

**ZAYIF KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME
BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINA VE KABA
İNŞAAT MALİYETİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

**2014
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

Ramazan ÖZ

**ZAYIF KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME BİNALARIN DEPREM
DAVRANIŞINA VE KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Ramazan ÖZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Eylül 2014**

Ramazan ÖZ tarafından hazırlanan “ZAYIF KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINA VE KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Şenol GÜRSOY

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 12 / 09/ 2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

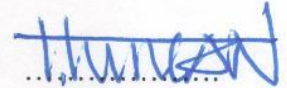
Başkan : Doç. Dr. Osman GENÇEL (BÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Şenol GÜRSOY (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Yüksel TURCAN (KBÜ)



...../...../2014

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ramazan ÖZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ZAYIF KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINA VE KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ramazan ÖZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Şenol GÜRSOY

Eylül 2014, 83 sayfa

Mimari tasarım ve taşıyıcı sistem (strüktürel sistem) düzenlemesi (konfigürasyonu) betonarme binaların deprem davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü betonarme binaların depremlere karşı, emniyetli ve ekonomik olarak, başarımları mimari tasarım sürecindeki tasarım kararları ile kolaylıkla sağlanabilmektedir. Bu husus mimari tasarım aşamasında doğru tasarım kararları ve taşıyıcı sistem düzenlemesinin önemini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı ülkemizde oluşan depremler sonrası sıklıkla karşılaşılan komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışı ve kaba inşaat maliyeti üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Bu amaçla gerçekleştirilen çalışma toplam altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde zayıf kat düzensizliği hakkında genel bilgiler verilmekte ve bu konuda daha önce yapılmış olan bazı çalışmalar üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde, depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gereken başlıca ilkeler ve dikkat edilmesi gereken bazı mimari ayrıntılar özetlenmektedir. Üçüncü bölümde, düşey doğrultuda düzensizlik durumları verilmekte ve bunlardan zayıf kat (dayanım) düzensizliğine ilişkin bazı bilgiler özetlenmektedir. Dördüncü bölümde, bu çalışmanın sayısal uygulamalarında kullanılacak olan betonarme bina modellerine ilişkin bilgiler ve diğer tasarım parametreleri verilmektedir. Beşinci bölümde ise bu çalışmada dikkate alınan betonarme bina modellerinin Sta4-Cad programı yardımıyla yapısal çözümlenmeleri gerçekleştirilmektedir. Ayrıca elde edilen bulgular ve tartışmalar da bu bölümde yapılmaktadır. Altıncı bölümde çalışmanın bütününden çıkartılan başlıca sonuç ve öneriler verilmekte ve bu son bölümü kaynaklar dizini izlemektedir.

Elde edilen sonuçlar, çeşitli nedenlerle oluşan zayıf kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem performansını azalttığını ve buna karşın bina kaba inşaat maliyetini arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, bu gün yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Yönetmeliğinde zayıf kat düzensizliğine ilişkin verilen bağıntılarda malzeme, özellikle beton, dayanımlarının etkisi ihmal edildiği görülmektedir. Bu husus Türkiye Deprem Yönetmeliğinde zayıf kat düzensizliği için önerilen tasarım bağıntılarının, malzeme dayanımlarını da dikkate alarak değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler : Zayıf kat düzensizliği, dolgu duvar, yapısal düzensizlikler, STA4-Cad.

Bilim Kodu : 801.1.099

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON EARTHQUAKE BEHAVIOUR AND ROUGH CONSTRUCTION COSTS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS OF WEAK-STORY IRREGULARITY

Ramazan ÖZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Şenol GÜRSOY

September 2014, 83 pages

Architectural design and carrier system (structural system) arrangement (configuration) significantly are affect the earthquake behaviours of reinforced concrete buildings. Because earthquakes against reinforced concrete buildings can be provide easily to decisions in the architectural design process to the performance as safe and economical. This matter reveals the importance of the carrier system regulation and true design decisions at the architectural design stage.

The main purpose of this study, their impact on the seismic behaviour of reinforced concrete buildings of interstorey strength (weak storey) irregularity that often encountered after earthquakes occurred in our country and rough construction cost are to examine comparatively.

With this purpose, the carried out work consists of total six sections. In the first section, some general information about the weak floor irregularities are given and focused on some work done previously on this subject. In the second section, should provide the basic principles in the design of earthquake resistant structure and the considered some the architectural details are summarized. In the third section, the irregularity cases in the vertical direction give and some information relating to weak storey (strength) irregularity from these irregularities summarizes. In the fourth section, other design parameters and information relating to reinforced concrete building models which will be used in the numerical applications of this study are given. In the fifth section, structural analysis with the help of Sta4-Cad program of reinforced concrete building models considered in this study carried out. Also, in this section obtained findings and discussions made, too. In the sixth section, the main conclusions and recommendations issued from the whole of this study given and this last chapter is followed by the list of references.

The obtained results show that the seismic performance of reinforced concrete buildings of weak floor irregularity occurred with various reasons reduces and in spite of this the building rough construction cost increase. Also, it is seen that the effect of the material strength (particularly concrete) in the given equations relating to weak floor irregularity in the Turkey Earthquake regulations that in force to these days is negligible. This matter, it show that in the Turkey Earthquake regulations need to be replaced to equations by considering material resistances of proposed design equations for weak floor irregularity, too.

Key Word : Structural irregularities, weak storey irregularity, infill wall, STA4-Cad.

Science Code : 801.1.099

TEŞEKKÜR

Zayıf kat yapı düzensizliğinin betonarme binaların mimarı tasarımına, deprem davranışına ve kaba inşaat maliyetine etkilerinin incelenmesi konusundaki bu tez çalışmasını bana önererek; çalışma programının yoğunluğuna rağmen çalışmamı başlangıcından yazımına kadar sürekli takip edip, bana araştırma zevki ve bilimsel düşünce disiplini aşıl原因, tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım yönetici hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Şenol GÜRİSOY'a sonsuz şükran ve saygılarımı sunmayı zevkli bir görev sayarım.

Çalışmamıza “KBÜ-BAP-14/1-YL-022 Kod Nolu Proje” kapsamında çalışmamıza maddi destek sağlayan Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez jüri üyeliğini kabul eden Sayın Doç. Dr. Osman GENÇEL ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yüksel TURCAN'a zahmetlerinden dolayı minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Burada, öğrenimim boyunca bana emeği geçen hocalarımı saygı ile anarken, çalışmam süresince beni sabır ve şefkatle destekleyen tüm aile fertlerine, özellikle ömrünü bizim yetişmemiz için hasretmiş olan anne ve babama, müteşekkir olduğumu belirtir çalışmamın ülkemize yararlı olmasını gönülden dilerim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. KONUYLA İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR.....	2
1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI.....	7
BÖLÜM 2.	9
DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI.....	9
2.1. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMININ ÖNEMİ.....	10
2.2. DEPREM YÜKLERİNİN YAPILARA ETKİMESİ	13
2.3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA SAĞLANMASI GEREKEN BAŞLICA İLKELER	14
2.3.1. Taşıyıcı Sistemde Yeterli Rijitlik ve Dayanım.....	15
2.3.2. Yapının Planda Geometrisi.....	16
2.3.3. Taşıyıcı Sistemlerde Süreklilik.....	19
2.3.4. Süneklilik.....	21
2.4. DEPREME GÖRE TASARIMDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN SAKINCALI MİMARİ AYRINTILAR.....	23
2.4.1. Döşemeler ve Döşeme Boşlukları	23
2.4.2. Kolon-Kiriş Ek Yerleri	27
2.4.3. Bant Pencereleler	30

	<u>Sayfa</u>
2.4.4. Dolgu Duvarları	32
2.4.5. Merdivenler.....	33
2.4.6. Pencereleer	35
2.4.7. Asma Tavanlar.....	35
2.4.8. Dış Cephe Kaplamaları.....	35
BÖLÜM 3.	37
DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	37
3.1. ZAYIF KAT (DAYANIM) DÜZENSİZLİĞİ	39
3.1.1. Zayıf Katın Oluşum Nedenleri	40
3.1.2. TDY-2007'ye Göre Zayıf Kat Kriteri.....	41
3.2. YUMUŞAK KAT (RİJİTLİK) DÜZENSİZLİĞİ VE TDY-2007'YE GÖRE YUMUŞAK KAT KRİTERİ.....	43
BÖLÜM 4.	47
YAPILAN ÇALIŞMALAR	47
4.1. MODELLERİN SEÇİMİ VE SAYISAL UYGULAMALAR.....	47
BÖLÜM 5.	51
ELDE EDİLEN BULGULAR VE TARTIŞMA	51
BÖLÜM 6.	75
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Depremde yapı ve yapı temellerine etkiyen yükler.....	14
Şekil 2.2. Simetrik ve simetrik olmayan yapılar	17
Şekil 2.3. Deprem etkisiyle uyumsuz kütle hareketi gösteren yapıların derzler ile basit kütlelere ayrılması	18
Şekil 2.4. Sürekli olmayan kiriş sistemi	19
Şekil 2.5. Çerçeve sistemlerde sürekli olan kiriş ve kolonlar	20
Şekil 2.6. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon ve kuvvetli kolon-zayıf kirişli sistemler	20
Şekil 2.7. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon hasarlarından bazı görünümeler	21
Şekil 2.8. Sünek yapı davranışı	22
Şekil 2.9. TDY'e göre döşeme süreksizliği durumları.....	24
Şekil 2.10. Döşeme boşluğunun perde duvara bitişik olması durumu.....	25
Şekil 2.11. Uygun olmayan kiriş bağlantılarından bazı görünümeler	26
Şekil 2.12. Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki etriye sıklaştırması yetersizliğinden dolayı oluşan yapısal hasardan bir görünüm	28
Şekil 2.13. Etriye sıklaştırmasının yetersizliğinden görünümeler	29
Şekil 2.14. Tekniğine uygun olarak yapılamamış beton yerleşimi nedeniyle oluşan yapısal hasardan bir görünüm.....	30
Şekil 2.15. Bant pencere yapılış biçimlerinden bazı örnekler	31
Şekil 2.16. Bant pencereler nedeniyle kısa kolon kesme hasarlarından görünüm	31
Şekil 2.17. Kısa kolon nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünümeler.....	32
Şekil 2.18. Isı yalıtımı için yapılan iki yarım tuğla dolgu duvarların depremlerde oluşan hasarlarından bazı görünümeler	33
Şekil 2.19. Depremlerde merdivenlerde oluşan yapısal hasarlardan görünümeler	34
Şekil 2.20. Merdivenlerde oluşturulan yapısal hatalardan bir görünüm	34
Şekil 2.21. 2011 Van depreminde yıkılan Bayram Otelinin dış cephe kaplamalarından bir görünüm	36
Şekil 3.1. Katlar arası dayanım farkından (zayıf kattan) oluşan yapısal hasardan bir görünüm.....	39
Şekil 3.2. 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı'nda bir binada oluşan zayıf kat hasarından bir görünüm.....	40
Şekil 3.3. Hacim kazanmak amacıyla kesilip kaldırılmış bir kolon örneği.....	41

Şekil 3.4. Betonarme bir binanın zayıf kat (dayanım) düzensizliğinin kontrol şeması	42
Şekil 3.5. Yumuşak kat düzensizliği nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünüm	43
Şekil 3.6. Farklı binalarda yumuşak kat düzensizliği nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünüm	44
Şekil 3.7. Betonarme bir binanın yumuşak kat düzensizliğinin kontrol şeması	45
Şekil 4.1. Bu çalışmada dikkate alınan modelin 6 katlı görünüş (zemin kat + 5 normal kat) ve planından bir görünüm.....	49
Şekil 5.1. Model 1'in Z3 yerel zemin sınıfı için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.....	52
Şekil 5.2. Model 2'nin Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	53
Şekil 5.3. Model 3'ün Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	54
Şekil 5.4. Model 4'ün Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	55
Şekil 5.5. Model 5'in Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	56
Şekil 5.6. Model 6'nın Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	57
Şekil 5.7. Model 7'nin Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	58
Şekil 5.8. Model 8'in Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	59
Şekil 5.9. Model 9'un Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm	60
Şekil 5.10. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam demir (çelik) miktarlarının Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.....	62
Şekil 5.11. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam beton miktarlarının Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.....	63
Şekil 5.12. Z1 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri	65
Şekil 5.13. Z1 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri	66
Şekil 5.14. Z2 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri	67

Sayfa

Şekil 5.15. Z2 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri	68
Şekil 5.16. Z3 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri	69
Şekil 5.17. Z3 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri	70
Şekil 5.18. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam demir miktarlarının Z1 yerel zemin sınıfına göre değişimleri	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. TDY-2007'ye göre düşey doğrultuda düzensizlik durumları	38
Çizelge 4.1. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin proje parametreleri	50
Çizelge 4.2. TDY'de verilen yerel zemin sınıfları ve spektrum karakteristik periyotları (Gürsoy, 2013)	51
Çizelge 5.1. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin maksimum taban kesme kuvvetleri ve doğal titreşim periyotları	64
Çizelge 5.2. B1 komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliğinin kontrolü	71
Çizelge 5.3. B1 komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliğinin kontrolü..	73
Çizelge 5.4. Z1 yerel zemin sınıfı için zayıf kat düzensizliğinin oluşmaması için gerekli olan minimum beton sınıfları ve 1. doğal titreşim periyotları....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- A : Brüt kat alanı
- A_b : Döşeme boşluk alanlarının toplamı
- d_i : Her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme
- f_{ck} : Karakteristik beton basınç dayanımı
- f_{yk} : Minimum çelik akma dayanımı
- h_i : Türkiye deprem yönetmeliğine göre binanın i'inci katının kat yüksekliği
- R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (süneklik katsayısı)
- u : Yerdeğiştirme
- u_e : Elastik yerdeğiştirme
- u_{maks} : Maksimum yerdeğiştirme
- u_y : Akma anındaki yerdeğiştirme
- V_i : Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
- $(\Delta_i)_{ort}$: Türkiye deprem yönetmeliğine göre binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
- $\sum A_e$: Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı toplamı
- $\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde en kesit alanlarının toplamı
- $\sum A_k$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
- $\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı
- η_{ci} : Türkiye deprem yönetmeliğine göre i'inci katta tanımlanan zayıf kat düzensizliği katsayısı
- η_{ki} : Türkiye deprem yönetmeliğine göre i'inci katta tanımlanan yumuşak kat düzensizliği katsayısı
- θ_i : i'inci katta tanımlanan ikinci merteye gösterge değeri

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik
A ₀	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A2	: Döşeme süreksizlikleri düzensizliği
B1	: Komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliği
B2	: Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği
B3	: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği
C	: Beton sınıfı
CG	: Can güvenliği
EDYY	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi
GÖ	: Göçmenin önlenmesi
HK	: Hemen kullanım
I	: Bina önem katsayısı
S	: Çelik sınıfı
SAP 2000	: Structural Analysis Program (Yapı Analiz Programı)
T1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu (s)
TA , TB	: Spektrum karakteristik periyotları (s)
TDY	: Türkiye Deprem Yönetmeliği
TS 500	: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları “ <i>Türk Standartları Enstitüsü</i> ”
Z1	: Türkiye deprem yönetmeliğine göre 1. yerel zemin sınıfı
Z2	: Türkiye deprem yönetmeliğine göre 2. yerel zemin sınıfı
Z3	: Türkiye deprem yönetmeliğine göre 3. yerel zemin sınıfı
Z4	: Türkiye deprem yönetmeliğine göre 4. yerel zemin sınıfı
TS	: Türk Standardı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Türkiye’de ve dünyada artan nüfus yerleşim alanlarının genişlemesini ve/veya yeni yerleşim alanlarının inşa edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yeni yapılaşma özellikle doğal afetler karşısında can güvenliğini sağlayacak şekilde dayanıklı yapıların inşasını zorunlu kılmaktadır. Zira insanoğlu tarafından inşa edilen yapılar en büyük sınavlarını doğa olayları karşısında vermektedirler. Türkiye’de özellikle meydana gelen son depremler (1999 Kocaeli ve düzce depremleri, 2003 Pülümür (Tunceli) ve Bingöl depremleri ve 2011 Van depremi vb. gibi) sonucunda meydana gelen yapısal hasarlar ve can kayıpları inşa etmiş olduğumuz yapıların başarılarını ortaya koymaktadır.

Dünyanın aktif deprem kuşaklarının biri üzerinde bulunan Türkiye’de sık sık büyük depremler meydana gelmekte ve bu depremler sonucunda çok sayıda binanın hasar gördüğü ya da yıkıldığı bilinmektedir (Durmuş, 1997; Scawthorn ve Johnson, 2000; Adalier ve Aydingun, 2001; Sezen et al., 2003; Doğangün, 2004; Kaplan et al., 2004; Karaşin ve Karaesmen, 2005; Koçu ve Dereli, 2005; Arslan ve Korkmaz, 2007; Doğan et al., 2007; Kirac et al., 2011; Celep *et al.* 2011). Depremlerden sonra bu hasarların oluşma nedenleri detaylı olarak incelendiğinde, tekrarlanan yapısal düzensizliklerin mevcut olması ülke olarak maalesef hala deprem bilincimizin olgunlaşmadığı göstermektedir. Bu nedenle betonarme binaların tasarım aşamasından kullanıma açılmasına kadar geçen süreçte yetki ve sorumluluk kullanan kişilerin ortak bir bilinçle hareket etmesi, başta depremler olmak üzere, yaşanan bütün doğal afetler karşısında daha güvenli olmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada, ülkemizde de sıkça karşılaşılan komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışı ve kaba inşaat maliyeti üzerindeki etkileri, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde önerilen farklı yerel zemin sınıfları da dikkate alınarak, matris deplasman yöntemini kullanan Sta4-Cad (Sta4-

Cad, 2010) programı yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu amaçla, zayıf kat düzensizliği bulunan örnek betonarme bina modellerine, farklı kat yüksekliklerinin, beton sınıfı farklılığının ve tasarım sırasında göz ardı edilen dolgu duvarların varlığının ve/veya yerleşiminin deprem davranışına ve kaba inşaat maliyeti etkileri araştırılmaktadır. Çalışmanın sonunda analizlerden elde edilen bulgular karşılaştırmalı irdelenerek, betonarme binaların daha güvenilir ve ekonomik tasarımlarına ilişkin bazı sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

Bu çalışma esnasında teknik literatürde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda yapılan bazı çalışmalar incelenmiş ve bu tez çalışmasının olgunlaşım gelişmesinde kaynak olarak kullanılmışlardır. Bahsi geçen çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmektedir.

1.1. KONUYLA İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

Türkiye ve Türkiye gibi dünyanın aktif deprem kuşaklarında bulunan ülkelerde betonarme binaların çağdaş yönetmeliklerde öngörülen ekonomik olarak gerekli emniyete sahip olabilmeleri için deprem yüklerine göre de tasarlanmaları gerektiği açıktır. Fakat yapılan teknik literatür taramasında Türkiye’de betonarme binaların zayıf kat düzensizliği ve kaba inşaat maliyeti ile ilgili doğrudan bir teze rastlanmamıştır (Evcil, 2005; Işık, 2006; Altuntop, 2007; Kaplan, 2007; Yavuz, 2007; Özer, 2009; Çamyar, 2009; Aydın, 2009; Argüz Döker, 2010; Yedikardeş, 2010; Aydemir, 2011; Karasu, 2011; Toptaş, 2012; Gezmiş, 2012).

Betonarme binalarda oluşan yapısal düzensizliklerin bina deprem davranışlarına ve maliyetine ilişkin doğrudan ya da dolaylı olarak belirlemeye yönelik gerçekleştirilen bazı çalışmalardan aşağıda söz edilmektedir.

Ersoy vd. (1971) tarafından bir araştırma projesi kapsamında ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılan çalışmada, dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti değişik yükler altında dokuz adet betonarme dolgulu çerçeve model ile incelenmiştir. Deneyleerde, dolgulu çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğine birinci derecede etki edeceği düşünülen çerçeve açıklığının

yüksekliğine oranı, dolgunun kalınlığı, dolgu ile çerçeve arasındaki aderansın varlığı veya yokluğu ve çerçeveye etki eden yatay yükün düşey yüke oranı gibi değişkenler dikkate alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlardan, dolgunun yatay yük taşıma kapasitesini %700 arttırdığını buna karşın yatay deplasmanı %65 azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, sistemin elastik yatay rijitliğinin de %500 arttığı sonucuna varmışlardır.

Aşıkutlu vd. (2002) yaptıkları çalışmalarında, düzenli ve A2 düzensizliğine sahip bir yapının analizlerini 1997 Türkiye deprem yönetmeliğinde belirtilen eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerine göre SAP 2000 yapısal analiz programı yardımıyla yaparak elde edilen kesit tesirlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada kullanılan her iki yöntemden elde edilen sonuçların farklı olduğu ortaya koymuşlardır.

İrtem (2002), 1998 Türkiye deprem yönetmeliğine göre burulma düzensizliği koşulunu çok katlı kirişsiz döşemeli betonarme yapılarda eşdeğer deprem yükü ve dinamik analiz yöntemleriyle incelemiştir. Bu çalışma sonucunda burulma düzensizliğinin dinamik analizlerde daha olumsuz sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca burulma düzensizliğinin sağlanmadığı durumlarda yapıyı çevreleyen dış çerçevelerdeki kiriş yüksekliğinin, mimari fonksiyonlara da uygun olarak, arttırılmasının burulma düzensizliğinin sağlanmasında etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Doğangün ve Livaoğlu (2002) çalışmalarında, 6 ve 10 katlı çerçeve taşıyıcılı sisteme sahip yapılar ile 12 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sisteme sahip yapıları seçerek, söz konusu yapıları sonlu elemanlar yöntemiyle modelleyerek ve mod birleştirilmesi yöntemiyle de deprem hesabını yaparak elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda yumuşak kat düzensizliğinin nasıl giderilebileceği konusunda bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Aydın (2004), dikey doğrultuda kütle düzensizliği bulunan düzlemsel 5, 10 ve 20 katlı, kayma ve çerçeve binası olarak modellenen yapılarda Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin (EDYY) ve zaman alanında çözüm yöntemi ile belirlenen sonuçları

karşılaştırılmıştır. Zaman alanında çözüm için 75 adet gerçek ve 100 adet suni (yapay) deprem kaydını kullanmıştır. Analiz sonuçlarından, EDYY'nin yapı davranışlarını her zaman olduğundan fazla tahmin ettiği belirtilmiştir.

Kahraman ve Mısır (2004) yaptıkları çalışmalarında, imar affi ile yasallaşan yapıların tehlikeleri üzerinde durmak amacıyla seçilen yapıların mevcut durumdaki kesit tesirleriyle, kaçak olarak yapılan veya yerel yönetimlerce izin verilen ilave katların kesit tesirlerinde meydana getirdiği değişikliklerin karşılaştırılması yapmışlardır. Çalışmalarında, biri yaklaşık kare diğeri dikdörtgen planlı olmak üzere farklı plana sahip 4 katlı iki yapı (konut tipi) seçilmiş, söz konusu yapıların 1. derece deprem bölgesinde ve Z4 sınıfı zemin üzerinde olduğu varsayılarak deprem yükü hesabında da Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile ilave katların yapı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Karşılaştırmalar sonucunda, kare ve dikdörtgen planlı yapılarda dört kat için tasarlanmış elemanların teras kat ve ilave katları taşıyamadığını ve kat ağırlıkları arttıkça elemanlardaki kesit tesirleri dolayısıyla buna bağlı olarak gerekli donatı miktarlarının arttığını ifade etmişlerdir.

Akbulut (2005), çalışmasında, mimari tasarım kararlarının ve bir mimarın deprem güvenliği konusundaki sorumluluğu ve önemini vurgulayarak mimar adaylarının depreme dayanıklı yapı tasarımı eğitimi konusunda gerek geleneksel ders verme gerekse tasarım stüdyolarını kapsayacak bir eğitim yaklaşımı geliştirmeyi amaçlamıştır. Tasarım hataları nedeniyle yıkılan yapıları incelemiş, mimari tasarımın deprem güvenliğine etkisi ve mimarların konuya verdiği önemi Türkiye ve dünyada örneklerle incelemiş, diğer taraftan Türkiye'deki mimarlık fakültelerindeki eğitim programlarını inceleyerek farklı ülkelerdeki hem konu ile ilgili hem de tasarım stüdyoları ile ilgili eğitim yaklaşımlarını araştırmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı bilincini mimari tasarım sürecinde uyumu konusunda önerilerde bulunmuştur.

