

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**DÜŞEYDE DÜZENSİZ YAPILARIN DİNAMİK
DAVRANIŞINA DEPREM BÖLGELERİNİN VE ZEMİN
SINIFLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Cansu ERGİN

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR**

Yozgat 2016

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**DÜŞEYDE DÜZENSİZ YAPILARIN DİNAMİK
DAVRANIŞINA DEPREM BÖLGELERİNİN VE ZEMİN
SINIFLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Cansu ERGİN

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR**

Yozgat 2016

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 70110713003 numaralı öğrencisi Cansu ERGİN'in hazırladığı "Düşeyde Düzensiz Yapıların Dinamik Davranışına Deprem Bölgelerinin ve Zemin Sınıflarının Etkisinin İncelenmesi" başlıklı ~~Doktora~~ Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 09.12.2016 Cuma günü saat 11:00'de yapılmış, tezin onayına oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatih ALTUN



Üye : Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR (Danışman)



Üye : Doç. Dr. Fuat KÖKSAL



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...19/12/2016 tarih ve38..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

19/12/2016



Doç. Dr. Fuat KÖKSAL
Müdür
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	4
3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI ESASLARI	15
3.1. Deprem ve Yapı-Zemin İlişkisi.....	15
3.2. Deprem Etkilerinin Hesap Yöntemleri.....	21
3.3. Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri.....	24
3.3.1. A – Planda Düzensizlik Durumları İlgili Maddeler	24
3.3.1.1. A1-Burulma Düzensizliği	24
3.3.1.2. A2- Döşeme Süreksizlikleri	25
3.3.1.3. A3- Planda Çıkıntılarının Bulunması	26
3.3.2. B – Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları İlgili Maddeler	26
3.3.2.1. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat).....	26
3.3.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	27
3.3.2.3. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği.....	28
4. MODELLEME ÇALIŞMALARI.....	30
4.1. Modelleme Yapılacak Yapılara Ait Genel Bilgiler.....	30
4.2. Düzenli Yapı	31
4.2.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları.....	32
4.2.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri....	37
4.2.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri.....	41
4.2.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri.....	45
4.3. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat).....	50
4.3.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları.....	52
4.3.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri....	56

4.3.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri.....	60
4.3.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri.....	64
4.4. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	69
5.3.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları.....	70
4.4.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri	75
4.4.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri.....	79
4.4.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri.....	83
4.5. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	88
4.5.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları.....	89
4.5.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri	94
4.5.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri.....	98
4.5.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri	102
5. SONUÇLAR.....	108
KAYNAKLAR	110
ÖZGEÇMİŞ.....	114

DÜŞEYDE DÜZENSİZ YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞINA DEPREM BÖLGELERİNİN VE ZEMİN SINIFLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Cansu ERGİN

Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

2016; Sayfa:114

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR

ÖZET

Tez çalışması kapsamında, düşeyde düzensizlikleri bulunan ve bulunmayan 4 farklı binanın modellenmesi ve düzensizliklerin, deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre, bina dinamik davranışlarına etkisi incelenmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre düşeyde düzensizliğine sahip, farklı deprem bölgelerinde (D1,D2,D3 ve D4) ve farklı zemin sınıfında (Z1,Z2,Z3 ve Z4) inşa edilmiş yapıların dinamik davranışlarının analizleri ideCAD[®] paket programı kullanılarak yapıp, elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Depremlerde yapı hasarlarına neden olan etmenler; zemin karakteristiği, deprem karakteristiği ve yapı özellikleri olarak özetlenebilir. Yapıların, inşa edildiği deprem bölgeleri, zemin sınıfları ve taşıyıcı sistem özellikleri maruz kalacağı kuvvetlerini etkilemektedir. Sade ve simetrik taşıyıcı sisteme sahip bir yapının dinamik davranışının analizi, taşıyıcı sistemi simetrik olmayan ve karmaşık bir yapının dinamik davranışının analizinden ve boyutlandırılmasından çok daha kolay ve güvenilirdir. Günümüzde yapılarda farklı ve ilginç tasarımlar ön plana çıkmaya başlamıştır. İlginç yapıların tasarımı yapı düzensizliklerini de beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında düşeyde yapı düzensizlikleri ve bu düzensizliklerin görüldüğü binaların farklı deprem bölgelerine göre ve zemin sınıflarına göre dinamik davranışlarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Düşeyde Düzensizlik, Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı, Dinamik Davranış.

**THE INVESTIGATION OF EFFECTS OF EARTHQUAKE ZONES AND SOIL
CLASSES TO THE DYNAMIC BEHAVIORS OF STRUCTURES WITH VERTICAL
IRREGULARITIES**

Cansu ERGİN

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master of Science Thesis**

2016; Page: 114

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR

ABSTRACT

The effect of modeling and irregularities of 4 different buildings, which have and do not have vertical irregularity, on building dynamic behaviors was investigated in terms of earthquake zones and soil structure within the scope of this thesis. ideCAD[®] package program was used to analyze dynamic behaviors of the buildings which have vertical irregularity in accordance with Turkish Earthquake Code 2007 and were built in different earthquake zones (E1, E2, E3 and E4) and soil class (Z1, Z2, Z3 and Z4) and the obtained results were compared.

Factors leading to building damages in earthquakes can be summarized as soil characteristics, earthquake characteristics and building features. Earthquake zones where the buildings are built, their soil classes and carrier system features affect the strength that they are going to be exposed to. The analysis of dynamic behavior of a building having simple and symmetrical carrier system is much easier and reliable than the analysis and modeling of dynamic behavior of a nonsymmetrical and complex building. In our day, unique and interesting designs of buildings come to the the forefront. Design of such interesting buildings brings along building irregularities as well. This thesis aims to investigate vertical building irregularities and the effect of these irregularities on dynamic behaviors in terms of earthquake zones and soil classes.

Keywords: Vertical irregularities, Seismic Zone, Soil Class, Dynamic Behavior

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR'e teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübesi ile bana her konuda yardımcı olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Fuat KÖKSAL'a en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Jüri üyesi Sayın Prof. Dr. Fatih ALTUN'a da çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresi boyunca bana yakınlık gösteren ve çok rahat bir ortamda çalışmamı sağlayan emeği geçen Bozok Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde görev yapan değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatta desteklerini benden hiç esirgemeyen kıymetli annem Feryal ERGİN'e, babam Fatih ERGİN'e ve bana yardımları bulunan herkese teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının benzer çalışmalara kaynak ve örnek teşkil etmesini ve Ülkemize yararlı olmasını içtenlikle dilerim.

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Düzenli Yapı İçin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans	32
Tablo 4.2. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları.....	33
Tablo 4.3. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları.....	35
Tablo 4.4. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri	37
Tablo 4.5. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri	39
Tablo 4.6. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri.....	41
Tablo 4.7. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri.....	43
Tablo 4.8. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri.....	45
Tablo 4.9. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri.....	47
Tablo 4.10. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans	51
Tablo 4.11. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	52
Tablo 4.12. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	54
Tablo 4.13. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	56
Tablo 4.14. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	58
Tablo 4.15. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	60

Tablo 4.16. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	62
Tablo 4.17. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	64
Tablo 4.18. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	66
Tablo4.19. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizinden Elde Edilen Periyot ve Frekans	70
Tablo 4.20. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	71
Tablo 4.21. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	73
Tablo4.22. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	75
Tablo4.23. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	77
Tablo 4.24. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	79
Tablo 4.25. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	81
Tablo 4.26. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	83
Tablo 4.27. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	85
Tablo4.28. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans	89
Tablo 4.29. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	90
Tablo 4.30. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	92

Tablo 4.31. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	94
Tablo 4.32. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri.....	96
Tablo 4.33. B3Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	98
Tablo 4.34. B3Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	100
Tablo 4.35. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	102
Tablo 4.36. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	104

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Farklı Zemin Koşulları İçin İvme Spektrumları	16
Şekil 4.1. Düzenli Yapı Modelinin Kat Planı ve Perspektif Görünüşü	31
Şekil 4.2. Düzenli Yapı İçin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans Grafikleri	32
Şekil 4.3. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları.....	34
Şekil 4.4. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları.....	36
Şekil 4.5. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri	38
Şekil 4.6. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göreli Kat Ötelemeleri	40
Şekil 4.7. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	42
Şekil 4.8. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	44
Şekil 4.9. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	46
Şekil 4.10. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	48
Şekil 4.11. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Kat Planı ve Perspektif Görünüşü	50
Şekil 4.12. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans	51
Şekil 4.13. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	53
Şekil 4.14. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	55

Şekil 4.15. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri.....	57
Şekil 4.16. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri.....	59
Şekil 4.17. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	61
Şekil 4.18. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	63
Şekil 4.19. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	65
Şekil 4.20. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	67
Şekil 4.21. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Kat Planı ve Perspektif Görünüşü.....	69
Şekil4.22. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizinden Elde Edilen Periyot ve Frekans	70
Şekil 4.23. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	72
Şekil 4.24. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	74
Şekil 4.25. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri.....	76
Şekil 4.26. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri	78
Şekil 4.27. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	80
Şekil 4.28. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	82
Şekil 4.29. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	84
Şekil 4.30. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	86

Şekil 4.31. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Kat Planı ve Perspektif Görünüşü	88
Şekil4.32. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans	89
Şekil 4.33. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	91
Şekil 4.34. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları	93
Şekil 4.35. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y doğrultusundaki Göre Göreli Kat Ötelemeleri	95
Şekil 4.36. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göre Göreli Kat Ötelemeleri	97
Şekil 4.37. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	99
Şekil 4.38. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri	101
Şekil 4.39. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	103
Şekil 4.40. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri	105

KISALTMALAR LİSTESİ

- A** :Brüt kat alanı
- Ab** :Boşluk alanları toplamı
- A(T)** :Spektral ivme katsayısı
- Ao** :Etkin yer ivmesi katsayısı
- A_t** :Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan
- A1** :Burulma düzensizliği
- A2** :Döşeme süreksizlikleri
- A3** :Planda çıkıntıların bulunması
- B_a** :Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
- B_{ax}** :Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
- B_{ay}** :Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
- BIM** :Yapı Bilgi Sistemi (Building Information System)
- B1** :Komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliği
- B2** :Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği
- B3** :Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği
- D_i** :Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
- d_{fi}** :Binanın i'inci katında F_{fi}fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değıştirme
- d_i** :Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değıştirme
- EC-8** :Eurocode-8
- EDYY** :Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- F_{fi}** :Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
- F_i** :Eşdeğer deprem yüğü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yüğü
- f_e** :Mekanik ve elektrik donanımının kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yüğü
- f_{ck}** : Karakteristik basınç dayanımı
- f_{yk}** : Karakteristik akma dayanımı

- g** :Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)
- g_i** :Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
- H_i** :Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
- HN** :Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
- h_i** :Binanın i'inci katının kat yüksekliği
- I** :Bina Önem Katsayısı
- ℓ_{wj}** :Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu
- m_i** :Binanın i'inci katının kütlesi (m_i = w_i/g)
- m_{qi}** :Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
- MBY** :Mod Birleştirme Yöntemi
- M_{xn}** :Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- M_{yn}** :Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- M_n** :n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle binanın i'inci katının kütlesi
- N** :Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
- n** :Hareketli Yük Katılım Katsayısı
- q_i** :Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
- R** :Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- R_a(T)** :Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- S(T)** :Spektrum Katsayısı
- S_{pa}(T_r)**:r'inci doğal titreşim modu için ivme spektrumu ordinatı
- T** :Bina doğal titreşim periyodu
- T₁** :Binanın birinci doğal titreşim periyodu
- T_{1A}** :Binanın amprik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu
- T_A ,T_B** :Spektrum Karakteristik Periyotları
- Tr , Ts**:Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları

- V_i** :Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın I'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
- V_t** :Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- V_{tB}** :Mod Birleştirme Yönteminde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- W** :Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- w_e** :Mekanik veya elektrik donanımının ağırlığı
- w_i** :Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- x_{in}** : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
- Y** :Mod Birleştirme Yönteminde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
- y_{in}** : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
- $Z1$** :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
- Δ_i** :Binanın i'inci katındaki görelili kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{max}$** :Binanın i'inci katındaki maksimum görelili kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{ort}$** :Binanın i'inci katındaki ortalama görelili kat ötelemesi
- Δ_{FN}** :Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü
- η_{bi}** :i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliğı Katsayısı
- η_{ci}** :i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliğı Katsayısı
- η_{ki}** :i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliğı Katsayısı i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni
- ΣA_e** :Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
- ΣA_w** : Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamı

ΣA_g : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanının en kesit alanları toplamı

ΣA_k : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının (Kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

Θ_{in} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni



1. GİRİŞ

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri deprem etkisidir. Deprem etkisinin büyük can ve mal kaybına yol açtığı görülmektedir. Deprem etkisi ile meydana gelen can kayıplarının hemen hepsi yapıların davranışı ile ilgilidir. Bölgede oluşabilecek depremlerin özelliklerini ve yapılar üzerinde yaratacağı etkilerini önceden bilinmesi bugünün teknolojik koşullarında olanaksız görülmektedir. Fakat yeterli dayanıma sahip depreme karşı dayanıklı yapılar inşa etmek mümkündür [1].

Türkiye, dünyadaki en aktif ikinci deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Geçmişte yaşanan depremler büyük miktarlarda can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. 1894-1999 Yılları arasında meydana gelmiş 66 yıkıcı deprem bunun bir göstergesidir. 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 yapısal hasarlar ve can kayıpları inşa etmiş olduğumuz yapıların başarılarını ortaya koymaktadır. Bu depremlerde de daha önceki depremlere benzer hasarların oluşmuş olması, depremlerden gerekli derslerin çıkarılmadığını Türkiye’de hala “depreme dayanıklı yapı” üretilmediğini göstermektedir [2].

Ülkemizin toplam alanın %92’i deprem riski altında olup, nüfusumuzun da %95’i bu alanlar üzerinde yaşamaktadır. Sanayi alanlarının %98’i ve barajların %95’i deprem bölgelerinde yer almaktadır. Yirminci yüzyılın başlarından bu zamana kadar meydana gelen doğal afetlerde 87.000 kişi hayatını kaybetmiş, 210.000 üzerinde kişi ise ağır yaralanmıştır. Bu afetler sonucunda ayrıca 651.000 konut yıkılmış veya ağır hasar görmüştür [3].

Yakın zamana kadar deprem yönetmeliklerinde, deprem etkileri sadece “Eşdeğer Statik Yükler” ile ifade edilmiş olmasına rağmen günümüz şartlarıyla düzenlenen yeni deprem yönetmeliklerinde eşdeğer statik yüklemenin her tür yapı için güvenilir olmadığı belirtilmiş ve özellikle çeşitli türden düzensizlikleri olan yapılar için “Dinamik Hesap” zorunluluğu öngörülmüştür [4].

Son yıllardaki depremler sonrasında güvenilir yapı tartışması başlamıştır. Depremlerde yapı hasarına etki eden etmenler üç ana grupta toplanabilir. Bunlar zemin karakteristiği, deprem karakteristiği ve yapı özellikleridir. Daha önce zemin sınıflarının belirlenmesinde yapılan yanlışlıklar, yapılarda meydana gelen hasarların ve can kayıplarının artmasına sebep olmuştur. Deprem ivmelerinin ve zemin sınıflarının yapıya etki eden deprem kuvvetlerini etkilediği bilinmektedir [5].

Deprem yönetmelikleri yapıların depreme dayanıklı bir biçimde yapılması konusunda en önemli kaynaktır. Dünya da her ülke kendi sahip olduğu coğrafi konum ve bu coğrafyada mevcut olan jeolojik ve sismik özellikler ile yerel zemin koşulları doğrultusunda, yapıların deprem etkisi altındaki tasarımında uyulması gereken kuralları içeren yönetmelikler hazırlar. Ülkemizde de deprem mühendisliği disiplini en çok ilgilendiren Bayındırlık ve İskân Bakanlığının (şimdiki adı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) 2007 yılında hazırlamış olduğu Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)'dir. Önceki yönetmeliklerden farklı olarak kapsamına performans dayalı hesap yönteminin esas alındığı bir yapısal değerlendirme bölümü eklenmiştir.

Tüm dünyada depreme dayanıklı yapı tasarımında uygulanan temel ilke 2007 Deprem Yönetmeliği'nde de benimsenmiştir. Deprem Yönetmeliğimizin temel amacı, binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki depremlerde herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır [6].

Diğer yandan 2007 tarihli DBYBHY halen yapı - zemin etkileşimini içermemektedir. Yapı-zemin dinamik etkileşimi ilk olarak 1960'lı yılların başında, tekrar eden dinamik yükler etkisi altındaki makine ve mekanik ekipman temellerinin tasarımındaki belirleyici rolü dolayısıyla ele alınmıştır. Ardından nükleer enerji santrallerinin deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi konusunda önemli bir ilgi gören bu yaklaşım, 1970'li ve 1980'li yıllarda bilgisayarların ve bilgisayar yazılımlarının gelişmesiyle birlikte çok bilinmeyene sahip ve üç boyutlu hesap

modelleri kurularak, zemindeki sismik davranışın üst yapıya olan etkilerinin incelenmesine olanak tanınmıştır [7].

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve sistemlerden oluşan DBYBHY 2007'ye göre düzenli bir yapı ile komşu katlar arası dayanım (zayıf kat) düzensizliği, komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olan 4 farklı yapının farklı deprem bölgeleri ve farklı zemin sınıfları için analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmaya esas olan bütün yapılar zemin üzerine 4 normal kattan oluşmaktadır. Malzeme olarak C30 kalitesinde beton ve S420 kalitesinde betonarme çeliği kullanılmıştır. Yapının taşıyıcı sisteminde bulunan düzensizliklerinin etkileri ideCAD[®] mühendislik paket programında üç boyutlu olarak modellenmiş Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) kullanılarak dinamik analizleri yapılmıştır. Düşey doğrultuda düzensizliklerin, deprem bölgelerinin ve zemin sınıflarının yapı davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, her bir yapının periyot ve frekansı ile X ve Y doğrultusunda; kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvvetleri, devrilme momentleri incelenmiştir. Yapıya etkiyecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfının yanı sıra, yapının periyodu ve külesine de bağlıdır. Yapılan incelemeler sonucunda her bir yapı türü birbiriyle karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ülkemizde son dönemlerde görüldüğü gibi özellikle en büyük maddi ve manevi kayıplarımızı doğal afetler içerisinde depremler oluşturmaktadır. Bu nedenle dünya literatüründe düzensiz yapılar, deprem bölgeleri ve zemin sınıfları ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tez kapsamında bu çalışmalardan bazıları incelenmiş ve kısaca içeriklerine değinilmiştir.

Ersoy ark. (1971) tarafından bir araştırma projesi kapsamında ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılan çalışmada, dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti dokuz adet betonarme model değişik yükler altında incelenmiştir. Deneylerde, dolgu ile çerçeve arasındaki aderansın varlığı veya yokluğu, dolgunun kalınlığı, dolgulu çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğine birinci derecede etki edeceği düşünülen çerçeve açıklığının yüksekliğine oranı ve çerçeveye etki eden yatay yükün düşey yüke oranı gibi değişkenler dikkate alınmıştır. Çalışmadaki sonuçlardan, sistemin elastik yatay rijitliğinin de %500 arttığını belirtmişlerdir. Dolgunun yatay yük taşıma kapasitesini %700 arttırdığı buna karşın yatay deplasmanı %65 azalttığı sonucuna varmışlardır[8].

Gülkan ve Sözen (1974) yaptıkları çalışmada; deprem mühendisliğinde deplasmana göre tasarım performansına bağlı tasarım 1960'lı yıllara kadar uzanmakta iken literatürde, çok serbestlik dereceli bir yapı sisteminin elastik ötesi dinamik davranışını, tek serbestlik dereceli yapı davranışı ile ilişkilendirilen ilk çalışmayı yapmışlardır. Günümüzde ortaya konan yöntemlerde, Gülkan ve Sözen'in bu çalışması esas alınmıştır[9].

Köseoğlu (1987) yaptığı çalışmasında, mühendislik yapıları tasarlanırken, yapı temelinin zemin ile birlikte mümkün olduğunca uyumlu çalışması, gerek geoteknik gerekse yapısal açıdan tasarım kriterlerini yerine getirmesi hedeflemiştir. Genelde üstyapı ve temel çözümlenmeleri ayrı yapılmaktadır. Üstyapı, en alt kat kolon ve perdeleri ankastre mesnetli olarak çözülmekte, dolayısıyla zeminin yapıdan yapının da zeminden etkilenmediği varsayılmaktadır. Bu durumda, zemin-yapı etkileşimi yalnızca temel elemanının çözümüne indirgenmektedir. Hâlbuki zemin yapı

etkileşimi yüzeysel ve derin temeller, istinat yapıları ile tüneller gibi mühendislik yapılarının tasarımında önemli bir parametredir [10].

Ansal(1994), Ansal ark.(1993) yaptıkları çalışmalarda; depremlerde hasara yol açan etmenleri, yapı özellikleri, zemin sınıfı ve deprem karakteristiği olarak üç ana grupta ifade edilmekte olup bunları ayrı ayrı incelemişlerdir. Kocaeli depremi ve Düzce depreminde ortaya çıkan hasarların bir noktadan diğer bir noktaya farklı davranış gösterdiğini açıklamışlardır [11,12].

Ansal ve Lav (1995), Ansal ve İyisan (1998) yaptıkları çalışmalarda; özellikle zemin tabakalarının yeraltı su seviyesi, cinsi ve kalınlığı gibi özelliklerin değişebilir olması yakın bölgelerde aynı proje ile inşa edilmesine rağmen farklı hasara yol açabilmekte olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple yalnızca sismik veriler kullanılıp yapılan makro bölgelemeden daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerektiğini belirlemişlerdir [13,14].

Öztunç (1996) da yaptığı çalışmasında taşıyıcı sistemini kolon ve kirişlerin oluşturduğu düzensiz çerçevelerden oluşan bir yapıyı incelemiş ve dinamik hesap yönteminin kullanılması gerekliliğinden bahsetmiştir. Konsol ucunda kolon uygulaması şeklinde tarif edilen düşeyde düzensiz tip bir yapı, örnek olarak ele alınmış, problem statik ve dinamik olarak incelenmiş, yapı elemanlarının betonarme hesapları yapılmıştır. Konsol ucunda kolon uygulamasının meydana getirdiği olumlu ve olumsuz durumları anlatmıştır [15].

Doğangün ve Livaoğlu (2002) çalışmalarında, 12 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip yapılar ile 6 ve 10 katlı çerçeve taşıyıcılı sisteme sahip yapıları seçmişlerdir. Bu yapıları sonlu elemanlar yöntemiyle modelleyip ve mod birleştirilmesi yöntemiyle de deprem hesabını yaparak elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak yumuşak kat düzensizliğinin nasıl giderilebileceği konusunda bazı önerilerde bulunmuşlardır [16].

Aşikkutlu ark. (2002) yaptıkları çalışmalarında, A2 düzensizliğine sahip bir yapı ile düzenli bir yapının analizlerini 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliğinde belirtilen eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerine göre SAP 2000 yapısal analiz

programını kullanarak elde edilen kesit tesirlerini karşılaştırmışlardır. Böylece kullanılan her iki yöntemden elde edilen sonuçların farklı olduğunu ortaya koymuşlardır [17].

İrtem (2002) çalışmasında; 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 [18].

Livaoğlu ve Doğangün (2002) yaptıkları çalışmada; Eurocode-8 (EC-8) ve Türk Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan zemin sınıfları ile bunlara ilişkin parametrelerin yapı davranışını ne şekilde ve hangi oranlarda etkilediğini araştırmışlardır. Bu nedenle EC-8'de ve Deprem Yönetmeliğinde belirtilen zemin sınıfları göz önünde bulundurularak farklı özelliklere sahip seçilen yapıların deprem davranışları incelenmiştir. Seçilen yapıların depreme göre hesabında Mod Birleştirme Yöntemi ve modellemesinde Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılmıştır. Yapılarda farklı zemin sınıfları ele alınarak gerçekleştirilen deprem hesaplarından elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Yapı davranışlarının deprem yönetmeliklerinde verilen zemin sınıflarına göre karşılaştırılmalı olarak incelenmesi ile uzun periyotlu yapılarda meydana gelen kolon kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. İç kuvvetlerin ise zemin sınıflarına göre kısa periyotlu sistemlerdeki değişimi ele alınmıştır [19].

Aydın (2004) yaptığı çalışmada, düşey doğrultuda 5, 10 ve 20 katlı kütle düzensizliği bulunan düzlemsel, kayma ve çerçeve binası olarak modellenen yapılarda Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin (EDYY) ve zaman alanında çözüm yöntemi ile belirlenen sonuçları karşılaştırmıştır. Zaman alanında çözüm için 75 adet gerçek ve 100 adet suni (yapay) deprem kaydını kullanmıştır. Analiz sonuçlarından, EDYY'nin yapı davranışlarını her zamanki değerlerden daha fazla olduğunu belirtmiştir [20].

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 dikdörtgen diğeri de yaklaşık kare 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 [21].

Freeman (2005) yaptığı çalışmada; performans tabanlı mühendislik uygulamalarında kullanılan kapasite spektrumu kavram, mevcut yapıların sismik açıdan hasar görebilirliğinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için geliştirilmiş bir yöntem olduğunu belirtmiştir [22].

Muratoğlu ve Özkan (2005) yaptıkları çalışmada; deprem bölgelerinin ve yerel zemin sınıflarının değişmesi ile yapıda meydana gelen deprem kuvvetlerinin etkisini incelemişlerdir. Zemin, deprem karakteristiği ve yapı özellikleri depremlerde yapı hasarına etki eden etmenlerdir. Zeminin ve deprem ivmelerinin yapının deprem kuvvetlerini etkilediği bilinmektedir. Yapıda meydana gelen deprem kuvvetlerini zemin sınıflarının ve deprem bölgelerinin bina yatay yüklerine etkisini araştırarak, yerel zemin sınıflarının ve deprem bölgelerinin değişimine göre incelemişlerdir [23].

Akbulut (2005) çalışmasında; mimari tasarım kararlarının ve bir mimarın deprem güvenliği konusundaki sorumluluğu ve önemini vurgulayarak 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 eğitim programlarını inceleyerek farklı ülkelerdeki eğitim yaklaşımlarını araştırmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı bilincini mimari tasarım sürecinde uyumu konusunda önerilerde bulunmuştur [24].

Kıvılcım (2005) yaptığı çalışmada 1992 yılında Erzincan'da, 1995 yılında Dinar'da, 1998 yılında Adana-Ceyhan'da ve 1999 yılında İzmit'te meydana gelen depremlerin ivme kayıtlarını esas almıştır. Sayısal örnek olarak alınan betonarme bir yapıda, 1975 ve 1998 yıllarında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Hükümleri dikkate alınarak yapıda oluşan taban kesme kuvvetleri ile ülkemizde son yıllarda oluşan depremlerin güçlü yer ivme kayıtları kullanılarak modların birleştirilmesi yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri kıyaslanmıştır [25].

