC1011(FH10)	300	60000	60
W_EE911(FH11)	920	184000	184
W_DD12(FH12)	790	158000	158
W_DD23(FH1)	540	108000	108
W_DD34(FH1)	540	108000	108
W_DD45(FH1)	540	108000	108
W_DD56(FH1)	540	108000	108
W_DD67(FH1)	540	108000	108
W_DD78(FH1)	540	108000	108
W_DD89(FH1)	540	108000	108

**Tablo 4.31.** Y yönü eşdeğer basınç çubuklarının aksel yük taşıma kapasiteleri

İSİM	$a_{duvar}$	$A_{duvar}$	$F_{duvar}$
	mm	mm <sup>2</sup>	kN
W_11CD(FH13)	800	160000	160
W_22AB(FH14)	750	150000	150
W_22BC(FH15)	410	82000	82
W_22CD(FH16)	780	156000	156
W_XXCD(FH17)	980	196000	196
W_55AB(FH18)	810	162000	162
W_55CD(FH19)	820	164000	164
W_88AB(FH19)	820	164000	164
W_88CD(FH16)	780	156000	156
W_99CD(FH16)	780	156000	156
W_1010AB(FH19)	820	164000	164
W_1010BC(FH20)	370	74000	74

Frame Hinge Property Data for FH1 - Axial P

Force Control Parameters

Maximum Allowed Force

Specified Proportion of Yield Force

Positive:

Negative:

User Specified Force

Positive:

Negative:

Hinge Loses All Load Carrying Capacity When Maximum Force Is Reached

Acceptance Criteria (Force/Maximum Allowed Force)

Positive: Negative:

Immediate Occupancy:

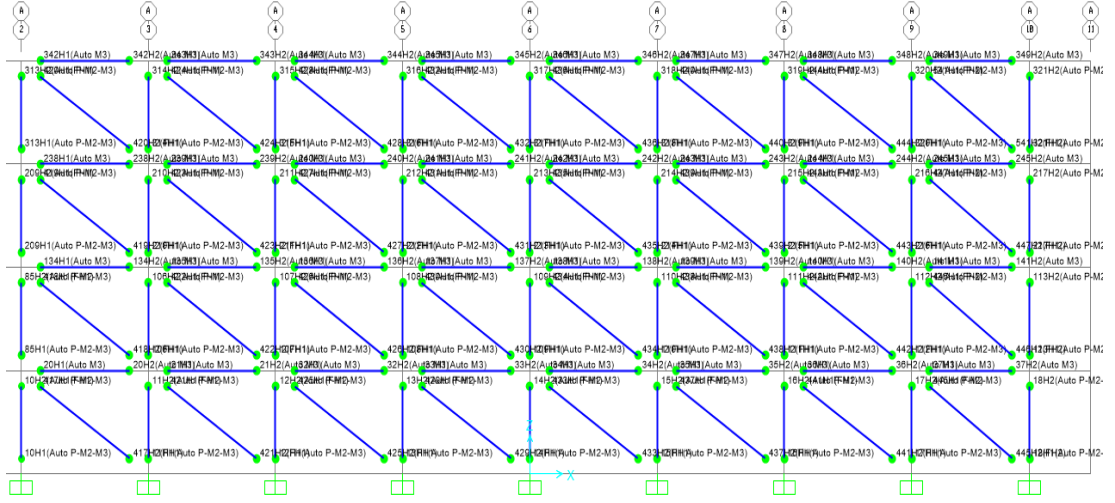
Life Safety:

Collapse Prevention:

Hinge is Symmetric (Tension Behavior Same as Compression Behavior)