Ayyıldız ve Özbayraktar (2005) çalışmalarında, bina üretimi sürecinde tasarımcı ve uygulamacı olarak yer alan mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi ve elektrik mühendisi gibi farklı meslek grupları arasındaki koordinasyon, işbirliği ve iletişim sorunlarının proje tasarım ve uygulaması üzerindeki olumsuzluklarına vurgu

yapılarak üniversitelerdeki mimarlık lisans ve lisansüstü programlarında yer alan “*Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*” konusundaki dersler ve içeriklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, ders müfredatları içeriğinde yapılması gereken değişiklikler hakkında öneriler sunarak tasarım ve uygulamada meslek disiplinleri arasındaki çalışmanın önemine vurgu yapmışlardır.

Biniciksü vd., (2005) Türkiye’de meydana gelen depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, standartları sağlamayan malzeme kalitesinin ve işçilik hatalarının yapısal hasar üzerinde etkili olduğunu belirtmişler ve bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Kaplan vd. (2005) tarafından, mevcut yapıya ilave edilen güçlendirme perdelerinin yüksek bağ kirişleriyle bağlanması veya yapıda mevcut bulunan ancak yatay yükler altında yetersiz olan perde duvarların son kat seviyesinde rijit bağ kirişleriyle birbirine bağlanması ile yapının deprem güvenliğinin artırılabilceğini gösterilmiştir. Bu amaçla güçlendirilmesi düşünülen 5 katlı bir yapının ve 3 farklı güçlendirme seçeneğinin yapısal analiz programı SAP2000 yardımıyla statik itme analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir.

Korkmaz vd. (2005), çalışmalarında yumuşak kat düzensizliği ve dolgu duvarlarının betonarme yapıların deprem davranışına etkileri örnekler üzerinde statik itme analizi yaparak yapıların kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmelerini, görelî kat ötelemelerini, katlardaki maksimum plastik dönmeleri ve plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımlarını incelemişler ve bu sonuçlara göre yapıların deprem davranışındaki değişiklikleri yorumlamışlardır.

Öztürk vd. (2005), yaptıkları çalışmalarında 1998 Türkiye deprem yönetmeliği ve TS500 (2000)’e göre tasarladıkları 5 ve 10 katlı perde çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip betonarme binaların yapısal analizlerini C20, C25, C30, C40 ve C50 beton sınıflarına göre Probina Orion V13 programı yardımıyla yapmışlardır. Yapısal analizlerden elde edilen yatay deplasmanlarını, bina ağırlıklarını, taban kesme kuvvetlerini ve yapı periyot değişimlerini incelemişler ve kullandıkları beton sınıfları için elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır.

Bilgin ve Özmen (2006) çalışmalarında, olası bir deprem sonrası kamu yapılarında sıklıkla rastlanabilecek olumsuzluklardan olan düşük beton dayanımı ve etriye sıklaştırılmasının yetersiz oluşunun yapı davranışına etkisini incelemişlerdir. Bu incelemede, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 1. derece deprem bölgelerinde kullandığı 11276 nolu tip projesi olan iki bloklu bir hastane binası dikkate alınmıştır. Dikkate alınan bu tip projenin iki farklı beton sınıfı ve iki farklı etriye aralığı kombinasyonları göz önüne alınarak 2006 ABYYHY final versiyonuna eklenen “*Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi*” bölümünde yer alan doğrusal ötesi statik itme analizi ve performans dayalı yapı tasarımı yaklaşımı kullanılarak Sap2000 V8 bilgisayar programı yardımıyla performans değerlendirmesi yapılmış ve projelerin zayıf noktaları yorumlanmıştır.

Tezcan vd. (2007) çalışmalarında, zayıf kat düzensizliği nedeniyle yapılarda meydana gelen deprem hasar örneklerini incelemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliğinin zayıf kat düzensizliğine ilişkin önerdiği tasarım kriterlerinin yetersiz olduğunu 1999 Kocaeli depreminde hasar görmüş bina örnekleri üzerinde inceleme yaparak ortaya koymuşlardır. Zayıf ve yumuşak kat düzensizliğinin giderilebilmesi için bazı önerilerde bulunmuşlardır.

İnel vd. (2008) ülkemizdeki yapı stokunun büyük bir bölümünü oluşturan betonarme binaların deprem performanslarını değerlendirmek için 4 ve 7 katlı 14 adet binanın statik itme analiziyle kapasite eğrisini ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yoluyla da deprem istemlerini “*Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli Sistem*” yaklaşımı kullanarak ve SAP2000 V8 programı yardımıyla hesaplamışlardır. Ayrıca, 2007 Türkiye deprem yönetmeliğinde binaların deprem güvenliği ve hasar durumlarına göre; Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) ve Göçme durumları için elde edilen sonuçları değerlendirmişler ve karşılaşılan olumsuzluklar için bir takım önerilerde bulunmuşlardır.

Karasu vd. (2011) çalışmalarında, yumuşak kat düzensizliği doğrultusunda, ilk katı yükseltilmiş betonarme bir bina ele alarak, dolgu duvarların söz konusu yapıların performansına olan etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla binaları, dolgu duvarsız, iki

ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm katları dolgu duvarlı olarak tasarlamışlardır. Ayrıca dolgu duvarlarını eşdeğer diyagonal basınç çubuğu olarak modellemişlerdir. Dolgu duvarlarının özelliklerini, yapımında kullanılan malzemelerin mekanik ve geometrik özelliklerine bağlı olarak belirlemişlerdir. Diğer taraftan yapıların, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğinde* yer alan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans analizlerini yapmışlar ve elde edilen performans sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda dolgu duvarların bina performansını önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir.

İnan ve Korkmaz (2012) yaptıkları çalışmalarında, mimari tasarım sırasında düşey doğrultudaki düzensizlik oluşturan tasarım kararlarının yapının deprem performansına etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla ağır çıkmalı ve çıkmasız betonarme bir binanın analizini yaparak elde edilen yumuşak kat düzensizliği katsayılarını karşılaştırmışlar ve teknik literatürde sunulan çözüm önerilerini 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliği çerçevesinde irdelemişlerdir.

İnan vd. (2014) çalışmalarında, binaların deprem davranışı üzerinde önemli etkisi olan plandaki yapısal düzensizlikleri 2007 Türkiye deprem yönetmeliğine göre ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Bu amaçla seçtikleri betonarme yapısal sistemleri 6 ana ve 144 alt parametrik modellerde gruplandırmışlardır. Diğer taraftan bütün modelleri hem simetrik plan geometrisi hem de düzenli rijitlik dağılımı ile tasarlamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, yapısal düzensizliklerin plan geometrisi ve rijitlik dağılımı bakımından tamamen simetrik binalarda da ortaya çıkabileceğini göstermişlerdir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmanın temel amacı deprem bölgelerinde inşa edilecek betonarme binaların yürürlükteki Türkiye Deprem Yönetmeliğine (TDY-2007) göre zayıf kat düzensizliğinin (B1), söz konusu yönetmelikte önerilen yerel zemin sınıflarını da dikkate alarak, deprem performansları ve kaba inşaat maliyetleri üzerindeki etkileri incelemektir. Bu amaçla bu çalışmada önce depremler sırasında betonarme binalarda

oluşan zayıf kat düzensizliği üzerinde durulmaktadır. Daha sonra bu tez kapsamında dikkate alınan modellerin deprem performansları ve kaba inşaat maliyetleri matris deplasman yöntemini kullanan Sta4-Cad programı yardımıyla birbirleriyle karşılaştırılmaktadır.

Bu çalışma altı asıl bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birinci bölüm “Giriş” olup bu bölümde genel bilgiler verilmekte ve bu konuda teknik literatürde daha önce yapılan bazı çalışmalar üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde depreme dayanıklı yapı tasarımına ilişkin bazı bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde düşey doğrultuda düzensizlik durumlarından bahsedilmekte ve B1-zayıf kat (dayanım) düzensizliği ilişkin bazı bilgiler verilmektedir. Dördüncü bölümde yapısal çözümlerinde kullanılacak olan, örnek olarak seçilen, betonarme bina modellerinin özellikleri tanıtılmakta ve yapısal çözümlerinde kullanılacak parametreler verilmektedir.

Bu çalışmanın beşinci bölümünde ise bu tez kapsamında örnek olarak seçilen modellerin Sta4-Cad paket programı yardımıyla gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen bulgular birbirleriyle karşılaştırılarak irdelenmektedir.

Çalışmanın bütününden çıkartılan bazı sonuç ve öneriler altıncı bölümde özetlenmekte ve bu son bölümü kaynaklar dizini izlemektedir.

BÖLÜM 2

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

İnsanoğlunun geçmişten günümüze ve gelecekte de karşılaşacağı en büyük doğal afetlerden biri olan deprem gerçeğinin, aktif deprem kuşağında bulunan ülkeler gibi, Türkiye için de büyük bir tehlike olduğu aşikârdır. Günümüzde gelişen yapı teknolojisi ve oluşan geçmiş depremlerden edinilen tecrübeler ışığında depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Ambrose ve Vergun, 1985; Dowrick, 1987; Bayülke, 1998; Celep, 2004; Doğangün, 2005; Canbay, vd., 2008).

Depreme dayanıklı yapı tasarımının yapılabilmesi için öncelikle deprem ve etkilerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Depremi yapıya ve yapı zeminine etkileri iyi anlaşılmalı ki bu etkiler sonucunda yapının maruz kalacağı kuvvetler yapı tasarımında doğru olarak dikkate alınabilsin. Diğer bir ifadeyle depreme dayanıklı yapı tasarımında depremden gelen kuvvetlerin doğru anlaşılması, güvenli bir yapı tasarımı yapmamıza imkan sağlamaktadır. Bu nedenle bu bölümde ilk olarak depremin oluşumu ve yapılar üzerindeki etkileri kısaca anlatılacaktır.

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak boşalan enerji sonucu ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına *deprem* adı verilmektedir.

Yer kabuğu sıcak ve akıcı olan magmanın üzerinde yüzmekte ve magma içindeki ısı akımları yer kabuğunu harekete zorlamaktadır. Bu hareket sonucu yer kabuğunun maruz kaldığı yükler, kabuk parçaları ara yüzeylerinde (fay bölgelerinde) sürtünmeyi yenecek düzeye ulaşınca kabuk parçaları ani olarak hareket etmekte (kırılmakta) ve ortaya çıkan hareketin ivme dalgaları deprem yer hareketini ve atalet kuvvetlerini oluşturmaktadır (Bayülke, 2012). Bu tür depremlere tektonik depremler adı

verilmektedir. Diğer bir deprem türü olan volkanik depremler ise yer kabuğunun derinliklerinde ergimiş halde bulunan magmanın yeryüzüne çıkışı sırasında oluşan patlamalarda meydana gelen yer sarsıntılarıdır (Celep, 2004). Diğer bir tip deprem türü ise çöküntü depremleridir. Bunlar yer altındaki büyük mağara ve maden ocakları tavanlarının farklı sebeplerden dolayı çökmesi sonucu oluşmaktadır. Bu tür depremlerin etki alanları diğer depremler türlerine göre daha dardır. Bunların yanında odağı deniz dibinde olan depremlerden sonra oluşan “*Tsunami*” adı verilen dev dalgalar bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının kendi öz ağırlığı ve kullanım yükleri belirlenebildiğinden taşıyıcı sistemler bu yüklere göre tasarlanabilmektedir. Ancak deprem yükleri adı geçen diğer yükler gibi kesin olarak belirlenemediğinden, bu yükler geçmişten günümüze kadar oluşan depremlerin büyüklüğü ve oluşum sıklığı ve ölçümlerden elde edilen verilerle istatistiksel olarak tahmin edilebilmektedir. Günümüz gelişen yapı teknolojisi ve oluşturulmuş istatistiksel veriler ile yapı ve zemin bilgileri de birlikte değerlendirilerek oluşabilecek depremlerde can güvenliğini sağlayacak tasarımlar yapmak mümkün olmaktadır. Ancak hiçbir yapı için %100 güvenlidir tanımlaması yapılamamaktadır. Zira yapılar istatistiksel verilerden elde edilen deprem etkilerine karşı koyabilecek düzeyde olup daha büyük deprem etkileri karşısında yetersiz kalabileceklerdir.

2.1. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMININ ÖNEMİ

Burada depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi, deprem yüklerinin yapılara etkimesi ve depreme dayanıklı yapı tasarımında uyulması gereken başlıca mimari tasarım ilkeleri özetlenerek sakıncalı mimari tasarım uygulamalardan bahsedilecektir. Diğer taraftan, bugün yürürlükte bulunan Türkiye deprem yönetmeliğine göre yapısal düzensizliklere neden olan durumlar ve alınabilecek önlemler anlatılacaktır.

Yönetmeliklerdeki minimum koşullar belirlenirken yapıların hem olası depremlere karşı koyabilmesi hem de ekonomik olması hedeflenmektedir. Deprem etkilerine karşı koyma prensibi olarak bugün yürürlükte bulunan deprem yönetmeliğinde

depremler; hafif, orta ve şiddetli olmak üzere üç grupta toplanmakta ve yapıların bu depremler karşısında farklı davranış sınırları içinde kalması istenmektedir.

Burada yönetmelik ve standartların, resmi makamlarca oluşturulan teknolojik gelişmelere ve günün şartlarına uygun olarak emniyetli yapı tasarımı ve inşasında uyulması gereken minimum koşulları belirleyen yasal dokümanlar olduğunu belirtmek uygun olacaktır.

Bir binanın taşıyıcı sistemini oluşturan yapısal elemanlarında, öz ağırlığı ve çeşitli nedenler ile oluşan yükleri temel zeminine kadar emniyetli ve sürekli bir biçimde aktarılmasını sağlayacak, yeterli rijitlik, yeterli kararlılık ve yeterli dayanım bulunması gerekmektedir (TDY, 2007). Bu nedenle, binaları oluşturacak taşıyıcı sistemlerin seçimi ve tasarımı oldukça önemlidir.

Binalar mimari ve taşıyıcı sistem (strüktür) tasarımı olmak üzere başlıca iki aşamadan oluşmaktadır. Bir binanın tasarımı aşamasında mimar ve inşaat mühendislerinin tam bir işbirliği içinde olması hem daha emniyetli hem de daha ekonomik tasarımın oluşmasını sağlayacaktır. Zira inşaat mühendisleri, binaların taşıyıcı sistemini oluştururken mimari tasarımlara sadık kalarak ve yönetmeliklerin de minimum koşullarını sağlamak zorundadır. Diğer taraftan yönetmeliklere aykırı yapı tasarımları; tasarım sürecini uzatmakta, emniyetli bir taşıyıcı sistemin oluşturulmasını zorlaştırmakta ve ekonomik olmayan tasarımları ortaya çıkarmaktadır.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı yapıları tasarlayan mimarların da asgari olarak yönetmelik hüküm ve önerilerini bilmesi gerekliliği açıktır. Durum böyle olunca mimarların, deprem gerçeğine dolayısıyla bu gün yürürlükte bulunan deprem yönetmeliği hükümleri çerçevesinde tasarım yapması gerekmektedir.

Türkiye’de en son yayınlanan 15/05/1959 tarihli ve 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanununun 3 üncü maddesinin birinci fıkrasına dayanılarak hazırlanan 6 Mart 2007 tarihli 26454 sayılı resmi gazetede yayınlanan “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak*

Binalar Hakkındaki Yönetmelik’ çerçevesinde esaslar belirlenmiş ve bu yönetmeliğin yürütülmesi yetkisi eski adı Bayındırlık ve İskan Bakanlığına şimdiki adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığına verilmiştir.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (TDY’de) bina taşıyıcı sistemlerine ilişkin genel ilkeler aşağıdaki maddelerde özetlenmektedir (TDY-2007). Buna göre;

- madde 2.2.1.1’de; bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.
- madde 2.2.1.2’de; döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.
- madde 2.2.1.3’de; binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, bu yönetmelikte belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.
- madde 2.2.1.4’de; bu yönetmelikte tanımlanan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve A1-yapısal burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle herhangi bir katta B1-zayıf kat ve B2-yumuşak kat oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.
- madde 2.2.1.5’de ise; bu yönetmelikte tanımlanan C ve D zemin gruplarına oturan kolon ve özellikle perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile göz önüne alınmalıdır.

şeklindeki ifadelerin yer aldığı görülmektedir.

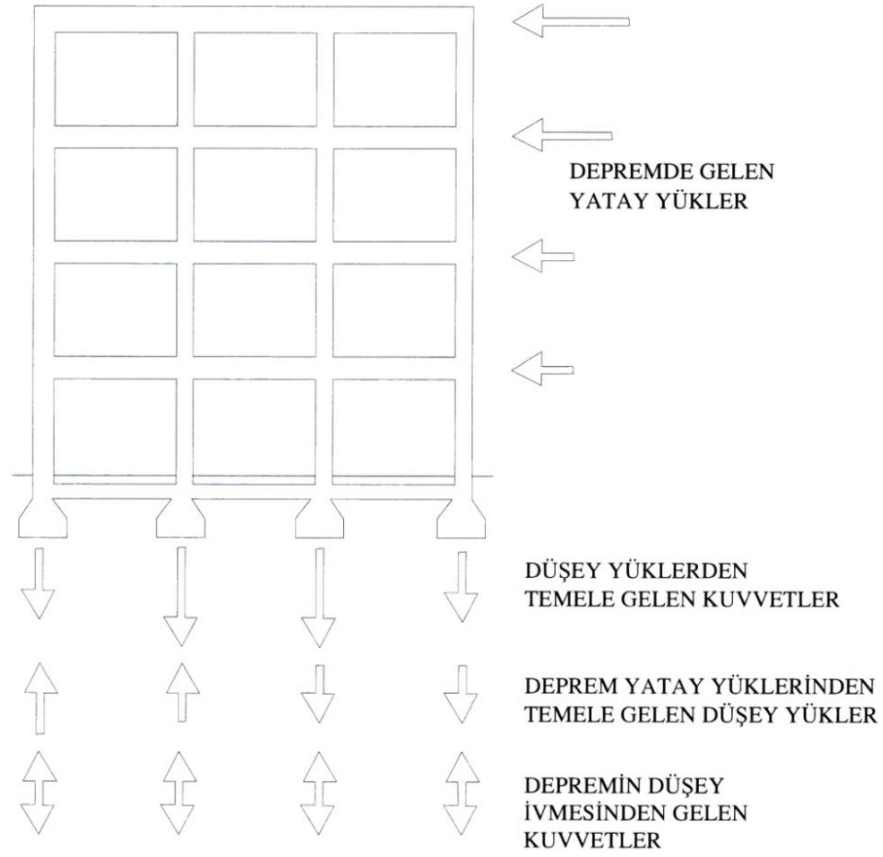
Bu çalışmada, bu gün yürürlükte bulunan TDY-2007’de tanımlanan düşey doğrultudaki düzensizliklerden birisi olan B1-komşu katlar arası dayanım (zayıf kat)

düzensizliğinin örnek olarak seçilen betonarme bina modelleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

2.2. DEPREM YÜKLERİNİN YAPILARA ETKİMESİ

Deprem dalgalarının özellikleri (atalet kuvveti, şekildeğiştirmesinin genliği, frekansı vb. gibi) geçtiği zemin ortamın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Zeminlerde değiştirdikleri bu özellikleri üstünde bulunan yapıya aktarmaktadırlar. Bununla beraber deprem dalgalarının etkisiyle zemin bir yana giderken söz konusu zeminin üstündeki yapıda ters yönde atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Bu durum ileri doğru harekete geçen bir araç içindeki yolcuların geriye doğru itilmesi olayına benzetilebilir.

Bir deprem sırasında yapılar düşey (kendi özağırlıkları, servis yükleri vb. gibi) yüklerle birlikte deprem yükü ile de karşı karşıya kalmaktadırlar. Diğer taraftan yer hareketinden doğan deprem yükleri (ivmesi) yapılara hem yatay hem de düşey yönde etkimektedir. Örneğin 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı'nda ölçülen yatay ivme değeri $0,41 \text{ m/s}^2$, düşey ivme değeri ise $0,26 \text{ m/s}^2$ 'dir. Ayrıca depremlerde yapılara etkiyen yatay yükler + ve - yönlerde ilave düşey yükler oluşturmaktadır. Yapı düşey yüklerine ek olarak etkiyen bu ilave düşey deprem yükleri (+ ve -) yapının bir tarafında düşey yükleri arttırırken diğer tarafında düşey yükleri azaltmaktadır (bkz. Şekil 2.1). Bu durum yapıda karmaşık kesit etkilerinin oluşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 2.1. Depremde yapı ve yapı temellerine etkiyen yükler (Bayülke, 2012).

Burada depremler sırasında yapı, yapı temeli ve zemine etkiyen bu yüklerin etkime süresinin çok kısa bir zaman dilimi (0 ~ 60s) olduğunu belirtmek uygun olacaktır.

2.3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA SAĞLANMASI GEREKEN BAŞLICA İLKELER

Bir yapıya etkiyen deprem yükleri yapının hizmet ömrü boyunca maruz kalacağı diğer yüklerle (sabit yük, hareketli yük, sıcaklık etkisi vb. gibi) karşılaştırıldığında daha seyrek (az / nadir) olmaktadır. Hatta birçok yapı herhangi bir depreme maruz kalmadan hizmet ömrünü tamamlamaktadır. Durum böyle olunca yapıların öngörülen büyüklükteki bir depremi hiç hasarsız ve/veya elastik davranış sınırları içinde kalacak şekilde tasarlamak ekonomik olmayan bir tasarım yaklaşımı olduğu ortadadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada olduğu gibi bugün yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Yönetmeliğinde de temel felsefe;

- Sık oluşan küçük depremlerde yapıların elastik sınırlar içinde kalması diğer bir ifadeyle hiç hasar görmemesi,
- Orta büyüklükteki depremlerde yapıların elastik sınırların ötesinde ancak taşıyıcı elemanlarında önemli hasarların olmaması,
- Çok seyrek (nadir) oluşan büyük depremlerde ise, yapıların ağır hasar görmeleri ancak enkaz haline gelerek can ve mal kaybına neden olmamaları diğer bir ifadeyle büyük hasar gören taşıyıcı sistemin tamamen göçmeden can kaybını önlemesi,

ilkeleri kabul edilmiş bulunmaktadır. Bu tasarım felsefesi, daha sonraki bölümlerde de bahsedileceği üzere yapının *süneklik* özelliği ile sağlanmaktadır.

Mimari tasarım sürecinde doğru taşıyıcı sistem düzenlemesi yapıların depremlere karşı emniyetinin sağlanması bakımından yapısal çözümlerden (analizlerden) çok daha önemli olmaktadır. Zira doğru olmayan (hatalı) taşıyıcı sistem düzenlemesini yapısal çözümler ya da yapım aşamasında alınabilecek önlemler ile maalesef düzeltmek mümkün olmamaktadır. Buna karşın iyi tasarlanarak doğru bir şekilde düzenlenen taşıyıcı sistemler hem emniyetli hem de ekonomik olmaktadır. Bu nedenle emniyetli ve ekonomik bir yapı tasarımı için dikkat alınması gereken hususların bazıları aşağıda verilmektedir.

2.3.1. Taşıyıcı Sistemde Yeterli Rijitlik ve Dayanım

Yeterli dayanımdan amaç, diğer yüklerle beraber özellikle deprem yüklerinden gelen kesit etkilerinin kesitin taşıma gücünü aşmayacak biçimde karşılamalarını sağlamaktır.