Biniciksu ark. (2005) yaptıkları çalışmalarında; Türkiye'de meydana gelen depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenlerini incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucunda işçilik hatalarının ve standartları sağlamayan malzeme kalitesinin yapısal hasar üzerinde etkili olduğunu belirtmişler ve bazı önerilerde bulunmuşlardır [26].

Öztürk ark. (2005) yaptıkları çalışmalarında; 5 ve 10 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sisteme sahip betonarme binaların yapısal analizlerini TS500 (2000) ve 1998 Türkiye deprem yönetmeliğine göre tasarladıkları C20, C25, C30, C40 ve C50 beton sınıflarına göre Probina Orion V13 programı yardımıyla yapmışlardır. Yapısal analizlerden elde edilen bina ağırlıklarını, yapı periyot değişimlerini, yatay deplasmanlarını ve taban kesme kuvvetlerini ve incelemişler ve kullandıkları beton sınıfları için elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır [27].

Korkmaz ark. (2005) çalışmalarında; yumuşak kat düzensizliği ve dolgu duvarlarının betonarme yapıların deprem davranışına etkileri örnekler üzerinde statik itme analizi yaparak yapıların kapasite eğrilerini, görelî kat ötelemelerini, yatay yer değiştirmelerini, katlardaki maksimum plastik dönmeleri ve plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımlarını incelemişler ve bu sonuçlara göre yapıların deprem davranışındaki değişiklikleri yorumlamışlardır [28].

Korkmaz ve Uçar (2006) çalışmalarında; ülkemizde sıkça görülen betonarme yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin deprem davranışına etkilerini incelenmeye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada alt kat kolonlarının daha yüksek olduğu ve dolgu duvarların bulunduğu betonarme yapıların deprem davranışındaki değişiklikler incelenmiştir. Böylece, dolgu duvarların yapının tüm katlarında bulunduğu düzenli

yapılar ile dolgu duvarların sadece alt katta bulunmadığı düzensiz yapıların analizleri yapılarak deprem davranışına etkileri incelenmiştir. Ayrıca alt kat yüksekliklerinin farklı olduğu yapılarda ele alınmıştır. Doğrusal olmayan statik itme analizleri yapılmış ve böylece yapıların kapasite eğrileri, görelî kat ötelemeleri, yatay yer değiştirmeleri hesaplanmıştır. Bu yapıların analiz sonuçlarına göre deprem davranışlarındaki değişiklikler yorumlanmıştır [29].

Ağcakoca (2006) yaptığı çalışmada yapıların ömürleri süresince maruz kalabilecekleri depremlerin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesi, bu deprem etkileri altında yapılardan beklenen davranışın güvenlik ve ekonomik koşullarını bir arada optimum düzeyde sağlayacak şekilde belirlenmesi, boyutlandırılan yapı sistemlerinin deprem etkileri altında gerçek davranışlarının izlenerek göçme güvenliklerinin bulunmasına olanak sağlayıcı ileri hesap yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerektiğini belirtmiş. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması hasarların sınıflandırılması ve yapı içerisindeki hayatlarının kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma ilkelerine değinmiştir [30].

Tezcan ark. (2007) yaptıkları çalışmada; zayıf kat düzensizliği nedeniyle yapılarda meydana gelen deprem hasar örneklerini incelemişlerdir. Ayrıca, 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. Yumuşak ve zayıf kat düzensizliğinin giderilebilmesi için bazı önerilerde bulunmuşlardır [31].

Döndüren ve Karaduman (2007), yaptıkları çalışmada; farklı geometriye sahip bina modellerinin deprem davranışlarını SAP2000 Nonlineer programında karşılaştırmışlardır. Modellerin yer değiştirme, periyot taban kesme kuvveti ve devrilme momenti, katlardaki burulma düzensizliği sonuçları araştırılmıştır [32].

Ercömert (2007) yaptığı çalışmada; plandaki A2 ve A3 türü yapısal düzensizliklerin çok katlı yapıların deprem davranışına etkisi ayrı ayrı ele alınarak irdelenmiş, deprem yönetmeliğinde yer alan söz konusu düzensizliklerle ilgili önlem ve yaptırımlar açıklanmıştır. Her iki düzensizlik durumunun da incelendiği tipik çok

katlı yapılar seçilmiş, bu yapıların deprem hesabı lineer yöntemlerden biri olan Mod Birleştirme Yöntemi ve lineer olmayan yöntemlerden biri olan Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır [5].

Yön ve ark. (2010) çalışmalarında; burulma düzensizliği bulunan bir yapıdaki farklı zemin sınıflarının toplam burulma momentinde meydana getirmiş olduğu değişiklikleri incelemişlerdir. Böylece, Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY–2007) belirtilen burulma düzensizliğine göre çok katlı perdeli-çerçeve betonarme bir bina tasarlanarak analizleri yapılmıştır. Burada Deprem Yönetmeliğinde verilen Zaman Tanım Alanında doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılmıştır. Bunun için 1994 Northridge Depremi ve 1999 Marmara Depremi, Deprem Yönetmeliğindeki dört adet zemin sınıfına göre ölçeklendirilerek binaya uygulanmıştır. Yapılan analizlerde toplam burulma momentlerinin zemin sınıfına göre değişimi incelenmiştir. Analizlerde SAP2000 programı kullanılmıştır. Binalardaki burulma düzensizliğinin farklı zemin sınıflarına göre değerlendirilmiş ve burulma momentinin meydana getirdiği değişiklikler belirtilmiştir [33].

Karasu ark. (2011) çalışmalarında; yumuşak kat düzensizliği doğrultusunda, ilk katı yükseltilmiş betonarme bir binayı ele alarak, dolgu duvarların söz konusu yapıların performansına olan etkisini incelemişlerdir. Bunun için binaları, dolgu duvarsız, ikinci ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm katları dolgu duvarlı olarak tasarlamışlardır. Ayrıca dolgu duvarları eşdeğer diyagonal basınç çubuğu olarak modellemişlerdir. Dolgu duvarların özellikleri, yapımda kullanılan malzemelerin geometrik ve mekanik özelliklerine bağlı olarak belirlemişlerdir. Ek olarak yapıların, Deprem Yönetmeliği 2007'de yer alan EDYY ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans analizlerini yapmışlar ve buradan elde edilen performans sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda dolgu duvarların bina performansını önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir [34].

Soyluk ve Tuna (2011) çalışmalarında; Deprem Yönetmeliğine belirtilen; planda ve düşeyde düzensizlik durumlarının hepsini içeren L şeklinde kalıp planına sahip düzensiz bir betonarme binayı; ankastre tabanlı, kurşun kauçuk mesnetli ve yüksek sönümleyici kauçuk mesnetli olarak ayrı ayrı modellemişlerdir. Bunların dışında ek olarak; L şeklinde kalıp planına sahip, Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan Planda

Çıkıntılar Bulunması (A3) düzensizliğinin dışında bir düzensizliğe sahip olmayan düzenli bir bina da dikkate alınmıştır. Modellerin zaman tanım alanında dinamik analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile sismik yapı tepkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, düzensiz betonarme binaya yapılan sismik taban izolatörü uygulamasının dinamik davranışını önemli ölçüde iyileştirdiği gözlenmiştir. Geniş açıklıkların geçilebilmesi için sismik taban izolasyonu uygulaması tasarım esnekliği sağlasa da, elde edilen sonuçlar düzensiz yapı uygulamasına yöneltmemelidir [35].

İnan ve Korkmaz (2012) yaptıkları çalışmada; yapının deprem güvenilirliğinin sadece taşıyıcı elemanlarının düzenlemesine bağlı olarak değişebildiği kabul edilmekte iken mimari tasarım kararlarının da yapıların deprem davranışı bakımından büyük öneme sahip olduğunu açıklamışlardır. Çünkü bir yapının deprem yükleri altındaki başarısızlığı mimari tasarım sürecinde başlamaktadır. Bu nedenle binaların deprem dayanımı bina tasarımının erken safhalarında düşünülmelidir. Mimari tasarım sadece plan düzleminde yapılan işlevsel ve estetik kaygıların giderildiği bir düzenlemeden ibaret değildir. Düşey doğrultuda yani yapının kesit ve cephelerinde alınan tasarım kararları plan düzleminde alınan kararlar kadar yapının deprem performansında etkin role sahiptir. Bu çalışmada, düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerini 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre detaylı bir biçimde incelenmiştir. Ayrıca yapılarda deprem sonrası sık rastlanan düzensizliklerden; kısa kolon etkisi, zayıf kolon-güçlü kiriş ve çarpışma etkisi oluşum nedenleri de irdelenmiştir. Bir bina ağır çıkmalı ve çıkmasız olarak analiz edilerek yumuşak kat düzensizlik katsayıları karşılaştırılmıştır. Çalışmada, düzensizlik yaratan durumların mimari tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması amaçlanmıştır [36].

Orak (2012) yaptığı araştırmada, betonarme perde-çerçevesel binalarda kurulan modeller ile plandaki süreksizliklerin sisteme simetrik, tek eksene göre simetrik ve simetrik olmayarak yerleştirilmesinin farklı boşluk oranlarında ve farklı kat adetlerinde sistemin taşıyıcı elemanlarının davranışına etkisini araştırmıştır. Düşey doğrultudaki perde duvarların toplam bina yüksekliğinin yarısında kesilerek oluşan süreksizliğin binanın deprem davranışı üzerindeki etkisini de incelemiştir. Binaların modellemeleri ve analizi için ETABS programını kullanmıştır. Mod birleştirme

yöntemine göre yapılan çözümler TDY 2007, IBC 2009 ve EC 8 yönetmeliklerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır [37].

Toptaş (2012) yaptığı çalışmada; çok katlı yapıların geometri ve yük düzensizliklerini ETABS programı yardımıyla dinamik analizleri yapılarak binaya etkisini araştırmıştır. Yapılan analizler sonucunda binalarda depremden dolayı meydana gelen kat ötelemeleri, deprem kuvvetleri gibi değerleri ve binalardan 1'er adet seçilen kolon ve kirişlerinde meydana gelen kesit tesir değerleri ETABS programından alınmış, tablo ve grafiklere dönüştürülerek karşılaştırmalı ve detaylı incelemeler yapılmıştır [38].

Ukçul (2013) çalışmasında; betonarme bir yapıda farklı zemin sınıflarının deprem davranışına etkisini incelemiş ve bir yapının değişen zemin sınıfları altında yapısal düzensizliklerin ortaya çıktığını göstermiştir. Burada depremlili durum yüklemeleri yapısal elemanlarda oluşacak en elverişsiz iç kuvvetleri meydana getiren yüklemelerdir. Yapıya etkiyecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfının yanı sıra yapının kütleline ve periyoduna da bağlıdır. Deprem bölgeleri ve yerel zemin sınıflarına göre, deprem şiddetleri farklılık göstereceğinden, yapıya etkiyecek deprem yükü de farklı olacaktır. Deprem yüklerinin hesaplanabilmesi için taşıyıcı sisteme uygun olan yöntemin tespit edilmesi, deprem yükü hesabının ve taşıyıcı elemanlara dağılımının bu yöntemle uygun şekilde yapılması gerekmektedir [39].

Sayar (2013) çalışmasında; Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi uygulanabilirlik sınırları içinde kalan dört farklı binanın deprem analizi, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılarak sonuçları taban kesme kuvveti ve görelili kat ötelemeleri parametrelerine göre karşılaştırmıştır. Bu çalışmanın amacı taban kesme kuvveti ve görelili kat ötelemeleri parametreleri açısından söz konusu iki yöntem sonuçlarının yakınsaklığının, hesap yönteminin seçilmesinde belirleyici olan burulma düzensizliği ve bina yüksekliği değişkenlerinden hangi ölçüde etkilendiğini ortaya koyabilmektir [40].

Şahin ve ark. (2013) bu çalışmalarında, perdeli- çerçeveli yapılar için perde oranını, zemin sınıflarını (Z1, Z2, Z3) dikkate alınarak, deprem bölgelerinde (1. ve 2.) $I=1,0$

olarak 7 ve 9 katlı perdeli-çerçevesi yapıları SAP2000 programında tasarlamış ve analiz etmişlerdir. Analiz sonucu perde boylarının yeterliliğini elde edilen görelî kat ötelenmeleri, DBYBHY-2007'de ki sınır değerler ile karşılaştırarak tespit etmeye çalışmışlardır[41].

İnan ark. (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 [42].

Şanlı (2014) çalışmasında; Hızlı Görsel İnceleme prosedürünün temel enstrümanı olan ve verilerin toplanıp değerlendirilmesini sağlayan "Yapılarda Potansiyel Hasar Değerlendirmesi için Hızlı Görsel İnceleme Veri Formu'nun içerdiği bölümlere değinmiş, form Türkçeye çevrilmiş, zemin sınıfları ve deprem zonları DBYBHY 2007'ye uyarlanmıştır. Sismik zonlara göre form türleri verilmiş, bu formlarda yer alan parametreler (yapı yüksekliği, yatay ve düşey düzensizlikler, yönetmelik durumu ile zemin etkisi) açıklanmış ve bunların sonuca etkisi irdelenmiştir. Bulunan nihai S değerinin 2'den küçük olması durumunda yapının riskli sınıfa girdiği ve daha ayrıntılı bir değerlendirmeye tabi tutulması gerektiği ortaya konmuştur [43].

Anadut (2016), tarihi yapıların dinamik davranışlarının belirlenmesi amacıyla Yozgat'ta bulunan Elekçi Köprüsü ve Yozgat Saat Kulesi ele alınarak deprem davranışlarına karşı yapılar sonlu elemanlar programı olan SAP2000 ile makro modelleme tekniğine göre solid elemanlarla modellenip değerlendirmiştir. Elde edilen modeller üzerinde 13.03.1992 tarihli Erzincan depreminin deprem-ivme kayıtları kullanılarak modellerin zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemiyle dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışmaya konu olan tarihi yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının belirlenmesi sağlanmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda yapıların mod şekilleri, doğal frekans değerleri, yapı

elemanlarında meydana gelen en büyük yer değiştirme değerleri belirlenerek tarihi yapıların deprem performansları değerlendirilmiştir [44].



3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI ESASLARI

3.1. Deprem ve Yapı-Zemin İlişkisi

Geçmişten günümüze ve gelecekte de insanoğlunun karşılaşacağı deprem en büyük doğal afetlerden biridir. Depremler, aktif deprem kuşağında bulunan ülkeler gibi, Türkiye için de büyük bir tehlikedir. Günümüzde gelişen yapı teknolojisi ve oluşan geçmiş depremlerden edinilen tecrübeler ışığında depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir [45 - 48].

Ülkemizde özellikle bina türü yapılar çoğunlukla betonarme ve çelik taşıyıcı sistemlerle inşa edilirler. Yapının yatay deprem yükleri etkisindeki dayanımı, taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı olduğu kadar, üzerinde oturduğu ya da içinde bulunduğu zeminin özelliğiyle de yakından ilgilidir. Örneğin, taşıyıcı sistemin nispeten yetersiz olduğu durumlarda bile, temel zemininin kayaç bir tabaka üzerinde olması durumunda, yapısal göçmenin oluşmadığı sıkça gözlemlenmiştir.

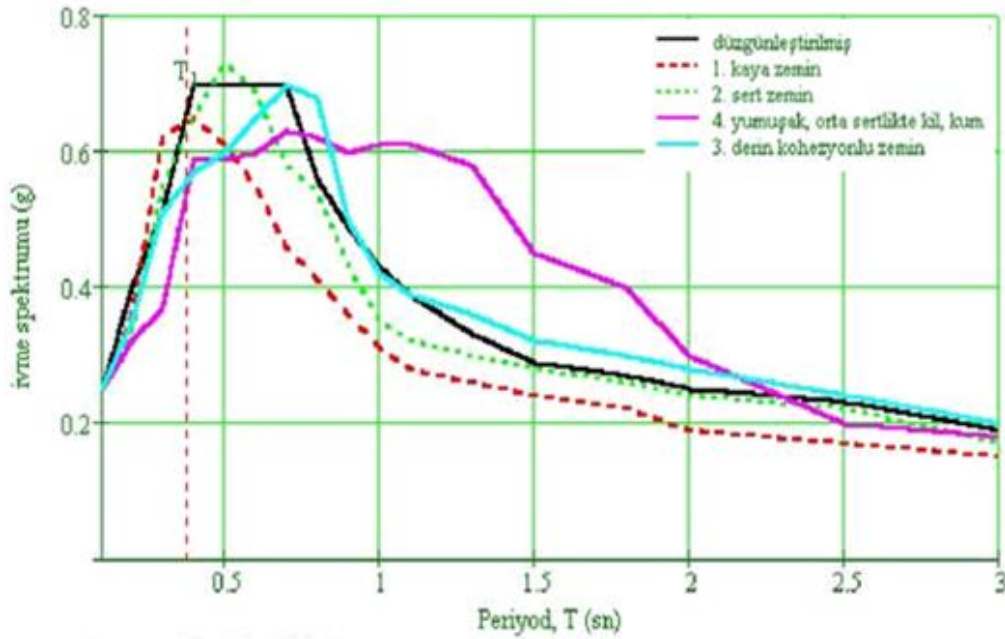
Zemin ortamının üst yapıya oranla çok rijit olduğu durumlar dışında üst yapı ve zemin, her ikisi de şekil değiştirebilen sistemler olarak statik ve dinamik dış etkilere karşı birlikte davranış gösterirler. Bu nedenle gerçek davranışın göz önüne alınabilmesi için zemin bölgesi de yapısal sistemin bir parçası olarak tanımlanmalı ve yapıyla beraber çözümlenmelidir. Analiz ve tasarımda dikkat edilmesi gereken konu, üst yapının zemine etkisi olduğu gibi, zeminin de üst yapıya karşı etkisi olmaktadır. Diğer bir deyişle, yapı ile zemin arasındaki etkileşim dikkate alınmalıdır. Buradaki yapı-zemin etkileşimi ortak sistemin iki parçasını oluşturan yapı ile zeminin birbirilerine karşılıklı etkisini ifade eden bir olguyu tanımlamaktadır.

Bir yapının sismik davranışı zemin şartları, temelin özellikleri, deprem kaynağı, ve üst yapıyla ilgilidir. Yapının ve zeminin karşılıklı etkileşimi, üst yapı ve yerel zeminin dinamik karakteristiklerini etkiler. Sistemin bütününde frekans (veya periyot) ve mod şekillerinin değişimi kavramsal olarak yapı-zemin etkileşiminden yapıda kütle ve rijitlik dağılımını etkilenmesine neden olur [49].

Bir alanı etkileyen deprem dalgalarının hangi ortamları az veya çok etkileyeceği hala araştırılan bir konudur. Elastisite modülü düşük olan birimler üzerine inşa edilen

yapılarda dinamik deprem dalgalarının etkisi daha fazla hissedilmektedir. Bu tip temellerde dinamik deprem yükleri altındaki deformasyonlar fazla olduğundan üzerlerindeki yapılarda da farklı oturmalar ve yıkımlar meydana gelecektir. Zeminler ve kayalar deprem dalgası etkisi altında farklı mekanik davranış gösterdiğinden deprem dalgaları da bu ortamlardan farklı hızlarda geçecektir. Aynı deprem büyüklüğünde iki farklı zeminde oluşan maksimum hızlar incelendiğinde zayıf dolgu zeminde deprem hareketinin daha yavaş, sağlam zeminde ise daha hızlı ilerlediği Şekil 3.1. de görülür.

Yine aynı deprem büyüklüğünde iki farklı zeminde oluşan maksimum ivmeler incelendiğinde deprem dalgasının sağlam zeminde daha büyük bir artan hızla geçmekte veya daha şiddetli olduğu görülür. Sağlam zemine oturan yapıların depremde çok daha güvenli bir konumda olduğu bilinir, oysa sağlam zeminin maksimum ivmesi buna bağlı olarak da şiddeti daha fazladır [50].



Şekil 3.1. Farklı Zemin Koşulları İçin İvme Spektrumları [50]

Manyitüdü büyük olan depremler sonucunda meydana gelen uzun periyotlu sismik dalgalar zeminin frekansı ile rezonansa girmektedir. Bu durumda 4 ile 6 kat arasında daha büyük enerjiler oluşmasına neden olmaktadır [5 - 8].

Deprem çeşitli nedenlerle yer kabuğunda ani şekil değiştirmelerin ve büyük bir enerjinin açığa çıkması olayıdır. Deprem yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için, yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Depreme dayanıklı yapı tasarımının en önemli özelliklerinden biri yapının iyi düzenlenmesi ve yeterli kalitede yapılması diğeri ise deprem anında yapıda oluşması beklenen kesit tesirlerinin yeterli yaklaşıkla bilinmesidir. Deprem anında yapı, taşıdığı yüklerin üzerinde bir yüke maruz kaldığı için tasarım ve yapım aşamasında yapılan yanlışlar yapıda hasar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu hasarın boyutu yapının fen kurallarına uygun olarak yapıp yapılmadığına bağlıdır [51].

Deprem dinamik bir davranış olduğu için çeşitli algılayıcılar kullanılarak kaydedilebilir. İnşaat mühendisleri için en önemlisi 'ivme ölçer'dir. İvme ölçerler, üzerlerinde buldukları zeminin ivme hareketini ölçer ve bir kaydedici cihaza iletirler. Burada zemin özelliklerine dikkat edilmesi gerekir. Çünkü aynı deprem etkisinin altında farklı zeminler farklı ivmeler gösterir. Mesela 17 Ağustos 1999 Marmara depremi sırasında Kandilli Rasathanesinden ölçülen maksimum yatay yer ivmelerinin bazıları şöyledir:

Yarımcı.....	%32g (0,32g)
Adapazarı.....	%41g (0,41g)
İzmit.....	%22g (0,22g)
Gebze.....	%21g (0,21g)
Avcılar.....	%25g (0,25g)

Bu değerlere bakıldığında ivmelerin daha yüksek olduğu bölgelerin gevşek zeminli bölgeler olduğu dikkat çekmektedir.

Sismik dalgalar yatay zemin hareketleri oluşturduğu gibi düşeyde de bir zemin hareketi oluştururlar. Ancak yapıların çözümlemesinde bir güvenlik katsayısıyla çarpılan düşey yüklere göre hesap yapıldığından bu yöndeki zemin hareketinin

yapıda oluşturduğu tesirler yapı elemanlarının taşıma kapasitesinde bir problem çıkarmaz. Fakat düşey deprem kuvvetlerinin yerçekimi kuvvetini geçmesi gibi ender rastlanan olaylarla da karşılaşabilir. Bu gibi durumlarda yapılar ve diğer nesnelere havaya zıplayabilir. Northridge depreminde yapılarda oluşan hasarların bazılarının büyük düşey ivmelerden kaynaklandığına inanılmaktadır[52]. Depremde oluşan hasarların bir kısmının büyük düşey ivmelerden kaynaklandığı bilinmesine rağmen deprem dizaynı ve deprem yönetmelikleri yapıların tüm yönlerine yanlardan gelen ani bir itme sonucu oluşan yatay kuvvetlere göre karşı dirençli olması üzerine odaklanmıştır.

Depremlerin her biri tamamen kendine özgü ve önceden bilinmeyecek birçok değişkeni içinde barındıran doğal olaylardır. Bu yüzden herhangi bir şiddetteki depremde yapıda hasarın oluşup oluşmayacağı sorusuna kesin bir cevap vermek mümkün değildir. Mesela 8 şiddetinde yüzlerce farklı deprem olabilir ve yapının bulunduğu zemin koşullarına göre de yapıya çok farklı etkilerde bulunabilir. İşte bu durumda deprem yönetmeliklerine başvurmak gerekir. Deprem yönetmelikleri zemin ve yapı karakterlerine göre yapının nasıl tasarlanacağını ve yapısal analizde ne tür bir deprem yükünün hesaba alınması gerektiğini belirtirler.

Deprem dalgalarının önemli karakteristik özelliklerinden biride periyodu veya frekansdır. Bu özellikler özellikle yapıda oluşacak sismik kuvvetleri belirlemek için önemlidir. Periyot, yapının deprem hareketleri sebebiyle bir kere gidip gelmesi sonucunda geçen süredir. Doğal periyotlar bir katlı yapı için yaklaşık olarak 0,1 saniyedir. Periyot ve frekans birbirlerinin tersine eşittir. O zaman bir katlı yapının frekansı $1/0,1 = 10$ hertz'dir. Dört katlı bir yapının periyodu yaklaşık olarak 0,4 saniye, 10 ila 20 kat arasındaki yapıların periyotları yaklaşık olarak 1 ila 2 saniye arasında değişir. Yapıların periyotları yaklaşık olarak kat adedinin 10'a bölünmesiyle bulunabilir. Bu yüzden yapının periyodu her şeyden önce yapının yüksekliğinin bir fonksiyonudur. Mesela New York'taki 60 katlı Citicorp binasının periyodu 7 saniyedir. Yani bu binaya yatay bir itme kuvveti verilirse bu binanın bir gidip gelişi 7 saniye sürecektir. Periyodu etkileyen diğer faktörler ise, aynı zamanda yapının rijitliğini de etkileyen taşıyıcı sistemin malzeme özelliği ve yapının geometrik

özellikleridir. Ama bunlar arasında periyot'u etkileyen en önemli özellik yapının yüksekliğidir.

Yapılar birden fazla titreşim modları gösterirler. Fakat bu titreşim modlarının hepsini göz önüne almaya gerek yoktur. Mesela Deprem yönetmeliğinde hesap yöntemi olarak Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacak ise hesaba alınacak mod sayısı, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından fazla olması koşuluna göre belirlenmektedir. Ama her zaman hesaplarda birinci mod yapının davranışını temsil eden en etkili moddur. Zaten eşdeğer deprem yükü yönteminde de yapının birinci modunu dikkate alarak statik bir hesap yapılmaktadır.

Zemin de kendi doğal periyodunda titreşim yapar. Amerika Birleşik Devleti'nde zeminin doğal periyodu zeminin sıklığına göre 0,4 saniye ile 2 saniye arasında değişik değerler almaktadır. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde ise yerel zemin sınıflarına göre zemin titreşim periyotları 0,10 ile 0,90 saniye arasında değişen değerler almaktadır. Zeminin doğal titreşim periyodu ile binanın doğal titreşim periyodu arasında rezonans denilen önemli bir ilişki vardır. Rezonans zeminin doğal titreşim periyodu ile binanın doğal titreşim periyodunun aynı olmasıdır. Özellikle zemin hâkim titreşim periyodu belirlenmelidir. Çünkü zeminle bina aynı titreşim periyodunda hareket ederse o zemin üzerindeki yapı yıkılır veya yapıda ağır hasar oluşur.

1985 yılında meydana gelen depremde Mexico şehrinde, yapıların ve zeminin titreşim periyotlarının çakışması sonucunda çok sayıda yapıda göçme oluşmuştur. Depremi odak noktası Mexico Şehrine 250 mil uzaklıktaydı ve şehir merkezinin altındaki yumuşak zemin 90 saniye üzerinde titreşime uğradı ve bunun uzun doğal periyodu 2 saniye civarındaydı. Bu periyot 10 ila 20 kat arasında olan yüksek binalarda rezonansa sebep oldu ve yapılara beklenenden daha büyük ivmeler etki etti. Yapıların titreşimindeki bu büyütme istenmeyen bir durumdur. Bu olasılığı en aza indirmek için yapı periyoduyla zemin periyodunu çakıştırmamak gerekmektedir. Yumuşak (uzun periyotlu) zeminlerde, en iyi çözüm kısa periyotlu (az katlı) yapılar yapmaktır.