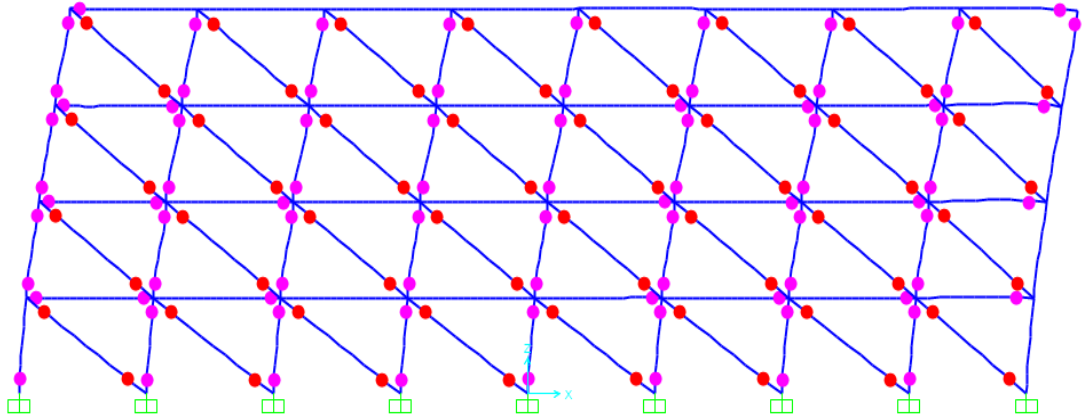
OK Cancel

**Şekil 4.6.** Duvar elemanları için plastik mafsal tanımı



Şekil 4.7. Plastik mafsalları tanımlanan A aksı elemanları

Statik itme analizi sonucunda X ve Y yönü doğrultusunda tüm akslarda plastikleşme öncelikle duvar elemanlarında başlamaktadır. Depremın ilk anlarında diğer yapı elemanları ile birlikte yapı davranışına katılan dolgu duvarlar, ilerleyen süreçte kırılarak yapıdan ayrılmaktadır.



Şekil 4.8. A aksında mafsallaşma durumu

## 5. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında ele alınan dört katlı örnek bir betonarme yapının farklı tiplerde modellemeleri yapılarak bir takım analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde, dolgu duvarların yapılarda sıkça görülen yumuşak kat davranışı oluşumuna, zayıf kat davranışı oluşumuna ve burulma düzensizliği oluşumuna etkileri incelenmiştir. Binaların yaptıkları yatay yerdeğiştirmeler ve periyotlar da karşılaştırılarak dolgu duvarların bu parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda incelenen binalarda yumuşak kat düzensizliği oluşumu gözlenmemiştir. Fakat dolgu duvarların ve binaların zemin katlarının diğer katlara göre yüksek yapılmasının rijitlik düzensizliği katsayısı üzerinde etkili olduğu sonucu çıkartılarak yumuşak davranışını tetikleyici unsurlar olduğu gözlenmiştir.

- Perde elemanların bulunmadığı yapılarda zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ 'de %34'e kadar artış gözlenmiştir ve ticari amaçlarla yapılan bu uygulamanın yanlış olduğu sonucu çıkmıştır. Yüksek katlı yapılarda ve yüksek dayanımlı duvar malzemesi kullanılması durumunda bu etkinin daha da artacağı öngörülerek dolgu duvarların yumuşak kat davranışı üzerinde önemli bir rolü olduğu sonucu çıkartılmaktadır.
- Perde elemanlarının bulunduğu yapılarda zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ 'de %11'e kadar artış gözlenmiştir. Bu sonuçlar, perde elemanlarının bulunmadığı analiz modellerinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında perde elemanların yatay yerdeğiştirmeleri bir miktar sınırlandırmasından dolayı yumuşak kat davranışı oluşumunu önleyici özelliği bulunduğu sonucu çıkartılmaktadır.
- Zemin kat yüksekliğinin diğer katlar ile aynı olduğu ve dolgu duvarların tüm katlarda modellendiği sisteme göre zemin katın duvarsız ve diğer katlara göre daha yüksek olduğu modelde rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$  %70'lik bir artış göstermiştir. Dolgu duvarların zemin katta ihmal edilmeleri bu artışın %19'luk kısmını oluştururken zemin katın diğer katlara göre daha yüksek

olması ise bu artışın %51'lik kısmını oluşturmaktadır. Bu sonuç, katların yüksekliklerinin birbirlerine göre farklı olması durumunun yumuşak kat davranışı oluşmasında daha riskli bir etken olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Zayıf kat düzensizliği oluşumu ile ilgili yapılan kontroller sonucunda zemin katlarda dolgu duvarların model dahil edilmemelerinin zayıf kat davranışı oluşumunda riskli bir unsur olduğu sonucu çıkartılmıştır.