Yapı için yeterli rijitlikten amaç ise, oluşabilecek ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek ve sıklıkla oluşan hafif şiddetteki depremlerde yapısal olmayan elemanlarda hasarların oluşmasını önlemektir. Rijitlikte bir yapının

genel geometrisinden ziyade düşey taşıyıcı elemanların konumu ve her iki doğrultudaki kesit boyutları önemli olmaktadır. Diğer taraftan rijitliklerinin hesabında düşey taşıyıcı elemanların malzeme özellikleri (elastisite modülü), söz konusu elemanın en kesit boyutları ve mesnetlenme biçimleri etkili olmaktadır.

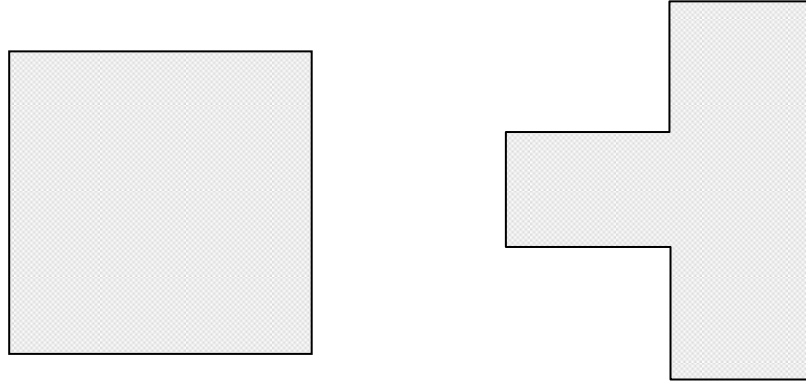
Burada bu hususlar TDY’de madde 2.2.1.1’de “*bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır*” şeklinde ifade edildiğini belirtmek uygun olacaktır.

2.3.2. Yapının Planda Geometrisi

Mimari tasarım aşamasında yapılar simetrik ve basit tasarlanırsa hem deprem etkileri karşısındaki davranışları daha iyi tahmin edilebilir hem de yapım aşamasında hata yapma riski azalır. Diğer bir ifadeyle yapı ne kadar basit ise depremlere dayanıklılığı da o derece fazla olmaktadır.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı yapıların planda belli bir simetriye sahip olmaları beklenmektedir. Böylece yapıların deprem sırasındaki davranışları yapısal çözümlemede daha yakın olarak öngörülmekte dolayısıyla da yapılar daha emniyetli bir şekilde depremlere karşı dayanıklı olarak tasarlanmaktadır.

Planda belli bir simetriye sahip olmayan yapılarda, deprem etkileri karşısında yapı kısımlarının farklı davranışlar göstermesi nedeniyle farklı gerilmeler, gerilme yığılmaları hatta yapısal burulma ortaya çıkabilmektedir (bkz. Şekil 2.2). Ancak uygulamada yapıların taşıyıcı sistem davranışlarını, kütle ve rijitlik merkezlerini etkileyen asansör ve merdiven boşlukları gibi unsurlar aynı zamanda yapıların deprem davranışlarını da doğrudan etkilemektedirler.



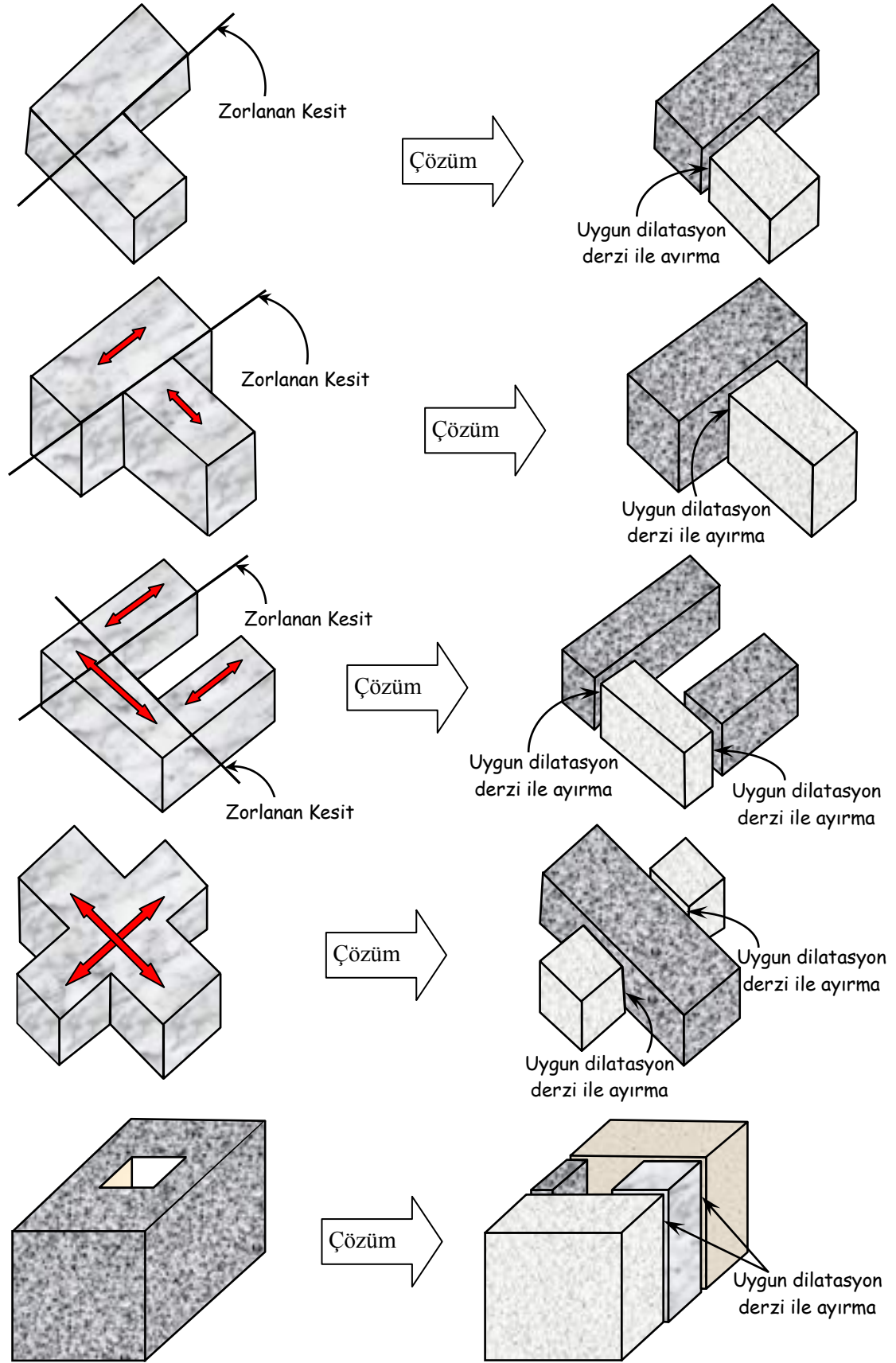
a) Simetrik yapı

b) Simetrik olmayan yapı

Şekil 2.2. Simetrik ve simetrik olmayan yapılar.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi simetrik yapılar gelecek deprem kuvvetlerine her iki doğrultusunda da birbirine yakın dayanım göstereceğinden davranışları yaklaşık olarak aynı olacaktır. Buna karşın simetrik olmayan yapılarda, yapının göstereceği farklı davranışlar nedeniyle bazı bölgelerinde daha fazla zorlanmalar hatta yapıda burulma olacaktır. Diğer taraftan gerek mimari zorunluluklar gerekse de mal sahibi isteklerinden dolayı bazen yapının bir doğrultusunun kısa diğer doğrultusunun ise uzun olarak tasarlanması gerekebilmektedir. Böyle durumlarda binanın derzlerle basit parçalara ayrılması sağlanarak her bir bölümün depremler sırasında farklı çalışması sağlanabilmektedir (bkz. Şekil 2.3).

TDY’ye göre bırakılacak minimum derz boşluğunun, 6 m yüksekliğe kadar en az 3 cm olacağı ve 6 m’den sonraki her 3 m’lik yükseklik için bu değere en az 1 cm ekleneceği, ayrıca bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenleneceği belirtilmiştir (TDY, 2007).

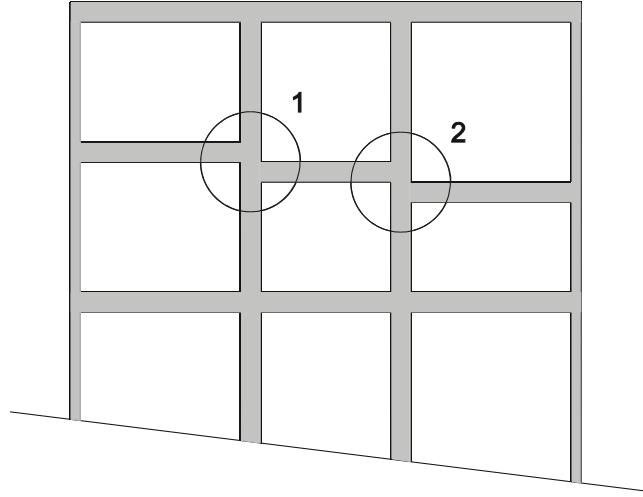


Şekil 2.3. Deprem etkisiyle uyumsuz kütle hareketi gösteren yapıların derzler ile basit kütlelere ayrılması.

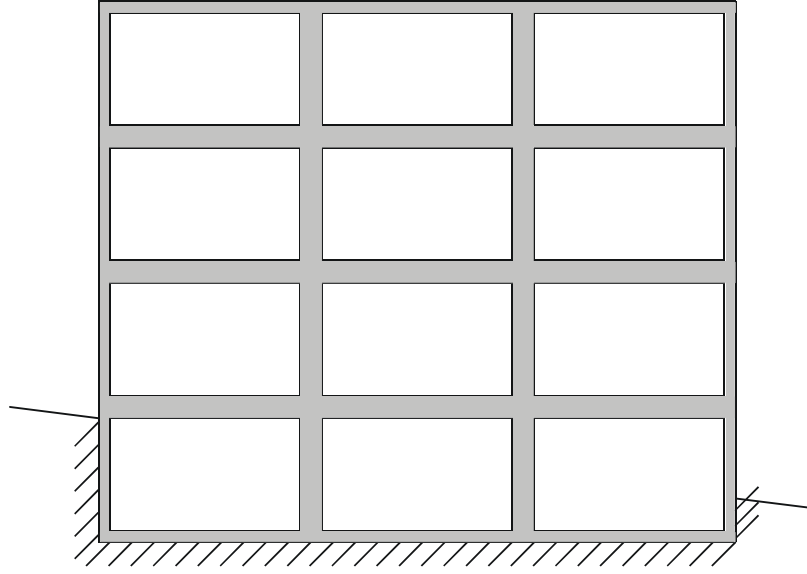
Depreme dayanıklı yapı tasarımı için planda olduğu gibi düşey doğrultuda da binaların belirli bir düzen içinde olmaları gerekmektedir.

2.3.3. Taşıyıcı Sistemlerde Süreklilik

Yapıların taşıyıcı sistem yapısal elemanlarının hem planda hem de düşey doğrultuda bulunan düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi deprem davranışları olumlu yönde etkimektedir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün olarak dağıtılması yapıda belirli bölgelerin aşırı zorlanmasını önlemektedir. Mümkün olduğunca tüm düşey taşıyıcı elemanların yapının zemininden çatısına (en üst seviyesine) kadar sürekliliği sağlanmalıdır. Ayrıca planda da tüm kirişler, düğüm noktalarında zorlanma olmaması için, sürekli olmalıdır. Şekil 2.4'de gösterildiği gibi 1 ve 2 nolu düğüm noktaları düzenlenmesinden kaçınılmalıdır. Diğer taraftan çerçeve sistemlerde kiriş ve kolonlar sürekli bir şekilde düzenlenmesine özen gösterilmelidir (Şekil 2.5).

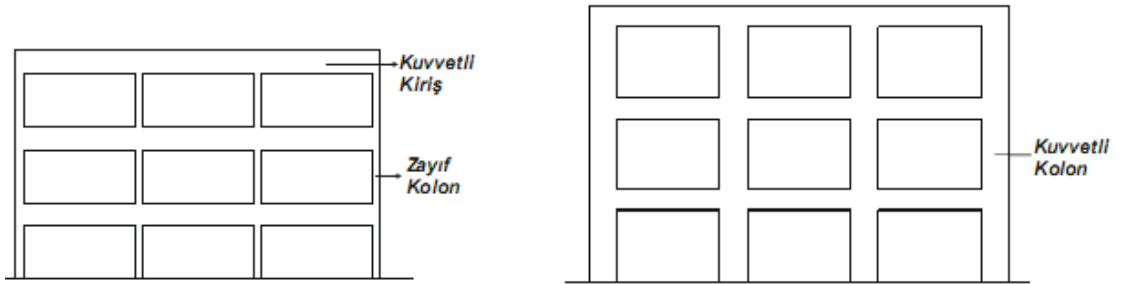


Şekil 2.4. Sürekli olmayan kiriş sistemi (Tuna, 2000).



Şekil 2.5. Çerçeve sistemlerde sürekli olan kiriş ve kolonlar (Tuna, 2000).

Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli olan diğer bir hususta, kuvvetli kolon zayıf kiriş felsefesi ile plastik mafsalların önce kirişlerde oluşması dolayısıyla da kırılma mekanizmasının kirişlerde oluşması sağlanmalıdır (Şekil 2.6). Zira meydana gelen son depremlerde kırılma mekanizmasının kolonlarda oluşmasıyla maalesef bir çok betonarme binada yıkılmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.6. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon ve kuvvetli kolon-zayıf kirişli sistemler (Tuna, 2000).

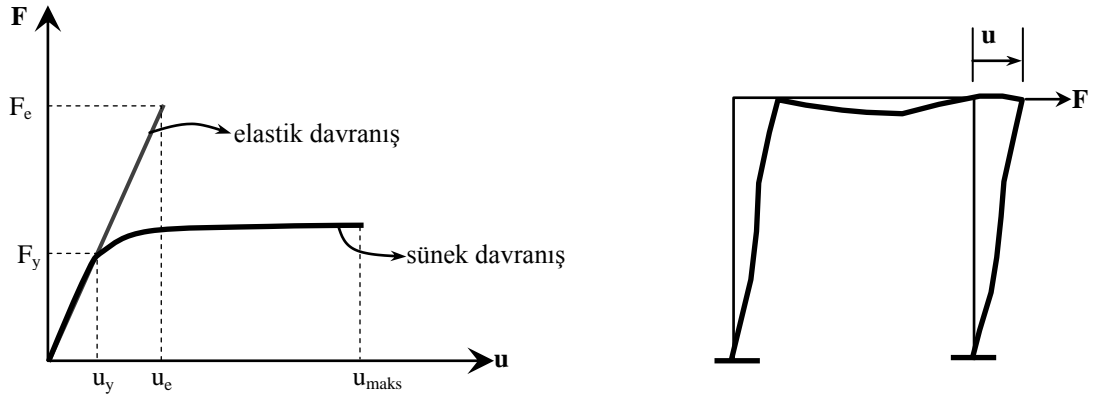


Şekil 2.7. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon hasarlarından bazı görünüm (Arslan ve Korkmaz, 2007).

Tasarımda sürekliliğe dikkat edilmesinin yanı sıra yapının imalatı sırasında taşıyıcı sistem elemanlarının özellikle birleşim bölgelerinde sürekliliği bozacak hatalara dikkat edilmelidir. Ayrıca taşıyıcı sistem yapısal elemanlarının sürekliliği sayesinde söz konusu yapısal elemanlar birbirleriyle yük paylaşarak daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olurlar.

2.3.4. Süneklik

Süneklik; bir yapının, yapı elemanının veya bir kesitin, yük taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük şekildeğiştirme yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle süneklik; yapısal elemanın deprem nedeniyle oluşan tekrarlanan tersinir yükler altında elastik olmayan şekildeğiştirmelerle enerji tüketebilme kapasitesi olarak tanımlanabilmektedir. Özetle, betonarme yapısal elemanın plastik enerji tüketme gücü olarak da tanımlanabilir. Bu şekilde tanımlanabilen sünekliğin ölçüsü “süneklik katsayısı”dır. Bu katsayı maksimum şekildeğiştirmenin akma anındaki şekildeğiştirmeye oranı olarak ifade edilebilir. Yapının tümü için ise maksimum yerdeğiştirmenin akma anındaki yerdeğiştirmeye oranı süneklik katsayısı olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Sünek yapı davranışı.

Bir yapıdan beklenen davranış deprem sırasındaki enerjinin yapısal elemanlarda oluşan plastik mafsallar sayesinde sönümlemesidir. Yani depremlerde yapısal elemanlar hasar görecektir ve bu sayede enerji tüketebileceklerdir. Ancak enerji tüketimini sağlayacak hasar ise belirli seviyelerde kalmalı ve enerji tüketim sürecinde yapıda göçme olmamalıdır.

Yapı mühendisliğinde sünek davranış hem emniyetli hem de ekonomik bir tasarım için oldukça önemlidir. Zira malzeme (teoride) tam kapasitesi ile kullanılarak ekonomik bir tasarım yapılmış olmaktadır. Betonarme yapılarda ya da yapı elemanlarında sünekliğin sağlanması için aşağıda özetlenen bazı temel hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunları;

- *Donatı oranının sınırlandırılması*; kesite sünek olan donatı koyarak ve donatı miktarını sınırlandırarak, betonun basınç altında kırılmasından önce, donatının akma dayanımına ulaşması sağlanarak süneklik elde edilmesi,
- *Etriye ya da enine spiral donatı kullanılması*; özellikle kolonlarda etriyeler veya enine spiral donatılarla sınırlı bir süneklik elde edilmesi,
- *Kuvvetli kolon-zayıf kiriş teşkili*; kolon-kiriş birleşim bölgelerinde sünekliğin kuvvetli kolon-zayıf kirişlerle sağlanmalıdır. Diğer bir ifadeyle kolonların dayanımını kaybetmemesiyle yapının elastik sınırlar içinde göçmemesinin sağlanması,

- *Kolon-kiriş bağlantı noktalarında oldukça sık etriye kullanılması; kiriş ve kolonlarda etriye sıklaştırılması yapılarak yapısal elemanın hem dayanımının hem de sünekliğinin artırılması,*
 - *Yeterli aderans ve yeterli kenetlenme yapılması; moment etkisinde bulunan kiriş, döşeme, temel gibi yapısal elemanlarda sünekliği azaltan faktörler aderans zayıflaması ve kesme kuvveti etkisidir. Bunlardan aderansın sağlanması, yeterli kenetleme boyu ve kenetleme boyunca etriye sıklaştırılması ve kesme kırılmasının önlenmesi ise, kesme kuvvetinin maksimum olduğu bölgelerde yeterli etriye bulundurarak sağlanması,*
- şeklinde sıralamak mümkündür.

TDY'e göre, depreme dayanıklı yapı tasarımı için sünekliğin sağlanması dayanımının sağlanması kadar zorunlu bir koşuldur. Bunun nedeni ise yeterli sünekliğin sağlanacağı varsayımıyla deprem yüklerinin süneklik katsayısı (deprem yükü azaltma katsayısı) ile önemli ölçüde azaltılmış olmasıdır. Buna karşılık deprem etkisi altında gevrek davranış ise kaçınılması gereken bir özelliktir. Çünkü taşıyıcı sistemde ani göçmelere neden olmaktadır. Bu bakımdan, betonarme kesitlerin özellikle yeterli kesme dayanımına sahip olmaları yaşamsal önem arz etmektedir.

2.4. DEPREME GÖRE TASARIMDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN SAKINCALI MİMARİ AYRINTILAR

Mimari tasarım aşamasında yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalar yapıyı önemli ölçüde tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle aşağıda tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken bazı ayrıntılar özetlenecektir.

2.4.1. Döşemeler ve Döşeme Boşlukları

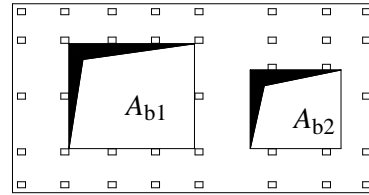
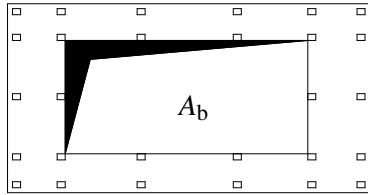
Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılamakta ve bunları da kirişler vasıtasıyla kolon ve perde duvarlara aktarmaktadırlar. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yükler etkisi altında kalmakta ve yük aktarmaları da diyafram davranışı olmaktadır (Terzi ve Elçi, 2006).

Döşeme boşluğu olan yapılarda boşluk oranının büyüklüğü ve boşluğun kat planındaki yeri oldukça önemlidir.

TDY’de döşemelerle ilgili olarak, “Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.” denilmektedir (TDY-2007). Ayrıca bu yönetmelikte, döşeme süreksizliğinden kaynaklanan A2 düzensizliği;

Herhangi bir kattaki döşemede (bkz. Şekil 2.9);

- I. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu,
 - II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
 - III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,
- şeklinde tanımlanmaktadır (TDY-2007).



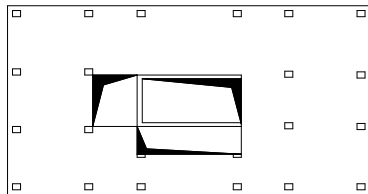
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

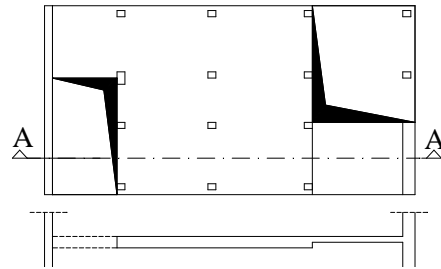
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II



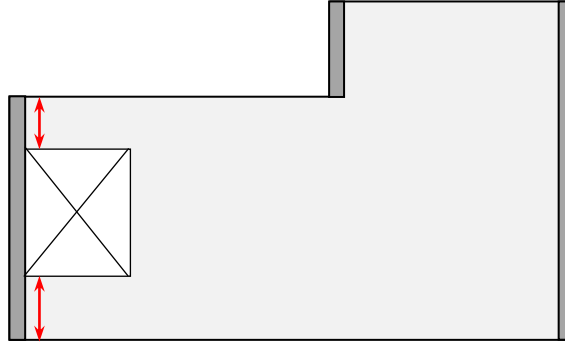
Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 2.9. TDY’ye göre döşeme süreksizliği durumları.

Döşeme süreksizliklerinin büyüklüğü ve kat içindeki yerlerinin yapı taşıyıcı elemanlarının kesit tesirlerini orantısız bir biçimde değiştirdiği görülmüştür. Diğer taraftan bu tür düzensiz yapıların çözümünde seçilecek hesap yöntemi de önemli olmaktadır. Burulma etkilerini azalttığı için, taşıyıcı sistemi perdeli veya perde+çerçeve olan yapılar tercih edilmelidir (Terzi ve Elçi, 2006).

Şekil 2.10’da gösterildiği gibi döşeme boşlukları perde duvar kenarlarına yakın olduğu durumlarda döşemeden kuvvet aktarımı küçük bir uzunlukta oluşmaktadır. Bu durumda perdenin yatay yük taşıma kapasitesi önemli derecede azalmaktadır. Diğer taraftan döşeme boşlukları boyunca kirişleri devam ettirmek de yapının davranışları bakımından oldukça önemli olmaktadır.



Şekil 2.10. Döşeme boşluğunun perde duvara bitişik olması durumu.

Uygulamada en çok karşılaşılan tasarım hatalarından biri de kirişlerin kirişe oturması ve/veya saplanması ve kirişlerin kolonların kenarına oturmasıdır. Bu tür uygulamalar taşıyıcı sistemin sürekliliğini bozduğu için deprem gibi yatay yükler altında bu noktalarda büyük yapısal hasarlar oluşmaktadır (bkz. Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Uygun olmayan kiriş bağlantılarından bazı görünüm (Topçu, 2013).

Yapılarda bulunan A2 düzensizliğinin giderilmesi için döşeme yeterli sayıda düşeme parçalarına ayrılarak ve bu her bir döşeme parçasına \pm %5 ilave eksantrisite vererek yatay yük analizi yapılmalıdır.