Yapının periyodunun azaltılması için şunlar yapılabilir:

a-) Taşıyıcı sistemi rijitleştirmek:

- Stabilitayı sağlamak için, perde duvarlar tercih etmek
- Stabilita elemanlarının genişliklerini arttırmak
- Stabilita elemanlarının sayısını arttırmak
- Açıklıklarını sınırlandırmak

b-) Yapının formunu değiştirmek: tabanı genişletmek, yüksekliğini ya da narinliğini istenilen yönde azaltmak vs.

c-) Yapının ağırlık merkezini düşürmek,

d-) Yapının ağırlığını azaltmak.

Yapının periyodunu uzatmak için şunlar yapılabilir:

a-) Esnek bir taşıyıcı sistem modeli seçmek, gerekirse açıklıkları arttırmak,

b-) Yapının formunu değiştirmek: yüksekliğini ya da narinliğini arttırmak [53].

Yapı-zemin etkileşimi, yapının rijitliğine, yapının kütle özelliklerine, zeminin rijitliğine, zemin ve yapının sönüm özelliklerine bağlı olduğundan, ilk olarak “Kinematik Etkileşim” yapının rijitliği ve “Eylemsizlik Etkileşimi” ise yapının kütlesi nedeniyle oluşur.

Zemin deprem dalgalarının özelliklerini etkilediği kadar, deprem dalgaları da zemin tabakalarının şekil değiştirme ve dayanım özelliklerini etkiler. Böyle durumlarda, bu tabakalar üzerinde yer alan yapılar, sadece zemin özelliklerinin değişmesiyle büyük hasar görebilirler [6].

Zemin koşullarını deprem hesabına yansıtmak amacı ile DBYBHY 2007’de zemin grubu ve buna bağlı olarak yerel zemin sınıfı tanımlamaları yapılmıştır. Zeminler, zemin özellikleri dikkate alınarak A, B, C, D şeklinde gruplandırılmışlardır. Zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığı h_1 ’e bağlı olarak Yerel Zemin Sınıfları tanımlanmıştır [6].

3.2. Deprem Etkilerinin Hesap Yöntemleri

Yeni yapılacak binaların 2007 Deprem yönetmeliğine göre depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi aşağıdaki gibidir;

1. Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
2. Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması,
3. Şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar durumunun sınırlandırılmasıdır.

Deprem yönetmeliğinin amacı, tespit ve ilan olunan deprem bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir [6].

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için temel ilkeler genellikle yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklik olarak belirtilmektedir. Bunlardan başka yapıların davranışlarıyla ilgili olarak kullanılan yeterli kararlılık, yeterli sönüm ve yeterli uyum ilkelerini de açıklayabiliriz:

i. Yeterli Dayanım

Yeterli dayanımda amaç; taşıyıcı sistem elemanlarının kendilerine etkileyen yük ya da yük etkileri nedeniyle kesit tesirlerini kırılmadan taşıyabilmeleridir. Bu ilke doğrultusunda deprem yönetmeliğinde getirilen koşullardan biri kısaca kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur.

ii. Yeterli Rijitlik

Yapının yeterli rijitliğe sahip olmasının istenmesindeki amaç ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunca azaltmak, sıkça oluşan depremlerde, yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde, yapısal olmayan hasarları azaltmak ve deformasyonları önlemektir.

iii. Yeterli Süneklik

Bir malzeme, bir kesit, bir eleman veya bir yapının taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan deformasyon yapabilme, tekrarlı yükler etkisinde enerji tüketebilme

özelliğine; o malzemenin, o kesitin, o elemanın veya o yapının sünekliği denilmektedir. Yapıların süneklik özelliği dikkate alınarak deprem yükleri, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R'ye bağlı olan deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek azaltılmaktadır. Azaltılan bu yüke göre hesap yapıldığında şiddetli depremlerde yapıda elastik sınırın ötesinde deformasyonları dolayısıyla da hasarın oluşabileceği, ancak süneklik ve enerji tüketebilme özelliği nedeniyle tamamen göçmenin önleneyeceği kabul edilmektedir.

iv. Yeterli Kararlılık (Stabilite)

Yapı emniyeti için sadece dayanımın dikkate alınması yeterli değildir. Yapının denge konumunun da yeterince kararlı olması gerekmektedir. Eğer sistem kararlı durumdan çok az bir miktarda dahi olsa saparsa, yapı aniden göçer.

v. Yeterli Sönüm

Deprem yönetmeliğinde betonarme yapılar için sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmaktadır. Yapıda meydana gelebilecek çatlakların artması sönümü arttırmaktadır [54].

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, binaları ve bina türü yapıların deprem hesabında aşağıda verilen 3 farklı yöntem kullanılabilir.

1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
2. Mod Birleştirme Yöntemi
3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin kullanılması belli şartlara bağlıdır.

Yapısal elemanlarda oluşacak en elverişsiz iç kuvvetleri meydana getiren yüklemeler depremlili durum yüklemeleridir. Yapıya etkiyecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfının yanı sıra yapının kütlesi ve periyoduna da bağlıdır. Deprem bölgeleri ve yerel zemin sınıfına göre, beklenen deprem şiddeti farklı olacağından, yapıya etkiyebilecek deprem yükü de farklı olacaktır. Deprem Yönetmeliğinde dört farklı zemin sınıfı tanımlanmıştır ve her zemin sınıfı için deprem yükü hesabında kullanılacak katsayılar mevcuttur. Deprem yüklerinin hesaplanabilmesi için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden

taşıyıcı sisteme uygun olanın tespit edilmesi, deprem yükü hesabının ve taşıyıcı elemanlara dağılımının yönetime uygun şekilde yapılması gerekmektedir. Değişik tipte taşıyıcı sistemlere uygun olan deprem yükü hesap yönteminin belirlenmesi Deprem Yönetmeliğimizde verilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi yönetmeliğimizde deprem yükü hesap yöntemleri olarak belirtilmiştir. Bu üç yöntem arasından yapısal sisteme uygun olmayan bir yaklaşım yaparak deprem yükleri hesaplandığı takdirde, elde edilecek sonuçlar olması gerektiği gibi çıkmayacaktır. Bu nedenle, deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılan üç adet yöntemin uygulama sınırları yönetmeliğimizde kısıtlanmıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi hemen her Deprem Yönetmeliğinde yer alan bir yaklaşımdır. 'Yarı dinamik yöntem' veya 'yarı statik yöntem' gibi isimlerle de ele alınır. Bu yöntemde binaya etkiyecek yük; bölgenin depremselliği, yerel zemin şartları, yapının dinamik özellikleri (doğal titreşim periyodu), kütle dağılımı, yapının işlevinin önemi gibi birçok parametre dikkate alınarak tahmin edilir. Şiddeti ve yapıdaki dağılımı tahmin edilmiş deprem yükü altında yapının statik hesabı yapılır.

Modların Süperpozisyonu Yönteminde ise, maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler binada yeterli sayıda titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Yöntemin esası "n" serbestlik derecesine eşit sayıda birbirinden bağımsız "n" tane tek serbestlik dereceli sistemin davranışı esas alınarak yapılan çözümlenmeye dayanır. Zemin şartları değişkenliğine bağlı olarak, hesaplarda kullanılacak olan spektral ivme değerleri Deprem Yönetmeliğinde belirtilen ivme spektrumuna bağlı olarak alınır. Yönetmeliğimizde önerilen bir başka çözüm yöntemi ise Zaman Tanım Alanında çözümdür. Bu yöntemde daha önceden kaydedilen veya yapay yollarla üretilen deprem kayıtları kullanılır. Çözümde doğrudan integrasyon ile dinamik analiz yapılır [55]

Bu bölümde deprem bölgelerinde yeni yapılacak binaların ve bina türü yapıların depreme dayanıklı olarak hesaplanmasında esas alınacak deprem yükleri ve uygulanacak hesap kuralları hakkında DBYBHY 2007 esaslarına dayanarak bilgi verilmiştir.

3.3.Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri

Yapılardaki düzensizlikler; planda düzensizlik durumları (A türü) ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları (B türü) olmak üzere iki bölüme ayrılır.

3.3.1. A – Planda Düzensizlik Durumları İlgili Maddeler

Bu düzensizlik türü; 1997 Deprem Yönetmeliği'nde farklı düzensizlik durumu (A1, A2, A3) olarak incelenmiş olup, DBYBHY 2007'de ise (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu olarak değil; Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler şeklinde incelenmiştir. Diğer düzensizlik durumları tamamen aynıdır.

3.3.1.1. A1-Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumu, burulma düzenliği olarak tanımlanmaktadır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1,2 \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = ((\Delta_i)_{min} + (\Delta_i)_{max})/2 \quad (3.2)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

Kat ortalama yatay yer değiştirmesi, bina döşemesinin rijit diyafram gibi davrandığı kabul edilerek, en küçük ve en büyük yer değiştirmelerin ortalaması olarak alınmıştır. Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrıık olması ile belirgin duruma gelir. Kat ötelemelerinin hesabında, kütle merkezindeki muhtemel değişiklikleri de göz önüne alarak, deprem kuvvetinin, etkidiği doğrultuya dik bina boyutunun \pm %5 kadar bir dış merkezlikle bulunduğu kabul edilmektedir. Kabul edilen elde olmayan bu dış merkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa bile daima $\eta_{bi}>1,0$ olacaktır. Yapıda ek düzensizlik bulunması bu oranı daha da arttıracaktır.

Deprem Yönetmeliği'nde dinamik hesap taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için, $\eta_{bi} > 2,0$ olması durumunda, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde Mod Birleştirme Yöntemi'nin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Burulma Düzensizlik Katsayısı'nın $1,2 > \eta_{bi} > 2,0$ olması durumunda ise, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen $\pm\%5$ eş dış merkezlik Denklem 3.23'te verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \eta_{bi} \cdot 1,22 \quad (3.3)$$

3.3.1.2. A2- Döşeme Süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede;

- 1-Merdiven ve asansör boşlukları, dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının $1/3$ 'ünden fazla olması durumu,
- 2-Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- 3-Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, bu tür düzensizliklerin bulunduğu binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

Deprem kuvvetinin yapıda kütlelerin yoğun olarak bulunduğu döşemelerde meydana geldiği kabul edildiği için, bu yüklerin döşemelere mesnetlik yapan kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara iletilmesi önemlidir. Döşemede boşlukların bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır. Bunun gibi, döşemenin kalınlığında ani sayılabilecek değişiklikler de deprem kuvvetinin iletilmesinde gerilme yığılmalarına sebep olabilir. Bu düzensizliğin bulunduğu binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri için de deprem kuvvetlerini, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği gösterilmelidir.

3.2.1.3. A3- Planda Çıkıntılarının Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların her iki bina boyutunun % 20'siniaşması durumunda ortaya çıkan planda düzensizlik durumudur.

Bu tür düzensizliğe sahip L, T, H ve U şeklindeki döşemeler deprem kuvvetlerini diğer elemanlara iletirken, rijit diyafram gibi davrandığı kabulü doğru olmayabilir. Bu durumda, döşemenin kollarında düzlemleri içinde birbirine göre relatif yer değiştirme ortaya çıkabilir. Döşemede oluşan deprem yüklerinin kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara paylaştırılmasında döşemenin düzlem içi eğilmesinin de göz önüne alınması ve bu kuvvetlerinin güvenle elemanlar arası iletilebildiğinin gösterilmesi gerekir.

3.3.2. B – Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları İlgili Maddeler

3.3.2.1. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısının(η_{ci}) 0,8'den küçük olması ile karşılaşılan düşeyde düzensizlik durumudur.

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0,8 \quad (3.4)$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \cdot \sum A_k \quad (3.5)$$

Yapılarda depremden doğan kolon ve perde kesme kuvvetleri ve momentleri üst katlara doğru azalır. Buna uygun olarak, bina yüksekliği boyunca kolon ve perde kapasitelerinin yukarıya doğru azalarak değişmesi beklenir. Bu nedenle taşınması gerekli etki ile taşınabilecek etki arasında uygun bir değişim oluşturulur ve oluşabilecek bir deprem hasarının dengeli biçimde dağılması sağlanır. B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmayacaktır. $0,60 < (\eta_{ci})_{\min} < 0,80$ aralığında Tablo 3.8'de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1,25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0,60$

olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

Zemin katlarda dolgu duvarların kaldırılması ile oluşan zayıf kat durumunda, zemin kattaki bütün düşey taşıyıcı elemanlara kat yüksekliği boyunca sık aralıklarla yatay donatı (etriye) yerleştirilmelidir [57].

Yatay rijitlik eksikliğinden dolayı oluşan yumuşak kat durumlarında, bu kattaki rijitliği diğer kattaki rijitliklerle aynı seviyeye getirmek en uygun çözümdür. Bunun için ilgili katta cepheye veya cephe gerisine, yatay yüklere karşı dayanım sağlayacak, her iki yönde de, rijitliği sağlayacak elemanlar koymak gerekir.

3.3.2.2. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2,0'dan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2,0$$

veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2,0$$

(3.6)

Görelî kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dış merkezlilik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.

Bu düzensizlik türünde; kullanılan deprem yönetmeliğinde i. katın bir alt kata oranı, kat yükseklikleri dikkate alınmış ve η_{ki} 'nin sınır koşulu 1,5'dan 2'ye çıkartılmıştır.

Yapılarda deprem etkileri alt katlara doğru artar. Buna uygun olarak bina yüksekliği boyunca kat yatay rijitliklerinin artması sağlanır. Bu suretle kat rölâtif yer değiştirmelerinin de yakın değerlerde ve alt katlarda üste göre daha büyük rölâtif yer değiştirme oluşması beklenir. Bu tür özelliği bulunmayan binalarda alt kat üste göre daha yumuşak, kolay yer değiştirebilir olup, bu durum deprem hasarının alt katlarda yoğunlaşmasına ikinci mertebeye etkilerin büyümesine ve bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin ağır hasar görmesine sebep olur [57].

Deprem Yönetmeliği'nde dinamik hesap, taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilen ve toplam yüksekliği $25m < H_N < 60m$ olan bu tür düzensizliğe sahip binalar için dinamik hesap yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bina yüksekliğinin 60m den büyük olması durumunda ise, bu tür düzensizliğe bakılmaksızın dinamik hesap yapılması öngörülmüştür [58].

Yumuşak kat düzensizliği için deprem yönetmeliği kolonların yüksekliği boyunca sık etriyelerle kuşatılmasını tavsiye etmektedir. Caydırıcı bir önlem olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine dinamik analiz yapılması gerektiğini belirtmektedir. Ama çok sayıda paket programı dinamik analizi yaptığı için bu caydırıcı bir önlem olmaktan çıkmaktadır. Üstelik genellikle dinamik analizle bulunan iç kuvvetler eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan iç kuvvetlerden daha küçük çıkmaktadır. Bazı araştırmalarda bu tip düzensizlikler için dinamik analizi mecburi yapmanın bir çözüm olmadığı görülmüştür. Bir öneri olarak, yatay yükler bir katsayı ile arttırılmalı ve kolonlar yüksekliği boyunca sık etriyelerle sarılmalıdır. Ayrıca eğer dinamik analizle bulunan sonuçlar eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan yatay yüklerden daha küçükse bir azaltmaya izin verilmelidir [59].

3.3.2.3. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

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

a) Bütün deprem bölgelerinde; kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne 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 oranında arttırılacaktır.

c)Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

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



4. MODELLEME ÇALIŞMALARI

4.1. Modelleme Yapılacak Yapılara Ait Genel Bilgiler

Uygulama için 5 katlı zemin üzerine 4 kattan oluşan düzenli bir yapı ile B1, B2 ve B3 düzensizliklerini içeren mimarisi aynı taşıyıcı sistem özellikleri farklı olan 4 adet yapı incelenmiştir. Bu yapıların 3 boyutlu dinamik analizleri ideCAD[®] paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bu yapıların hepsi deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre ayrı ayrı çözümlenmiştir.

Türkiye Deprem bölgeleri beş bölgeye ayrılmaktadır.

- I. Derece deprem bölgesi (D1); başta Kuzey Anadolu ve Güneydoğu Anadolu fay kuşakları boyunca uzanan sahalar ile Ege Bölgesi ve Göller Yöresi'ni kapsar.
- II. Derece deprem bölgesi (D2); I. derece deprem bölgelerinin çevresini kuşatır.
- III. ve IV. Derece deprem bölgesi (D3 ve D4); Trakya'nın kuzeyi, Karadeniz kıyıları. İç Anadolu'nun çevresi ile Güneydoğu Anadolu'nun güneyi kapsar.
- V. Derece deprem bölgesi (D5); Tuz Gölü ile Akdeniz kıyısı arasındaki saha deprem tehlikesinin en az olduğu bölgedir.

Deprem bölgelerinde kabul edilen hesap ivmeleri; 1.derece için 0,4g, 2.derece için 0,3g, 3.derece için 0,2g, 4.derece için 0,1g olarak alınmalıdır. 5.derece için ise 0,1g den küçük olduğu için deprem hesabı yapmak zorunlu değildir.

Zeminler, zemin özellikleri dikkate alınarak A, B, C, D şeklinde gruplandırılmışlardır. Zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığı h_1 'e bağlı olarak yerel zemin sınıfı; Z1, Z2, Z3 ve Z4 şeklinde tanımlanmıştır.

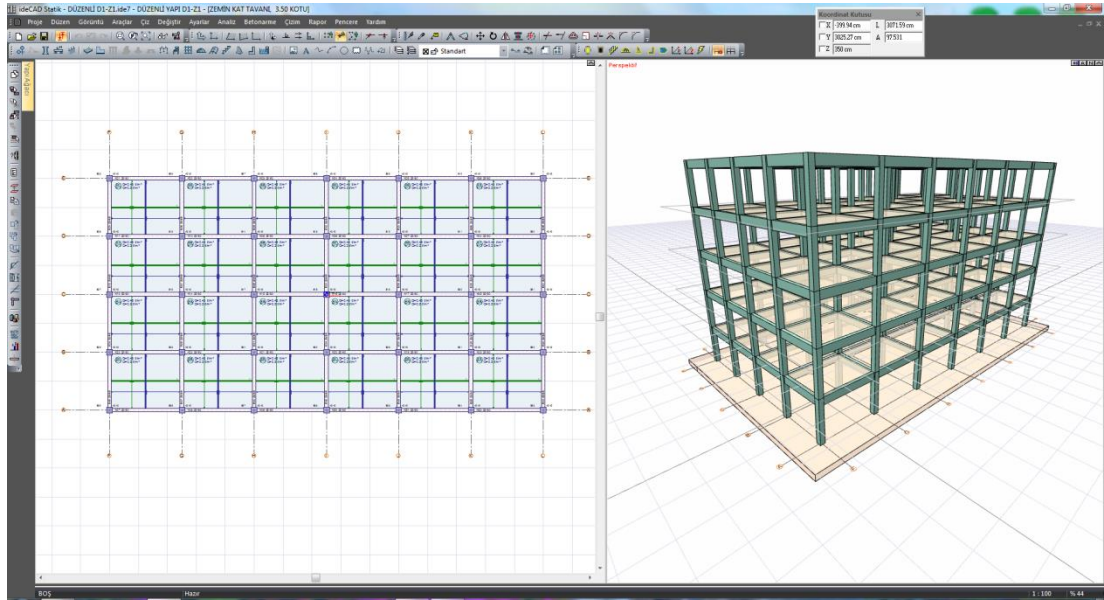
- **Z1** : (A) grubu zeminler ve $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
- **Z2** : $h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler ve $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
- **Z3** : $15 \text{ m} < h_1 < 50 \text{ m}$ olan (C) grubu zeminler ve $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
- **Z4** : $h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler ve $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminlerdir.

IdeCAD© programında çözümlenen bu dört yapının yukarıda belirtilen deprem bölgeleri ve zemin gruplarına göre ideCAD© raporları doğrultusunda her bir yapının periyot ve frekansı X-Y doğrultusunda; kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri incelenmiştir. Binaların oturma alanı 480 m², taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R=8) bina önem katsayısı (I=1) alınarak tasarlanmıştır. Tüm betonarme elemanlarda beton sınıfı C30/37(28 günlük silindirik basınç dayanımı, $f_{ck}=30\text{MPa}$) ve donatı çelik sınıfı S420 ($f_{yk}=420\text{MPa}$) seçilmiştir.

4.2. Düzenli Yapı

Düzenli yapının genel özelliklerinde diğer yapılardaki düşey düzensizlikleri görebilmek için, döşeme kalınlığı 12cm, kiriş en kesitleri 25cm/60cm, kolon en kesitleri 40cm/40cm, temel tipi radye ve temel kalınlığı ise 50 cm seçilmiştir.

Bu çalışmada çerçeve sistemli, 5 katlı simetrik bir yapının kat yükseklikleri (3,5m) aynı tutulmuştur. Şekil 4.1'de yapının kat planı ve perspektif görünüşü verilmiştir.



Şekil 4.1.Düzenli Yapı Modelinin Kat Planı ve Perspektif Görünüşü

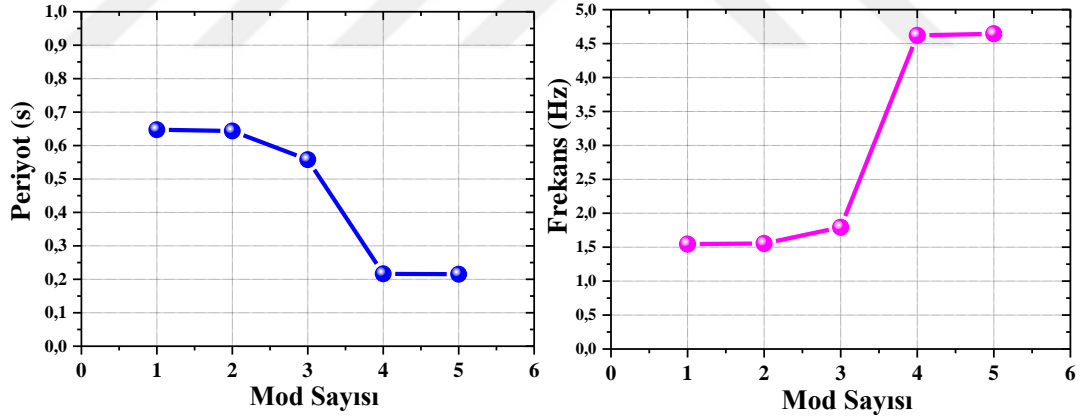
Yapının doğal titreşim periyotları sadece binanın toplam kütlesine bağlıdır. Bu yüzden periyot ve frekans incelenirken sadece D1-Z1 dikkate alınmıştır. Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 mod Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1.Düzenli Yapı İçin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans

Mod	Periyot (s)	Frekans (Hz)	Açısal Frekans (rad/s)
1	0,64721	1,54510	9,70818
2	0,64345	1,55412	9,76481
3	0,55772	1,79302	11,2659
4	0,21645	4,62002	29,02842
5	0,21529	4,64490	29,18478

Düzenli yapı için modal analizden elde edilen X doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1X}=0,64721s$ ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,64345s$ bulunmuştur.

Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 moda ait grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Düzenli Yapı İçin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans Grafikleri

4.2.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları

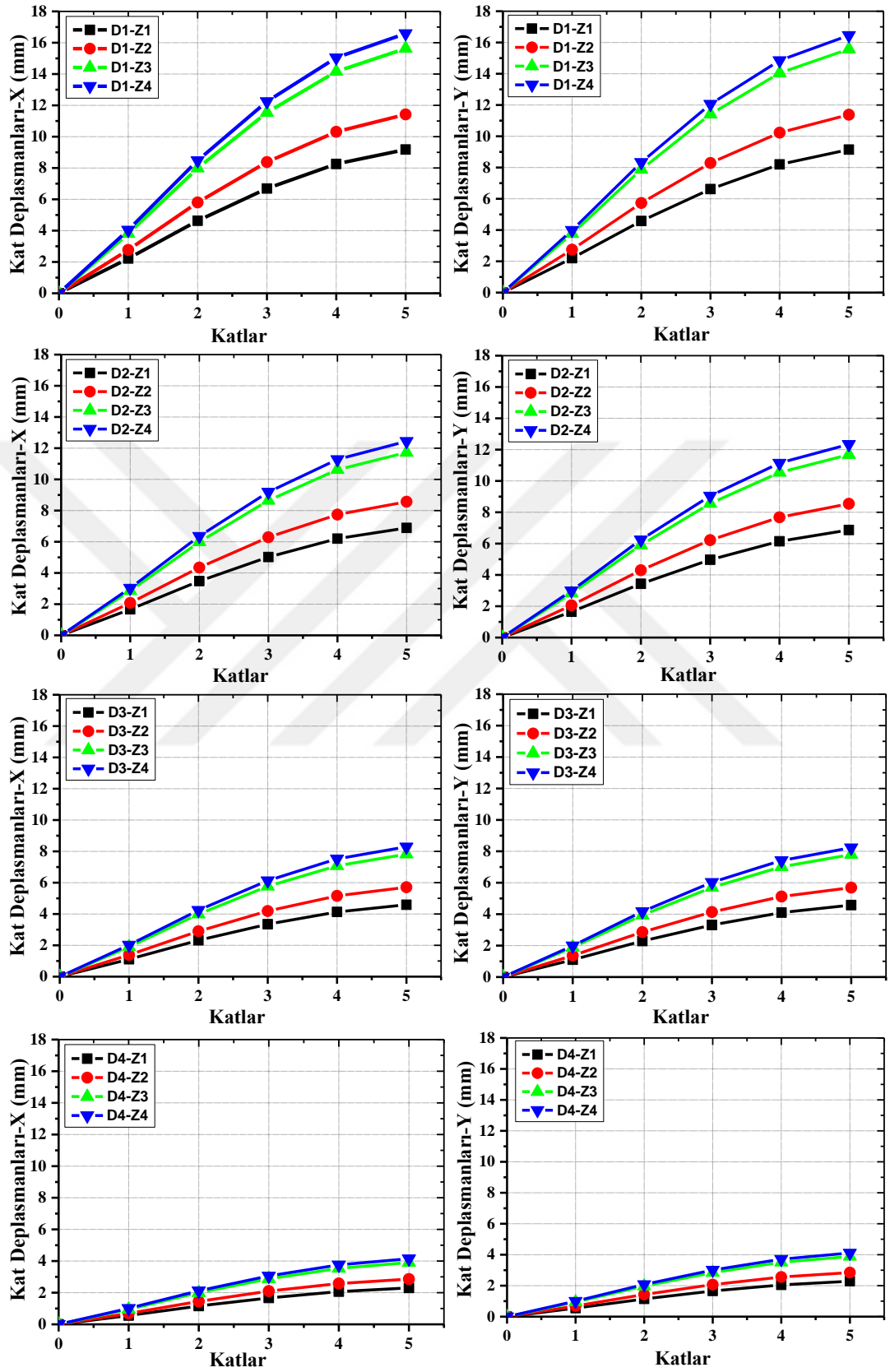
Düzenli yapı modelinin ideCAD[®] programında elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri ve Y doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.2'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.2.Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	9,18	11,42	15,63	16,59	9,15	11,38	15,58	16,46
	4	8,26	10,31	14,16	15,04	8,20	10,23	14,05	14,85
	3	6,69	8,38	11,54	12,25	6,62	8,29	11,41	12,06
	2	4,63	5,80	7,99	8,48	4,58	5,73	7,88	8,33
	1	2,22	2,77	3,81	4,04	2,20	2,75	3,77	3,99
D2	5	6,89	8,57	11,72	12,44	6,87	8,54	11,68	12,34
	4	6,20	7,74	10,62	11,28	6,15	7,68	10,54	11,14
	3	5,02	6,29	8,65	9,19	4,97	6,22	8,56	9,04
	2	3,48	4,35	5,99	6,36	3,43	4,30	5,91	6,25
	1	1,67	2,08	2,86	3,03	1,65	2,06	2,83	2,99
D3	5	4,59	5,71	7,82	8,29	4,58	5,69	7,79	8,23
	4	4,13	5,16	7,08	7,52	4,10	5,12	7,02	7,42
	3	3,35	4,19	5,77	6,13	3,31	4,14	5,7	6,03
	2	2,32	2,90	3,99	4,24	2,29	2,86	3,94	4,17
	1	1,11	1,39	1,90	2,02	1,10	1,37	1,89	1,99
D4	5	2,30	2,86	3,91	4,15	2,29	2,85	3,89	4,11
	4	2,07	2,58	3,54	3,76	2,05	2,56	3,51	3,71
	3	1,67	2,10	2,88	3,06	1,66	2,07	2,85	3,01
	2	1,16	1,45	2,00	2,12	1,14	1,43	1,97	2,08
	1	0,56	0,69	0,95	1,01	0,55	0,69	0,94	1,00

Analizler sonucunda Tablo 4.2. de görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 16,59 mm iken Y doğrultusunda 16,46 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise D4 ve Z1 de görülmüş olup X doğrultusunda 2,30 mm iken Y doğrultusunda 2,29 mm olarak bulunmuştur.

Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan düzenli yapı modelinin kat deplasmanlarının karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.3'te verilmiştir.



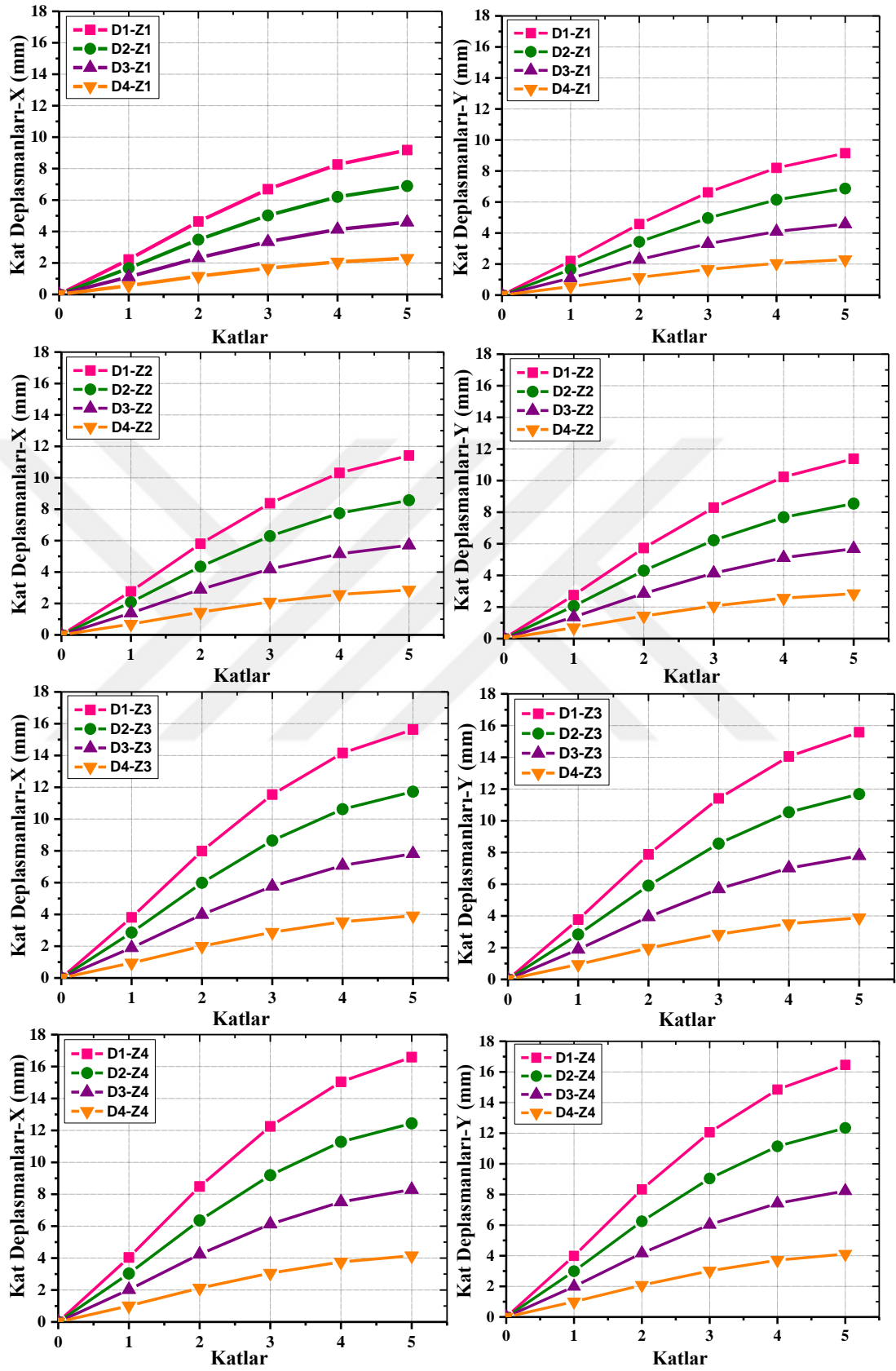
Şekil 4.3. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Tablo 4.3.Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	9,18	6,89	4,59	2,30	9,15	6,87	4,58	2,29
	4	8,26	6,20	4,13	2,07	8,20	6,15	4,10	2,05
	3	6,69	5,02	3,35	1,67	6,62	4,97	3,31	1,66
	2	4,63	3,48	2,32	1,16	4,58	3,43	2,29	1,14
	1	2,22	1,67	1,11	0,56	2,20	1,65	1,10	0,55
Z2	5	11,42	8,57	5,71	2,86	11,38	8,54	5,69	2,85
	4	10,31	7,74	5,16	2,58	10,23	7,68	5,12	2,56
	3	8,38	6,29	4,19	2,1	8,29	6,22	4,14	2,07
	2	5,80	4,35	2,90	1,45	5,73	4,30	2,86	1,43
	1	2,77	2,08	1,39	0,69	2,75	2,06	1,37	0,69
Z3	5	15,63	11,72	7,82	3,91	15,58	11,68	7,79	3,89
	4	14,16	10,62	7,08	3,54	14,05	10,54	7,02	3,51
	3	11,54	8,65	5,77	2,88	11,41	8,56	5,7	2,85
	2	7,99	5,99	3,99	2,00	7,88	5,91	3,94	1,97
	1	3,81	2,86	1,90	0,95	3,77	2,83	1,89	0,94
Z4	5	16,59	12,44	8,29	4,15	16,46	12,34	8,23	4,11
	4	15,04	11,28	7,52	3,76	14,85	11,14	7,42	3,71
	3	12,25	9,19	6,13	3,06	12,06	9,04	6,03	3,01
	2	8,48	6,36	4,24	2,12	8,33	6,25	4,17	2,08
	1	4,04	3,03	2,02	1,01	3,99	2,99	1,99	1,00

Analizler sonucunda Tablo 4.3.'te görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 16,59 mm iken Y doğrultusunda 16,46 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2,30 mm iken Y doğrultusunda 2,29 mm olarak bulunmuştur.

Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan düzenli yapı modelinin kat deplasmanlarının karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

4.2.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri

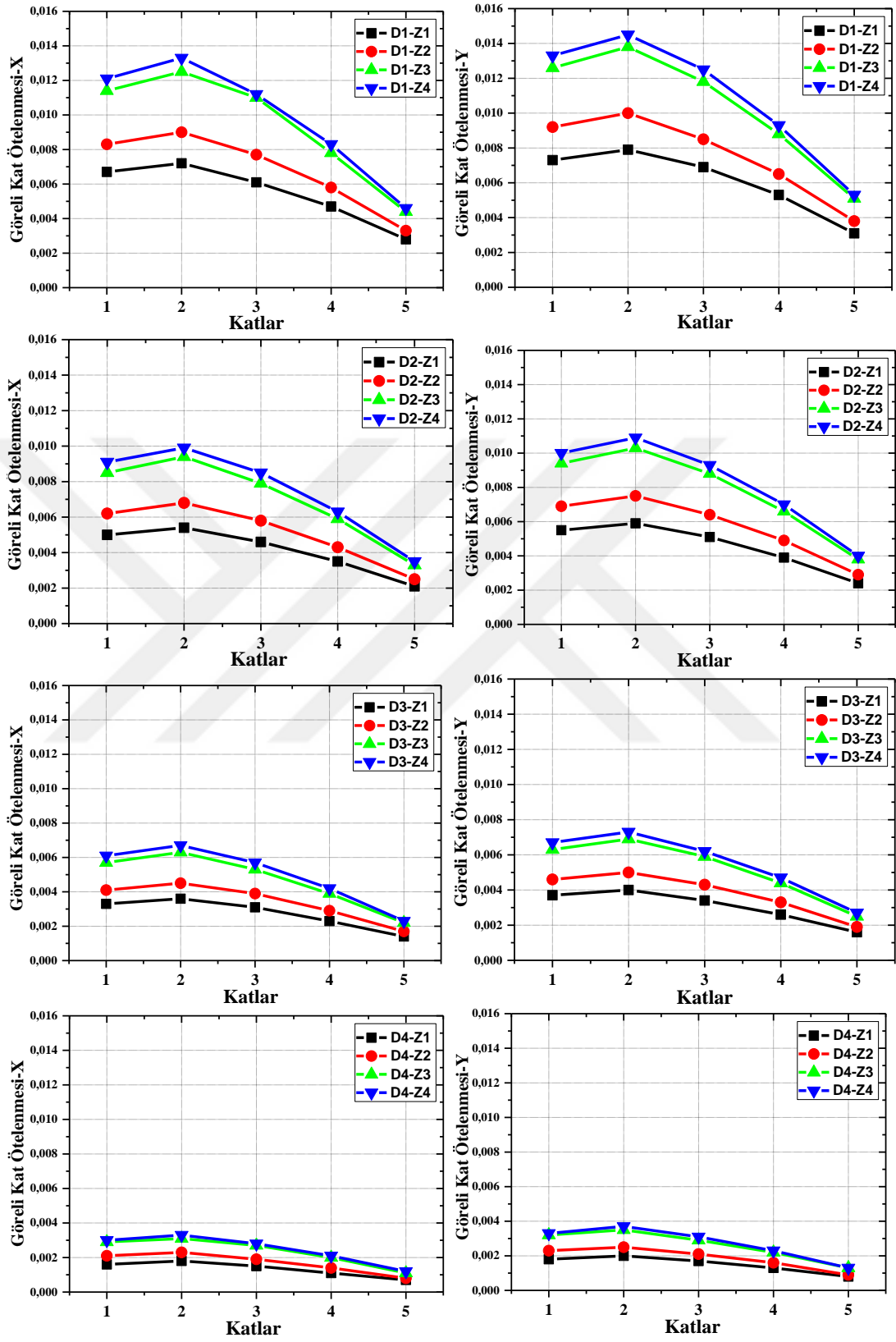
Düzenli yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki görelî kat ötelemesi değerleri ve Y doğrultusundaki görelî kat ötelemesi değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.4'te ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.4.Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	0,0028	0,0033	0,0044	0,0046	0,0031	0,0038	0,0051	0,0053
	4	0,0047	0,0058	0,0078	0,0083	0,0053	0,0065	0,0088	0,0093
	3	0,0061	0,0077	0,0110	0,0112	0,0069	0,0085	0,0118	0,0125
	2	0,0072	0,0090	0,0125	0,0133	0,0079	0,0100	0,0138	0,0145
	1	0,0067	0,0083	0,0114	0,0121	0,0073	0,0092	0,0126	0,0133
D2	5	0,0021	0,0025	0,0033	0,0035	0,0024	0,0029	0,0038	0,0040
	4	0,0035	0,0043	0,0059	0,0063	0,0039	0,0049	0,0066	0,0070
	3	0,0046	0,0058	0,0079	0,0085	0,0051	0,0064	0,0088	0,0093
	2	0,0054	0,0068	0,0094	0,0099	0,0059	0,0075	0,0103	0,0109
	1	0,0050	0,0062	0,0085	0,0091	0,0055	0,0069	0,0094	0,0100
D3	5	0,0014	0,0017	0,0022	0,0023	0,0016	0,0019	0,0025	0,0027
	4	0,0023	0,0029	0,0039	0,0042	0,0026	0,0033	0,0044	0,0047
	3	0,0031	0,0039	0,0053	0,0057	0,0034	0,0043	0,0059	0,0062
	2	0,0036	0,0045	0,0063	0,0067	0,0040	0,0050	0,0069	0,0073
	1	0,0033	0,0041	0,0057	0,0061	0,0037	0,0046	0,0063	0,0067
D4	5	0,0007	0,0008	0,0011	0,0012	0,0080	0,0009	0,0013	0,0013
	4	0,0011	0,0014	0,0020	0,0021	0,0013	0,0016	0,0022	0,0023
	3	0,0015	0,0019	0,0027	0,0028	0,0017	0,0021	0,0029	0,0031
	2	0,0018	0,0023	0,0031	0,0033	0,0020	0,0025	0,0035	0,0037
	1	0,0016	0,0021	0,0029	0,0030	0,0018	0,0023	0,0032	0,0033

Analizler sonucunda Tablo 4.4'te görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da 2. katta D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 0,0133 iken Y doğrultusunda 0,0145 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise D4 ve Z1'de görülmüş olup yine 2. katta X doğrultusunda 0,0018 iken Y doğrultusunda 0,0020 olarak bulunmuştur.

Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan düzenli yapı modelinin görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.5'te verilmiştir.



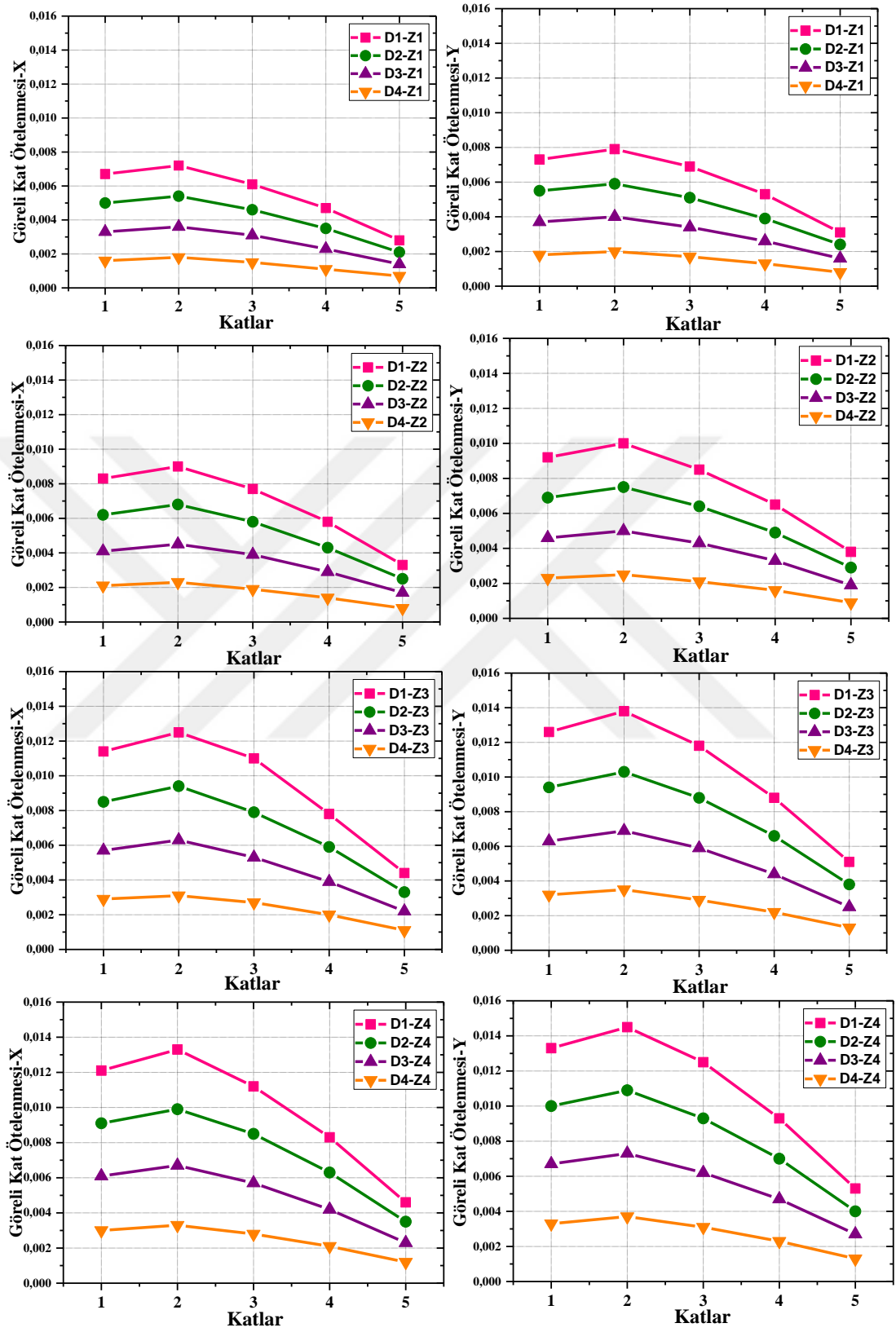
Şekil 4.5. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görel Kat Ötelemeleri

Tablo 4.5. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	Z2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	0,0028	0,0021	0,0014	0,0007	0,0031	0,0024	0,0016	0,0008
	4	0,0047	0,0035	0,0023	0,0011	0,0053	0,0039	0,0026	0,0013
	3	0,0061	0,0046	0,0031	0,0015	0,0069	0,0051	0,0034	0,0017
	2	0,0072	0,0054	0,0036	0,0018	0,0079	0,0059	0,004	0,0020
	1	0,0067	0,0050	0,0033	0,0016	0,0073	0,0055	0,0037	0,0018
Z2	5	0,0033	0,0025	0,0017	0,0008	0,0038	0,0029	0,0019	0,0009
	4	0,0058	0,0043	0,0029	0,0014	0,0065	0,0049	0,0033	0,0016
	3	0,0077	0,0058	0,0039	0,0019	0,0085	0,0064	0,0043	0,0021
	2	0,0090	0,0068	0,0045	0,0023	0,0100	0,0075	0,005	0,0025
	1	0,0083	0,0062	0,0041	0,0021	0,0092	0,0069	0,0046	0,0023
Z3	5	0,0044	0,0033	0,0022	0,0011	0,0051	0,0038	0,0025	0,0013
	4	0,0078	0,0059	0,0039	0,0020	0,0088	0,0066	0,0044	0,0022
	3	0,0110	0,0079	0,0053	0,0027	0,0118	0,0088	0,0059	0,0029
	2	0,0125	0,0094	0,0063	0,0031	0,0138	0,0103	0,0069	0,0035
	1	0,0114	0,0085	0,0057	0,0029	0,0126	0,0094	0,0063	0,0032
Z4	5	0,0046	0,0035	0,0023	0,0012	0,0053	0,0040	0,0027	0,0013
	4	0,0083	0,0063	0,0042	0,0021	0,0093	0,0070	0,0047	0,0023
	3	0,0112	0,0085	0,0057	0,0028	0,0125	0,0093	0,0062	0,0031
	2	0,0133	0,0099	0,0067	0,0033	0,0145	0,0109	0,0073	0,0037
	1	0,0121	0,0091	0,0061	0,0030	0,0133	0,0100	0,0067	0,0033

Analizler sonucunda Tablo 4.5'te görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da 2. katta Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0133 iken Y doğrultusunda 0,0145 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise Z1 ve D4'te görülmüş olup yine 2. katta X doğrultusunda 0,0018 iken Y doğrultusunda 0,0020 olarak bulunmuştur.

Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan düzenli yapı modelinin görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelü Kat Ötelemeleri

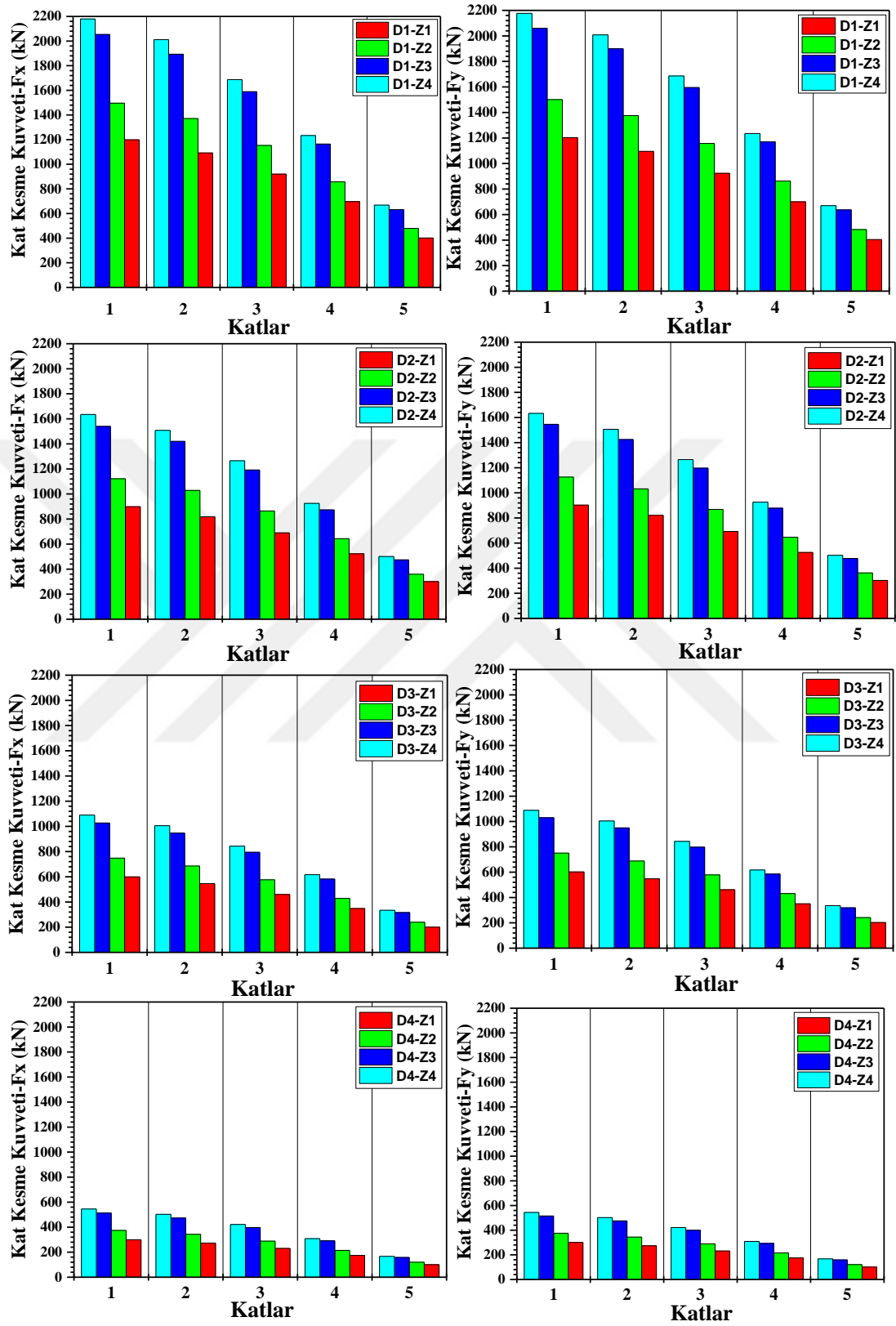
4.2.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri

Düzenli yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvveti değerleri ile Y doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvveti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.6'da ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.6.Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	400,7	479,2	631,7	667,9	403,6	482,8	636,6	670,3
	4	696,8	857,6	1163,5	1233,3	700,6	862,4	1170,2	1234,9
	3	919,7	1152,7	1588,3	1687,2	923,2	1157,3	1594,9	1686,4
	2	1091,4	1371,2	1893,1	2011,2	1095,0	1375,7	1899,4	2008,5
	1	1198,6	1495,6	2053,1	2179,7	1203,0	1500,8	2060,1	2177,0
D2	5	300,5	359,4	473,8	500,9	302,7	362,1	477,5	502,7
	4	522,5	643,2	872,6	924,9	525,5	646,8	877,7	926,1
	3	689,6	864,5	1191,2	1265,3	692,5	868,0	1196,3	1264,7
	2	818,4	1028,4	1419,8	1508,3	821,3	1031,8	1424,7	1506,3
	1	898,8	1121,7	1539,8	1634,7	902,3	1125,7	1545,2	1632,7
D3	5	200,3	239,6	315,9	333,9	201,8	241,4	318,3	335,1
	4	348,3	428,8	581,8	616,6	350,3	431,2	585,1	617,4
	3	459,7	576,3	794,2	843,5	461,6	578,7	797,5	843,1
	2	545,5	685,5	946,6	1005,5	547,5	687,9	949,7	1004,1
	1	599,1	747,7	1026,6	1089,8	601,5	750,5	1030,0	1088,3
D4	5	100,2	119,8	157,9	167,0	100,9	120,7	159,2	167,6
	4	174,2	214,4	290,8	308,3	175,2	215,6	292,6	308,7
	3	229,9	288,2	397,0	421,8	230,9	289,3	398,8	421,6
	2	272,8	342,8	473,2	502,8	273,8	343,9	474,9	502,1
	1	299,6	373,9	513,2	544,9	300,8	375,2	515,1	544,2

Analizler sonucunda Tablo 4.6'da görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2179,7 kN iken Y doğrultusunda 2177,0 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise D4 ve Z1'de sınıfında görülmüş olup X doğrultusunda 299,6 kN iken Y doğrultusunda 300,8 kN olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.7'de verilmiştir.