- Binalarda katlar arasında kolon ve perde elemanlarının kesitleriyle ilgili bir süreksizlik bulunmadığından sadece zemin katın duvarsız olduğu yapılarda düzensizlik oluşumu gözlenmiştir.
- Perde elemanlarının bulunmadığı yapılarda zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda hem X hem de Y yönünde zayıf kat düzensizliği oluşumu gözlenmiştir.
- Perde elemanlarının bulunduğu yapılarda ise zemin katın duvarsız bırakılması sonucunda X yönünde zayıf kat düzensizliği oluşumu gözlenmiştir. Y yönünde ise dayanım düzensizliği katsayısı  $\eta_{ci}$  sınır değere ulaşmıştır. Bu durumun nedeni yapının X yönü doğrultusunda daha fazla duvar elemanı içermesidir.

Burulma düzensizliği oluşumu ile ilgili yapılan kontroller sonucunda;

- Yapının geometrisinden kaynaklı ve X yönünde perde elemanları ile duvar elemanlarının yoğun olarak bulunmasından dolayı yapının burulma düzensizliği katsayıları X yönünde minimum değerde çıkmıştır.
- Perde elemanlarının bulunmadığı yapılarda burulma düzensizliği katsayıları perde elemanlarının bulunduğu yapılara göre %23'lük bir azalış göstererek sınır değerlere (1.20) düşmüştür. Bu durum, perde elemanlarının yapı planında düzensiz yerleştirilmelerinin olumsuz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Dolgu duvarların, yapıların burulma davranışını bir miktar önlediği ortaya çıkmıştır. Dolgu duvarların genel anlamda burulma düzensizliği katsayısını yaklaşık %5'e kadar azalttığı gözlenmiştir.
- Zemin katın duvarsız olduğu tüm modellerde zemin kat seviyesinde burulma düzensizliği katsayıları en yüksek değerinde çıkmıştır.

Bina periyotlarının karşılaştırılması sonucunda;