Depremler sırasında döşeme boşluklarının yapıların davranışlarını olumsuz yönde etkilememesi için;

1. Döşeme boşluklarının mümkün olduğunca küçük ve simetrik olması,
2. Döşeme boşluklarının dilatasyon derzleri ile ayrılması,
3. Döşeme kalınlıkları artırılması dolayısıyla rijitleştirilmesi,
4. Düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında bu durumun dikkate alınması, yararlı olmaktadır.

2.4.2. Kolon-Kiriş Ek Yerleri

Mimari tasarımda bazen görsel etki yaratmak amacıyla yapılan çıkıntılar ya da ticari kaygılarla yapılan asma kat gibi uygulamalar, kiriş birleşim yerlerinde zorlanmalara neden olmaktadır. Bu durum özellikle dış aks ve köşe kolonlarında çok daha kritik olmaktadır. Çünkü bu bölgelerde kolonlara her yönden saplanan kirişler bulunmamaktadır. Diğer taraftan kolonların kirişlerle eksantrik olarak bağlandığı kolon-kiriş birleşim şekli de deprem açısından oldukça sakıncalı bir durumdur. Zira kolon ile kiriş arasında kesme kuvveti aktarma alanı azalmaktadır.

Yapılar bir depremin enerjisini plastik şekildeğiştirmelerle (deformasyonlarla) tüketmektedirler. Depremlerde yapıya gelen enerjinin rijit olan kolon-kiriş birleşim bölgelerinin plastik şekildeğiştirmeleriyle (mafsallaşmasıyla) tüketilmesi istenmektedir. Çünkü bir deprem etkisi altında kolon-kiriş birleşim bölgelerinde büyük kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu nedenle özellikle kolon etriyelerinin birleşim bölgelerinde de deprem yönetmeliğinde belirtildiği gibi devam ettirilmesi gerekmektedir. Ancak oluşan deprem hasarları incelendiğinde bu bölgelerde etriye sıklaştırmasının yetersiz olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki etriye sıklaştırması yetersizliğinden dolayı oluşan yapısal hasardan bir görünüm (Arslan ve Korkmaz, 2007).

Projelendirmede kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sayısı artırılırken uygulamada bu bölgelerdeki donatı sıklığından dolayı etriyeler maalesef projesine uygun olarak konulmamakta ya da beton yerleşiminin daha kolay yapılması için etriye sayısı azaltılmaktadır (Şekil 2.13).

Burada beton yerleşiminin tekniğine uygun olarak yapılamaması durumunda donatısız bir birleşim bölgesinden daha zayıf bir birleşimin meydana geleceğini belirtmek yararlı olacaktır (bkz. Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Etriye sıklaştırmasının yetersizliğinden görünümler (Kutaniş vd., 2002).

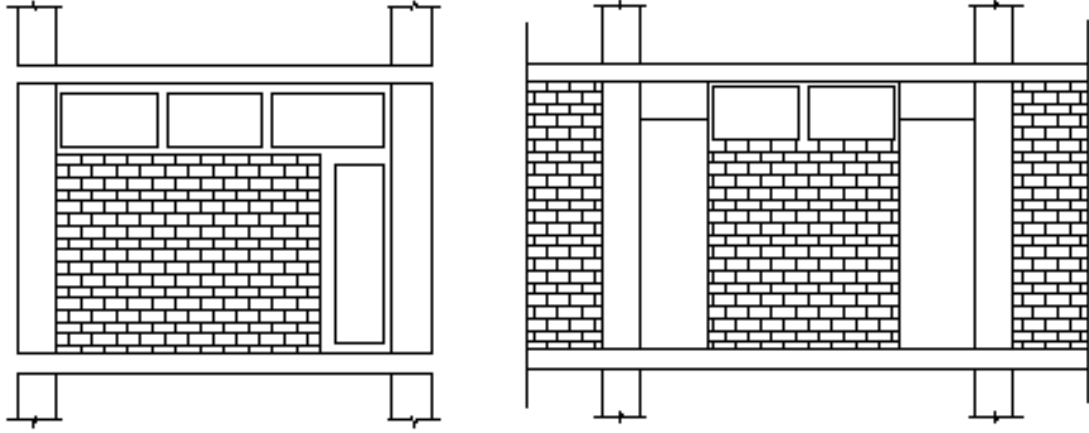


Şekil 2.14. Tekniğine uygun olarak yapılamamış beton yerleşimi nedeniyle oluşan yapısal hasardan bir görünüm (Kaplan vd. 2004).

2.4.3. Bant Pencereleler

Okul, hastane, yatakhane ve askeri kışla gibi binalarda genellikle bodrum katlarına ışık gelmesi için çerçevelerin dolgu duvarlarının üst kısımlarına şerit pencereler yapılmaktadır (bkz. Şekil 2.15). Bu durumda dolgu duvarlarından dolayı kolon boyları kısalmaktadır. Diğer bir ifadeyle kolonun burkulma boyu bant pencerenin yüksekliğine eşit olmakta dolayısıyla kolonun boyu kısalmaktadır. Sonuç olarak, kolonun pencere olan kısmındaki rijitliği, duvar olan kısmındaki rijitliğinden çok daha az olmaktadır. Dolayısıyla özellikle deprem gibi yatay yükler altında kolon yalnızca duvarsız kısımda ötelenme yapmakta ve söz konusu kolonda kesme kuvveti büyük değerlere ulaşarak gevrek olan kesme kırılmalarını meydana getirmektedir (bkz. Şekil 2.16 ve Şekil 2.17). Diğer değişle söz konusu kolon donatıları akma gerilmelerine ulaşmadan betonun kırılmasıyla kolon kullanım dışı kalmaktadır.

Kısa kolon oluşumunu önlemek için önerilen çözüm yollarını, kolon ile dolgu duvarı arasında derz bırakılması ya da bant pencereyi kolona bitişik değil duvar ortasında bırakarak kolondan ayırmak şeklinde sıralamak mümkündür.



Şekil 2.15. Bant pencere yapılış biçimlerinden bazı örnekler (Tuna, 2000).



Şekil 2.16. Bant pencereler nedeniyle kısa kolon kesme hasarlarından görünüm (Doğangün, 2004).



Şekil 2.17. Kısa kolon nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünüm (Arslan ve Korkmaz, 2007).

2.4.4. Dolgu Duvarları

Üst katlarda kolon kirişlerin arasını dolduran ve statik hesaplarda taşıyıcı olarak dikkate alınmayan dolgu duvarlar üst katların rijitliğinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu durum zayıf ve yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasına sebep olmaktadır. Diğer taraftan 2007 deprem yönetmeliğinin yasakladığı ısı yalıtımı için yapılan iki yarım tuğla dolgu duvarların depremlerde dayanıksız olduğu meydana gelen son depremlerde görülmüştür (bkz. Şekil 18).



Şekil 2.18. Isı yalıtımı için yapılan iki yarım tuğla dolgu duvarların depremlerde oluşan hasarlarından bazı görünüm (Arslan ve Korkmaz, 2007).

2.4.5. Merdivenler

Merdivenlerin özellikle deprem gibi doğal afet durumlarında yapıların hızlı bir şekilde boşaltılmasını sağlayan çok önemli işlevleri bulunmaktadır. Zira merdivenler deprem yükler etkisinde katlar arasında diyagonal bir kiriş gibi çalışmaktadırlar. Bu nedenle tasarım sırasında merdivenlerin bulunduğu çerçeve akslarının rijit akslardan oluşturulmasına özen gösterilmelidir. Çünkü bir deprem sırasında binanın hızlı bir şekilde ve güvenle boşaltılabilmesi için merdivenlerin hiç hasar görmemesi gerekmektedir. Buna karşın ülkemizde meydana gelen son depremlerde merdivenlerde yapısal hasarların oluştuğu görülmüştür (bkz. Şekil 19). Diğer taraftan Şekil 2.20'deki gibi yapısal hatanın oluşturulması durumunda söz konusu merdivenin hasar görmesi kaçınılmazdır.



Şekil 2.19. Depremlerde merdivenlerde oluşan yapısal hasarlardan görünümler (Topçu, 2013).



Şekil 2.20. Merdivenlerde oluşturulan yapısal hatalardan bir görünüm (Topçu, 2013).

2.4.6. Pencereleler

Yapılarda, aydınlatma ve havalandırma amacıyla bırakılan boşlukları pencere olarak tanımlamak mümkündür. Bu boşluklar nedeniyle dolgu duvarların rijitlikleri azalmakta dolayısıyla da yatay yük taşıma kapasiteleri azalmaktadır.

2.4.7. Asma Tavanlar

Binalarda mevcut bir tavanın altına daha estetik bir görünüş vermek amacıyla asılarak yapılan ikincil tavanlar asma tavan olarak tanımlanabilir. Günümüzde binalarda genellikle alçıpan tavanlar yapılmaktadır. Diğer taraftan alçıpan tavanlar arasında kalan boşluktan elektrik tesisatları gibi çeşitli tesisatları da geçirmek mümkündür.

Asma tavanlar döşemelere asılırken ankrajının iyi yapılıp yapılmadığının özenle kontrol edilmesi gerekmektedir. Özetle, kaplama elemanlarının belirli aralıklarla ve uygun detaylarla düşey taşıyıcılara ankraj çubukları ile bağlanmaları sağlanmalıdır.

2.4.8. Dış Cephe Kaplamaları

Dış cephe kaplamaları hem binalara zarar veren yağmur, rüzgâr, kar ve güneş gibi hava koşullarına karşı korumak hem de estetik olarak binanın mimari tarzını tamamlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca dış cephe kaplaması ses iletimi de azaltmaktadır.

Duvar kaplamaları yalnızca harçla bağlanmaları durumunda deprem etkisiyle koparak düşebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca duvar kaplama elemanları uygun mimari detaylarla düşey taşıyıcılara ankraj çubuklarıyla bağlanmalıdır.

Burada 7,2'lik 2011 Van depreminde Bayram Otel'de meydana gelen çatlakların ilk yapılan tespitlerde dış cephe kaplamaları nedeniyle fark edilmediğini dolayısıyla

sonradan oluşan sarsıntılar nedeniyle yıkıldığını belirtmek yararlı olacaktır (bkz. Şekil 2.21).



Şekil 2.21. 2011 Van depreminde yıkılan Bayram otelinin dış cephe kaplamalarından bir g6r6n6m.

BÖLÜM 3

DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI

Betonarme binalarda çeşitli nedenlerle oluşturulan taşıyıcı sistem düzensizlikleri, yüklerden oluşan enerji aktarımı sürekliliğinin bozulmasına dolayısıyla da bu bölgelerde ve/veya elemanlarda enerji birikmesi sonucu hasarlara neden olmaktadır. Diğer bir ifadeyle depremler sırasında özellikle bu bölgedeki yapısal elemanlarındaki kesit etkileri beklenenden büyük olmakta ve söz konusu yapısal elemanlar dayanımlarını erken yitirebilmektedirler.

TDY'deki Tablo 2.1'de tanımlanan düşey doğrultuda düzensizlik durumları; B1 komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliği, B2 komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği ve B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olarak sınıflandırılmaktadır. Yukarıda bahsi geçen düzensizliklerin tanımı ve TDY'ye göre alınması gereken önlemler Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Burada bu tez kapsamında zayıf kat düzensizliğinin betonarme yapıların deprem davranışına ve kaba inşaat maliyetine etkisinin inceleneceğini, bu düzensizliğin tasarım ve uygulamada yumuşak kat düzensizliği ile birlikte de oluşabileceğini belirtmek uygun olmaktadır.

Çizelge 3.1. TDY-2007'ye göre düşey doğrultuda düzensizlik durumları.

Düzensizlik Türü	Tanımı	Alınacak Önlem
B1-Komşu Katlar Arası Dayanım (Zayıf Kat) Düzensizliği	<p>Betonarme binalarda; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>etkili kesme alan</i>'ının (kolon+perde+0,15×kargir duvar alanı [$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k$]), bir üst kattaki <i>etkili kesme alan</i>'ına oranının $(\eta_{ci})_{min} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80$'den küçük olması</p>	<p>$0,60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0,80$ ise, taşıyıcı sistem davranış (R) katsayısı $1,25 \times (\eta_{ci})_{min}$ ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanır.</p>
		<p>$(\eta_{ci})_{min} < 0,60$ olmasına hiçbir zaman izin verilmediğinden, zayıf katın dayanımı ve rijitliği (kolon ve perde kesitleri) artırılarak bu oran büyütülür ve deprem hesabı tekrarlanır.</p>
B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği	<p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci katta %5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında ortalama görelî (rölatif) kat ötelemesinin (yerdeğiştirmesinin) bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının</p> <p>$[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2,0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2,0]$ 2'den fazla olması</p>	Dinamik hesap yapılır
B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	<p>Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması</p>	<p>Hiçbir zaman kolonlar, binanın herhangi bir katında, konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmaz.</p>
		<p>Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 artırılır.</p>
		<p>Hiçbir zaman üst katlardaki perdeler alt katta kolonlara oturtulmaz.</p>
		<p>Hiçbir zaman perdeler, binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmaz.</p>

3.1. ZAYIF KAT (DAYANIM) DÜZENSİZLİĞİ

Binaların genellikle zemin katlarında mağaza, restoran, otomobil galerisi, banka vb. gibi ticari fonksiyonların yer almasını sağlamak diğer bir ifadeyle mümkün olduğunca geniş alanlar yaratabilmek amacıyla, yığma dolgu duvarları maalesef örülmemektedir. Ancak, Türkiye’de meydana gelen son depremler sonrasında betonarme bina hasarları incelendiğinde, zemin katlarındaki dolgu duvarları, üst katlardaki dolgu duvarlara nazaran hiç veya çok az olan binaların, zemin katında büyük yapısal hasarların oluştuğu görülmüştür (Scawthorn ve Johnson, 2000; Adalier ve Aydingun, 2001; Sezen et al., 2003; Doğangün, 2004; Karaşin ve Karaesmen, 2005; Arslan ve Korkmaz, 2007; Doğan et al., 2007; Kirac et al., 2011). Çünkü dolgu duvarlarından yoksun olan zemin katın yatay yer değiştirmelere (deplasmanlara) karşı direnci, dolgu duvarları bakımından zengin olan üst katlara göre daha az olmaktadır (bkz. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Bu nedenle düşey yönde dayanım süreksizliği bulunan katlara zayıf kat adı verilmektedir.



Şekil 3.1. Katlar arası dayanım farkından (zayıf kattan) oluşan yapısal hasardan bir görünüm (Özer, 2009).



Şekil 3.2. 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı'nda bir binada oluşan zayıf kat hasarından bir görünüm (Tezcan, 2007).

3.1.1. Zayıf Katın Oluşum Nedenleri

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde zayıf kat, komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak tanımlanmaktadır. Bu tür düzensizliğin oluşum nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkün olmaktadır.

- Büyük açıklıkları, vitrinleri ve pencereleri olan ticari amaçlı (mağaza, restoran, otomobil galerisi, bankalar, oteller vb. gibi) binalarda,
- Bir binada, bu katlardaki kolonlar ve/veya kirişler güzel görünmesi için kaldırılması (bkz. Şekil 3.3),
- Üst katlarda bulunan dolgu duvarlarının zemin katta bulunmaması,
- Zemin kattaki bölme duvarları çeşitli amaçlarla azaltılması,
- Kolon ve perde boyutlarının yer kazanmak amacıyla küçültülmesi,
- Bazı otel ya da iş merkezlerinde ara katlarda toplantı salonu, yemek salonu ve tesisat katı yapmak amacıyla bazı kolon ve perdelerin sayılarının azaltılmasıdır.



Şekil 3.3. Hacim kazanmak amacıyla kesilip kaldırılmış bir kolon örneği (Topçu, 2013).

Zayıf kat düzensizliği oluşumunu önlemek için alınacak tedbirleri; çekme katlarla oluşturulmuş tasarımlar yerine piramit formunda bina tasarlamak, zayıf kat düzensizliği oluşabilecek katlarda kolonların tüm boylarınca enine donatı ile sarmak, zemin kat kolon boyutlarını arttırmak ve zemin kata diyagonal elemanlar ilave etmek şeklinde sıralamak mümkündür. Ayrıca, düşey doğrultuda tüm katlarda aynı yapı malzemesinin kullanımı da katların deprem davranışı açısından oldukça önemlidir.

3.1.2. TDY-2007'ye Göre Zayıf Kat Kriteri

Türkiye deprem yönetmeliğine (TDY, 2007) göre düşey doğrultuda düzensizlik durumları içerisinde yer alan ve B1 düzensizliği olarak adlandırılan komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliği, taşıyıcı sistemin herhangi bir kattaki yatay yük taşıma kapasitesinin (dayanımının) bir üstteki ya da bir alttaki kata göre azaltılmasıyla meydana gelmektedir. Bu yönetmeliğe göre, betonarme binalarda zayıf kat düzensizliğinin bulunup bulunmadığı, herhangi bir kattaki etkili kesme

alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım (zayıf kat) düzensizliği katsayısıyla (η_{ci}) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$(\eta_{ci})_{\min} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80 \quad (3.1)$$

Bu bağıntıdan da görüleceği üzere $\eta_{ci} < 0,8$ olması durumunda taşıyıcı sistemde komşu katlar arası dayanım düzensizliği bulunmaktadır. Yukarıda verilen bağıntıda $\sum A_e$ herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanını göstermek üzere;

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k \quad (3.2)$$

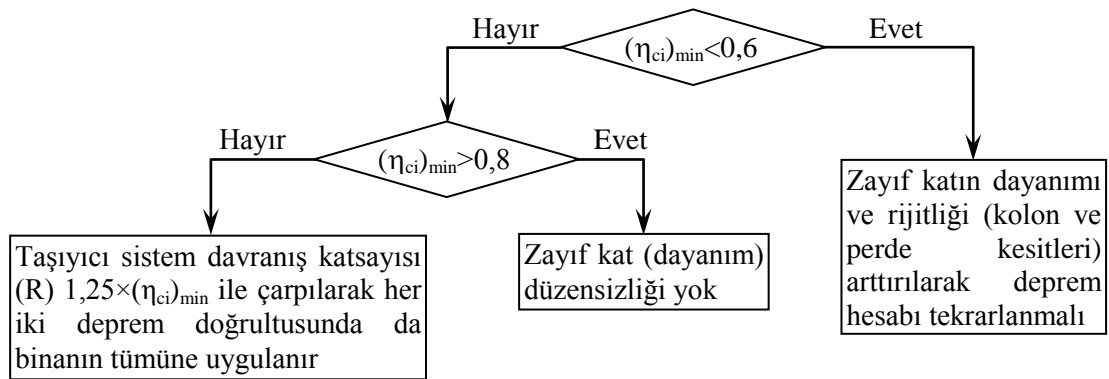
şeklinde hesaplanmaktadır. Burada,

$\sum A_g$ = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda **perde** en kesit alanlarının toplamı

$\sum A_k$ = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel **kagir dolgu duvar** alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

$\sum A_w$ = Herhangi bir katta, **kolon** en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı olarak tanımlanmaktadır.

Bugün yürürlükte bulunan TDY'ye göre betonarme bir binanın zayıf kat (B1) düzensizliğinin kontrolü Şekil 3.4'deki gibi yapılabilmektedir.



Şekil 3.4. Betonarme bir binanın zayıf kat (dayanım) düzensizliğinin kontrol şeması.

Burada yukarıda tanımlanan işlemin, binanın birbirine dik x ve y yönleri için tekrarlandığını ve küçük olan η_{ci} 'ye itibar edilerek Şekil 3.4'e göre işlem yapılacağını belirtmek uygun olacaktır.

3.2. YUMUŞAK KAT (RİJİTLİK) DÜZENSİZLİĞİ VE TDY-2007'YE GÖRE YUMUŞAK KAT KRİTERİ

TDY'e göre düşey doğrultuda düzensizlik durumları içerisinde yer alan ve B2 düzensizliği olarak adlandırılan komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği, taşıyıcı sistemin herhangi bir kat rijitliğinin ani olarak azaltılmasıyla meydana gelmektedir. Bu nedenle düşey yönde rijitlik düzensizliği bulunan katlara yumuşak kat adı verilmektedir.

Türkiye'de meydana gelen son depremler sonrasında betonarme bina hasarları incelendiğinde yumuşak kat düzensizliği nedeniyle maalesef büyük yapısal hasarların meydana geldiği görülmektedir (bkz. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Yumuşak kat düzensizliği nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünümler (Doğangün, 2004).



Şekil 3.6. Farklı binalarda yumuşak kat düzensizliği nedeniyle oluşan yapısal hasarlardan görünüm (Yön et al., 2013).

TDY'e göre, betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğinin bulunup bulunmadığı, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci katta %5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında ortalama görelî (rölatif) kat ötelemesinin (yer değiştirmesinin) bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan yumuşak kat düzensizliği katsayısıyla (η_{ki}) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}} > 2 \quad \text{yada} \quad \eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}} > 2 \quad (3.3)$$

Bu bağıntılardan da görüleceği üzere $\eta_{ki} > 2$ olması durumunda taşıyıcı sistemde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği bulunmaktadır. Burada,

η_{ki} =i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı

Δ_i =Binanın i'inci katının azaltılmış görelî kat ötelemesi ($\Delta_i = d_i - d_{i-1}$)

d_i =Her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme

d_{i-1} =Her bir deprem doğrultusu için binanın (i-1)'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme

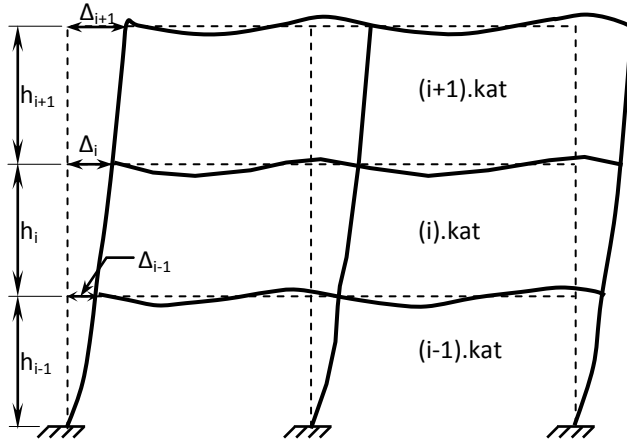
h_i =Binanın i'inci katının kat yüksekliği [m]

h_{i-1} =Binanın i-1'inci katının kat yüksekliği [m]

h_{i+1} =Binanın i+1'inci katının kat yüksekliği [m]

olarak tanımlanmaktadır.

TDY'e göre betonarme bir binanın yumuşak kat (B2) düzensizliğinin kontrolü Şekil 3.7'deki gibi yapılmaktadır.



$$\frac{R \cdot (\Delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0,02$$

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \cdot \sum_{j=1}^N w_j}{V_i \cdot h_i} \leq 0,12$$

Şekil 3.7. Betonarme bir binanın yumuşak kat düzensizliğinin kontrol şeması.

Burada TDY'e göre;

N =Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)

R =Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (süneklik katsayısı)

V_i =Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ =Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi

θ_i =Binanın i'inci katında tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

olarak tanımlanmaktadır.

Betonarme binalarda bu tür yapısal düzensizliğin oluşmaması için alınacak tedbirleri; katlar arasında düşey taşıyıcı elemanları, kat yüksekliklerini ve bölme duvarları mümkün olduğunca eşit yapmak ve yumuşak kat düzensizliği oluşabilecek katlarda yapısal elemanların boyutlarını artırmak ve/veya kolonların ve perdelerin tüm boylarınca enine donatı ile sarmak şeklinde sıralamak mümkündür.