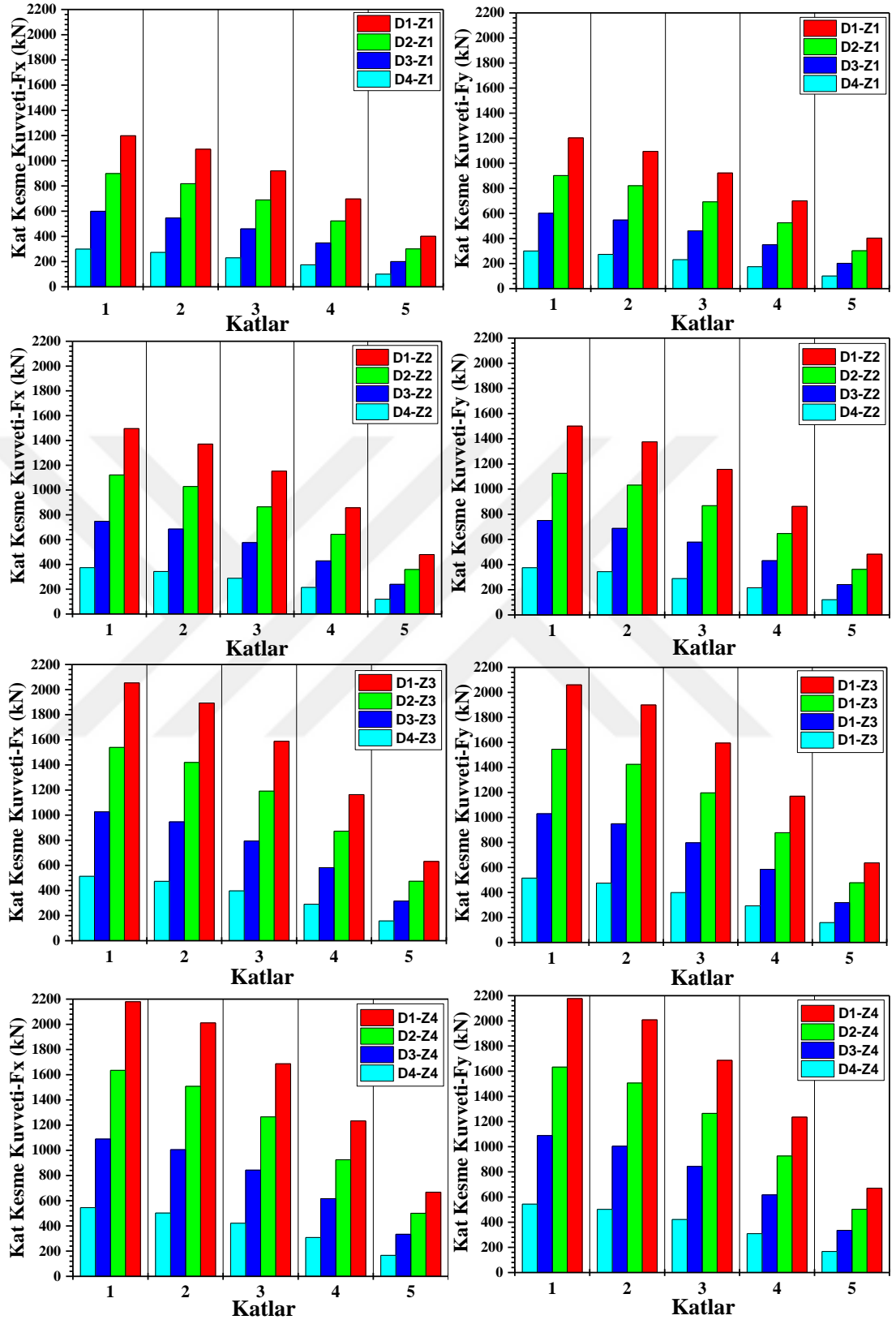


Şekil 4.7. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Tablo 4.7. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	400,7	300,5	200,3	100,2	403,6	302,7	201,8	100,9
	4	696,8	522,5	348,3	174,2	700,6	525,5	350,3	175,2
	3	919,7	689,6	459,7	229,9	923,2	692,5	461,6	230,9
	2	1091,4	818,4	545,5	272,8	1095	821,3	547,5	273,8
	1	1198,6	898,8	599,1	299,6	1203	902,3	601,5	300,8
Z2	5	479,2	359,4	239,6	119,8	482,8	362,1	241,4	120,7
	4	857,6	643,2	428,8	214,4	862,4	646,8	431,2	215,6
	3	1152,7	864,5	576,3	288,2	1157,3	868	578,7	289,3
	2	1371,2	1028,4	685,5	342,8	1375,7	1031,8	687,9	343,9
	1	1495,6	1121,7	747,7	373,9	1500,8	1125,7	750,5	375,2
Z3	5	631,7	473,8	315,9	157,9	636,6	477,5	318,3	159,2
	4	1163,5	872,6	581,8	290,8	1170,2	877,7	585,1	292,6
	3	1588,3	1191,2	794,2	397	1594,9	1196,3	797,5	398,8
	2	1893,1	1419,8	946,6	473,2	1899,4	1424,7	949,7	474,9
	1	2053,1	1539,8	1026,6	513,2	2060,1	1545,2	1030	515,1
Z4	5	667,9	500,9	333,9	167	670,3	502,7	335,1	167,6
	4	1233,3	924,9	616,6	308,3	1234,9	926,1	617,4	308,7
	3	1687,2	1265,3	843,5	421,8	1686,4	1264,7	843,1	421,6
	2	2011,2	1508,3	1005,5	502,8	2008,5	1506,3	1004,1	502,1
	1	2179,7	1634,7	1089,8	544,9	2177	1632,7	1088,3	544,2

Analizler sonucunda Tablo 4.7'de görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2179,7 kN iken Y doğrultusunda 2177,0 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise Z1 ve D4'te sınıfında görülmüş olup X doğrultusunda 299,6 kN iken Y doğrultusunda 300,8 kN olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

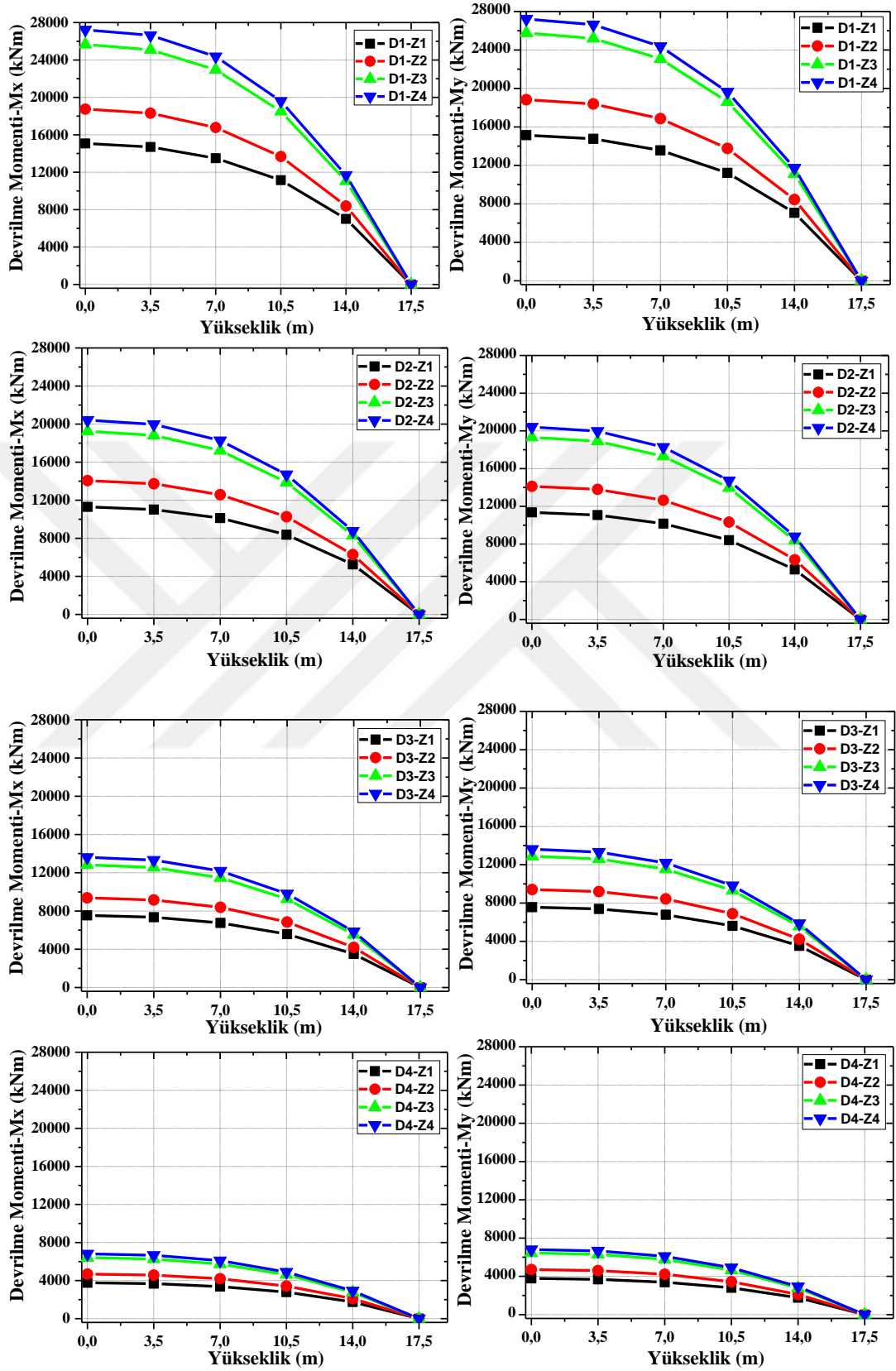
4.2.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri

Düzenli yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki devrilme momenti değerleri ve Y doğrultusundaki devrilme momenti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.8'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.8. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Deprem Bölgesi	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	D4
D1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	7012,1	8385,3	11055,1	11688,1	7063,8	5297,9	3531,9	1766
	10,5	11157,0	13682,9	18500,3	19603,5	11221,8	8416,4	5610,9	2805,5
	7,0	13497,1	16781,3	22961,2	24369,0	13559,5	10169,7	6779,8	3389,9
	3,5	14698,8	18310,6	25094,7	26636,8	14761,8	11071,4	7381	3690,5
	0	15073,8	18746,1	25654,8	27226,7	15139,7	11354,8	7569,9	3785
D2	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	8385,3	6289	4192,7	2096,3	8448,8	6336,6	4224,4	2112,2
	10,5	13682,9	10262,2	6841,5	3420,7	13763,7	10322,7	6881,8	3440,9
	7,0	16781,3	12586	8390,7	4195,3	16860,4	12645,2	8430,1	4215,1
	3,5	18310,6	13733	9155,4	4577,6	18389,1	13791,7	9194,5	4597,3
	0	18746,1	14059,6	9373,2	4686,5	18827,1	14120,2	9413,5	4706,8
D3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	11055,1	8291,3	5527,5	2763,8	11141	8355,7	5570,5	2785,2
	10,5	18500,3	13875,2	9250,1	4625,1	18611,1	13958,3	9305,6	4652,7
	7,0	22961,2	17220,9	11480,6	5740,3	23070,8	17303,1	11535,5	5767,6
	3,5	25094,7	18821	12547,4	6273,7	25202,1	18901,6	12601,1	6300,4
	0	25654,8	19241,1	12827,4	6413,7	25764,4	19323,3	12882,2	6441
D4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	11688,1	8766,1	5844,1	2922	11729,5	8797,1	5864,8	2932,4
	10,5	19603,5	14702,6	9801,8	4900,8	19633,6	14725,2	9816,8	4908,4
	7,0	24369	18276,8	12184,6	6092,2	24374,2	18280,7	12187,1	6093,6
	3,5	26636,8	19977,6	13318,5	6659,1	26628,8	19971,6	13314,4	6657,2
	0	27226,7	20420	13613,5	6806,6	3785,0	4706,8	6441,0	6804,6

Analizler sonucunda Tablo 4.8'de görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 27226,7 kNm iken Y doğrultusunda 27218,5 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 3768,4 kNm iken Y doğrultusunda 3785,0 kNm olarak bulunmuştur. Karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.9'da verilmiştir.

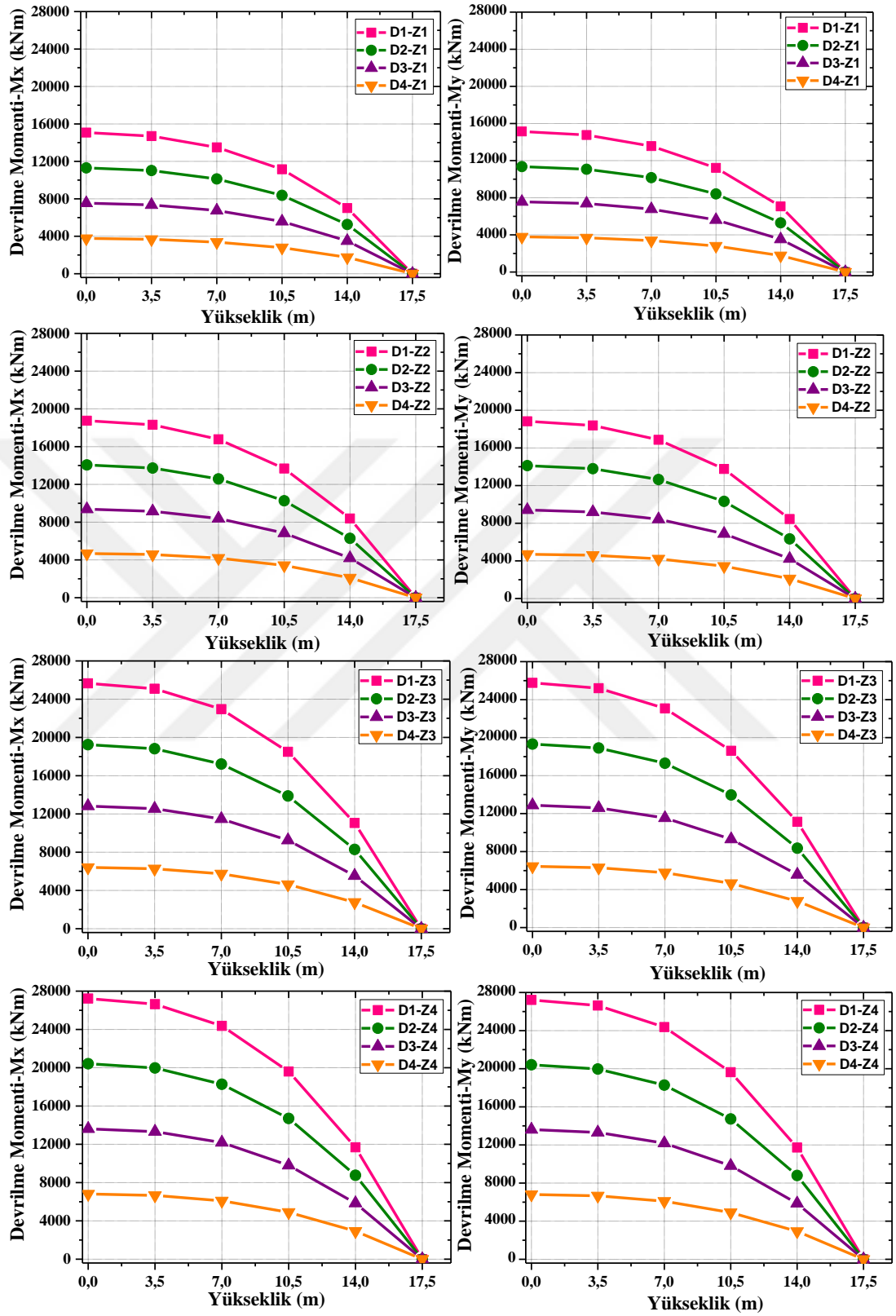


Şekil 4.9. Düzenli Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Tablo 4.9. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Zemin Sınıfı	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	7012,1	5259,1	3506,1	1753	7063,8	8448,8	11141,0	11729,5
	10,5	11157	8367,8	5578,6	2789,2	11221,8	13763,7	18611,1	19633,6
	7,0	13497,1	10122,9	6748,6	3374,2	13559,5	16860,4	23070,8	24374,2
	3,5	14698,8	11024,2	7349,5	3674,6	14761,8	18389,1	25202,1	26628,8
	0	15073,8	11305,5	7537	3768,4	15139,7	18827,1	25764,4	27218,5
Z2	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	5259,1	6289,0	8291,3	8766,1	5297,9	6336,6	8355,7	8797,1
	10,5	8367,8	10262,2	13875,2	14702,6	8416,4	10322,7	13958,3	14725,2
	7,0	10122,9	12586,0	17220,9	18276,8	10169,7	12645,2	17303,1	18280,7
	3,5	11024,2	13733,0	18821,0	19977,6	11071,4	13791,7	18901,6	19971,6
	0	11305,5	14059,6	19241,1	20420,0	11354,8	14120,2	19323,3	20413,9
Z3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	3506,1	4192,7	5527,5	5844,1	3531,9	4224,4	5570,5	5864,8
	10,5	5578,6	6841,5	9250,1	9801,8	5610,9	6881,8	9305,6	9816,8
	7,0	6748,6	8390,7	11480,6	12184,6	6779,8	8430,1	11535,5	12187,1
	3,5	7349,5	9155,4	12547,4	13318,5	7381,0	9194,5	12601,1	13314,4
	0	7537,0	9373,2	12827,4	13613,5	7569,9	9413,5	12882,2	13609,3
Z4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	1753,0	2096,3	2763,8	2922,0	1766,0	2112,2	2785,2	2932,4
	10,5	2789,2	3420,7	4625,1	4900,8	2805,5	3440,9	4652,7	4908,4
	7,0	3374,2	4195,3	5740,3	6092,2	3389,9	4215,1	5767,6	6093,6
	3,5	3674,6	4577,6	6273,7	6659,1	3690,5	4597,3	6300,4	6657,2
	0	3768,4	4686,5	6413,7	6806,6	3785,0	4706,8	6441,0	6804,6

Analizler sonucunda Tablo 4.9'da görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 27226,7 kNm iken Y doğrultusunda 27218,5 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 3768,4 kNm iken Y doğrultusunda 3785,0 kNm olarak bulunmuştur. Karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Düzenli Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında kat deplasmanlarının X doğrultusunda %81, Y doğrultusunda da %80 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %6 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için %24 arttığı görülmüştür.

Görelî kat ötelemeleri kontrolünde tüm deprem bölgelerinde ve zemin sınıflarında her iki doğrultuda, tüm katlardaki $(\Delta_i)_{\max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen $0,02/R=0,00286$ değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için 2. katta olduğu X ve Y doğrultusunda Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında görelî kat ötelemelerinin X doğrultusunda %85, Y doğrultusunda da %84 arttığı görülmüştür. X ve Y doğrultusunda görelî kat ötelemesi farkının en çok Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında %39 mertebesinde zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %6 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %26 arttığı tespit edilmiştir.

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinin X doğrultusunda %82, Y doğrultusunda da %80 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %6 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %25 arttığı görülmüştür.

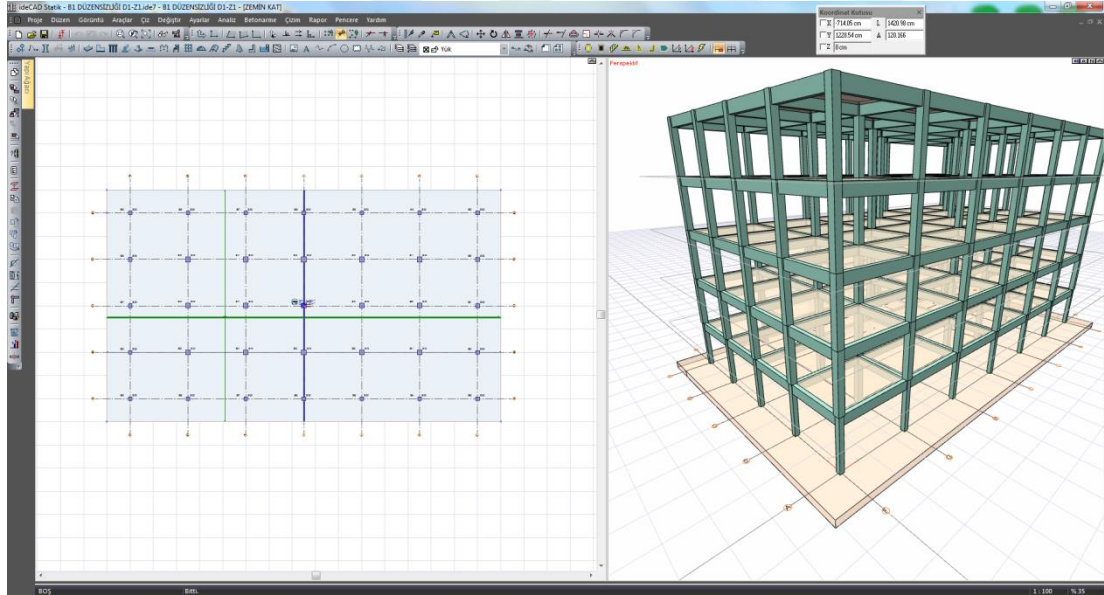
X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında devrilme momentlerinin X ve Y doğrultusunda da %80 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde

gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %6 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %24 artışı görülmüştür.

4.3. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

B1 düzensizliği olarak da bilinen komşu katlar arasında dayanım düzensizliği bulunan yapının genel özellikleri düzenli yapı ile karşılaştırılabilmesi için, döşeme kalınlığı 12cm, kiriş en kesitleri 25cm/60cm, kolon en kesitleri 40cm/40cm ile 30cm/30cm, temel tipi radye ve temel kalınlığı ise 50 cm seçilmiştir.

Bu çalışmada çerçeve sistemli, 5 katlı simetrik bir yapının kat yükseklikleri (3,5m) aynı tutulmuştur. Şekil 4.11'de yapının kat planı ve perspektif görünüşü verilmektedir.



Şekil 4.11.B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Kat Planı ve Perspektif Görünüşü

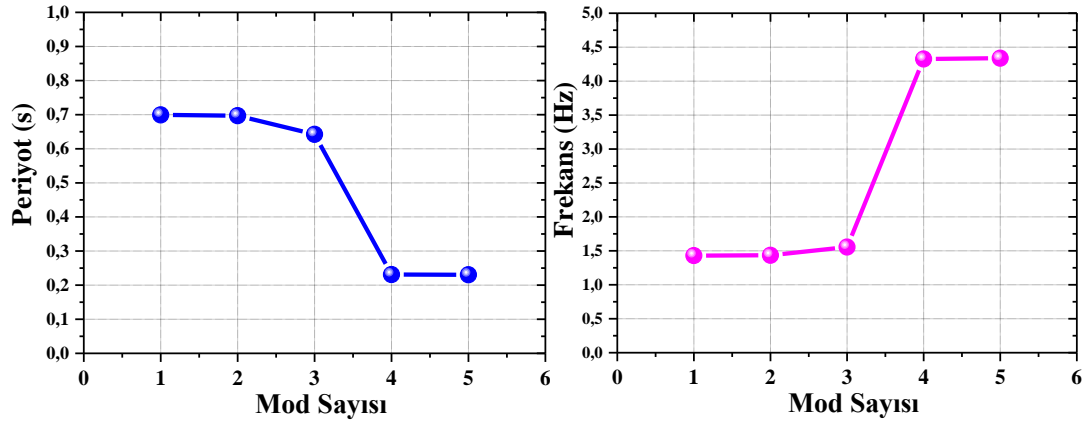
Yapının doğal titreşim periyotları sadece binanın toplam kütlesine bağlı olduğundan periyot ve frekans incelenirken sadece D1-Z1 dikkate alınmıştır. Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 mod Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10.B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans

Mod	Periyot (s)	Frekans (Hz)	Açısal Frekans (rad/s)
1	0,69943	1,42973	8,98329
2	0,69688	1,43498	9,01623
3	0,64240	1,55667	9,78083
4	0,23119	4,32550	27,17795
5	0,23053	4,33793	27,25602

B1 düzensizliği olan bu yapı için modal analizden elde edilen X doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1X}=0,699431s$ ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,69688 s$ bulunmuştur.

Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 moda ait grafik Şekil 4.12' de verilmiştir.



Şekil 4.12.B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans

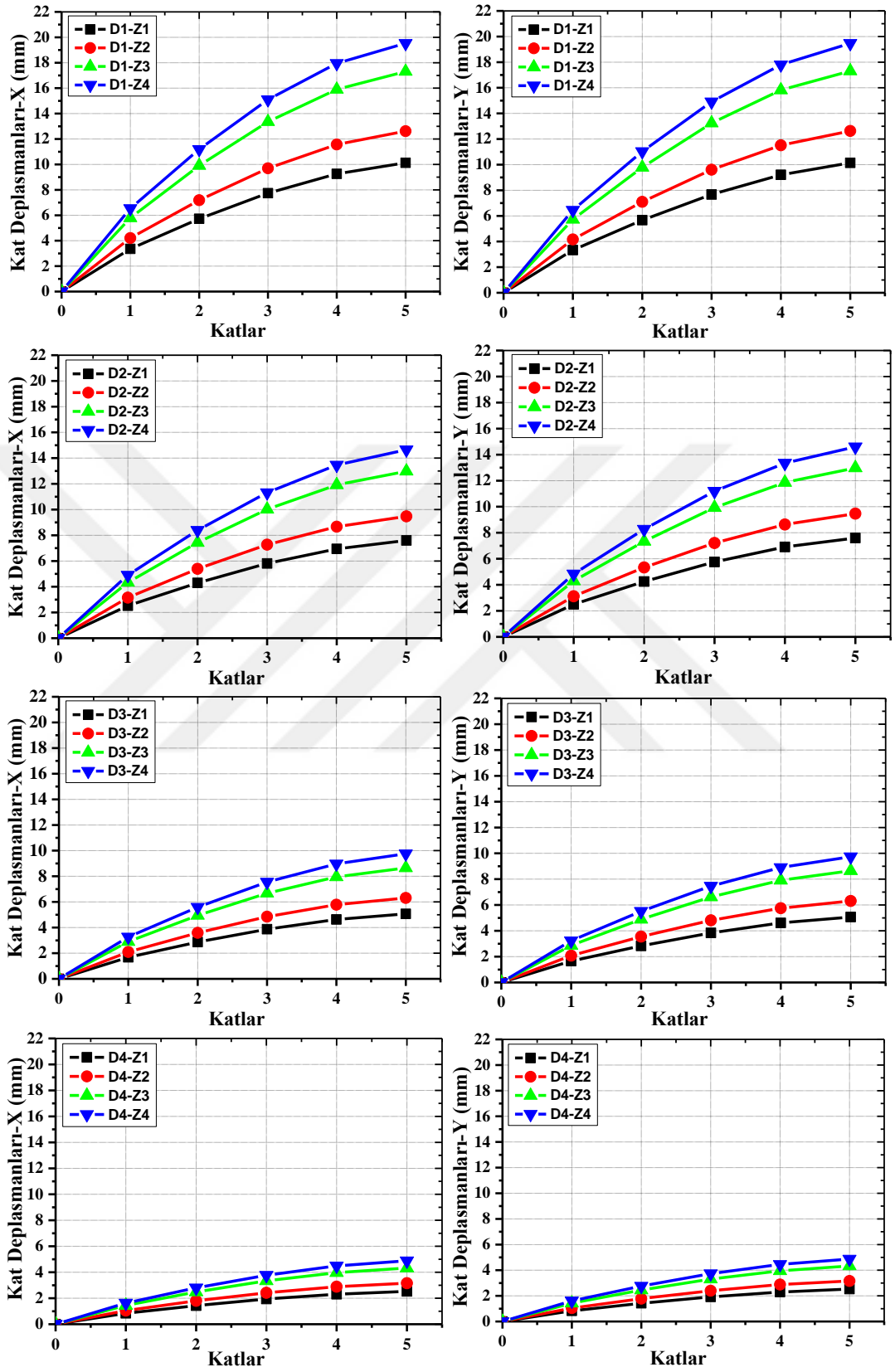
4.3.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları

Dayanım düzensizliği (B1) bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri ve Y doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.11'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.11.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları(mm)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	10,13	12,62	17,31	19,53	10,14	12,63	17,31	19,47
	4	9,26	11,57	15,90	17,95	9,21	11,51	15,82	17,80
	3	7,74	9,70	13,36	15,10	7,67	9,61	13,24	14,91
	2	5,73	7,19	9,91	11,19	5,67	7,10	9,79	11,03
	1	3,36	4,21	5,79	6,54	3,33	4,16	5,73	6,45
D2	5	7,60	9,47	12,98	14,65	7,60	9,47	12,98	14,6
	4	6,94	8,67	11,92	13,46	6,91	8,63	11,86	13,35
	3	5,81	7,27	10,02	11,32	5,76	7,21	9,93	11,19
	2	4,30	5,39	7,43	8,39	4,25	5,33	7,34	8,27
	1	2,52	3,15	4,34	4,90	2,50	3,12	4,30	4,84
D3	5	5,07	6,31	8,65	9,76	5,07	6,31	8,65	9,74
	4	4,63	5,78	7,95	8,97	4,61	5,75	7,91	8,90
	3	3,87	4,85	6,68	7,55	3,84	4,81	6,62	7,46
	2	2,87	3,59	4,95	5,59	2,83	3,55	4,89	5,51
	1	1,68	2,10	2,90	3,27	1,66	2,08	2,87	3,23
D4	5	2,53	3,16	4,33	4,88	2,53	3,16	4,33	4,87
	4	2,31	2,89	3,97	4,49	2,30	2,88	3,95	4,45
	3	1,94	2,42	3,34	3,77	1,92	2,40	3,31	3,73
	2	1,43	1,8	2,48	2,80	1,42	1,78	2,45	2,76
	1	0,84	1,05	1,45	1,63	0,83	1,04	1,43	1,61

Analizler sonucunda Tablo 4.11'de görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 19,53 mm iken Y doğrultusunda 19,47 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2,53 mm iken Y doğrultusunda 2,53 mm olarak bulunmuştur. Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan modelin kat deplasmanlarının karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.13'de verilmiştir.