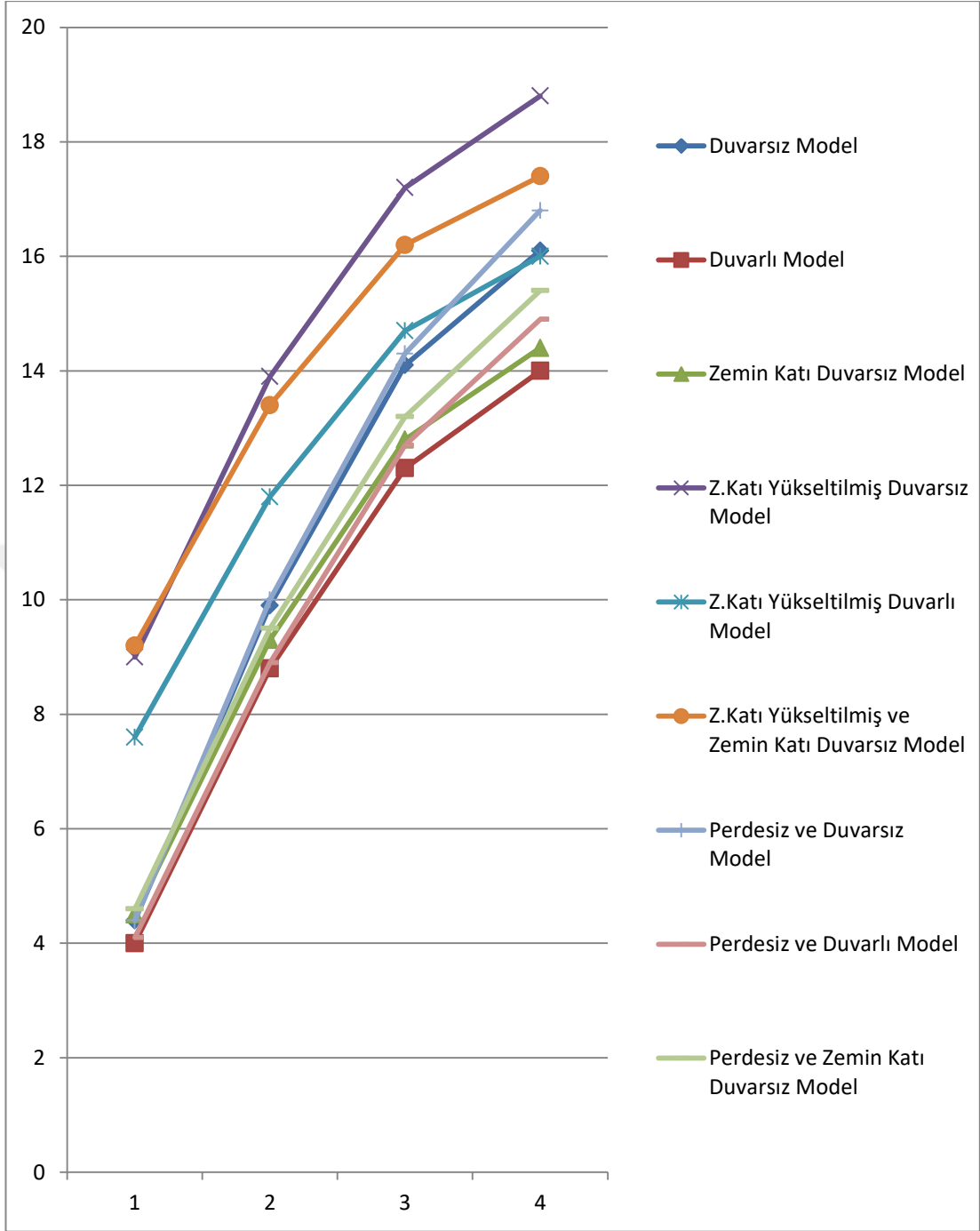
- Dolgu duvarların bina periyotlarını %10'dan %16'ya kadar düşürdüğü ortaya çıkmıştır.
- Zemin katın yükseltilmesi işlemi sonucunda bina periyotlarında %24-%26'lık bir artış gerçekleşmiştir. En yüksek artış ise zemin katın diğer katlara göre daha yüksek olduğu ve bu kattaki duvarların kaldırıldığı modelde gözlenmiştir.
- Perde elemanlarının bulunmadığı yapıların periyotları incelendiğinde X yönünde yoğunlaşan perdelerin bina periyodu üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. X yönündeki periyotlar, perde elemanlarının bulunduğu modellere göre %113'e varan artışlar göstermiştir. Y yönündeki periyotlarda ise bu artış %10 seviyelerinde kalmıştır.

Bina deplasmanlarının karşılaştırılması sonucunda;

- İncelenen yapılardan perde elemanlarının kaldırılması sonucunda X yönündeki yerdeğiştirmelerde ise 3-6 kat artış gerçekleşmiştir. Y yönünde max ve min deplasmanlar arasındaki farkta ise %27'den %48'e kadar kapanmalar gözlenmiştir. Bu durum perde elemanların, yatay yerdeğiştirmeleri önleme konusundaki önemini ortaya koymaktadır.

- Zemin katların yükseltilmesi işlemi sonrasında zemin katlardaki yanal ötelenmeler %100 artış göstermiştir. Bu durum yumuşak kat oluşumuna neden olabilecek önemli bir faktördür.
- Perdelerin bulunmadığı yapılarda dolgu duvarların, yapının deplasmanlarını %22'ye kadar azalttığı gözlenmiştir.
- Zemin katın yükseltildiği yapılarda zemin katta dolgu duvarların bulunup bulunmaması koşulları altında dolgu duvarlar ilk katın yatay ötelenmesini %21'e kadar azaltmıştır. Bu durum yumuşak kat düzensizliği oluşumu açısından dolgu duvarların engelleyici özelliğini göstermektedir.
- Zemin katın duvarsız olduğu bütün modellerde ise öngörüldüğü şekilde en yüksek yanal ötelenme zemin katlarda gerçekleşmiştir. Yumuşak kat oluşumunda birincil faktör olarak öne sunulan bu durumun önlem alınması gereken bir uygulama olduğu bu sonuçla bir kez daha gözlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında dolgu duvarlar ile ilgili çıkan bu sonuçlar incelendiğinde ve deprem sırasında birçok yapının yumuşak kat davranışından dolayı göçtüğü göz önünde bulundurulduğunda deprem yönetmeliğimizde yumuşak düzensizliği ile ilgili yapılan kontrollerin yeterince güvenli olmadığı düşünülmektedir. Yapıların deplasman ve periyotlarındaki önemli artışlar, zayıf kat düzensizlikleri ve oluşan burulma davranışları incelendiğinde yumuşak kat düzensizliği oluşmaması çelişkili bir durum olarak görülmektedir.