BÖLÜM 4

YAPILAN ÇALIŞMALAR

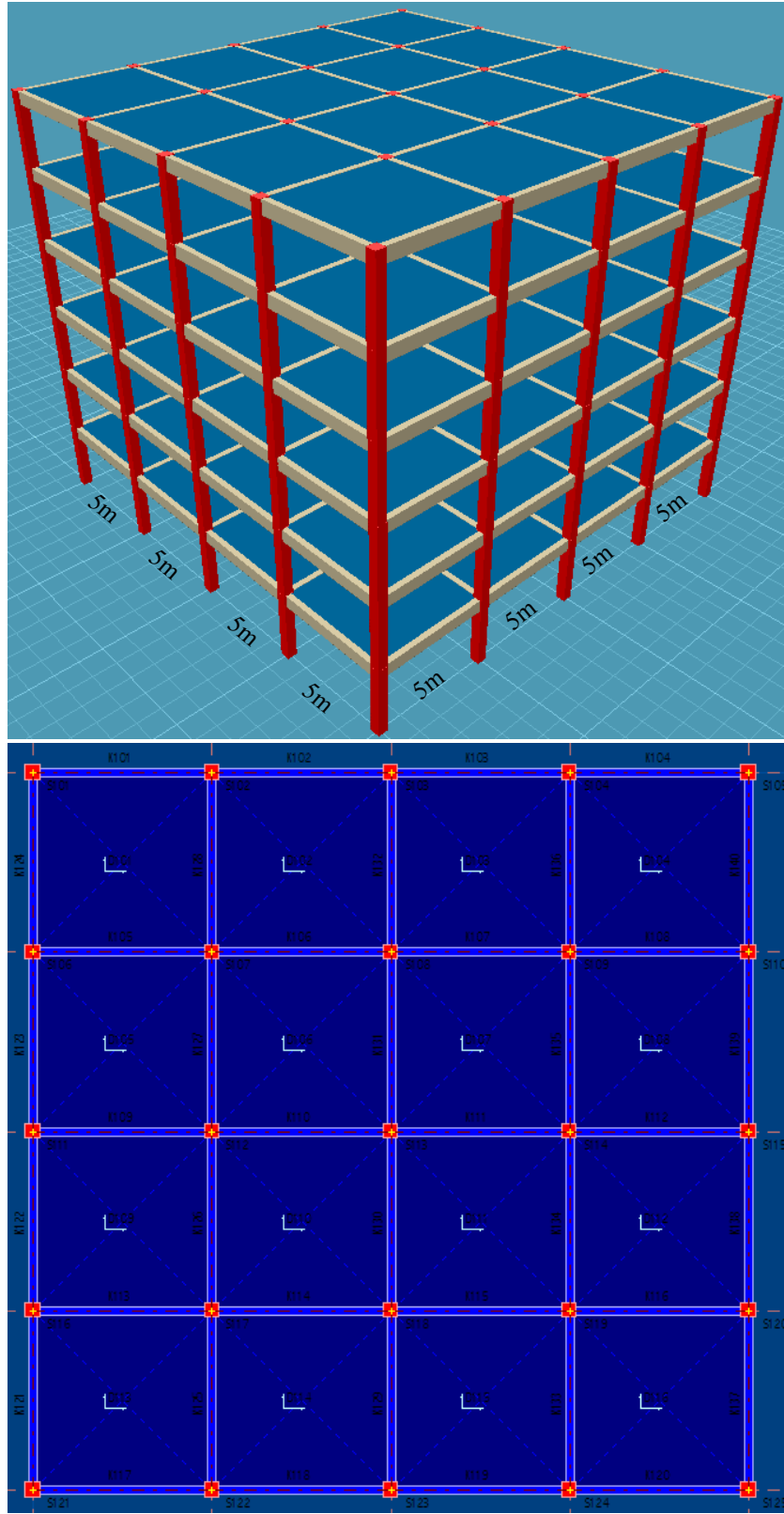
4.1. MODELLERİN SEÇİMİ VE SAYISAL UYGULAMALAR

Bu çalışmada zayıf kat düzensizliğinin betonarme çerçeve binaların deprem davranışlarına ve kaba inşaat maliyetlerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, planda her iki doğrultuda dört açıklıklı 6 katlı 9 farklı betonarme çerçeve model seçilmiştir. Yapısal burulmadan dolayı ek kesit tesirlerinin oluşmaması için seçilen çerçeve modellerinde her iki doğrultuda da rijitlik dağılımı simetrik olarak alınmakta ve rijit merkezi kütle merkezi ile çakıştırılmaktadır. Seçilen betonarme modellerin özellikleri aşağıda sıralanmaktadır.

- Model 1’de bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu ve yapısal düzensizliğin bulunmadığı kabul edilmektedir.
- Model 2’de zemin kat yüksekliğinin 5m ve diğer katlarda ise 3m olduğu kabul edilmektedir.
- Model 3’de son katta (5 katta) binanın ortadaki kolonun ve iç kısımlardaki bölme tuğla duvarlarının olmadığı, dış cephede ise 1,5m yüksekliğinde tuğla duvarlarının olduğu ve kat yüksekliğinin ise 4m olduğu kabul edilmektedir.
- Model 4’de 1. kat yüksekliğinin 5m ve diğer katlarda ise 3m olduğu kabul edilmektedir.
- Model 5’de zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu ve 2 açıklığında 3m yüksekliğinde asma kat olduğu kabul edilmektedir.
- Model 6’da zemin kat yüksekliğini 5m olduğu ve 1 açıklığında 3m yüksekliğinde asma kat olduğu kabul edilmektedir.
- Model 7’de bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu, 1. kattaki beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C20 ve S220 olduğu ve diğer katlarda ise beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C30 ve S420 olduğu kabul edilmektedir.

- Model 8’de bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu, 1. kattaki beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C20 ve S420 olduğu ve diğer katlarda ise beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C30 ve S420 olduğu kabul edilmektedir.
- Model 9’da bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu, 1. kattaki beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C30 ve S220 olduğu ve diğer katlarda ise beton ve çelik sınıflarının sırasıyla C30 ve S420 olduğu kabul edilmektedir.

Sayısal uygulamalarda dikkate alınan örnek modelin (model 1) görünüş ve kat planı Şekil 4.1’de verilmektedir. Bu şekilde görülen ve sayısal uygulamalarda dikkate alınan bütün modellerde kat alanı eşit olarak (400 m²) seçilmiştir. Yürürlükte bulunan “*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*” yönetmeliğine göre (TS-500, 2000), çalışmada dikkate alınan bütün modellerin C30 beton sınıfına göre tasarlandığı, model 7 ve model 8 hariç, bütün modellerde S420 çelik sınıfı kullanıldığı, model 7 ve model 9 hariç, kabul edilmektedir. Ayrıca model 7 ve model 8’in 1. katının C20 beton sınıfına göre tasarlandığı ve model 7 ve model 9’un 1.katının ise S220 çelik sınıfına göre tasarlandığı kabul edilmektedir. Bu tez kapsamında dikkate alınan bütün modellerde kolon ve kiriş boyutlarının sabit olarak seçilmiştir. Ayrıca, sayısal uygulamalar için dikkate alınan modellerde bütün katlarda döşeme kalınlığı 15cm olarak alınmaktadır. Diğer taraftan yürürlükte bulunan “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe*” göre sayısal uygulamalarda dikkate alınan modellerin 1. derece deprem bölgesinde inşa edileceği dolayısıyla da etkin yer ivmesi katsayısının 0,4 olduğu kabul edilmektedir (TDY, 2007). Yapısal çözümlerinde dikkate alınan diğer parametreler Çizelge 4.1’de özetlenmektedir. TDY’de tanımlanan bu çizelgedeki yerel zemin sınıfları ve bunlara ilişkin özellikler de Çizelge 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.1. Bu çalışmada dikkate alınan modelin 6 katlı görünüşü (zemin kat + 5 normal kat) ve planından bir görünüm.

Çizelge 4.1. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin proje parametreleri.

Deprem Bölgesi	1	
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0,4	
Bina Önem Katsayısı (I)	1	
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	4	
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	0,3	
Spektrum Karakteristik Peryotları (s)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	$T_A=0,10$ $T_B=0,30$
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	$T_A=0,15$ $T_B=0,40$
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	$T_A=0,15$ $T_B=0,60$
Temel Zemini Emniyet Gerilmesi (kN/m^2)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	1000
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	500
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	200
Temel Zemini Yatak Katsayısı (kN/m^3)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	200000
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	100000
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	30000
Döşeme Kalınlıkları (cm)	15	
Kirişlerin en kesit boyutları (cm)	25x50	
Kolonların en kesit boyutları (cm)	40x40	
Kat Sayısı (Z+5)	6	
Hareketli Yük (kN/m^2)	2	
Beton Sınıfı	C30 ($f_{ck}=30$ MPa)	
	C20 ($f_{ck}=20$ MPa)	
Çelik Sınıfı	S420 ($f_{yk}=420$ MPa)	
Betonun Elastisite Modülü (MPa)	C30 Beton sınıfı için	32000
	C20 Beton sınıfı için	28000
Çeliğin Elastisite Modülü (MPa)	200000	
Dolgu Duvarlarının Kalınlıkları (cm)	19	
Dolgu Duvarlarının Elastisite Modülü (MPa)	1000	

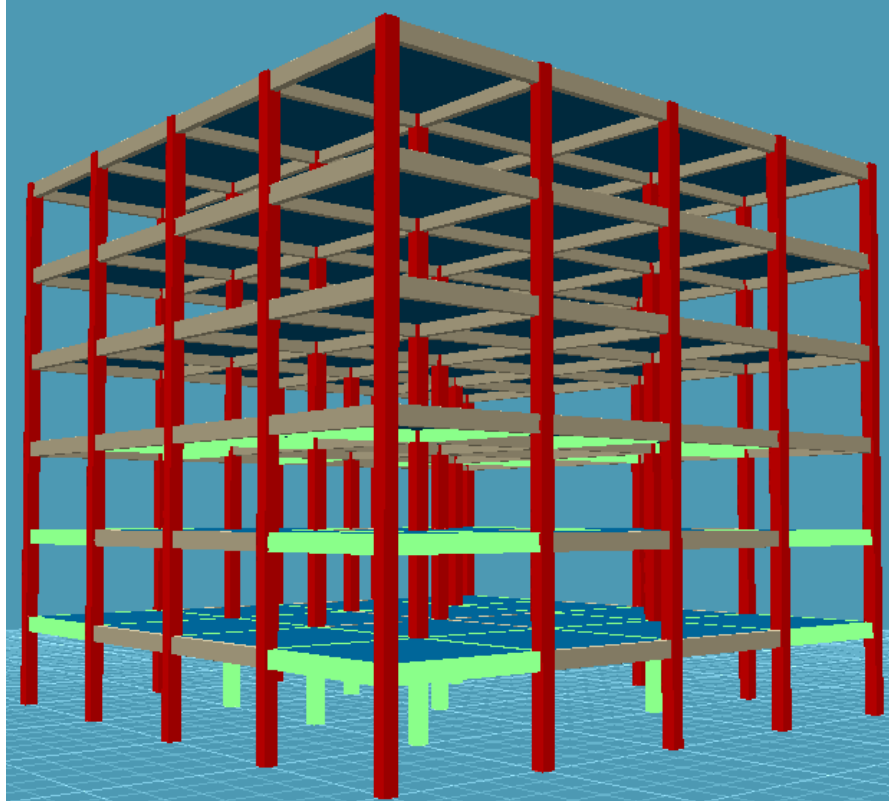
Çizelge 4.2. TDY’de verilen yerel zemin sınıfları ve spektrum karakteristik peryotları (Gürsoy, 2013).

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Yerel Zemin Sınıfı	Üst Tabaka Kalınlığı (h_1)	Spektrum Karakteristik Peryotları (s)	
				T_A	T_B
A	1) Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2) Çok sıkı kum, çakıl 3) Sert kil ve siltli kil	Z1	A grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan B grubu zeminler	0,10	0,30
B	1) Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar 2) Sıkı kum, çakıl 3) Çok katı kil ve siltli kil	Z2	$h_1 > 15$ m olan B grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan C grubu zeminler	0,15	0,40
C	1) Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2) Orta sıkı kum, çakıl 3) Katı kil ve siltli kil	Z3	$15m < h_1 \leq 50$ m olan C grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan D grubu zeminler	0,15	0,60
D	1) Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2) Gevşek kum 3) Yumuşak kil, siltli kil	Z4	$h_1 > 50$ m olan C grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan D grubu zeminler	0,20	0,90

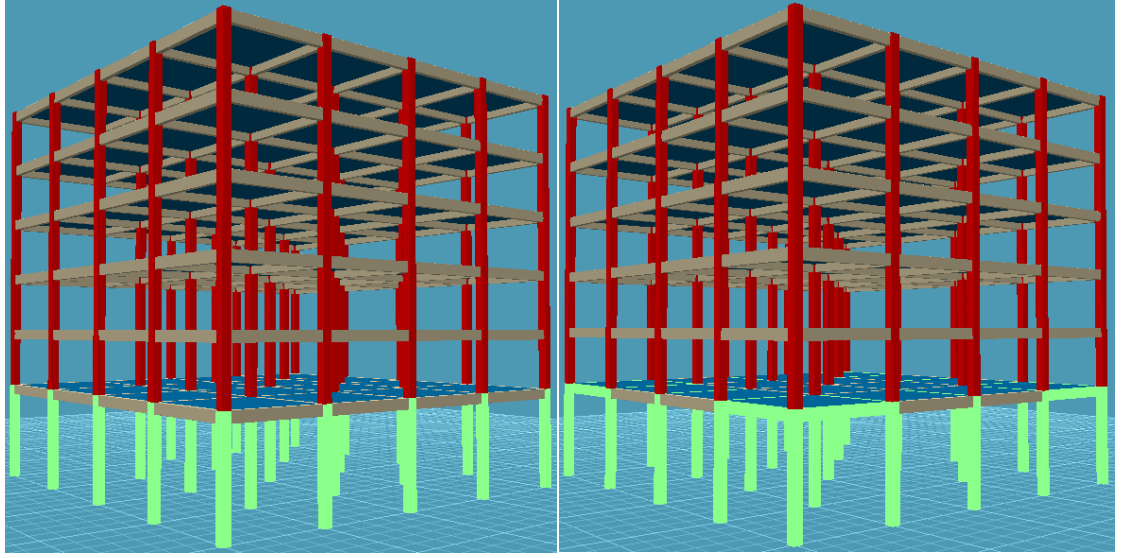
BÖLÜM 5

ELDE EDİLEN BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin matris deplasman yöntemini kullanan Sta4-CAD programıyla, TDY’de önerilen üç farklı yerel zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerden elde edilen yetersiz yapısal elemanlarının görünümüleri sırasıyla Şekil 5.1- Şekil 5.7’de verilmektedir.

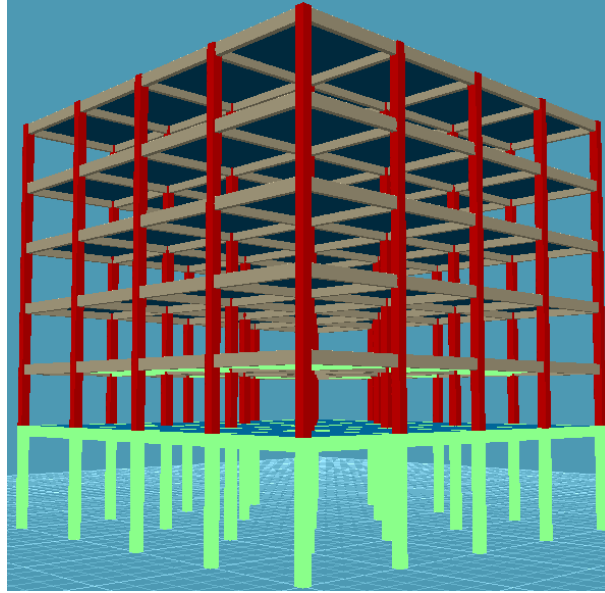


Şekil 5.1. Model 1’in Z3 yerel zemin sınıfı için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



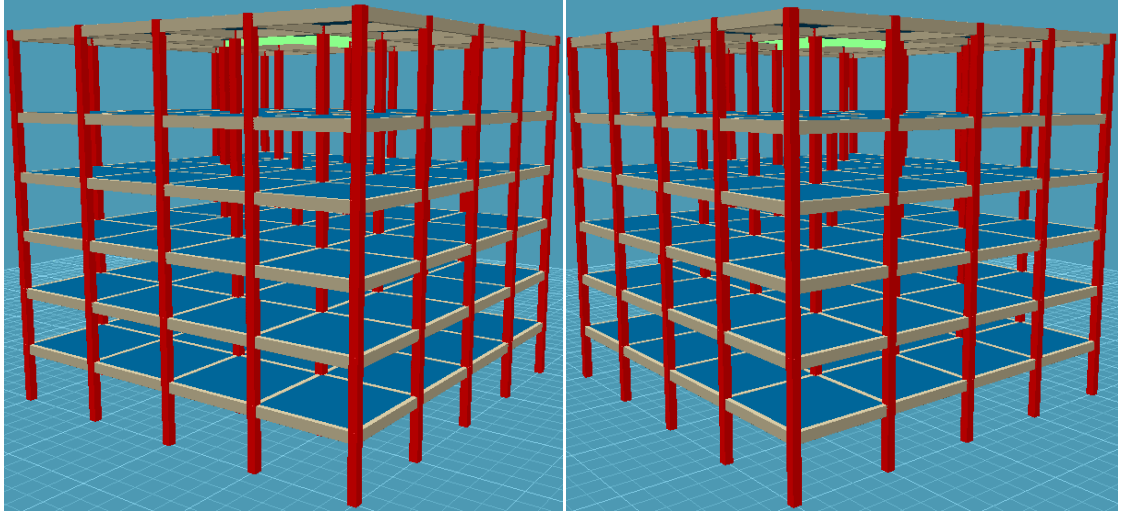
a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar



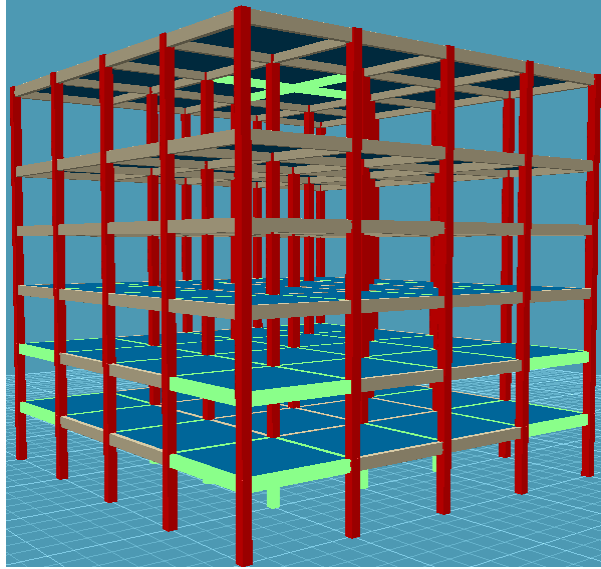
c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.2. Model 2'nin Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



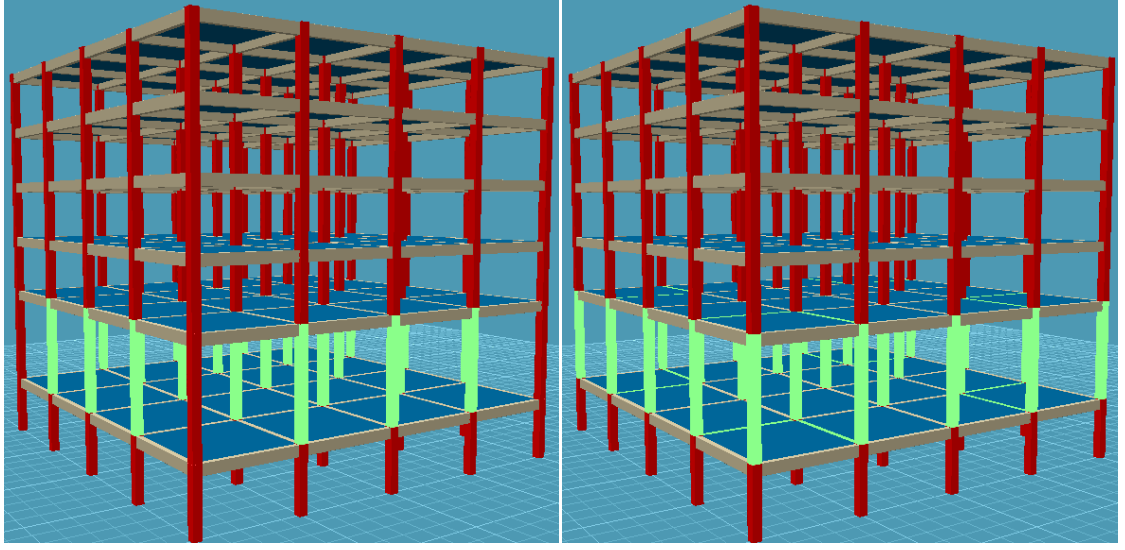
a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

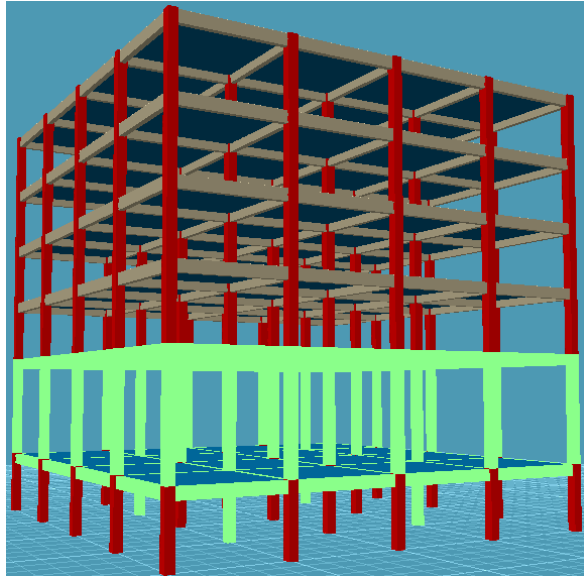


c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.3. Model 3'ün Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

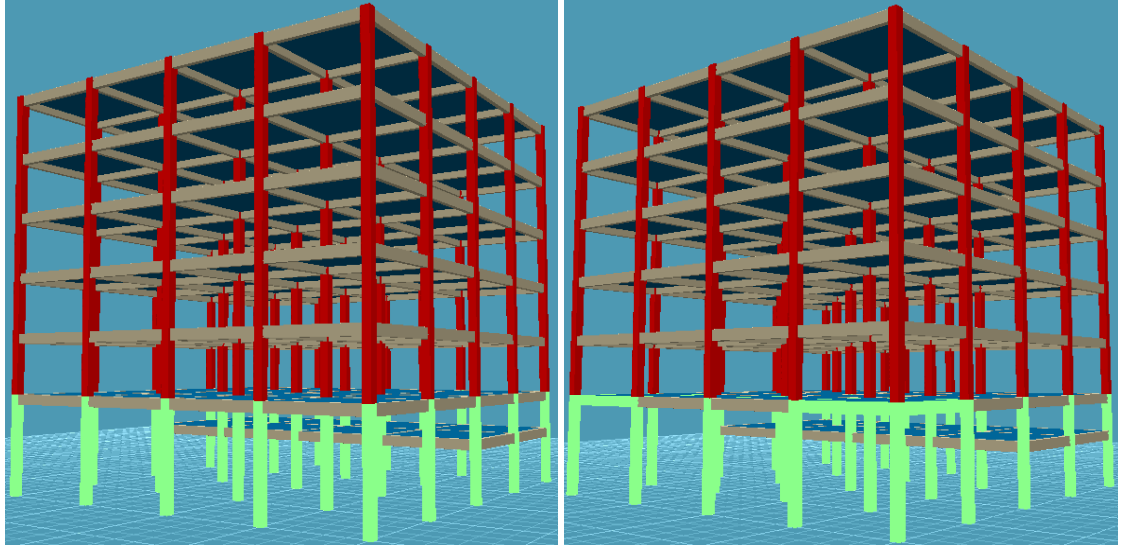


a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar



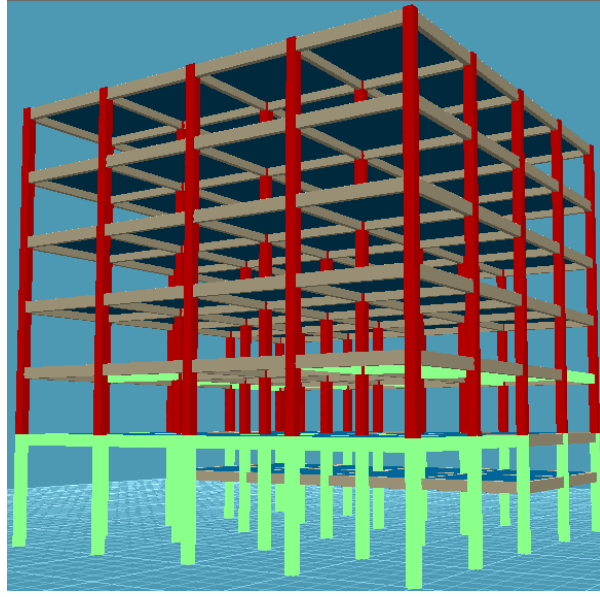
c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.4. Model 4'ün Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