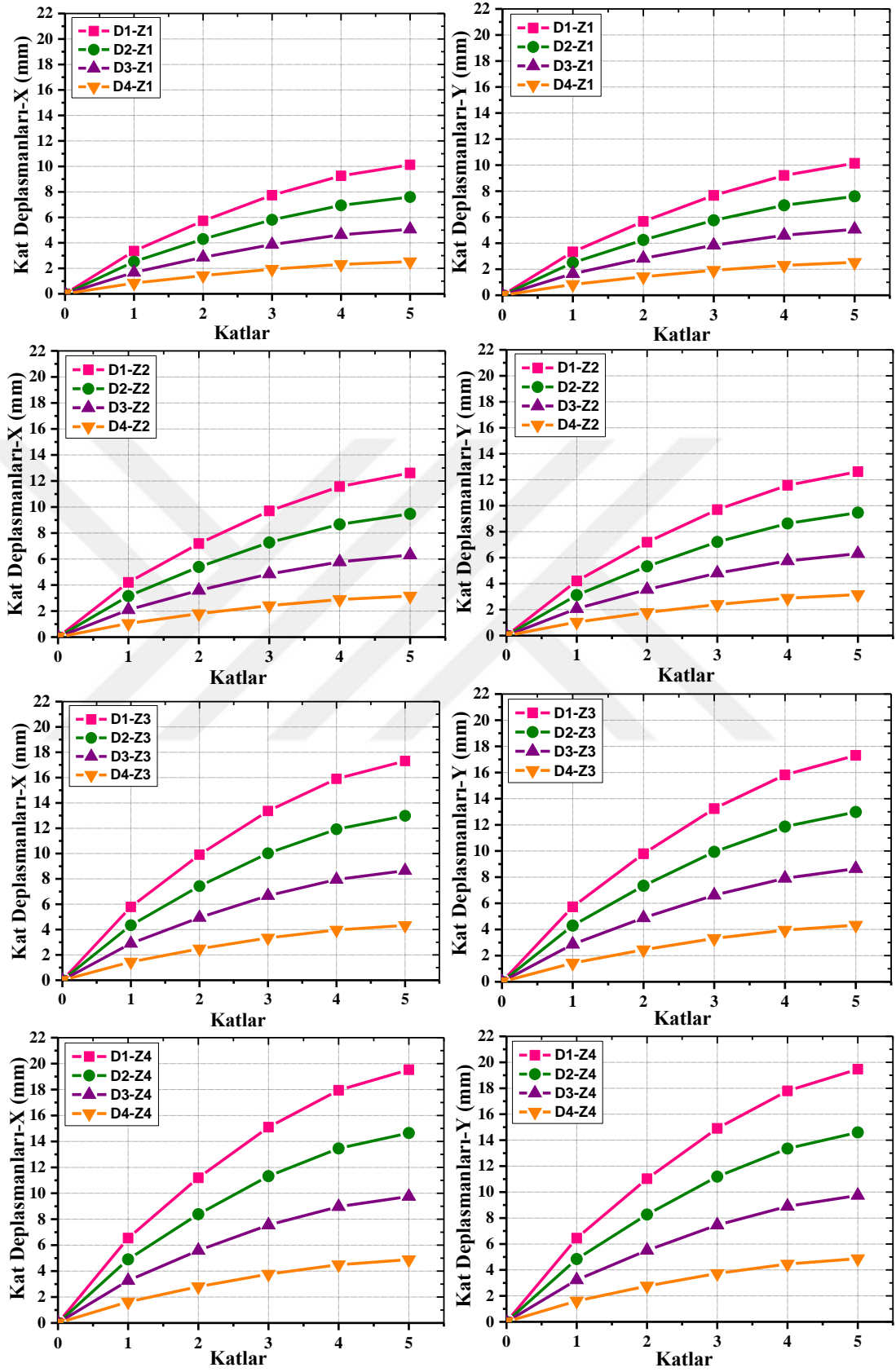


Şekil 4.13.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Tablo 4.12. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	10,13	7,60	5,07	2,53	10,14	7,60	5,07	2,53
	4	9,26	6,94	4,63	2,31	9,21	6,91	4,61	2,30
	3	7,74	5,81	3,87	1,94	7,67	5,76	3,84	1,92
	2	5,73	4,30	2,87	1,43	5,67	4,25	2,83	1,42
	1	3,36	2,52	1,68	0,84	3,33	2,50	1,66	0,83
Z2	5	12,62	9,47	6,31	3,16	12,62	9,47	6,31	3,16
	4	11,57	8,67	5,78	2,89	11,57	8,63	5,75	2,88
	3	9,70	7,27	4,85	2,42	9,70	7,21	4,81	2,40
	2	7,19	5,39	3,59	1,80	7,19	5,33	3,55	1,78
	1	4,21	3,15	2,10	1,05	4,21	3,12	2,08	1,04
Z3	5	17,31	12,98	8,65	4,33	17,31	12,98	8,65	4,33
	4	15,90	11,92	7,95	3,97	15,82	11,86	7,91	3,95
	3	13,36	10,02	6,68	3,34	13,24	9,93	6,62	3,31
	2	9,91	7,43	4,95	2,48	9,79	7,34	4,89	2,45
	1	5,79	4,34	2,90	1,45	5,73	4,30	2,87	1,43
Z4	5	19,53	14,65	9,76	4,88	19,47	14,6	9,74	4,87
	4	17,95	13,46	8,97	4,49	17,80	13,35	8,90	4,45
	3	15,10	11,32	7,55	3,77	14,91	11,19	7,46	3,73
	2	11,19	8,39	5,59	2,80	11,03	8,27	5,51	2,76
	1	6,54	4,90	3,27	1,63	6,45	4,84	3,23	1,61

Analizler sonucunda Tablo 4.12'de görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 19,53 mm iken Y doğrultusunda 19,47 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2,53 mm iken Y doğrultusunda 2,53 mm olarak bulunmuştur. Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için elde edilmiş olan modelin kat deplasmanlarının karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

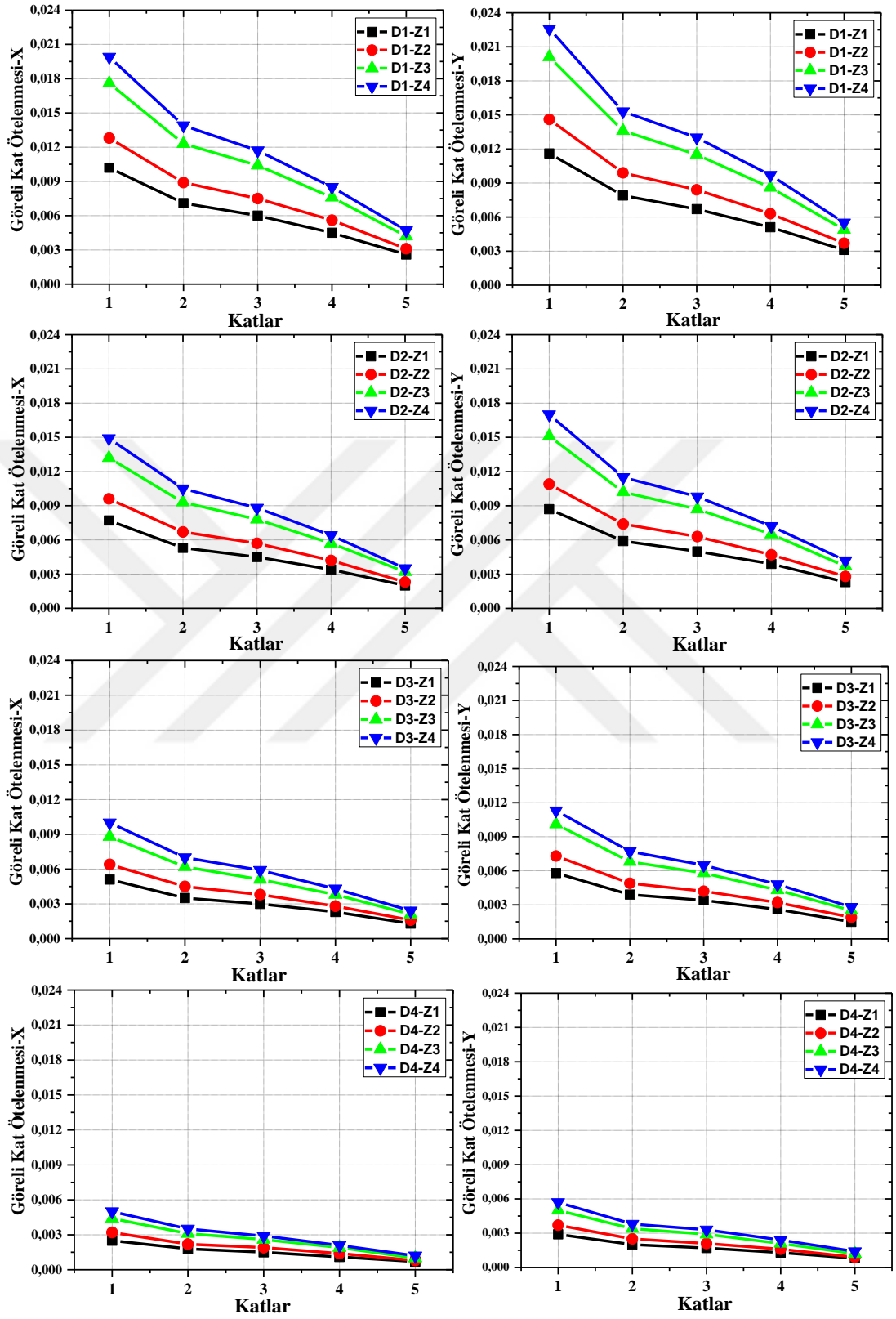
4.3.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri

B1-Dayanım düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki görelî kat ötelemesi değerleri ve Y doğrultusundaki görelî kat ötelemesi değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.13'te Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.13.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	0,0026	0,0031	0,0042	0,0047	0,0031	0,0037	0,0049	0,0055
	4	0,0045	0,0056	0,0076	0,0085	0,0051	0,0063	0,0086	0,0097
	3	0,0060	0,0075	0,0104	0,0117	0,0067	0,0084	0,0115	0,0130
	2	0,0071	0,0089	0,0123	0,0139	0,0079	0,0099	0,0136	0,0153
	1	0,0102	0,0128	0,0176	0,0199	0,0116	0,0146	0,0201	0,0226
D2	5	0,0020	0,0023	0,0032	0,0035	0,0023	0,0028	0,0037	0,0042
	4	0,0034	0,0042	0,0057	0,0064	0,0039	0,0047	0,0065	0,0072
	3	0,0045	0,0057	0,0078	0,0088	0,0050	0,0063	0,0087	0,0098
	2	0,0053	0,0067	0,0093	0,0105	0,0059	0,0074	0,0102	0,0115
	1	0,0077	0,0096	0,0132	0,0149	0,0087	0,0109	0,0151	0,0170
D3	5	0,0013	0,0016	0,0021	0,0024	0,0015	0,0019	0,0025	0,0028
	4	0,0023	0,0028	0,0038	0,0043	0,0026	0,0032	0,0043	0,0048
	3	0,0030	0,0038	0,0051	0,0059	0,0034	0,0042	0,0058	0,0065
	2	0,0035	0,0045	0,0062	0,0070	0,0039	0,0049	0,0068	0,0077
	1	0,0051	0,0064	0,0088	0,0100	0,0058	0,0073	0,0101	0,0113
D4	5	0,0007	0,0008	0,0010	0,0012	0,0008	0,0009	0,0012	0,0014
	4	0,0011	0,0014	0,0019	0,0021	0,0013	0,0016	0,0021	0,0024
	3	0,0015	0,0019	0,0026	0,0029	0,0017	0,0021	0,0029	0,0033
	2	0,0018	0,0022	0,0031	0,0035	0,0020	0,0025	0,0034	0,0038
	1	0,0025	0,0032	0,0044	0,0050	0,0029	0,0037	0,0050	0,0057

Analizler sonucunda Tablo 4.13'te görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 0,0199 iken Y doğrultusunda 0,0226 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0025 iken Y doğrultusunda 0,0029 olarak bulunmuştur. Değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.15'te verilmiştir.

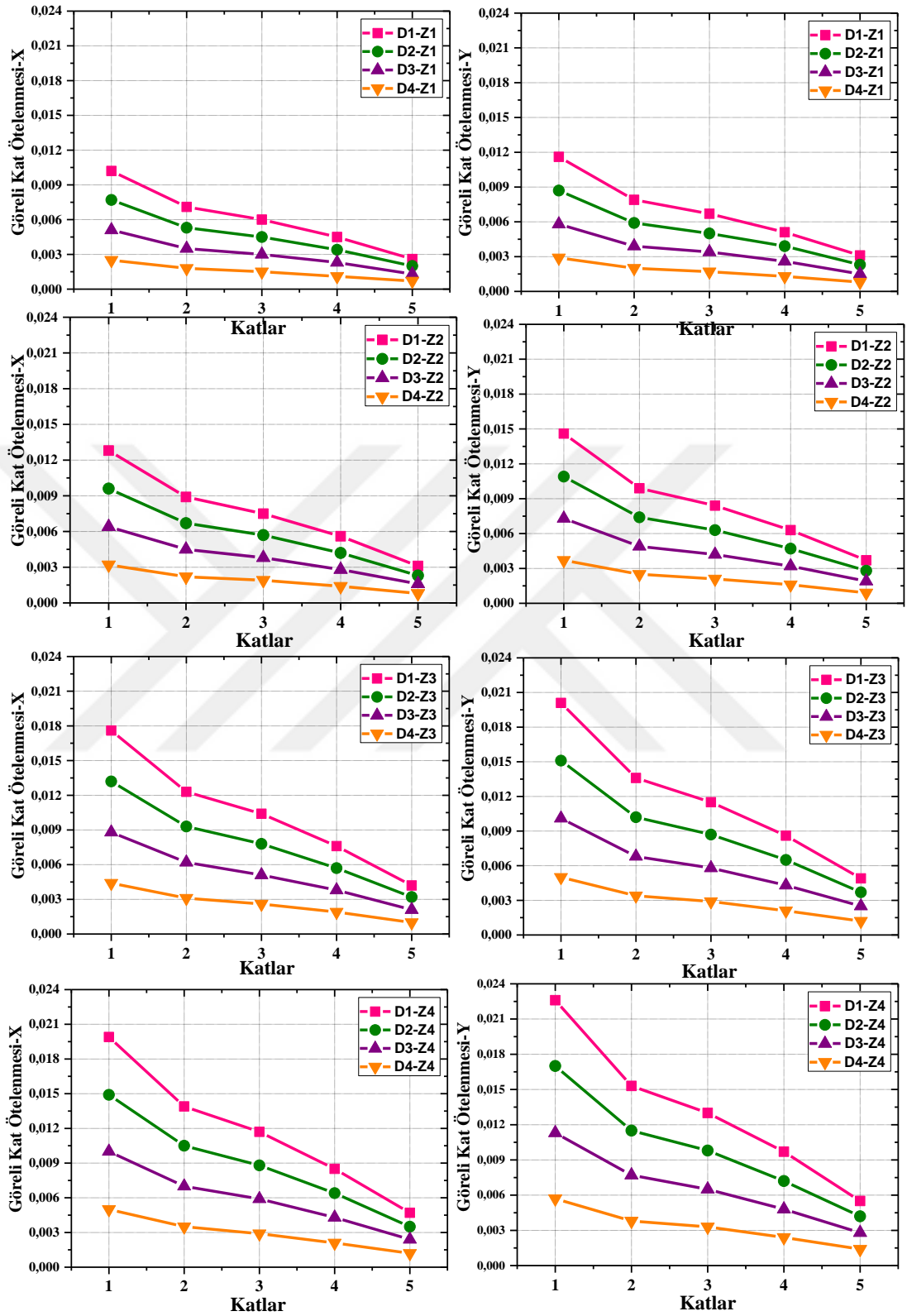


Şekil 4.15.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelü Kat Ötelemeleri

Tablo 4.14. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	0,0026	0,002	0,0013	0,0007	0,0031	0,0023	0,0015	0,0008
	4	0,0045	0,0034	0,0023	0,0011	0,0051	0,0039	0,0026	0,0013
	3	0,006	0,0045	0,0030	0,0015	0,0067	0,005	0,0034	0,0017
	2	0,0071	0,0053	0,0035	0,0018	0,0079	0,0059	0,0039	0,0020
	1	0,0102	0,0077	0,0051	0,0025	0,0116	0,0087	0,0058	0,0029
Z2	5	0,0031	0,0023	0,0016	0,0008	0,0037	0,0028	0,0019	0,0009
	4	0,0056	0,0042	0,0028	0,0014	0,0063	0,0047	0,0032	0,0016
	3	0,0075	0,0057	0,0038	0,0019	0,0084	0,0063	0,0042	0,0021
	2	0,0089	0,0067	0,0045	0,0022	0,0099	0,0074	0,0049	0,0025
	1	0,0128	0,0096	0,0064	0,0032	0,0146	0,0109	0,0073	0,0037
Z3	5	0,0042	0,0032	0,0021	0,0010	0,0049	0,0037	0,0025	0,0012
	4	0,0076	0,0057	0,0038	0,0019	0,0086	0,0065	0,0043	0,0021
	3	0,0104	0,0078	0,0051	0,0026	0,0115	0,0087	0,0058	0,0029
	2	0,0123	0,0093	0,0062	0,0031	0,0136	0,0102	0,0068	0,0034
	1	0,0176	0,0132	0,0088	0,0044	0,0201	0,0151	0,0101	0,0050
Z4	5	0,0047	0,0035	0,0024	0,0012	0,0055	0,0042	0,0028	0,0014
	4	0,0085	0,0064	0,0043	0,0021	0,0097	0,0072	0,0048	0,0024
	3	0,0117	0,0088	0,0059	0,0029	0,0130	0,0098	0,0065	0,0033
	2	0,0139	0,0105	0,0070	0,0035	0,0153	0,0115	0,0077	0,0038
	1	0,0199	0,0149	0,0100	0,0050	0,0226	0,0170	0,0113	0,0057

Analizler sonucunda Tablo 4.14'te görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0199 iken Y doğrultusunda 0,0226 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 0,0025 iken Y doğrultusunda 0,0029 olarak bulunmuştur. Değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

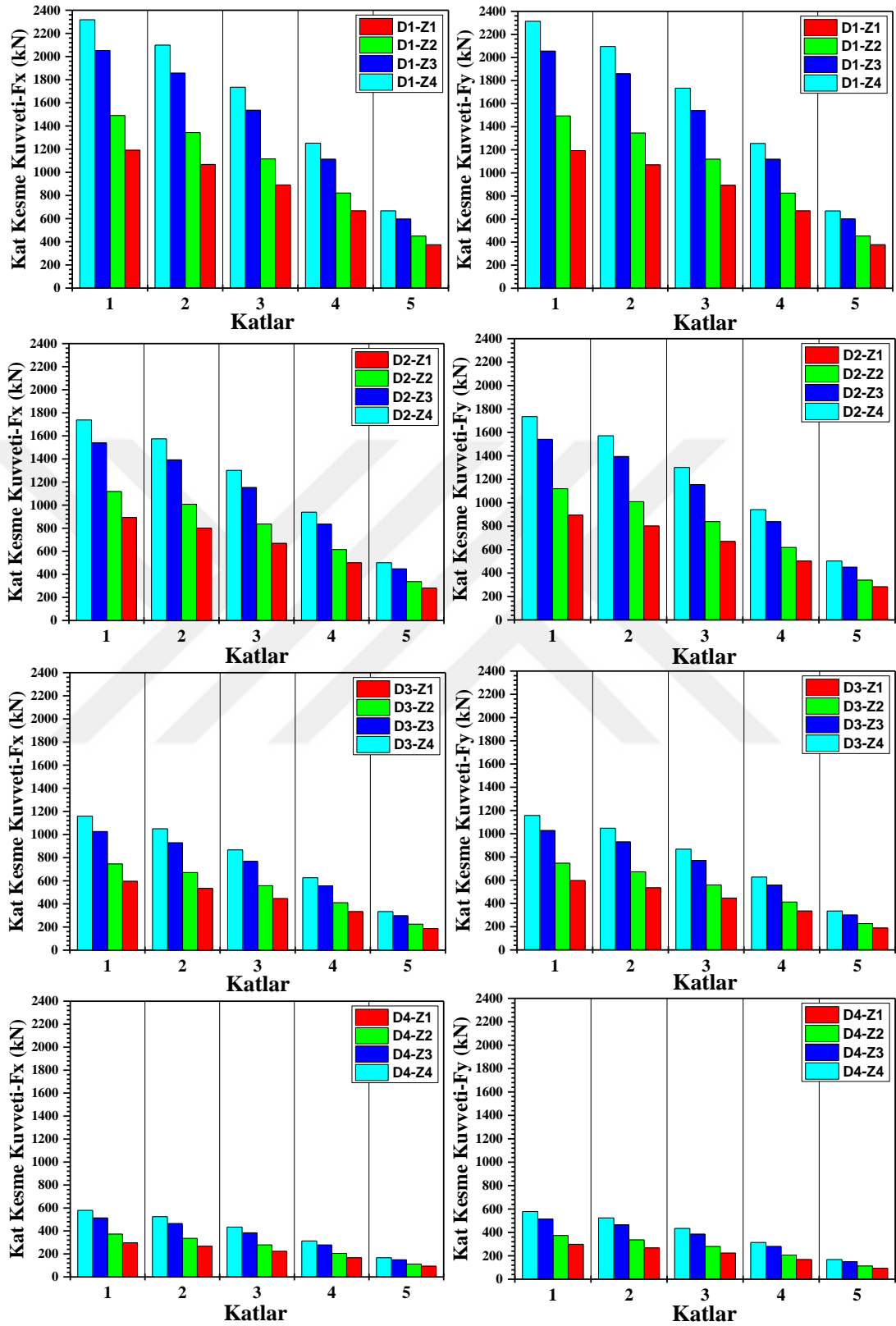
4.3.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri

B1-Dayanım düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri ile Y doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.15'te ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.15.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	374,4	449,7	596,0	667,1	377,3	453,0	600,3	670,1
	4	667,2	820,7	1112,9	1252,1	670,5	824,6	1118,1	1254,5
	3	891,1	1115,7	1536,1	1734,8	893,4	1118,6	1540,1	1734,4
	2	1067,8	1343,3	1856,7	2098,7	1069,4	1345,3	1859,3	2095,6
	1	1191,1	1491,0	2052,3	2317,5	1193,3	1493,3	2054,9	2313,6
D2	5	280,8	337,2	447,0	500,3	282,9	339,8	450,2	502,6
	4	500,4	615,4	834,7	939,1	502,8	618,5	838,5	940,9
	3	668,3	836,6	1152,1	1301,1	670,0	839,0	1155,0	1300,8
	2	800,8	1007,3	1392,6	1574,0	802,0	1009,0	1394,4	1571,7
	1	893,3	1118,1	1539,3	1738,1	894,9	1120,0	1541,1	1735,2
D3	5	187,2	224,8	298,0	333,6	188,6	226,5	300,2	335,1
	4	333,6	410,3	556,4	626,1	335,2	412,3	559,1	627,3
	3	445,6	557,8	768,0	867,4	446,7	559,3	770,1	867,3
	2	534,0	671,6	928,3	1049,4	534,7	672,6	929,7	1047,9
	1	595,7	745,4	1026,1	1158,8	596,6	746,6	1027,5	1156,9
D4	5	93,6	112,4	149,0	166,8	94,3	113,3	150,1	167,5
	4	166,8	205,1	278,2	313,1	167,6	206,2	279,5	313,6
	3	222,8	278,8	384,0	433,8	223,3	279,7	385,0	433,6
	2	267,0	335,7	464,2	524,8	267,3	336,4	464,8	523,9
	1	297,8	372,6	513,1	579,5	298,3	373,4	513,7	578,4

Analizler sonucunda Tablo 4.15'te görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2317,5 kN iken Y doğrultusunda 2313,6 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 297,8 kN iken Y doğrultusunda 298,3 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.17'de verilmiştir.