Şekil 5.1. Tüm analiz modellerinin deplasman grafiği

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması içeriğinde eşdeğer diyagonal basınç çubukları olarak modellenen dolgu duvarların, farklı tip binalar üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncelenen yapıların mod analizleri ve deprem analizleri gerçekleştirilmiştir ve statik itme analizi ile dolgu duvarlardaki plastik mafsall oluşumu gözlenmiştir. Mod analizinden çıkan periyot değerleri incelendiğinde dolgu duvarların, perdeli ve perdesiz yapıların periyotlarını azaltmaya katkısı olmuştur ama literatürdeki bazı çalışmalarda görüldüğü gibi 1.5-2 katlık büyük değişimler meydana getirmediği gözlenmiştir. Bu durumun nedeni olarak ise DBYBHY 2007’de yer alan dolgu duvar malzemesi ile ilgili elastisite modülü ve basınç dayanımı değerlerinin düşük olması görülmektedir.

ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarında dolgu duvar malzemesinin özelliklerini belirlemek amacıyla hazırlanan deney düzeneğinde, tuğla dolgu elemanlarının köşegenlerinden birisi doğrultusunda basınç testi uygulanmıştır. Harç ve sıva olarak, uygulamadaki basit işçiliği yansıtması amacıyla düşük basınç dayanımlı harç ve sıva kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre sıvanmamış boşluklu tuğla dolgu için ortalama basınç dayanımı 3.5 MPa ve ortalama elastisite modülü 5000 MPa çıkmıştır. Sıvanmış boşluklu tuğla dolgu için ise bu değerler sırasıyla 4.5 MPa ve 7000 MPa olarak gözlenmiştir [25]. DBYBHY 2007’den alınan basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleri ise 1 MPa ve 1000 MPa’dır ve deneysel sonuçlara göre az değerlerdir.

**Tablo 5.1.** Perdeli ve perdesiz bina türlerinin periyot değerleri

	Y Yönü	X Yönü
Duvarsız Model	0.45	0.22
Duvarlı Model	0.41	0.20
Zemin Katı Duvarsız Model	0.42	0.21
Perdesiz ve Duvarsız Model	0.50	0.47
Perdesiz ve Duvarlı Model	0.45	0.39
Perdesiz ve Zemin Katı Duvarsız Model	0.46	0.42

Depremlerde yumuşak kat ve zayıf kat dzenensizlikleri nedeniyle birçok yapının zarar gördüğü gerçeği bilinmektedir. Tez alışması içeriğide ise incelenen bina türlerinin dzenensizlik kontrolleri yapıldı ve bu kontroller sonucunda zemin katların duvarsız olduğu binalarda zayıf kat oluşumu gözlenirken yumuşak kat oluşumu gözlenmemiştir. Bu duruma göre yapılarda zayıf kat dzenensizliği kontrollerinin mutlaka yapılması sonucu çıkartılmıştır. Yumuşak kat dzenensizliği oluşmamasının bir başka nedeni olarak ise yine dolgu duvar malzeme özelliklerinin düşük değerlerinden dolayı rijitliklerinin az olması düşünülmektedir.

Deprem yönetmeliği zayıf kat dzenensizliği oluşması durumunda daha katı yaptırımlar içerirken yumuşak kat dzenensizliği oluşması durumunda daha esnek maddeler içermektedir. Bu durum, deprem yönetmeliğinin yumuşak kat konusunu ele alışının yeterliliğini tartışılır duruma getirmektedir.