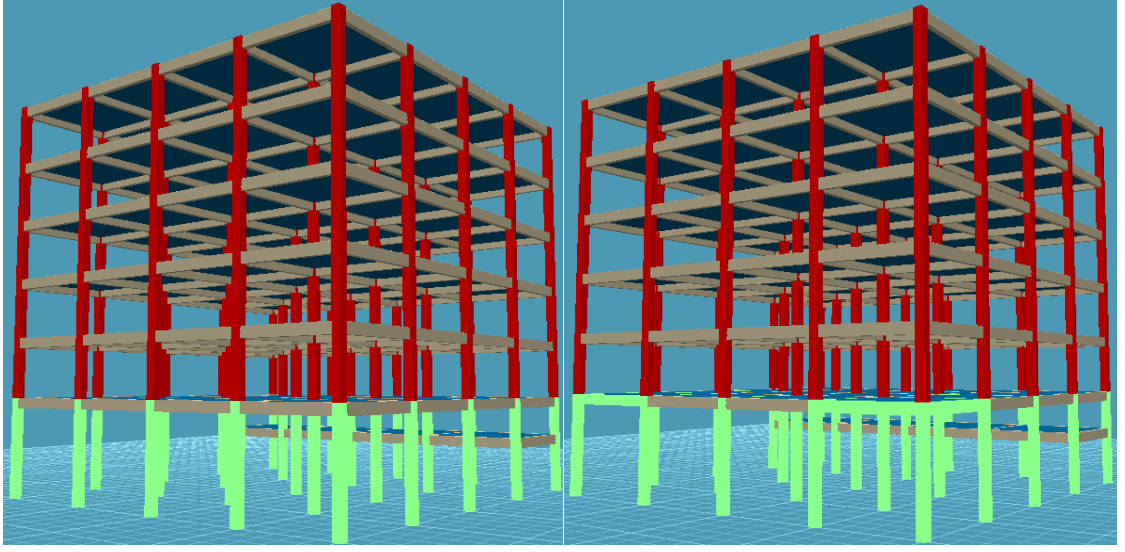
a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

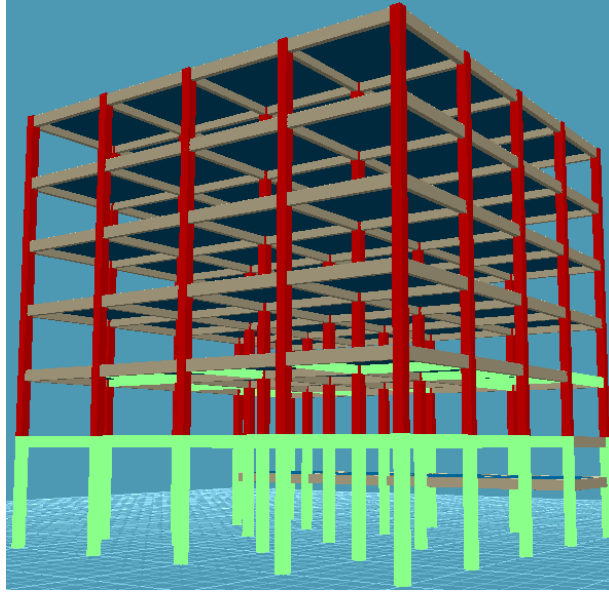


c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.5. Model 5'in Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

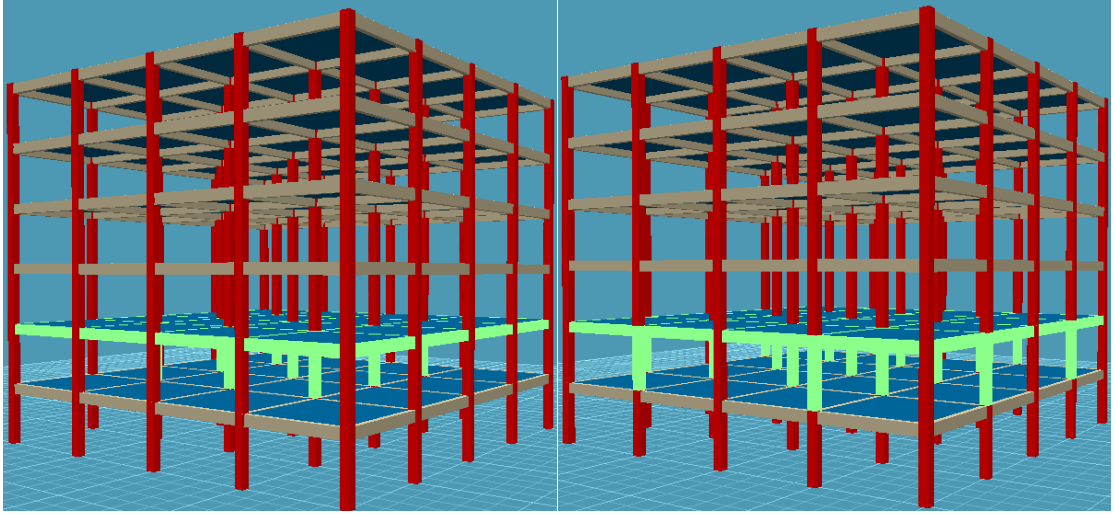


a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

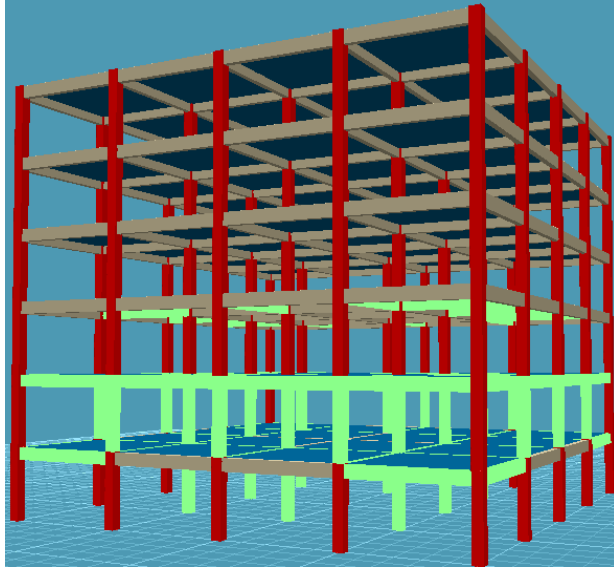


c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.6. Model 6'nın Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

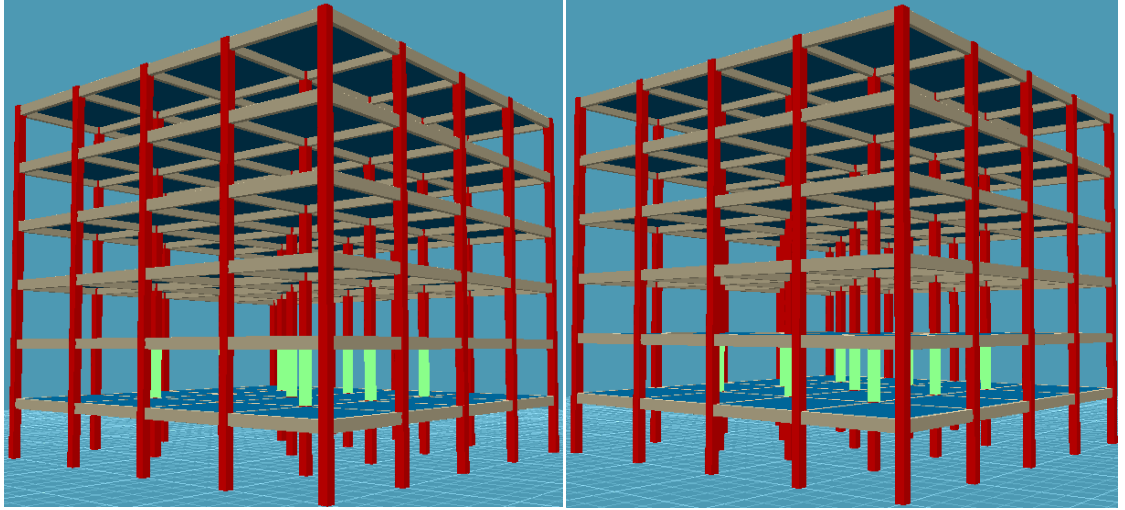


a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar



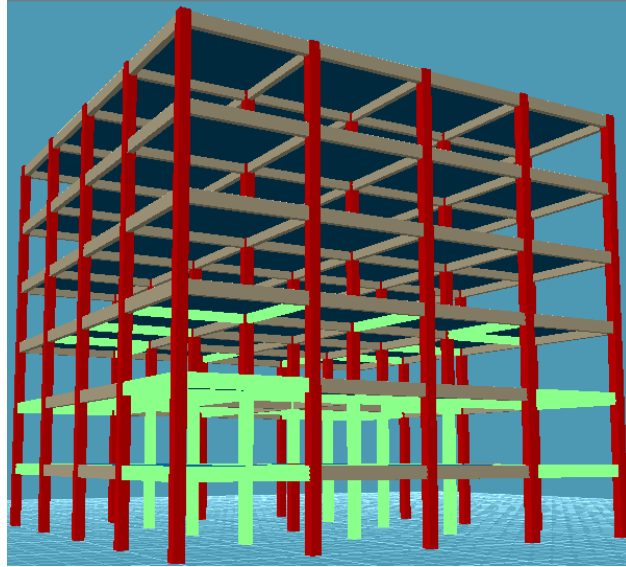
c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.7. Model 7'nin Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



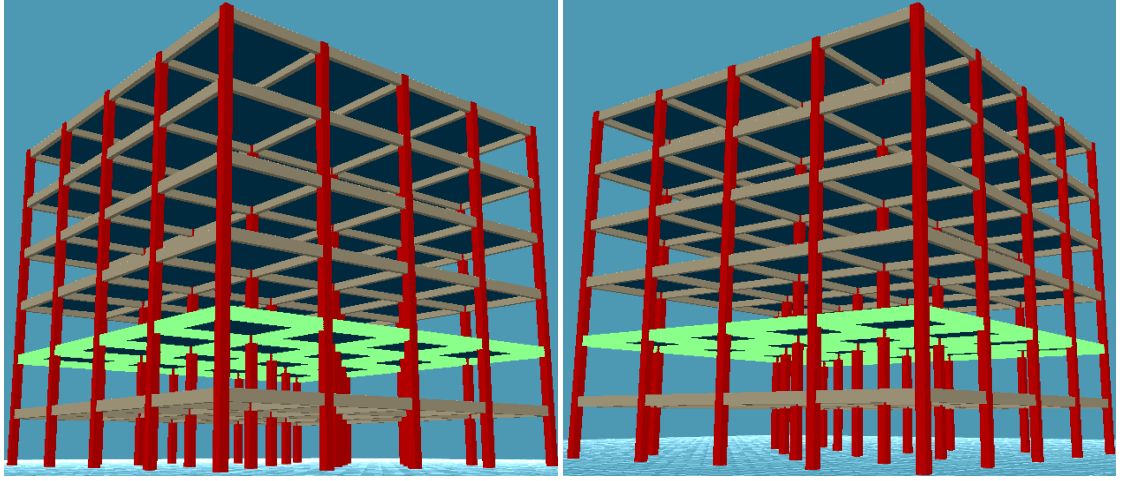
a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

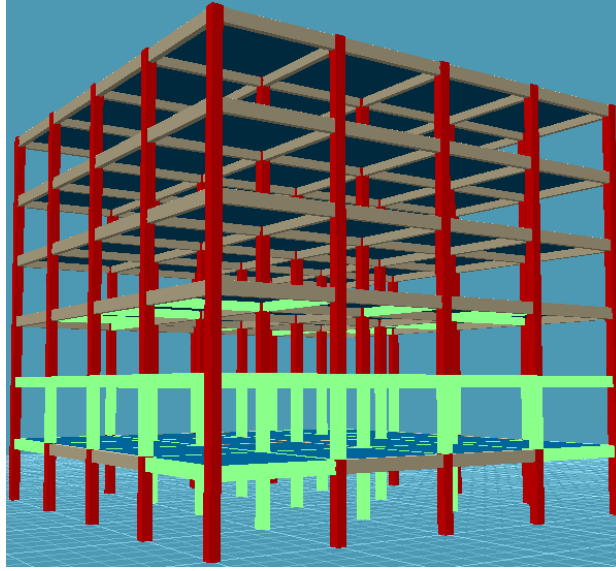


c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.8. Model 8'in Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



a) Z1 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar b) Z2 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar



c) Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlar

Şekil 5.9. Model 9'un Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

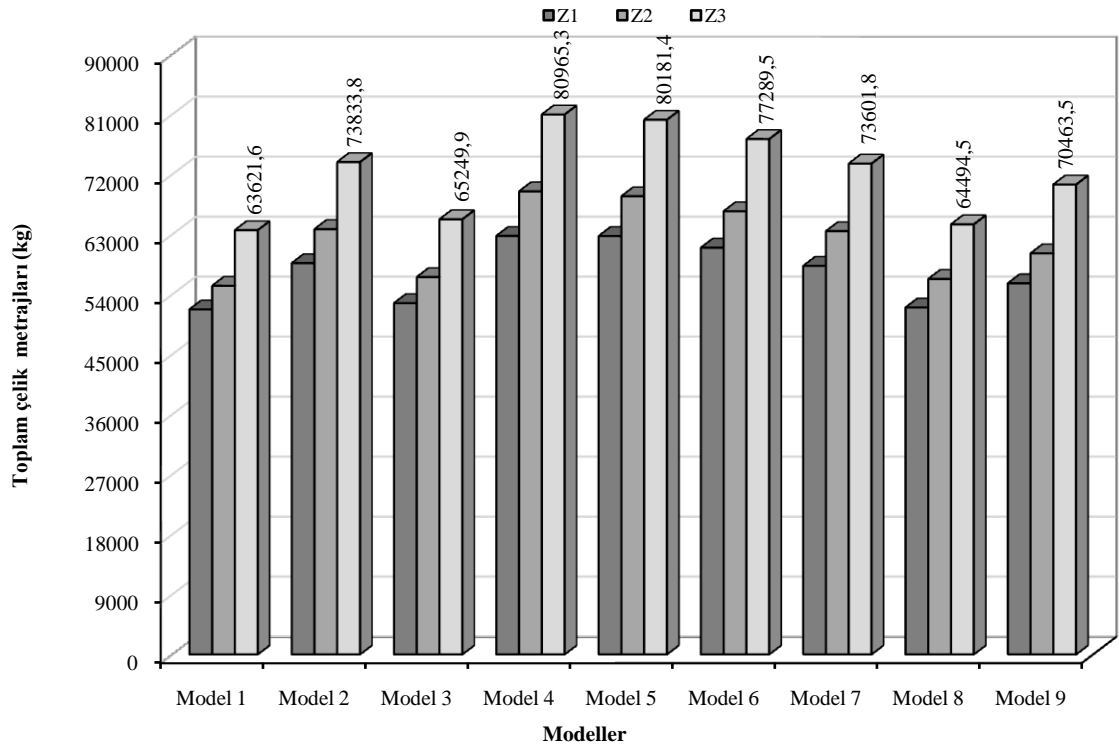
Bu şekillerden;

- model 1'in Z3 yerel zemin sınıfı için bazı kolon ve kirişlerinin boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.1),
- model 2'nin Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve kiriş boyutlarının ve 1. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.2),

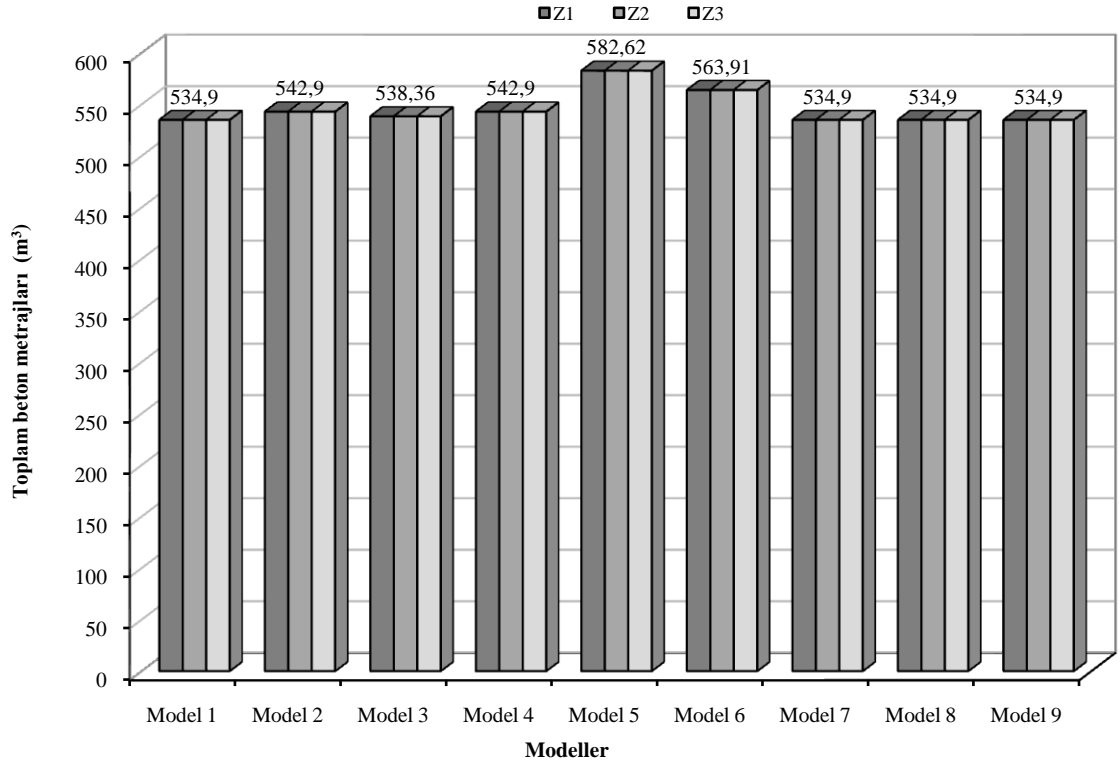
- model 3'ün Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için üst kat (düzensizliğin olduğu kat) bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin ve 1. kat bazı kolon ve giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz.Şekil 5.3),
- model 4'ün Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için 1. kat (düzensizliğin olduğu kat) bazı kolon ve giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise 1. kat kolon ve giriş boyutlarının ve zemin kat bazı kolon ve giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.4),
- model 5'in Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve bazı giriş boyutlarının ve 1. kat bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.5),
- model 6'nın Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve bazı giriş boyutlarının ve 1. kat bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.6),
- model 7'nin Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için 1. kat (düzensizliğin olduğu kat) giriş ve bazı kolon boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise 1. kat kolon ve giriş boyutlarının, zemin kat bazı kolon ve giriş boyutlarının ve 2. kat bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.7),
- model 8'in Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için 1. kat (düzensizliğin olduğu kat) bazı kolon ve giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin ve 1. kat bazı kolon ve giriş boyutlarının ve 2. kat bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.8),
- model 9'un Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için 1. kat (düzensizliğin olduğu kat) giriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat bazı kolon ve giriş boyutlarının, 1. kat tüm giriş ve bazı kolon boyutlarının ve 2. kat bazı giriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5.9),

görülmüştür. Bu sonuç zayıf kat düzensizliği bulunmayan model 1'in (referans modelin) çalışmada dikkate alınan diğer modellere göre daha emniyetli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY’de önerilen üç farklı yerel zemin (Z1, Z2 ve Z3) sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen toplam demir ve beton metrajlarının grafik olarak değişimleri sırasıyla Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilmektedir. Şekil 5.10’dan görüldüğü gibi bu çalışmada dikkate alınan modellerden en küçük toplam demir metrajı değerleri model 1’den elde edilmektedir. Diğer taraftan, çalışmada dikkate alınan modellerde yerel zemin sınıfı Z1’den Z3’e arttıkça diğer bir ifadeyle zemin esnekleştikçe elde edilen toplam demir metrajı miktarının arttığı görülmektedir. Bu bulgu zayıf kat düzensizliğinin olmadığı modelin (model 1’in) diğer modellere göre bu yönüyle daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Şekil 5.11’den de yapı emniyetini tehlikeye düşürmeden en düşük toplam beton metrajı zayıf kat düzensizliğinin olmadığı modelde (model 1) hesaplanmıştır. Ayrıca, bu şekilden toplam beton metrajlarının yerel zemin sınıfına göre değişim göstermediği de görülmektedir.



Şekil 5.10. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam demir (çelik) miktarlarının Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.



Şekil 5.11. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam beton miktarlarının Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.

Burada zayıf kat düzensizliğinin olmadığı model 1 hariç dikkate alınan diğer modellerde yapı emniyetini sağlamak için kesit boyutları artırılacağından yukarıdaki şekillerde verilen beton ve demir metraj değerlerinin daha büyük hesaplanacağını belirtmek uygun olacaktır.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY’de önerilen üç farklı yerel zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve söz konusu modellere ilişkin 1. doğal titreşim periyotları (T1) Çizelge 5.1’de verilmektedir.