İncelenen bina türlerinin yatay deplasmanları karşılaştırılmıştır ve giriş katın yüksekliğinin diğer katlara daha yüksek modellendiği yapılarda yatay deplasmanlarda artışlar gözlenmiştir. Ayrıca yapıda bulunan perde elemanların yatay deplasmanları oldukça engellediği gözlenerek bu perde elemanların yapı planında düzgün ve simetrik olarak yerleştirilmemesi durumunda burulma dzenensizliği oluşumuna neden olduğu ortaya çıkmıştır. Dolgu duvarların ise deplasmanları da azaltarak burulma dzenensizliği oluşumunu azaltıcı etki yaptığı gözlenmiştir. Dolgu duvar malzemesinin elastisite modülü ve basınç dayanımı değerlerinin, literatürdeki deneysel sonuçlara göre alınması durumunda ise bu etkilerin daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Son olarak yapılan statik itme analizi ile dolgu duvarlı bir binada plastik mafsallı oluşumu incelenmiştir. Deprem etkisiyle başlayan ilk mafsallaşmanın duvar elemanlarında gerçekleştiği gözlenmiştir.

Yumuşak kat dzenensizliği oluşumunu engellemek için neriler:

- Binaların görelili kat ötelemeleri belli bir oranda sınırlandırılmalıdır. Yapılarda öngörülemeyen hasarlar meydana getirebilecek değişiklikler uygulanmamalıdır. Eğer uygulanıyorsa gerekli önlemler alınmalıdır.

- Dolgu duvarlar yapıların analiz modellerine dahil edilmelidir.
- Binaların zemin katlarında bulunan dolgu duvarlar ticari sebeplerde sonradan kaldırılmamalıdır.
- Binaların giriş katlarının yükseklikleri diğer katlara göre daha yüksek yapılmamalıdır. Yapılıyorsa ilgili katın kolonlarına etriye sıklaştırması işlemi uygulanmalıdır.
- Perde elemanlarının yatay yerdeğiştirmeleri kısıtlayıcı özelliği bulunduğundan perde elemanların kullanılması çözüm olabilmektedir.

Zayıf kat düzensizliği oluşumunu engellemek için öneriler:

- Yapı elemanlarının en kesit boyutları bina katlarında farklılık göstermemelidir.
- Binaların zemin katlarından dolgu duvarların kaldırılması işlemi bu hususta önlem alınması gereken bir uygulamadır.
- Kolon ve perde elemanlarının kesitleri binaların üst katlarına doğru azaltılmamalı veya herhangi bir katta bu elemanlar kesilmemelidir.

Burulma düzensizliği oluşumunu engellemek için öneriler:

- Simetrik olmayan binalarda dilatasyon derzi uygulanmalıdır.
- Kolonlar yapı planında yerleştirilirken kuvvetli ve zayıf yönlerine dikkat edilmelidir.
- Perde elemanlar yapılarda mümkün olduğuunda kapalı kutu oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 2009, 159 s.
- [2] Döndüren, M., Karaduman, A., Çöğürçü, M., Altın, M. Yapılarda burulma düzensizliği. Selçuk-Teknik Dergisi. 2007, 6(1), 42-52.
- [3] Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z., Erkal, A. Zayıf Kat - Yumuşak Kat Düzensizliği. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, 2007, İstanbul (Bildiri Özetleri, 339-349 s.)
- [4] Durmuş, A., Durmuş, A., Öztürk, H. Depremlerde Göçen Binalardan Öğrenilenler: Kocaeli Örneği. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, 2013, Hatay.
- [5] Kappos, A.J., Ellul, F. Seismic Design And Performance Assessment of Masonry Infilled R/C Frames. 12th World Conference on Earthquake Engineering, 30 January - 4 February, 2000, Auckland.
- [6] Calvi, G.M., Bolognini, D., Penna, A. Seismic Performance of Masonry-Infilled RC Frames – Benefits of Slight Reinforcements. 60 Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sismica, 2004, Portugal.
- [7] Al Chaar, G., Issa, M., Sweeney, S. Behaviour of masonry-infilled nonductile reinforced concrete frames. Journal of Structural Engineering. 2002, 128(8), 1055-1063
- [8] Smith, B.S., Carter, C. A Method of Analysis For Infilled Frames. Institution of Civil Engineers, 1969, 31-48 s.
- [9] Ersoy, U., Uzsoy, Ş. The behaviour and strength of infilled frames. TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu, 1971, MAG-205, 95.
- [10] Govindan, P., Lakshminpathy, M., Santhakumar, A.R. Ductility of infilled frames. Journal of American Concrete Institute. 1986, 83(4), 567-576.
- [11] Negro, P., Verzeletti, G. Effect of infills on the global behaviour of r/c frames: Energy considerations from pseudodynamic tests. The Journal of the International Association for Earthquake Engineering. 1996, 25(8), 753-773.
- [12] Zarnic, R., Tomazevic, M. An Experimentally Obtained Method for Evaluation of the Behaviour of Masonry Infilled RC Frames. 9th World Conference on Earthquake Engineering, August 2-9, 1988, Tokyo-Kyoto (Bildiri Özetleri, 163-168.)
- [13] Sayın, B. Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirilmesi Teknikleri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2003. (Yüksek Lisans Tezi)
- [14] Çağatay, İ.H. Failure of an industrial building during a recent earthquake in Turkey. Engineering Failure Analysis. 2005, 12(4), 497-507.
- [15] Arulselvan, S., Subramanian, K., Perumal Pillai, E.B., Santhakumar, A.R. RC Infilled Frame-RC Plane Frame Interactions For Seismic Resistance. Journal of Applied Sciences. 2007, 7, 942-950.
- [16] Yakut, A., Binici, B., Demirel, İ.O., Özcebe, G. Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, 2013, Hatay.
- [17] Vintzeleou, E. Infilling of Reinforced Concrete Frames as a Strengthening Intervention. Seminar on the Assesment and Redesign of Reinforced Concrete Structures, 12-13 April, 1989, İzmir.

- [18] FEMA. A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (Preliminary). Earthquake Hazards Reduction Series 47. FEMA-178, 1989.
- [19] Bayülke, N. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayını, İzmir, Türkiye, 1993.
- [20] Bayülke, N. Betonarme yapının dolgu duvarı. Türkiye Mühendislik Haberleri. 2003, 4(426), 85-98.
- [21] Kaltakçı, M.Y., Arslan, M.H. Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, 2005, Kocaeli (Bildiri Özetleri, 598-605.)
- [22] Bayülke, N. Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar. Teknik Yayınevi, Ankara, Türkiye, 1989.
- [23] Chopra, A.K. Dynamics of Structures, A Primer. Ed.: Barbara Zeiders, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, 2005, 141 s.
- [24] Tar, Ö.İ. Dolgu Duvarların Modellenmesinde Kullanılan Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 85 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [25] Sevil, T., Baran, M., Canbay, E. Tuğla dolgu duvarların b/a çerçevesi yapılarının davranışına etkilerinin incelenmesi; Deneysel ve kuramsal çalışmalar. International Journal of Engineering Research and Development. 2010, 2(2), 35-42.
- [26] Sayın, B., Kaplan, A.S. Deprem Etkisi Altındaki Betonarme Yapılarda Dolgu Duvarların Modellenme Teknikleri. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, 2005, Kocaeli (Bildiri Özetleri, 474-480.)
- [27] FEMA. Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA-356, Washington, 2000, 518 s.
- [28] Korkmaz, A., Uçar, T. Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışında etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2006, 11(2), 65-76.
- [29] Özmen, H.B., İnel, M., Bilgin, H. Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, 2007, İstanbul.
- [30] Arslan, H.M., Köroğlu, M.A., Köken, A. Binaların yapısal performansının statik itme analizi ile belirlenmesi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi. 2008, (2), 71-84.
- [31] Korkmaz, A., Düzgün, M. Doğrusal olmayan yapısal analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi. İTÜ Dergisi/d. 2007, 6(3), 11-23.
- [32] Ay, Z., Korkmaz, A. Hal Yapıların Deprem Davranışlarının Performansa Bağlı Analizlerle Belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 2008, 1(1), 44-49.
- [33] Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K. Örneklerle SAP2000 v17. Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 2015, 455 s.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erdem ÖZKAYA

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1993

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : erdemozkaya1@gmail.com

### Eğitim Durumu

Lise : Karabağlar Nevvar Salih İşgören Anadolu Lisesi, 2007-2011

Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2011-2015

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015

### Mesleki Deneyim

Mavitaş Prefabrik A.Ş. 2013-2013

MFK Mimarlık 2014-2014