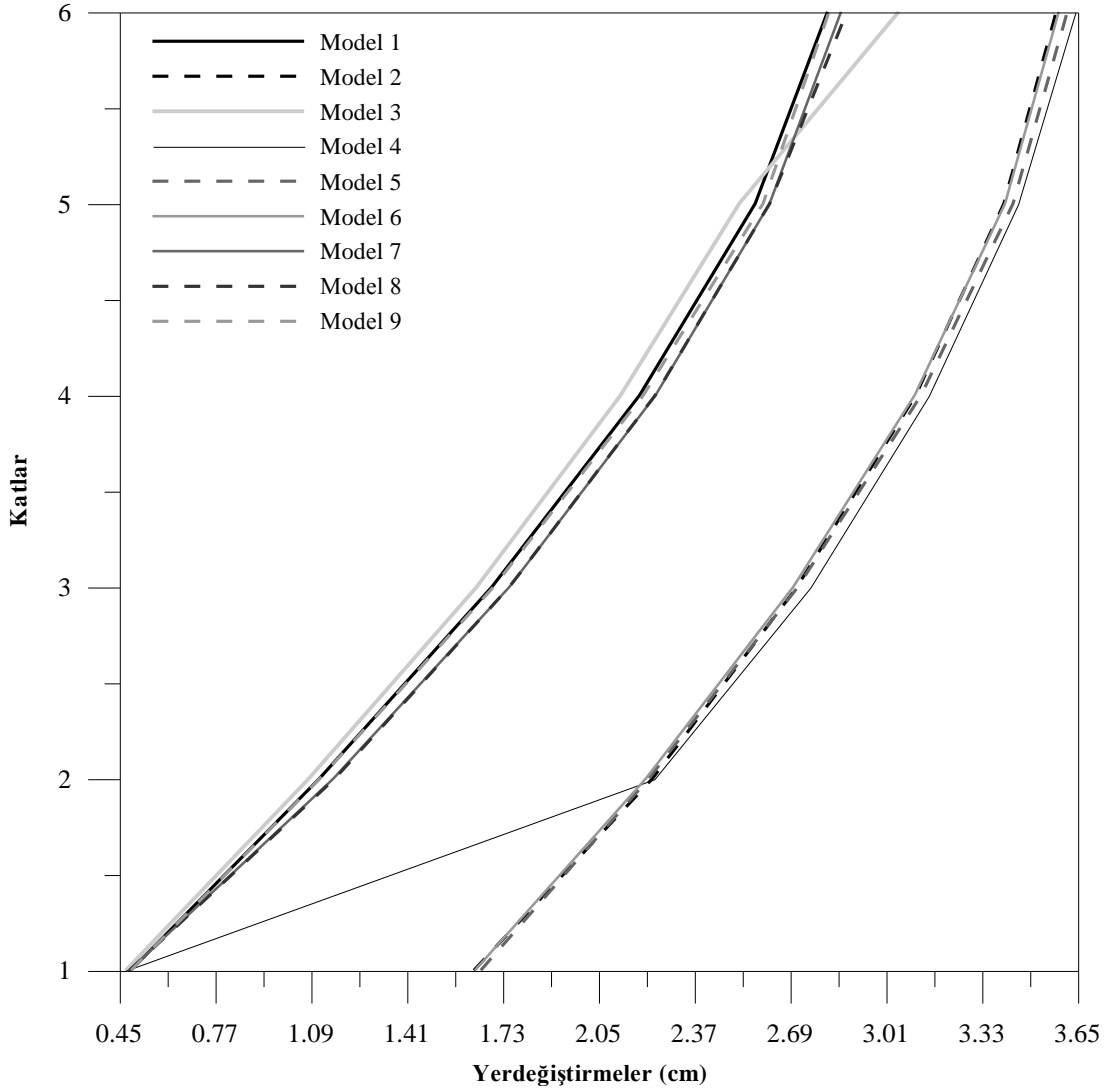
Çizelge 5.1. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin maksimum taban kesme kuvvetleri ve doğal titreşim periyotları

Taşıyıcı sistemler	Yerel zemin sınıflarına göre taban kesme kuvvetleri			Periyot (T1)
	Z1	Z2	Z3	
Model 1	303,08	381,51	527,69	0,90
Model 2	245,38	308,88	427,24	1,18
Model 3	298,16	375,31	519,12	0,92
Model 4	252,91	318,36	440,34	1,19
Model 5	267,88	337,20	466,40	1,17
Model 6	258,16	324,97	449,49	1,17
Model 7	298,71	376,01	520,08	0,92
Model 8	298,71	376,01	520,08	0,92
Model 9	303,08	381,51	527,69	0,90

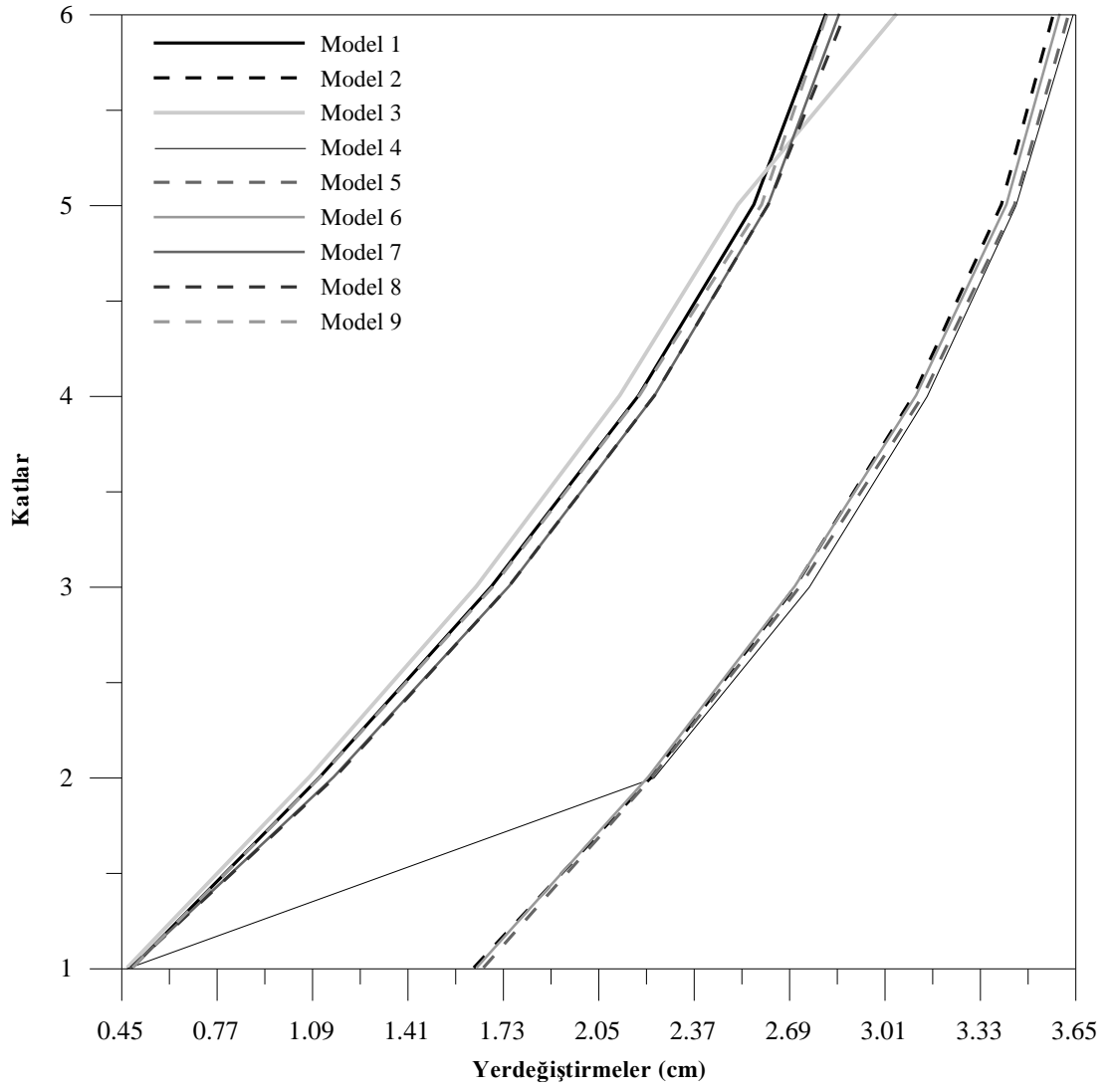
Bu çizelgeden de zayıf kat düzensizliği olan modellerin periyot değerlerinin zayıf kat düzensizliği olmayan modele (model 1) göre arttığı görülmektedir. Diğer taraftan yerel zemin sınıfı Z1'den Z3'e arttıkça diğer bir ifadeyle zemin esnekleştikçe, bu çalışmada dikkate alınan tüm modellerde taban kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, zayıf kat düzensizliğinin olmadığı modelden elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin dikkate alınan diğer modellerden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum değişik nedenlerle oluşan zayıf kat düzensizliğinin kesme kuvvetini dolayısıyla da betonarme binaların performansını azalttığını göstermektedir. Bu bulgu da hem temel zemini türünün hem de zayıf kat düzensizliğinin yapıların deprem emniyeti açısından oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY'deki Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden yükseklik boyunca (kat seviyelerinde) x ve y yönlerindeki yer değiştirme dağılımları sırasıyla Şekil 5.12-Şekil 5.17'de verilmektedir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi, x ve y yönlerinde model 1'den elde edilen yer değiştirme değerleri genellikle bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan diğer modellerden daha küçük olmaktadır.

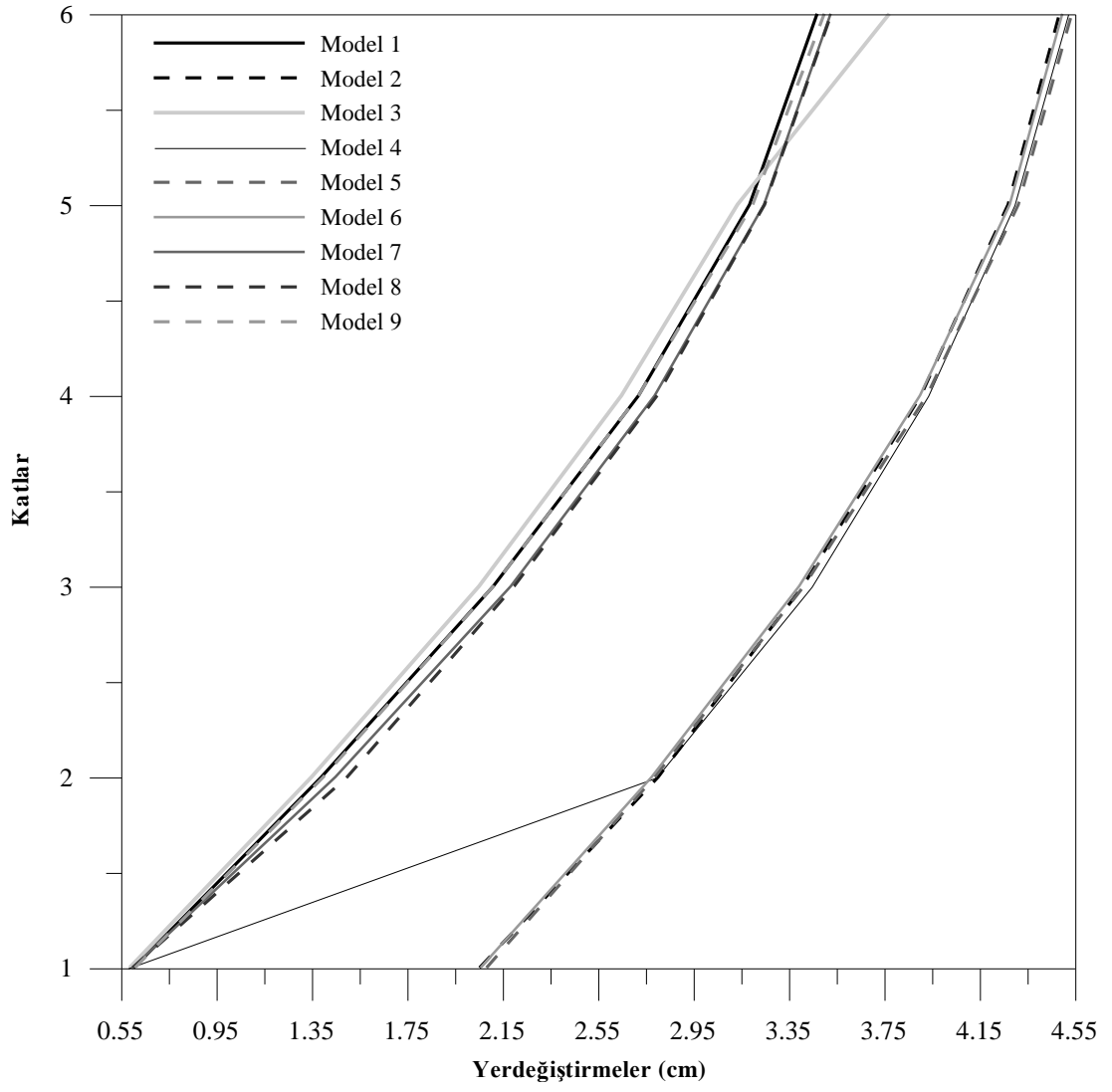
Diğer taraftan yumuşak kat düzensizliğinin olduğu durumlarda yer değiştirme değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu bulgular model 1'in diğer modellerden daha iyi davrandığını diğer bir ifadeyle daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.



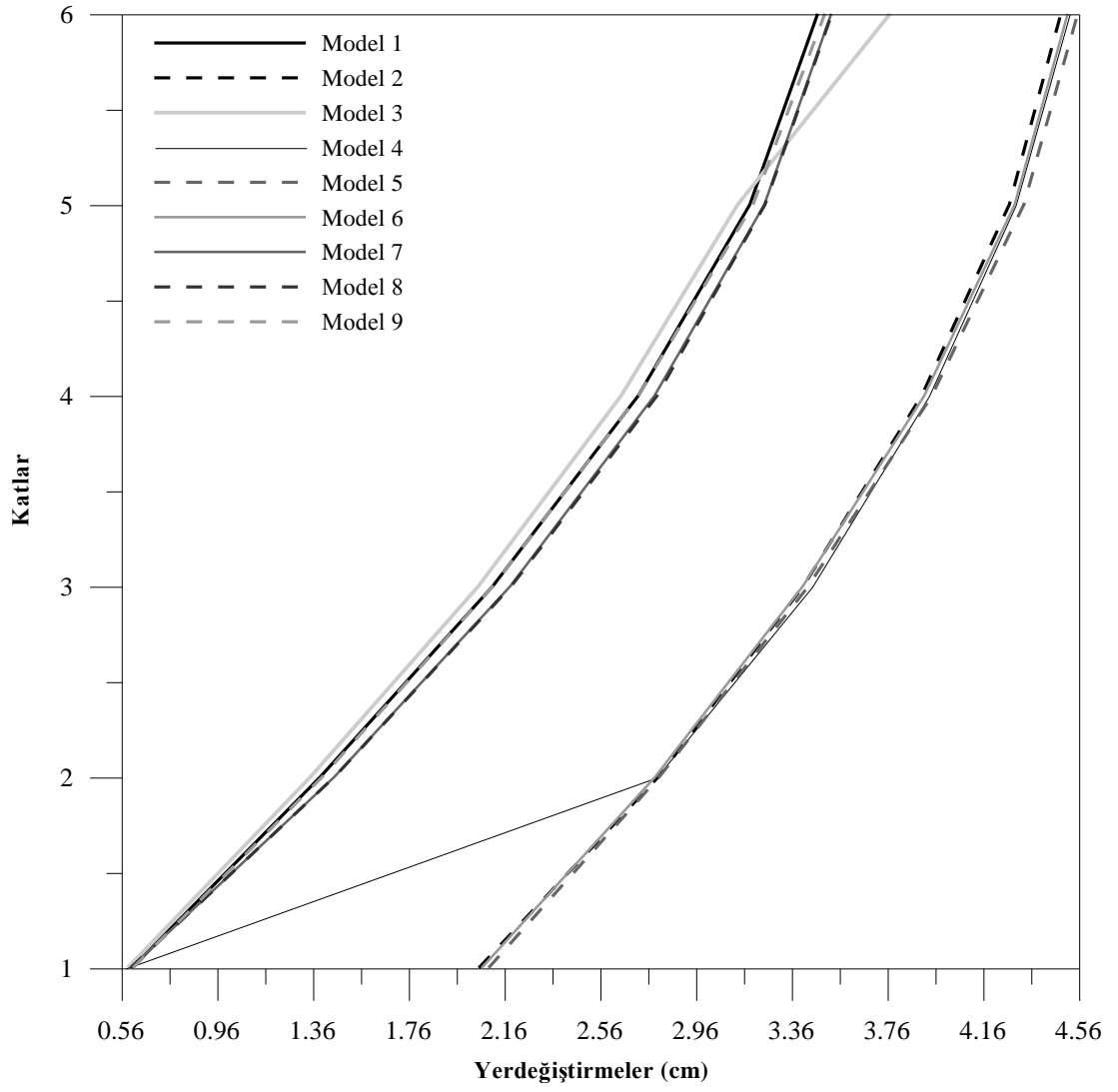
Şekil 5.12. Z1 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri.



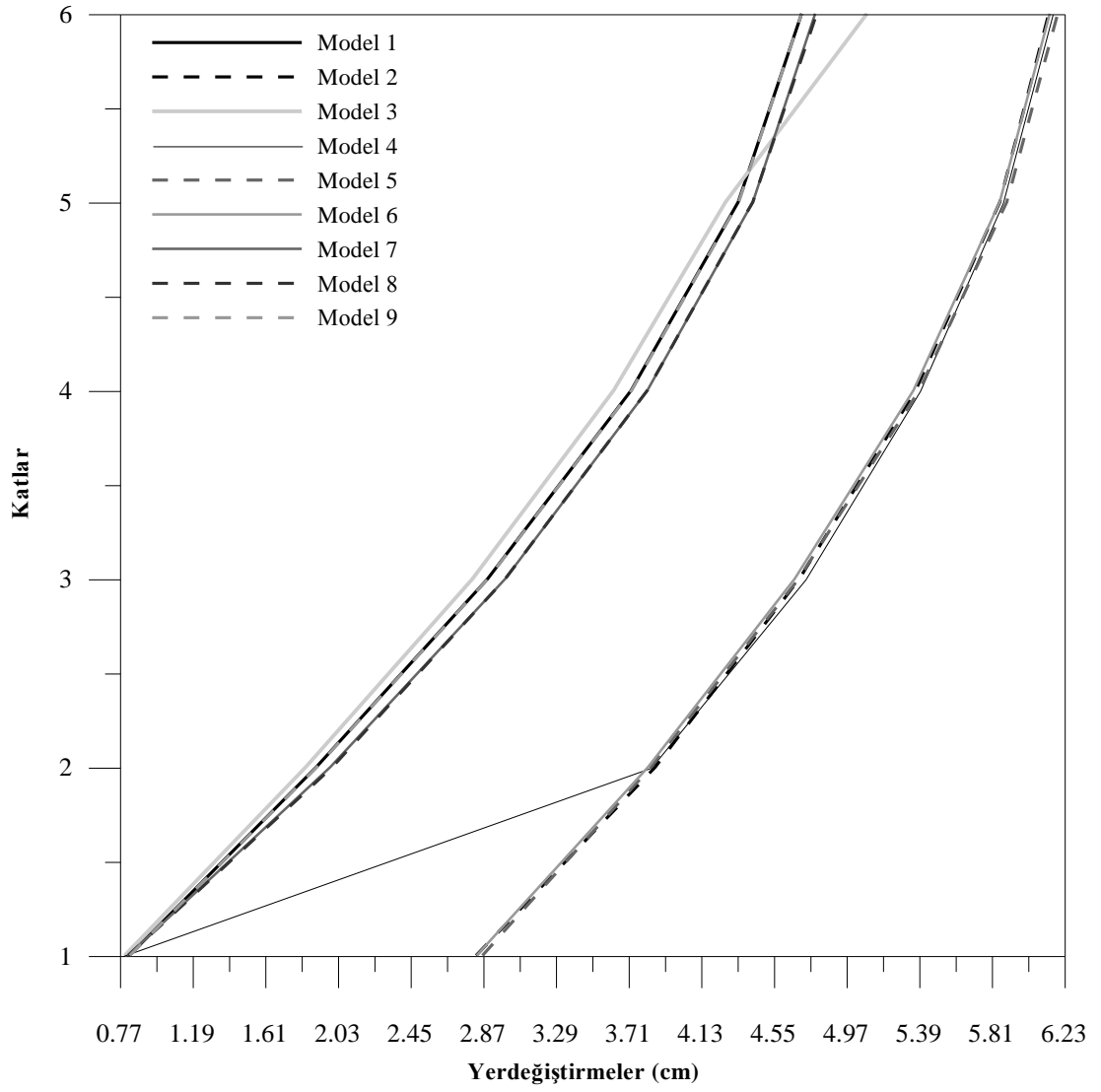
Şekil 5.13. Z1 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri.



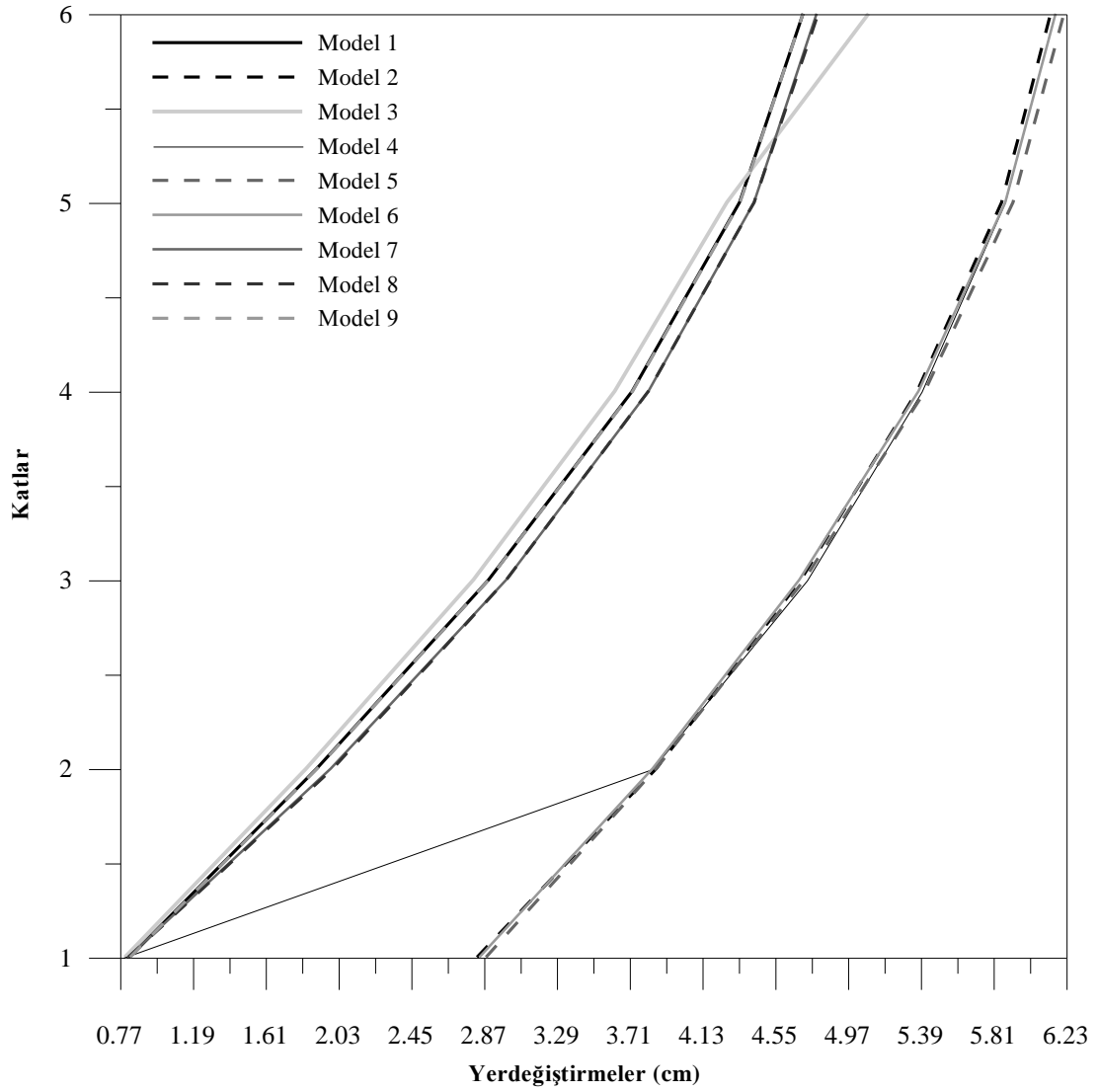
Şekil 5.14. Z2 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri.



Şekil 5.15. Z2 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri.



Şekil 5.16. Z3 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yer değiştirme değerleri.



Şekil 5.17. Z3 yerel zemin sınıfı için sayısal uygulamada dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yer değiştirme değerleri.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla gerçekleştirilen yapısal özömlerden elde edilen zayıf kat düzensizliğinin kontrolü izelge 5.2'de verilmektedir. Bu çizelgeden model 1 (referans model) hariç dikkate alınan diğer modellerde zayıf kat düzensizliği görölmektedir.

Çizelge 5.2. B1 komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliğinin kontrolü.

Taşıyıcı Sistemler	Katlar	η_{eix}	η_{eiy}	Açıklama
Model 1	Z	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	1	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 2	Z	0,58	0,58	<0,6 Düzensiz (boyutlar artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalı)
	1	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 3	Z	0,58	0,58	<0,6 Düzensiz (boyutlar artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalı)
	1	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,78	1,78	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 4	Z	0,58	0,58	<0,6 Düzensiz (boyutlar artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalı)
	1	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 5	Z	0,47	0,48	<0,6 Düzensiz (boyutlar artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalı)
	1	1,25	1,21	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 6	Z	0,50	0,53	<0,6 Düzensiz (boyutlar artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalı)
	1	1,17	1,1	Zayıf kat düzensizliği yok
	2	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	3	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	4	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 7	Z	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	1	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	2	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	3	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	4	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 8	Z	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	1	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	2	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	3	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	4	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)
Model 9	Z	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	1	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	2	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	3	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	4	1,0	1,0	Zayıf Kat bakımından düzenli
	5	1,0	1,0	Zayıf kat düzensizliği yok (üst kat)

Burada Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'daki verilen sırasıyla model 7, model 8 ve model 9'da görülen zayıf kat düzensizliğinin bu çizelgede görülmemesi, bugün yürürlükte bulunan Türkiye deprem yönetmeliğindeki önerilen bağıntılarda beton sınıfının dikkate alınmaması nedeniyle olduğunu belirtmek uygun olacaktır.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY'de önerilen üç farklı yerel zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerden elde edilen yumuşak kat düzensizliğinin kontrolü ise Çizelge 5.3'de verilmektedir. Bu çizelgeden de Z3 zemin sınıfı için model 2, model 4, model 5 ve model 6'da zayıf kat düzensizliği ile birlikte yumuşak kat düzensizliğinin de meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 5.3. B1 komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliğinin kontrolü.

Modeller Katlar		Yerel zemin sınıflarına göre rijitlik düzensizlik katsayıları ve düzensizlik kontrolü											
		Z1				Z2				Z3			
		η_{kix}	η_{kiy}	$R(\Delta_i)_{max}/h_i$	$(\theta_i)_{max}$	η_{kix}	η_{kiy}	$R(\Delta_i)_{max}/h_i$	$(\theta_i)_{max}$	η_{kix}	η_{kiy}	$R(\Delta_i)_{max}/h_i$	$(\theta_i)_{max}$
Model 1	Z	0,78	0,78	0,0092 < 0,02	0,021 < 0,12	0,77	0,77	0,0115 < 0,02	0,021 < 0,12	0,77	0,77	0,0159 < 0,02	0,021 < 0,12
	1	1,09	1,09			1,09	1,09			1,09	1,09		
	2	1,17	1,17			1,18	1,18			1,20	1,20		
	3	1,28	1,28			1,31	1,31			1,34	1,34		
	4	1,60	1,60			1,64	1,64			1,69	1,69		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 2	Z	1,65	1,65	0,0144 < 0,02	0,041 < 0,12	1,64	1,64	0,0181 < 0,02	0,041 < 0,12	1,64	1,64	0,0249 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,041 < 0,12
	1	1,23	1,23			1,24	1,24			1,24	1,24		
	2	1,22	1,22			1,22	1,22			1,24	1,24		
	3	1,35	1,35			1,35	1,35			1,38	1,38		
	4	1,69	1,69			1,70	1,70			1,72	1,72		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 3	Z	0,77	0,77	0,009 < 0,02	0,021 < 0,12	0,77	0,77	0,0112 < 0,02	0,021 < 0,12	0,76	0,76	0,0154 < 0,02	0,021 < 0,12
	1	1,09	1,09			1,09	1,09			1,09	1,09		
	2	1,17	1,17			1,17	1,17			1,18	1,18		
	3	1,21	1,21			1,23	1,23			1,26	1,26		
	4	0,99	0,99			1,02	1,02			1,06	1,06		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 4	Z	0,44	0,44	0,0156 < 0,02	0,042 < 0,12	0,43	0,43	0,0195 < 0,02	0,042 < 0,12	0,43	0,43	0,0268 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,042 < 0,12
	1	2,04	2,04			2,04	2,04			2,05	2,05		
	2	1,32	1,32			1,33	1,33			1,35	1,35		
	3	1,32	1,32			1,35	1,35			1,38	1,38		
	4	1,56	1,56			1,61	1,61			1,67	1,67		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 5	Z	1,77	1,76	0,0147 < 0,02	0,042 < 0,12	1,77	1,76	0,0185 < 0,02	0,042 < 0,12	1,76	1,76	0,0255 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,042 < 0,12
	1	1,14	1,14			1,14	1,14			1,15	1,15		
	2	1,20	1,20			1,21	1,21			1,22	1,23		
	3	1,34	1,34			1,35	1,35			1,37	1,37		
	4	1,69	1,69			1,70	1,70			1,72	1,72		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 6	Z	1,72	1,71	0,0146 < 0,02	0,041 < 0,12	1,72	1,71	0,0183 < 0,02	0,041 < 0,12	1,71	1,71	0,0252 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,041 < 0,12
	1	1,17	1,17			1,17	1,17			1,18	1,18		
	2	1,21	1,21			1,21	1,21			1,23	1,23		
	3	1,34	1,34			1,35	1,35			1,37	1,37		
	4	1,69	1,69			1,70	1,70			1,72	1,72		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 7	Z	0,71	0,71	0,01 < 0,02	0,023 < 0,12	0,71	0,71	0,0125 < 0,02	0,023 < 0,12	0,70	0,70	0,0172 < 0,02	0,023 < 0,12
	1	1,16	1,16			1,16	1,16			1,16	1,16		
	2	1,21	1,21			1,22	1,22			1,23	1,23		
	3	1,28	1,28			1,31	1,31			1,35	1,35		
	4	1,60	1,60			1,64	1,64			1,69	1,69		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 8	Z	0,71	0,71	0,01 < 0,02	0,023 < 0,12	0,71	0,71	0,0125 < 0,02	0,023 < 0,12	0,70	0,70	0,0172 < 0,02	0,023 < 0,12
	1	1,16	1,16			1,16	1,16			1,16	1,16		
	2	1,21	1,21			1,22	1,22			1,23	1,23		
	3	1,28	1,28			1,31	1,31			1,35	1,35		
	4	1,60	1,60			1,64	1,64			1,69	1,69		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		
Model 9	Z	0,78	0,78	0,0092 < 0,02	0,021 < 0,12	0,77	0,77	0,0115 < 0,02	0,021 < 0,12	0,77	0,77	0,0159 < 0,02	0,021 < 0,12
	1	1,09	1,09			1,09	1,09			1,09	1,09		
	2	1,17	1,17			1,18	1,18			1,20	1,20		
	3	1,28	1,28			1,31	1,31			1,34	1,34		
	4	1,60	1,60			1,64	1,64			1,69	1,69		
	5	0,0	0,0			0,0	0,0			0,0	0,0		

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Z1 yerel zemin sınıfı için Sta4-CAD programı yardımıyla beton sınıfının artırılarak zayıf kat düzensizliğinin ortadan

kaldırılması için gerekli olan minimum beton sınıfları ve doğal titreşim periyotları (T1) Çizelge 5.4’de verilmektedir.

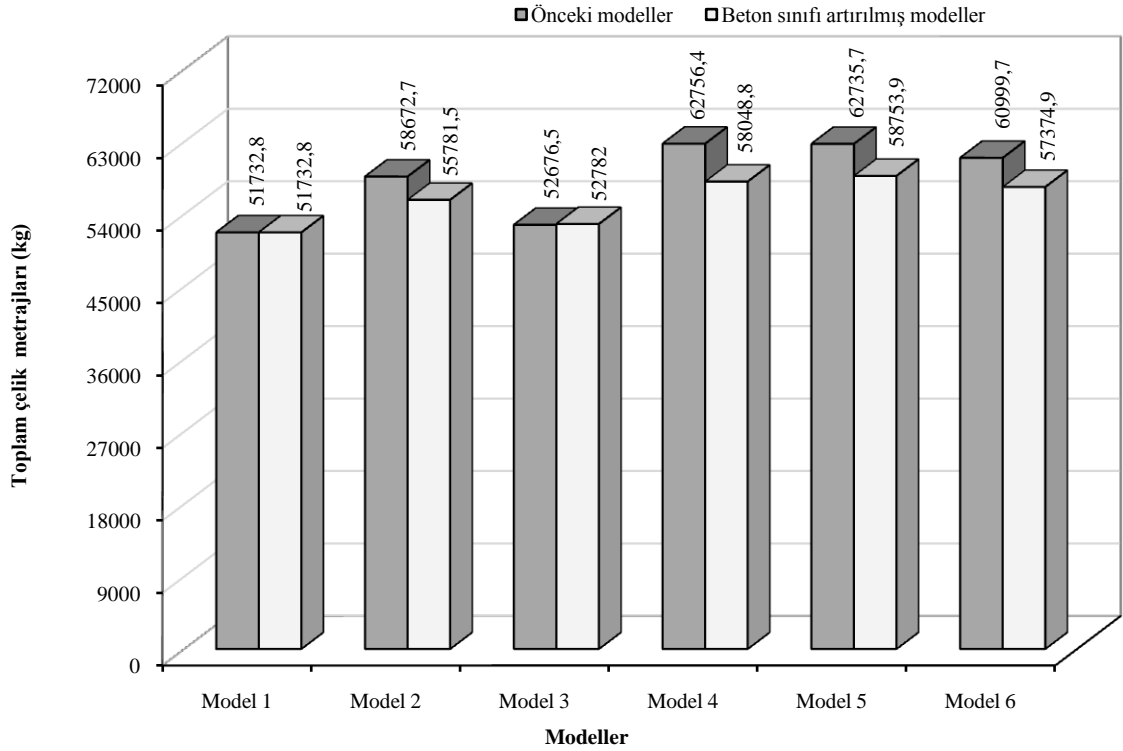
Çizelge 5.4. Z1 yerel zemin sınıfı için zayıf kat düzensizliğinin oluşmaması için gerekli olan minimum beton sınıfları ve 1. doğal titreşim periyotları

Modeller	Yeterli olan beton sınıfları						Periyot (T1)
	Katlar						
	Zemin kat	1. kat	2. kat	3. kat	4. kat	5. kat	
Model 1	C30	C30	C30	C30	C30	C30	0,90
Model 2	C55	C30	C30	C30	C30	C30	1,12
Model 3	C30	C30	C30	C30	C30	C60	0,91
Model 4	C30	C55	C30	C30	C30	C30	1,14
Model 5	C65	C30	C30	C30	C30	C30	1,09
Model 6	C60	C30	C30	C30	C30	C30	1,10

Bu çizelgeden zayıf kat düzensizliğinin beton sınıfının artırılmasıyla ortadan kaldırılabileceği dolayısıyla malzeme dayanımlarının zayıf kat düzensizliğine etkisinin olduğu görülmektedir. Ayrıca beton sınıfının artırılmasıyla zayıf kat düzensizliği ortadan kaldırılan modellerin zayıf kat düzensizliği olan modellere göre periyot değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Bu bulgu malzeme dayanımlarının da zayıf kat düzensizliği açısından önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Burada bu gün yürürlükte bulunan TDY’de S220 çeliğinin inşaatlarda kullanılmasına izin verilmediğinden sadece beton sınıfının artırılarak zayıf kat düzensizliği ortadan kaldırılmasının hedeflendiğini ve model 7, model 8 ve model 9’da malzemeye (beton ve/veya çelik) bağlı olarak zayıf kat düzensizliğinin oluştuğunu dolayısıyla bu modellerin burada dikkate alınmadığını belirtmek uygun olacaktır.

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY’de önerilen Z1 zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen toplam demir metrajlarının grafik olarak değişimleri Şekil 5.18’de verilmektedir.



Şekil 5.18. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam demir miktarlarının Z1 yerel zemin sınıfına göre değişimleri.

Bu şekilden de görüldüğü gibi bu çalışmada dikkate alınan modellerden en küçük toplam demir metrajı değerleri zayıf kat düzensizliğinin olmadığı model 1'den (referans modelden) elde edilmektedir. Diğer taraftan, beton sınıfı artırılarak zayıf kat düzensizliğinin ortadan kaldırılmasıyla elde edilen toplam demir metrajı miktarı değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu bulgu da malzeme dayanımlarının hem zayıf kat düzensizliği açısından hem de maliyet açısından önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Burada bu gün yürürlükte bulunan TDY'de önerilen yerel zemin sınıfları Z1'den Z3'e arttıkça beton sınıfının daha arttığını (C100'den fazla) dolayısıyla bu özelliklere sahip beton sınıfının temin edilmesinin kolay olmadığını, bu nedenle karşılaştırma için sadece Z1 zemin sınıfının dikkate alındığını belirtmek uygun olacaktır.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde önerilen farklı zemin türlerine göre zayıf kat düzensizliği bulunan betonarme bina modellerinin deprem davranışı ve kaba inşaat maliyetine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilebilen başlıca sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

1. TDY’de önerilen yerel zemin sınıflarına göre en düşük toplam demir metraji değerleri model 1’den elde edilmektedir. Bu sonuç zayıf kat düzensizliğinin olmadığı modelin (model 1) diğer modellere göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Ayrıca yerel zemin sınıfı Z1’den Z3’e arttıkça diğer bir ifadeyle zemin esnekleştikçe bu çalışmada dikkate alınan modellerin demir metraji artmaktadır.
2. Zayıf kat düzensizliği olan modellerin periyot değerlerinin zayıf kat düzensizliği olmayan modele (model 1) göre arttığı ve taban kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, değişik nedenlerle oluşan zayıf kat düzensizliğinin betonarme binaların performansını azalttığını göstermektedir. Ayrıca yerel zemin sınıfı Z1’den Z3’e arttıkça, bu çalışmada dikkate alınan tüm modellerde, taban kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür.
3. Zayıf kat düzensizliği bulunan modellerin göreceli yer değiştirmelerinin arttığı görülmüştür. Bu durum zayıf kat düzensizliği bulunmayan betonarme binanın (model 1) zayıf kat düzensizliği bulunan binalara göre en önemli üstünlüklerinden biri olmaktadır.
4. Betonarme binaların özellikle ticari amaçlı kullanılan zemin katlarında görülen zayıf ve yumuşak kat düzensizliğini önlemek için bu katlarda betonarme perde

duvarlar ya da eğik (diyagonal) elemanların kullanılması bu düzensizliklerin önlenmesi için önerilmektedir.

5. Bu gün yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Yönetmeliğinde zayıf kat düzensizliğine ilişkin verilen bağıntılarda malzeme, özellikle beton, dayanımlarının etkisi ihmal edildiği görülmektedir. Bu tez çalışmasının bulguları dikkate alındığında Türkiye Deprem Yönetmeliğinde zayıf kat düzensizliği için önerilen tasarım bağıntılarının, malzeme dayanımlarını da dikkate alarak, değiştirilmesi önerilmektedir.
6. Bu çalışmanın bulgularının tartışılması Türkiye gibi aktif deprem kuşağında bulunan ülkelerde inşa edilen binaların tasarımında zayıf kat düzensizliğinin dikkate alınmasının yapı maliyeti açısından da önemli olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Adalier, K. and Aydingun, O., “Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana-Ceyhan (Turkey) earthquake”, *Engineering Structures*, 23 (4): 343-355 (2001).

Akbulut, M. T., “Depreme dayanıklı yapı tasarımı eğitimi yaklaşımı”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 586-592 (2005).

Altıntop, M. A., “Analysis of building structures with soft stories” Yüksek Lisans Tezi, *Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).

Ambrose, J. and Vergun, D., “Seismic Design of Buildings”, *John Wiley & Sons*, New York, USA, (1985).

Arslan, M. H. and Korkmaz, H. H., “What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?”, *Engineering Failure Analysis*, 14 (1): 1-22 (2007).

Argüz Döker, S., “Deprem kuvveti etkisindeki betonarme binalarda yapısal düzensizliklerin irdelenmesi ve lineer olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması” Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2010).

Aşıkkutlu, M., Terzi, M. ve Elçi, H., “A2 türü düzensizliklerin kesit tesirlerine etkisi”, *IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, 415-424 (2002).

Aydemir, Z., “TDY 2007 ile Eurocode 8’in betonarme binalarda maliyet açısından karşılaştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2011).

Aydın, A. Ç., “Planda düzensiz bir yapının deprem performansı analizi” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2009).

Aydın, K., “Dikey doğrultuda kütle düzensizliği olan yapıların deprem altındaki davranışı” *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi*, İstanbul, (2004).

Ayyıldız, S., ve Özbayraktar, M., “Mimarlık eğitiminde depreme dayanıklı yapı tasarımı süreci ve bu süreçte disiplinler arası iletişimin önemi”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 1224-1234 (2005).

Bayülke, N., “Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı” *Tuna yayınevi*, Ankara, (1998).

Bayülke, N., “Zemin ve betonarme yapı deprem davranışı”, *Evrım yayınevi*, Ankara, (2012).

Bilgin, H., ve Özmen, H. B., “Kamu yapılarında beton dayanımı ve enine donatının performansa etkisi”, *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi (ACE-2006)*, İstanbul, 1-10 (2006).

Biniciksü, H., Kaplan, H. ve Görür, E. B., “Türkiye’de yaşanan son depremlerde malzeme kalitesi ve kötü işçiliğin neden olduğu hasarlar”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 703-706 (2005).

Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. Ve Wasti, S. T., “Binalar için deprem mühendisliği temel ilkeleri”, *ODTÜ Geliştirme vakfı yayıncılık ve iletişim A.Ş.*, Ankara, (2008).

Celep, Z., “Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı”, *Beta dağıtım*, İstanbul, (2004).

Celep, Z., Erken, A., Taşkın, B. and İlki, A., “Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovancılar and Palu (Elazığ) earthquakes in Turkey”, *Engineering Failure Analysis*, 18 (3): 868-889 (2011).

Çamyar, H., “Çerçevesiz taşıyıcı sistemlerde düşeydeki düzensizliklerin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2009).

Doğan, M., Ünlüoğlu, E. and Özbaşaran, H., “Earthquake failures of cantilever projections buildings”, *Engineering Failure Analysis*, 14 (8): 1458-1465 (2007).

Doğangün, A., “Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl earthquake in Turkey”, *Engineering Structures*, 26 (6): 841-856 (2004).

Doğangün, A., “Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı”, *Birsın Yayınevi*, İstanbul, (2005).

Doğangün, A. ve Livoğlu, R., “Yumuşak kat düzensizliğinin yapı davranışına etkileri”, Balıkesir Üniversitesi, *IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, 479-489 (2002).

Dowrick, D. J., “Earthquake resistant design for engineers and architects”, *John Wiley & Sons*, Chichester, USA, (1987).

Durmuş, A., “Reasons for being out of service for reinforced concrete structures in Erzincan earthquake”, *Proceedings of the Fourth International Conference on Civil Engineering*, Tehran, Vol I: 428-438 (1997).

Ersoy, U., Uzsoy, Ş., Aktan E., “Dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti”, *TÜBİTAK, PROGE MAG-205*, Ankara, (1971).

Evcil, E., “Yeni deprem yönetmeliğine (TDY-98) göre düzensizliklerin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, (2005).

Gezmiş, M. G., “Planda taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensiz olan betonarme iki yapının davranışının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2012).

Gürsoy, Ş., “Farklı rijitleştirici elemanlara sahip binaların depreme göre maliyetlerinin karşılaştırılması”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, **28** (3): 533-544 (2013).

Işık, G., “Betonarme binaların zemin katında oluşabilen kısa kolon ve yumuşak kat davranışının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, (2006).

İnan, T., ve Korkmaz, K., “Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **28** (3): 240-248 (2012).

İnan, T., Korkmaz, K. and Cağatay, I. H., “The effect of architectural form on the earthquake behavior of symmetric RC frame systems”, **Computers and Concrete**, **13** (2): 271-290 (2014).

İnel, M., Bilgin, H. ve Özmen, H. B., “Orta yükseklikli betonarme binaların Türkiye’de yaşanan son depremlerdeki performansı”, **Teknik Dergi**, 4319-4331 (2008).

İrtem, E., “Deprem yükleri altındaki çok katlı betonarme yapıların burulma düzensizliğinin giderilmesi için öneriler”, **IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu**, Balıkesir, 437-446 (2002).

Kahraman, S., Mısır, İ. S., “Proje dışı eklenen katların taşıyıcı sisteme etkileri”, **Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi**, Bildiriler CD'si,01-Yapı-0064, İstanbul, (2004).

Kaplan, O., “Uygulamada kullanılan profesyonel bir statik-betonarme hesap ve çizim yazılımının irdelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, (2007).

Kaplan, H., Tama, Y. S. ve Yılmaz, S., “Yapıların üst rijit kat oluşturularak güçlendirilmesi”, **Deprem Sempozyumu**, Kocaeli, 546-552 (2005).

Kaplan, H., Yılmaz, S., Binici, H., Yazar, E. and Cetinkaya, N., “May 1, 2003 Turkey-Bingöl earthquake: damage in reinforced concrete structures” **Engineering Failure Analysis**, **11** (3): 279-291 (2004).

Karasu, T. O., “Yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bir yapının TDY 2007’ye göre performans analizi” Yüksek Lisans Tezi, **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Manisa, (2011).

Karasu, T. O., Erdem, R. T., Demir, A. ve Bağcı, M., “Yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bir binanın performansının incelenmesi” *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7.(2): 61-69 (2011).

Karaşin, A. H. ve Karaesmen. E., “Bingöl depreminde meydana gelen yapısal hasarların irdelenmesi” *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 386-396 (2005).

Kirac, N., Dogan, M. and Ozbasaran, H., “Failure of weak-storey during earthquakes”, *Engineering Failure Analysis*, 18 (2): 572-581 (2011).

Koçu, N. ve Dereli, M., “Betonarme karkas yapılarda malzeme, tasarım, uygulama hataları ve deprem etkilerinin araştırılması”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 716-724 (2005).

Korkmaz A., Uçar T., İrttem E., “Yumuşak kat düzensizliğinin ve dolgu duvarların betonarme binaların deprem davranışına etkileri”, *IMO Teknik Kongre*, Antalya, (2005).

Kutunis, M., Arman H., Fırat, S. ve Gündüz, Z., “17 Ağustos 1999 Marmara depremi ve Adapazarı bölgesinde gözlemlenen deprem hasarları”, *IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, 459-467 (2002).

Özer, Ö., “Betonarme bina analizinde dolgu duvarların yatay ve düşey yüklere karşı davranışı” Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2009).

Öztürk, D., Bozdoğan, B. K., ve Nuhoglu, A., “Betonarme yapılarda beton sınıfının taşıyıcı sistem davranışına etkisi”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 506-511 (2005).

Scawthorn, C. and Johnson, G. S., “Preliminary report Kocaeli (Izmit) earthquake of 17 August 1999”, *Engineering Structures*, 22 (7): 727-745 (2000).

Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J. and Mosalam, K. M., “Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey”, *Engineering Structures*, 25 (1): 103-114 (2003).

Sta4-CAD, “Structural analysis for computer aided design”, ver.13.1. www.sta.com.tr (2010).

Terzi M. ve Elçi H., “Çerçeve tipi betonarme yapılarda döşeme süreksizliklerinin kesit tesirlerine etkisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (3):341-349 (2006).

Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z. ve Erkal, A., “Zayıf kat-yumuşak kat düzensizliği”, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 339-349 (2007).

TDY-2007, “Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara, 1-159 (2007).

Topçu A., “Taşıyıcı sistem düzensizlikleri”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, <http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu> (2013).

Toptaş, G., “Çok katlı yapılarda geometrik ve yük düzensizliklerinin dinamik analizi” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).

TS-500, “Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2000).

Tuna, M. E., “Depreme dayanıklı yapı tasarımı”, *Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı*, Ankara, (2000).

Yavuz, İ. Y., “Bodrum kat perde duvarların yapısal düzensizliklere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).

Yedikardeş, U., “Deprem yönetmeliğine göre yapılardaki A2 düzensizlik durumunun incelenmesi ve perde yerleşiminin düzensizliğe etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2010).

Yön, B., Sayın, E. ve Köksal, T. S., “Seismic response of buildings during the May 19, 2011 Simav, Turkey earthquake”, *Earthquakes and Structures*, 5 (3): 343-357 (2013).

ÖZGEÇMİŞ

Ramazan ÖZ 1984 yılında Karabük'te doğdu; ilköğrenimini aynı şehirde tamamladı. Ortaokul ve lise öğrenimini Safranbolu Anadolu Lisesinde tamamlayarak mezun oldu. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek öğrenime başlayıp 2008 yılında mezun oldu. 2008-2009 yılında SPIG Soğutma Sistemleri Ltd. Şirketinde Şantiye Şefi olarak görev yaptı. 2010 yılında Safranbolu belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak görev başladı ve halen bu görevi yapmaktadır. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans programında eğitimine başlamıştır. Nişanlı olan ve orta derecede İngilizce bilen Ramazan ÖZ halen Safranbolu belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (507) 394 4789

E-posta : ozramazan@gmail.com