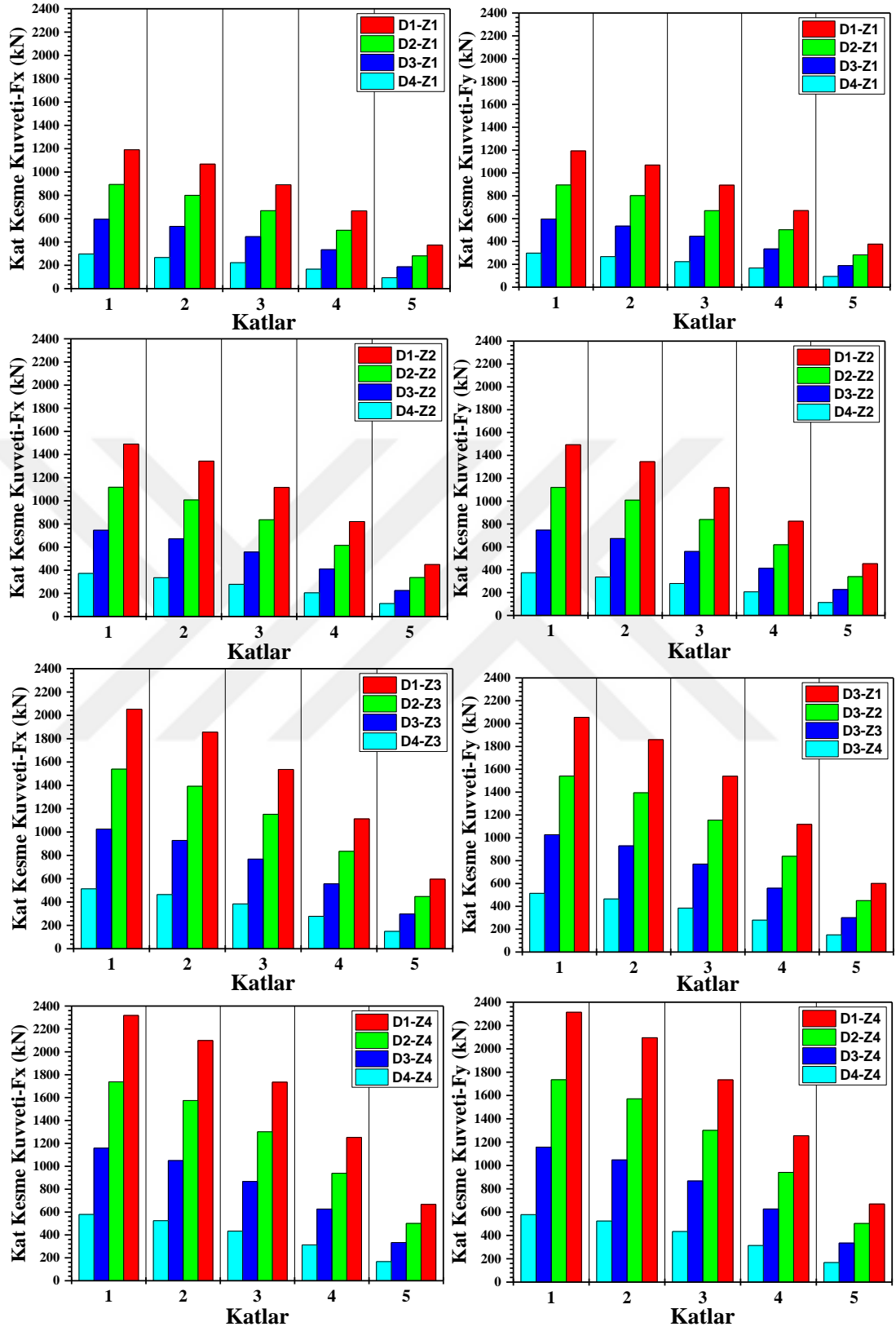


Şekil 4.17.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Tablo 4.16. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	374,4	280,8	187,2	93,6	377,3	282,9	188,6	94,3
	4	667,2	500,4	333,6	166,8	670,5	502,8	335,2	167,6
	3	891,1	668,3	445,6	222,8	893,4	670,0	446,7	223,3
	2	1067,8	800,8	534,0	267,0	1069,4	802,0	534,7	267,3
	1	1191,1	893,3	595,7	297,8	1193,3	894,9	596,6	298,3
Z2	5	449,7	337,2	224,8	112,4	453,0	339,8	226,5	113,3
	4	820,7	615,4	410,3	205,1	824,6	618,5	412,3	206,2
	3	1115,7	836,6	557,8	278,8	1118,6	839,0	559,3	279,7
	2	1343,3	1007,3	671,6	335,7	1345,3	1009,0	672,6	336,4
	1	1491,0	1118,1	745,4	372,6	1493,3	1120,0	746,6	373,4
Z3	5	596,0	447,0	298,0	149,0	600,3	450,2	300,2	150,1
	4	1112,9	834,7	556,4	278,2	1118,1	838,5	559,1	279,5
	3	1536,1	1152,1	768,0	384,0	1540,1	1155,0	770,1	385,0
	2	1856,7	1392,6	928,3	464,2	1859,3	1394,4	929,7	464,8
	1	2052,3	1539,3	1026,1	513,1	2054,9	1541,1	1027,5	513,7
Z4	5	667,1	500,3	333,6	166,8	670,1	502,6	335,1	167,5
	4	1252,1	939,1	626,1	313,1	1254,5	940,9	627,3	313,6
	3	1734,8	1301,1	867,4	433,8	1734,4	1300,8	867,3	433,6
	2	2098,7	1574,0	1049,4	524,8	2095,6	1571,7	1047,9	523,9
	1	2317,5	1738,1	1158,8	579,5	2313,6	1735,2	1156,9	578,4

Analizler sonucunda Tablo 4.16'da görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2317,5 kN iken Y doğrultusunda 2313,6 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 297,8 kN iken Y doğrultusunda 298,3 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

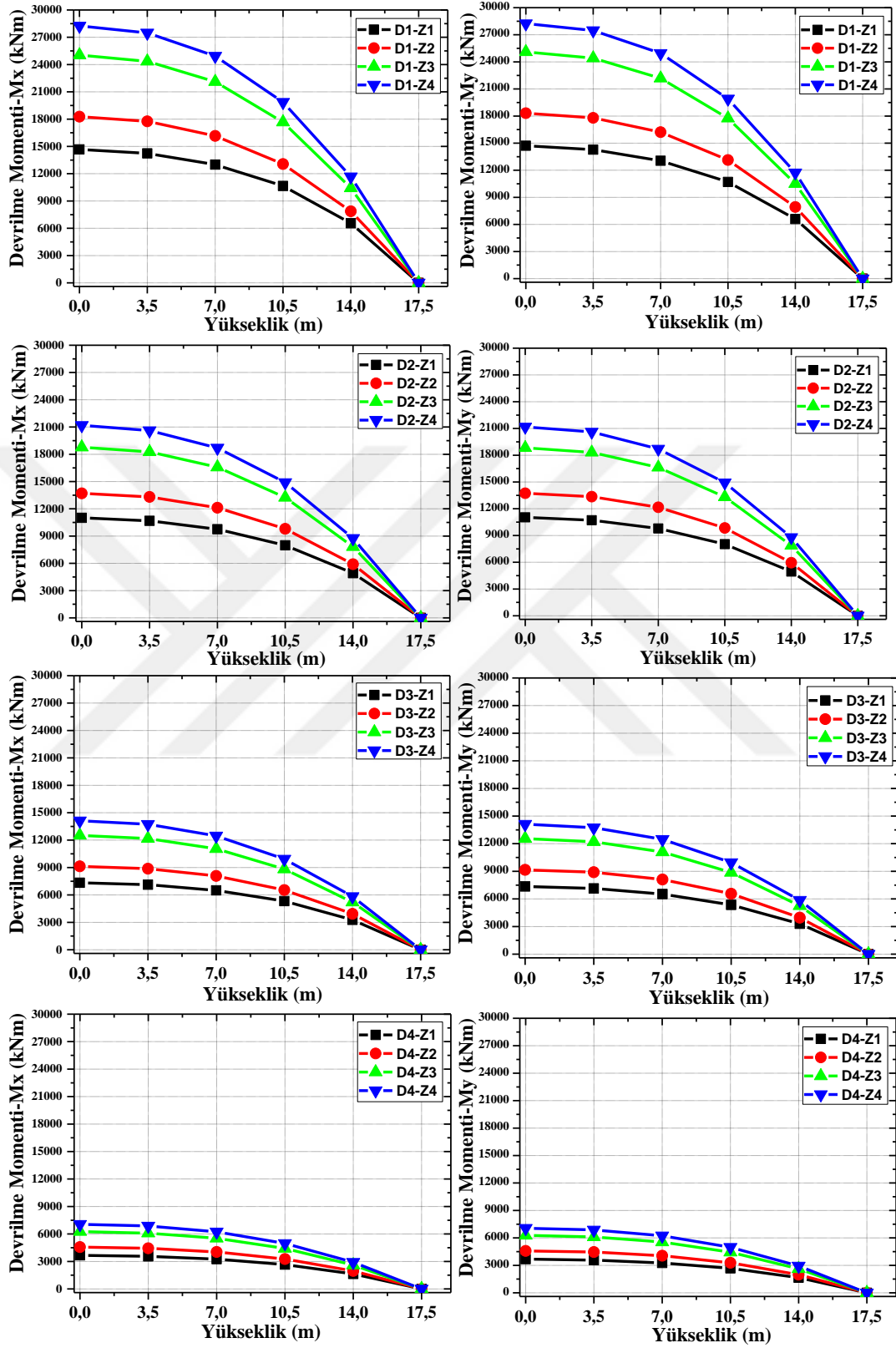
4.3.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri

B1-Dayanım düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde analizler sonucu X doğrultusundaki devrilme momenti değerleri ve Y doğrultusundaki devrilme momenti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.17'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.17.B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Deprem Bölgesi	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	6552,3	7869,2	10429,6	11674,5	6602,0	7927,7	10505,8	11727,3
	10,5	10651,7	13062,7	17665,9	19864,7	10707,5	13129,7	17754,9	19908,3
	7,0	13002,8	16159,9	22109,2	24932,6	13048,4	16216,4	22186,2	24947,5
	3,5	14239,7	17753,3	24353,4	27480,1	14280,5	17803,1	24420,5	27475,9
	0	14671,4	18270,2	25038,2	28245,9	14714,1	18320,9	25104,9	28238,8
D2	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	4914,2	5901,9	7822,2	8755,9	4951,5	5945,8	7879,3	8795,4
	10,5	7988,8	9797,1	13249,4	14898,6	8030,6	9847,3	13316,2	14931,1
	7,0	9752,1	12120,0	16581,9	18699,5	9786,3	12162,3	16639,7	18710,5
	3,5	10679,8	13315,0	18265,1	20610,1	10710,4	13352,3	18315,4	20606,8
	0	11003,6	13702,7	18778,7	21184,4	11035,6	13740,7	18828,7	21179,0
D3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	3276,1	3934,6	5214,8	5837,2	3301,0	3963,9	5252,9	5863,6
	10,5	5325,8	6531,4	8832,9	9932,3	5353,7	6564,9	8877,5	9954,1
	7,0	6501,3	8080,0	11054,6	12466,2	6524,2	8108,2	11093,1	12473,7
	3,5	7119,8	8876,7	12176,7	13739,9	7140,3	8901,5	12210,3	13737,9
	0	7335,7	9135,2	12519,1	14122,8	7357,1	9160,4	12552,5	14119,3
D4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	1638,1	1967,3	2607,4	2918,6	1650,5	1981,9	2626,4	2931,8
	10,5	2663,0	3265,7	4416,5	4966,2	2676,9	3282,4	4438,7	4977,0
	7,0	3250,8	4040,0	5527,3	6233,2	3262,1	4054,1	5546,5	6236,8
	3,5	3560,0	4438,3	6088,4	6870,1	3570,1	4450,8	6105,1	6868,9
	0	3667,9	4567,5	6259,6	7061,5	3678,5	4580,3	6276,2	7059,6

Analiz sonucunda Tablo 4.17'de görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 28245,9 kNm iken Y doğrultusunda 28238,8 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 3667,9 kNm iken Y doğrultusunda 3678,5 kNm olarak bulunmuş ve grafik biçiminde Şekil 4.19'da verilmiştir.

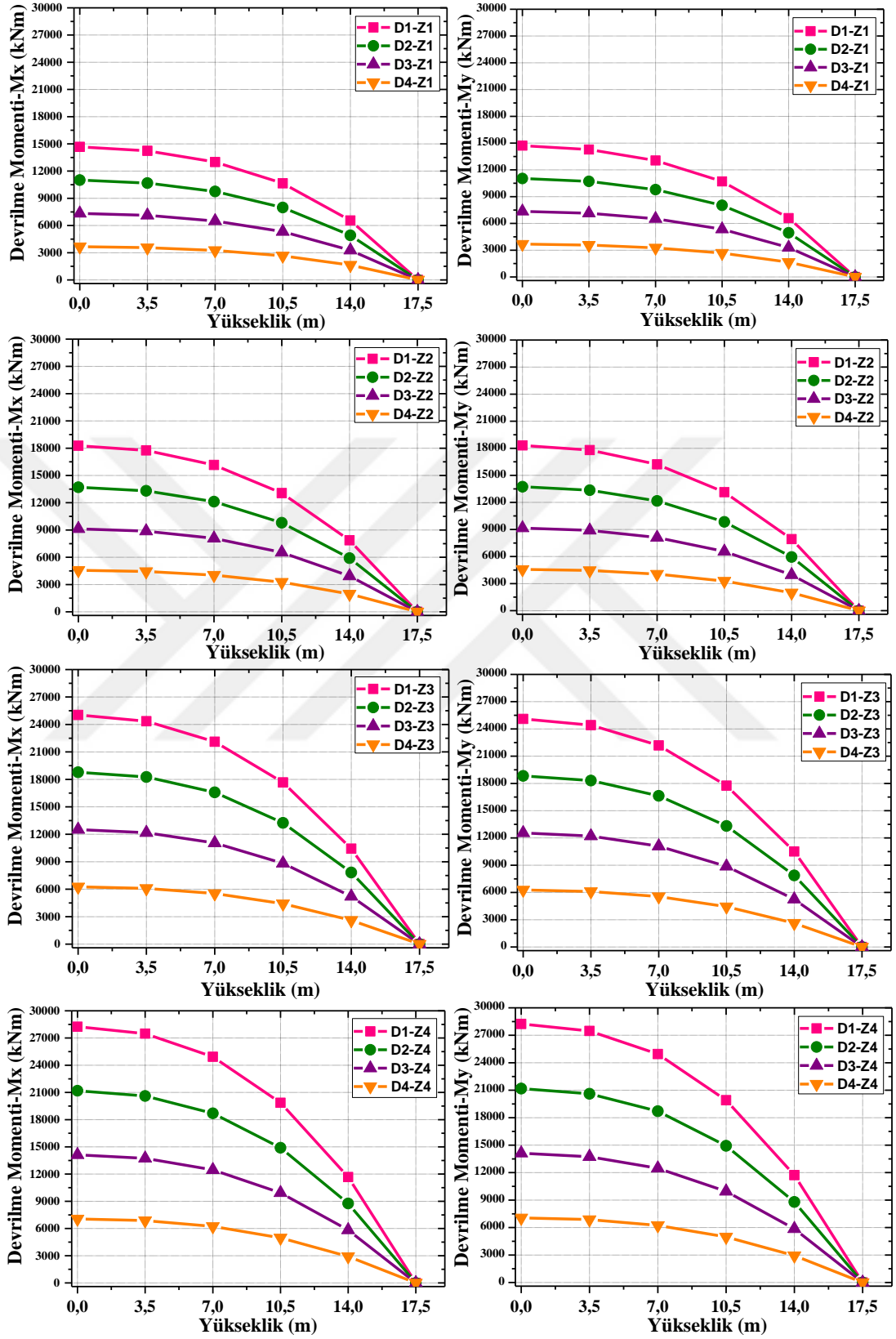


Şekil 4.19. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Tablo 4.18. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Zemin Sınıfı	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	6552,3	4914,2	3276,1	1638,1	6602	4951,5	3301	1650,5
	10,5	10651,7	7988,8	5325,8	2663	10707,5	8030,6	5353,7	2676,9
	7,0	13002,8	9752,1	6501,3	3250,8	13048,4	9786,3	6524,2	3262,1
	3,5	14239,7	10679,8	7119,8	3560	14280,5	10710,4	7140,3	3570,1
	0	14671,4	11003,6	7335,7	3667,9	14714,1	11035,6	7357,1	3678,5
Z2	17,5	0	0	0	0	7927,7	5945,8	3963,9	1981,9
	14,0	7869,2	5901,9	3934,6	1967,3	13129,7	9847,3	6564,9	3282,4
	10,5	13062,7	9797,1	6531,4	3265,7	16216,4	12162,3	8108,2	4054,1
	7,0	16159,9	12120	8080	4040	17803,1	13352,3	8901,5	4450,8
	3,5	17753,3	13315	8876,7	4438,3	18320,9	13740,7	9160,4	4580,3
	0	18270,2	13702,7	9135,2	4567,5	7927,7	5945,8	3963,9	1981,9
Z3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	10429,6	7822,2	5214,8	2607,4	10505,8	7879,3	5252,9	2626,4
	10,5	17665,9	13249,4	8832,9	4416,5	17754,9	13316,2	8877,5	4438,7
	7,0	22109,2	16581,9	11054,6	5527,3	22186,2	16639,7	11093,1	5546,5
	3,5	24353,4	18265,1	12176,7	6088,4	24420,5	18315,4	12210,3	6105,1
	0	25038,2	18778,7	12519,1	6259,6	25104,9	18828,7	12552,5	6276,2
Z4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	11674,5	8755,9	5837,2	2918,6	11727,3	8795,4	5863,6	2931,8
	10,5	19864,7	14898,6	9932,3	4966,2	19908,3	14931,1	9954,1	4977
	7,0	24932,6	18699,5	12466,2	6233,2	24947,5	18710,5	12473,7	6236,8
	3,5	27480,1	20610,1	13739,9	6870,1	27475,9	20606,8	13737,9	6868,9
	0	28245,9	21184,4	14122,8	7061,5	28238,8	21179	14119,3	7059,6

Analizler sonucunda Tablo 4.18'de görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 28245,9 kNm iken Y doğrultusunda 28238,8 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 3667,9 kNm iken Y doğrultusunda 3678,5 kNm olarak bulunmuş ve grafik biçiminde Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20. B1 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

B1 düzensizliği bulunan yapının, X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında kat deplasmanlarının X doğrultusunda %93, Y doğrultusunda da %92 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %13 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %25 arttığı görülmüştür.

Görelî kat ötelemeleri kontrolünde tüm deprem bölgelerinde ve zemin sınıflarında her iki doğrultuda, tüm katlardaki $(\Delta_i)_{\max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen $0,02/R=0,00286$ değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için 1. katta olduğu X ve Y doğrultusunda Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında görelî kat ötelemelerinin %95 arttığı görülmüştür. X ve Y doğrultusunda görelî kat ötelemesi farkının en çok Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında %38 mertebesinde zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %13 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %26 arttığı görülmüştür.

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinin X doğrultusunda %95, Y doğrultusunda da %94 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %38 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %13 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %25 arttığı görülmüştür.

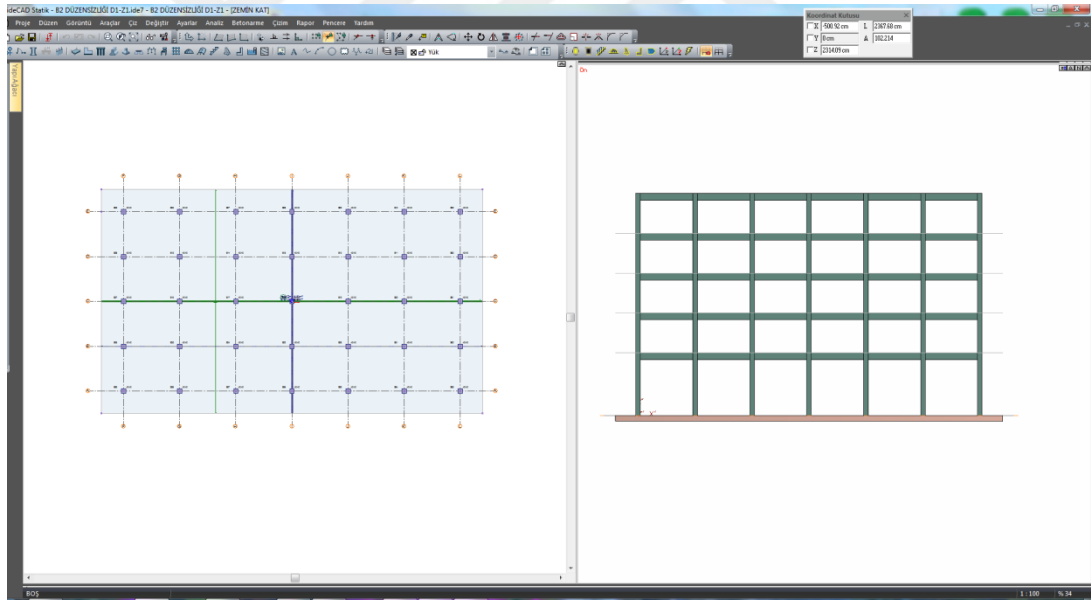
X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında devrilme momentlerinin X ve Y doğrultusunda da %92 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3

ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %13 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %25 arttığı görülmüştür.

4.4. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

B2 düzensizliği olarak ta bilinen komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği bulunan yapının genel özellikleri düzenli yapı ile karşılaştırılabilmesi için, döşeme kalınlığı 12cm, kiriş en kesitleri 25cm/60cm, kolon en kesitleri 40cm/40cm, temel tipi radye ve temel kalınlığı ise 50 cm seçilmiştir.

Bu çalışmada çerçeve sistemli, 5 katlı simetrik bir yapının zemin katının yüksekliği 5,5 m olup diğer katlarda kat yükseklikleri 3,5m olarak tasarlanmıştır. B2 düzensizliğine ait yapının kat planı ve perspektif görünüşü Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Kat Planı ve Perspektif Görünüşü

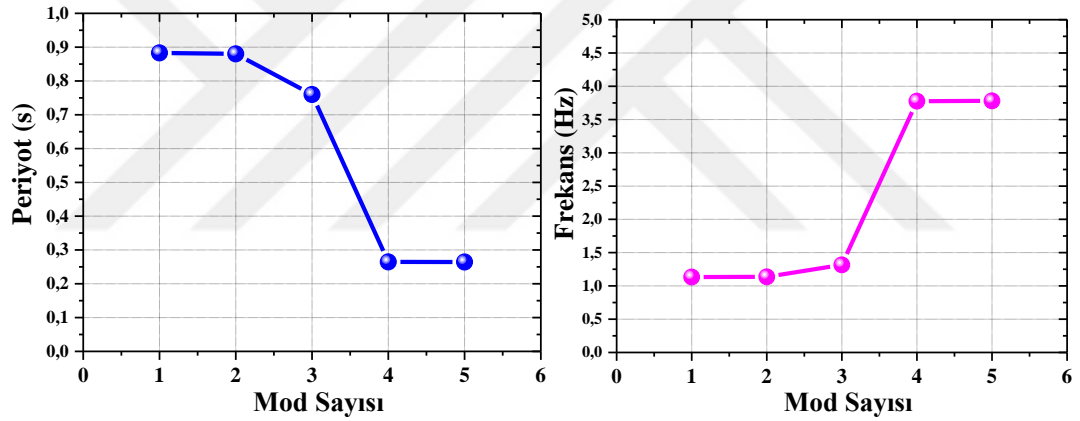
Yapının doğal titreşim periyotları sadece binanın toplam kütlesine bağlı olduğundan periyot ve frekans incelenirken sadece D1-Z1 dikkate alınmıştır. Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 mod Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo4.19. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizinden Elde Edilen Periyot ve Frekans

Mod	Periyot (s)	Frekans (Hz)	Açısal Frekans (rad/s)
1	0,88288	1,13265	7,11667
2	0,87999	1,13637	7,14002
3	0,75979	1,31615	8,26960
4	0,26481	3,77623	23,72678
5	0,26455	3,78001	23,75050

B2 düzensizliği olan bu yapı için modal analizden elde edilen X doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1X}=0,88288$ s ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,87999$ s bulunmuştur.

Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 moda ait grafik Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil4.22. B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Yapının Modal Analizinden Elde Edilen Periyot ve Frekans

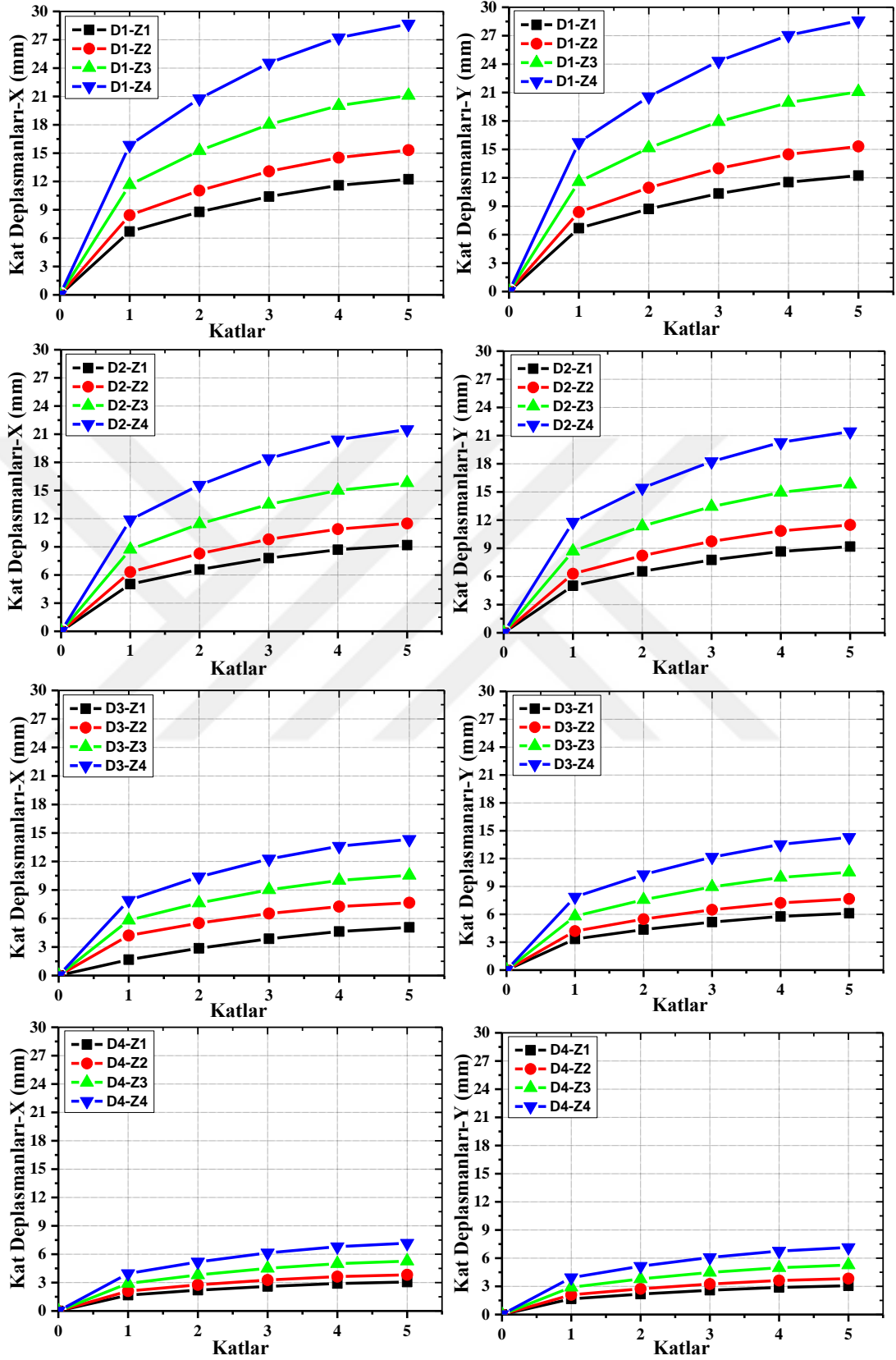
5.3.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları

B2-Rijitlik düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri ve Y doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.20'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.20.B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	12,24	15,32	21,10	28,67	12,24	15,32	21,08	28,57
	4	11,59	14,52	20,02	27,22	11,54	14,47	19,94	27,04
	3	10,41	13,07	18,04	24,54	10,34	12,99	17,92	24,32
	2	8,78	11,04	15,26	20,77	8,72	10,96	15,15	20,56
	1	6,70	8,43	11,64	15,85	6,68	8,39	11,59	15,74
D2	5	9,18	11,49	15,82	21,50	9,18	11,49	15,81	21,43
	4	8,69	10,89	15,01	20,41	8,66	10,85	14,95	20,28
	3	7,80	9,80	13,53	18,41	7,76	9,74	13,44	18,24
	2	6,59	8,28	11,44	15,58	6,54	8,22	11,36	15,42
	1	5,03	6,32	8,73	11,89	5,01	6,29	8,69	11,80
D3	5	6,12	7,66	10,55	14,33	6,12	7,66	10,54	14,29
	4	5,79	7,26	10,01	13,61	5,77	7,23	9,97	13,52
	3	5,20	6,53	9,02	12,27	5,17	6,49	8,96	12,16
	2	4,39	5,52	7,63	10,38	4,36	5,48	7,57	10,28
	1	3,35	4,21	5,82	7,92	3,34	4,19	5,80	7,87
D4	5	3,06	3,83	5,27	7,17	3,06	3,83	5,27	7,14
	4	2,90	3,63	5,00	6,80	2,89	3,62	4,98	6,76
	3	2,60	3,27	4,51	6,14	2,59	3,25	4,48	6,08
	2	2,20	2,76	3,81	5,19	2,18	2,74	3,79	5,14
	1	1,68	2,11	2,91	3,96	1,67	2,10	2,90	3,93

Analizler sonucunda Tablo 4.20'de görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 28,67 mm iken Y doğrultusunda 28,57 mm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise D4 ve Z1 'de görülmüş olup X doğrultusunda 3,06 mm iken Y doğrultusunda 3,06 mm olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.23'te verilmiştir.

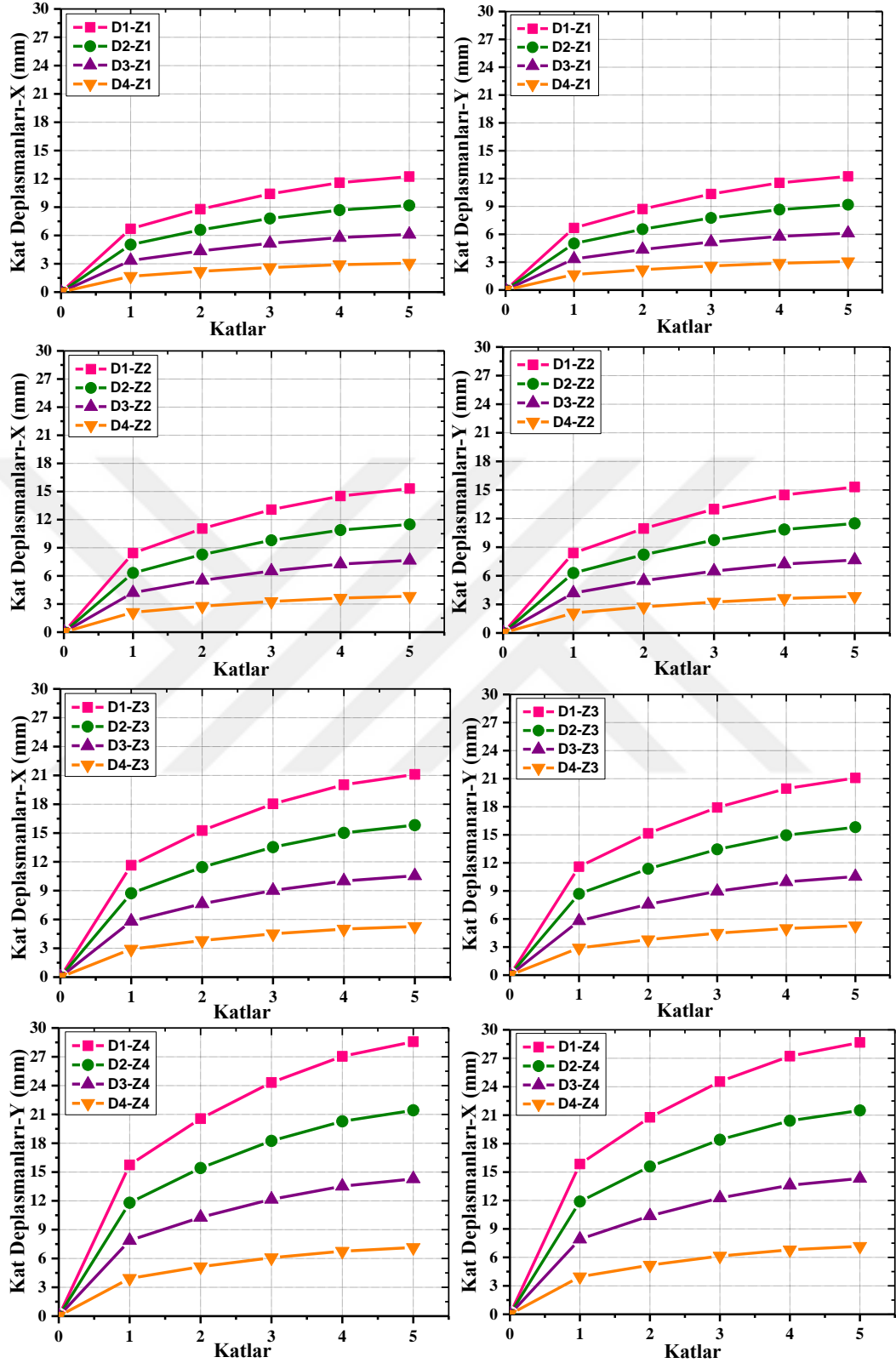


Şekil 4.23. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Tablo 4.21. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	12,24	9,18	6,12	3,06	12,24	9,18	6,12	3,06
	4	11,59	8,69	5,77	2,90	11,54	8,66	5,77	2,89
	3	10,41	7,80	5,17	2,60	10,34	7,76	5,17	2,59
	2	8,78	6,59	4,36	2,20	8,72	6,54	4,36	2,18
	1	6,70	5,03	3,34	1,68	6,68	5,01	3,34	1,67
Z2	5	15,32	11,49	7,66	3,83	15,32	11,49	7,66	3,83
	4	14,52	10,89	7,26	3,63	14,47	10,85	7,23	3,62
	3	13,07	9,80	6,53	3,27	12,99	9,74	6,49	3,25
	2	11,04	8,28	5,52	2,76	10,96	8,22	5,48	2,74
	1	8,43	6,32	4,21	2,11	8,39	6,29	4,19	2,10
Z3	5	21,10	15,82	10,55	5,27	21,08	15,81	10,54	5,27
	4	20,02	15,01	10,01	5,00	19,94	14,95	9,97	4,98
	3	18,04	13,53	9,02	4,51	17,92	13,44	8,96	4,48
	2	15,26	11,44	7,63	3,81	15,15	11,36	7,57	3,79
	1	11,64	8,73	5,82	2,91	11,59	8,69	5,80	2,90
Z4	5	28,67	21,50	14,33	7,17	28,57	21,43	14,29	7,14
	4	27,22	20,41	13,61	6,80	27,04	20,28	13,52	6,76
	3	24,54	18,41	12,27	6,14	24,32	18,24	12,16	6,08
	2	20,77	15,58	10,38	5,19	20,56	15,42	10,28	5,14
	1	15,85	11,89	7,92	3,96	15,74	11,8	7,87	3,93

Analizler sonucunda Tablo 4.21'de görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 28,67 mm iken Y doğrultusunda 28,57 mm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 3,06 mm iken Y doğrultusunda 3,06 mm olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

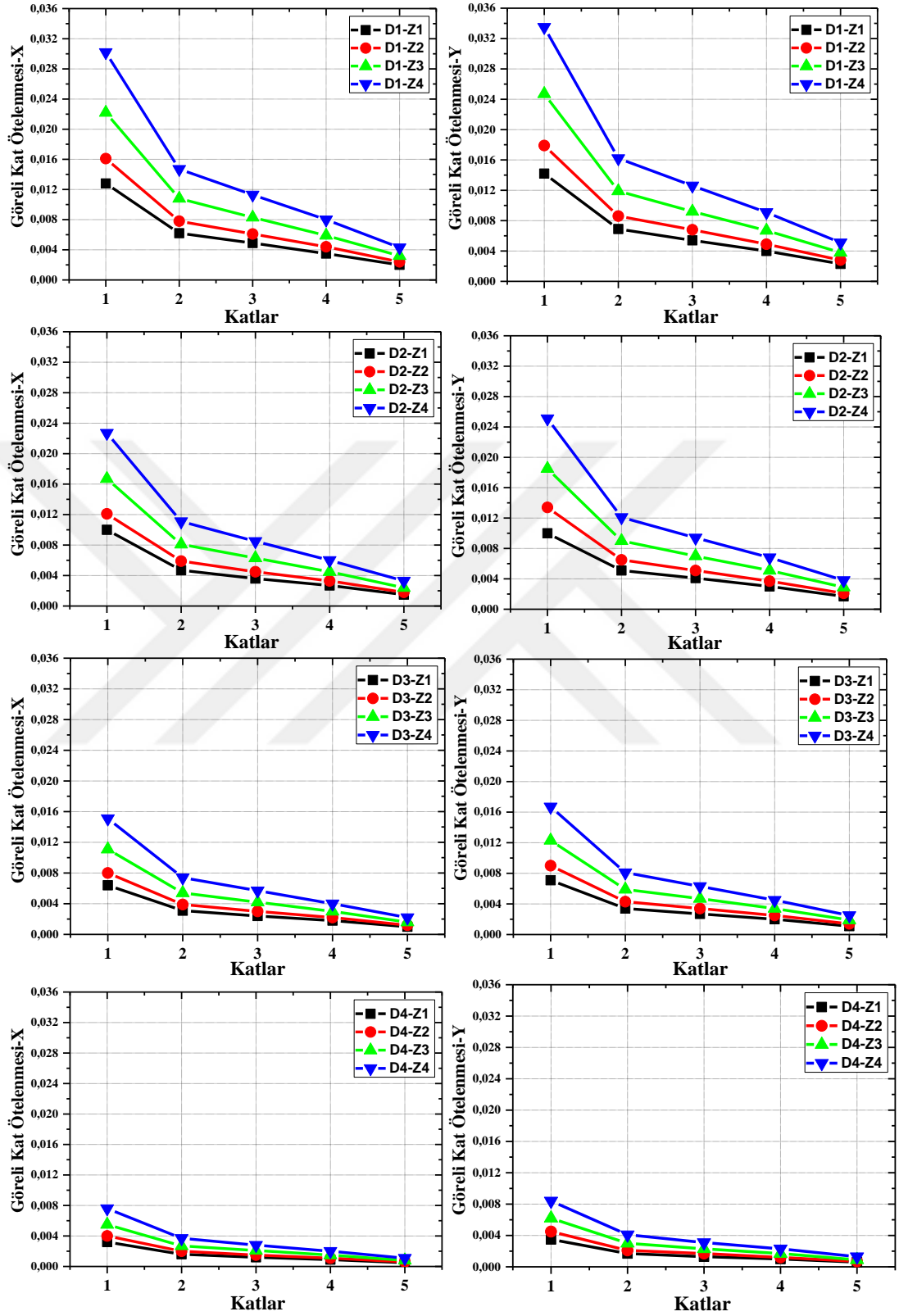
4.4.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri

B2-Rijitlik düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD® de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri değerleri ve Y doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.22'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.23'te verilmiştir.

Tablo4.22.B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	0,0020	0,0024	0,0032	0,0043	0,0023	0,0028	0,0038	0,0051
	4	0,0035	0,0044	0,0059	0,0080	0,0040	0,0049	0,0067	0,0091
	3	0,0049	0,0061	0,0083	0,0113	0,0054	0,0068	0,0092	0,0126
	2	0,0062	0,0078	0,0108	0,0147	0,0069	0,0086	0,0119	0,0162
	1	0,0128	0,0161	0,0222	0,0302	0,0142	0,0179	0,0247	0,0335
D2	5	0,0015	0,0018	0,0024	0,0033	0,0017	0,0021	0,0029	0,0038
	4	0,0027	0,0033	0,0045	0,0060	0,0030	0,0037	0,0051	0,0068
	3	0,0036	0,0045	0,0063	0,0085	0,0041	0,0051	0,0070	0,0094
	2	0,0047	0,0059	0,0081	0,0111	0,0051	0,0065	0,0090	0,0121
	1	0,0100	0,0121	0,0167	0,0227	0,0100	0,0134	0,0185	0,0251
D3	5	0,0010	0,0012	0,0016	0,0022	0,0011	0,0014	0,0019	0,0025
	4	0,0018	0,0022	0,0030	0,0040	0,0020	0,0025	0,0034	0,0045
	3	0,0024	0,0030	0,0042	0,0057	0,0027	0,0034	0,0047	0,0063
	2	0,0031	0,0039	0,0054	0,0074	0,0034	0,0043	0,0059	0,0081
	1	0,0064	0,0080	0,0111	0,0151	0,0071	0,0090	0,0123	0,0167
D4	5	0,0005	0,0006	0,0008	0,0011	0,0006	0,0007	0,0009	0,0013
	4	0,0009	0,0011	0,0015	0,0020	0,0010	0,0012	0,0017	0,0023
	3	0,0012	0,0015	0,0021	0,0028	0,0013	0,0017	0,0023	0,0031
	2	0,0016	0,0020	0,0027	0,0037	0,0017	0,0021	0,0030	0,0041
	1	0,0032	0,0040	0,0055	0,0076	0,0035	0,0045	0,0062	0,0084

Analizler sonucunda Tablo 4.22'de görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 0,0302 iken Y doğrultusunda 0,0335 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise D4 ve Z1'de sınıfında görülmüş olup X doğrultusunda 0,0032 iken Y doğrultusunda 0,0035 olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.25'te verilmiştir.

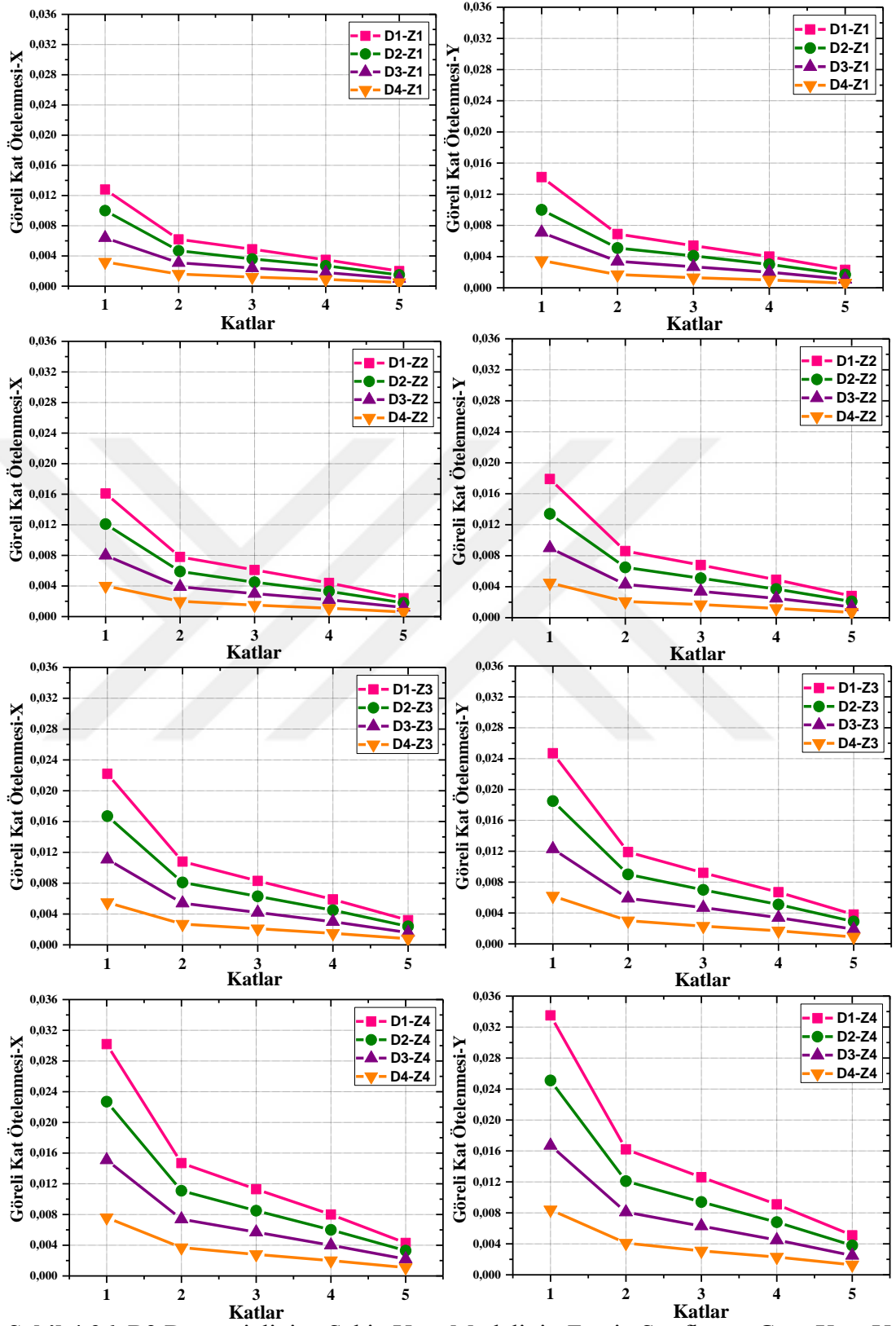


Şekil 4.25. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelü Kat Ötelemeleri

Tablo4.23. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	0,0020	0,0015	0,0010	0,0005	0,0023	0,0017	0,0011	0,0006
	4	0,0035	0,0027	0,0018	0,0009	0,0040	0,0030	0,0020	0,0010
	3	0,0049	0,0036	0,0024	0,0012	0,0054	0,0041	0,0027	0,0013
	2	0,0062	0,0047	0,0031	0,0016	0,0069	0,0051	0,0034	0,0017
	1	0,0128	0,0100	0,0064	0,0032	0,0142	0,0100	0,0071	0,0035
Z2	5	0,0024	0,0018	0,0012	0,0006	0,0028	0,0021	0,0014	0,0007
	4	0,0044	0,0033	0,0022	0,0011	0,0049	0,0037	0,0025	0,0012
	3	0,0061	0,0045	0,0030	0,0015	0,0068	0,0051	0,0034	0,0017
	2	0,0078	0,0059	0,0039	0,0020	0,0086	0,0065	0,0043	0,0021
	1	0,0161	0,0121	0,0080	0,0040	0,0179	0,0134	0,0090	0,0045
Z3	5	0,0032	0,0024	0,0016	0,0008	0,0038	0,0029	0,0019	0,0009
	4	0,0059	0,0045	0,003	0,0015	0,0067	0,0051	0,0034	0,0017
	3	0,0083	0,0063	0,0042	0,0021	0,0092	0,0070	0,0047	0,0023
	2	0,0108	0,0081	0,0054	0,0027	0,0119	0,0090	0,0059	0,0030
	1	0,0222	0,0167	0,0111	0,0055	0,0247	0,0185	0,0123	0,0062
Z4	5	0,0043	0,0033	0,0022	0,0011	0,0051	0,0038	0,0025	0,0013
	4	0,0080	0,0060	0,0040	0,0020	0,0091	0,0068	0,0045	0,0023
	3	0,0113	0,0085	0,0057	0,0028	0,0126	0,0094	0,0063	0,0031
	2	0,0147	0,0111	0,0074	0,0037	0,0162	0,0121	0,0081	0,0041
	1	0,0302	0,0227	0,0151	0,0076	0,0335	0,0251	0,0167	0,0084

Analizler sonucunda Tablo 4.23'te görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0302 iken Y doğrultusunda 0,0335 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise Z1 ve D4'te sınıfında görülmüş olup X doğrultusunda 0,0032 iken Y doğrultusunda 0,0035 olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görel Kat Ötelemeleri

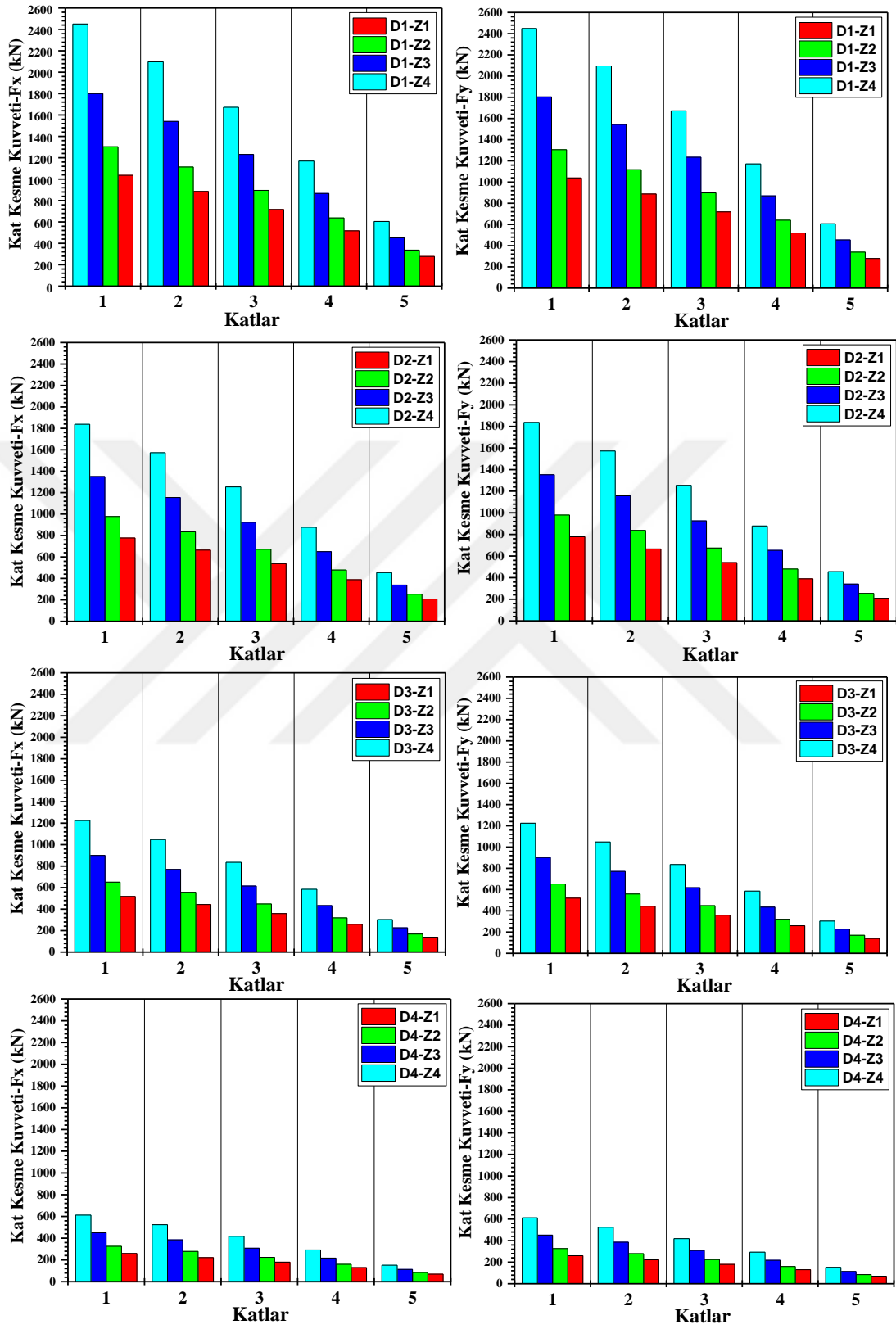
4.4.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri

B2-Rijitlik düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri ile Y doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.24'te ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.24.B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	277,3	336,8	451,5	605,1	279,1	338,9	454,2	607,1
	4	517,2	637,6	866,3	1169,3	519,6	640,3	870,0	1171,2
	3	716,8	895,6	1231,0	1671,6	719,0	898,2	1234,6	1672,1
	2	885,4	1114,0	1539,9	2097,0	887,4	1116,3	1543,2	2096,0
	1	1036,4	1302,9	1799,9	2450,1	1038,8	1305,7	1803,8	2448,9
D2	5	208,0	252,6	338,6	453,8	209,3	254,2	340,7	455,3
	4	388,0	478,2	649,7	876,9	389,7	480,3	652,5	878,3
	3	537,7	671,7	923,2	1253,6	539,3	673,7	926	1254
	2	664,2	835,5	1154,9	1572,7	665,6	837,3	1157,4	1572
	1	777,4	977,2	1349,9	1837,5	779,2	979,4	1352,8	1836,7
D3	5	138,6	168,4	225,7	302,5	139,5	169,4	227,1	303,5
	4	258,6	318,8	433,1	584,6	259,7	320,1	435	585,5
	3	358,4	447,8	615,5	835,7	359,4	449	617,3	836
	2	442,7	557	769,9	1048,4	443,6	558,1	771,6	1048
	1	518,2	651,5	899,9	1225	519,3	652,8	901,9	1224,5
D4	5	69,3	84,2	112,9	151,3	69,8	84,7	113,6	151,8
	4	129,3	159,4	216,6	292,3	129,9	160,1	217,5	292,8
	3	179,2	223,9	307,8	417,9	179,8	224,6	308,7	418,0
	2	221,4	278,5	385,0	524,3	221,9	279,1	385,8	524,0
	1	259,1	325,7	450,0	612,6	259,8	326,5	450,9	612,2

Analizler sonucunda Tablo 4.24'te görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2450,1 kN iken Y doğrultusunda 2448,9 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 259,1 kN iken Y doğrultusunda 259,8 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.27'de verilmiştir.

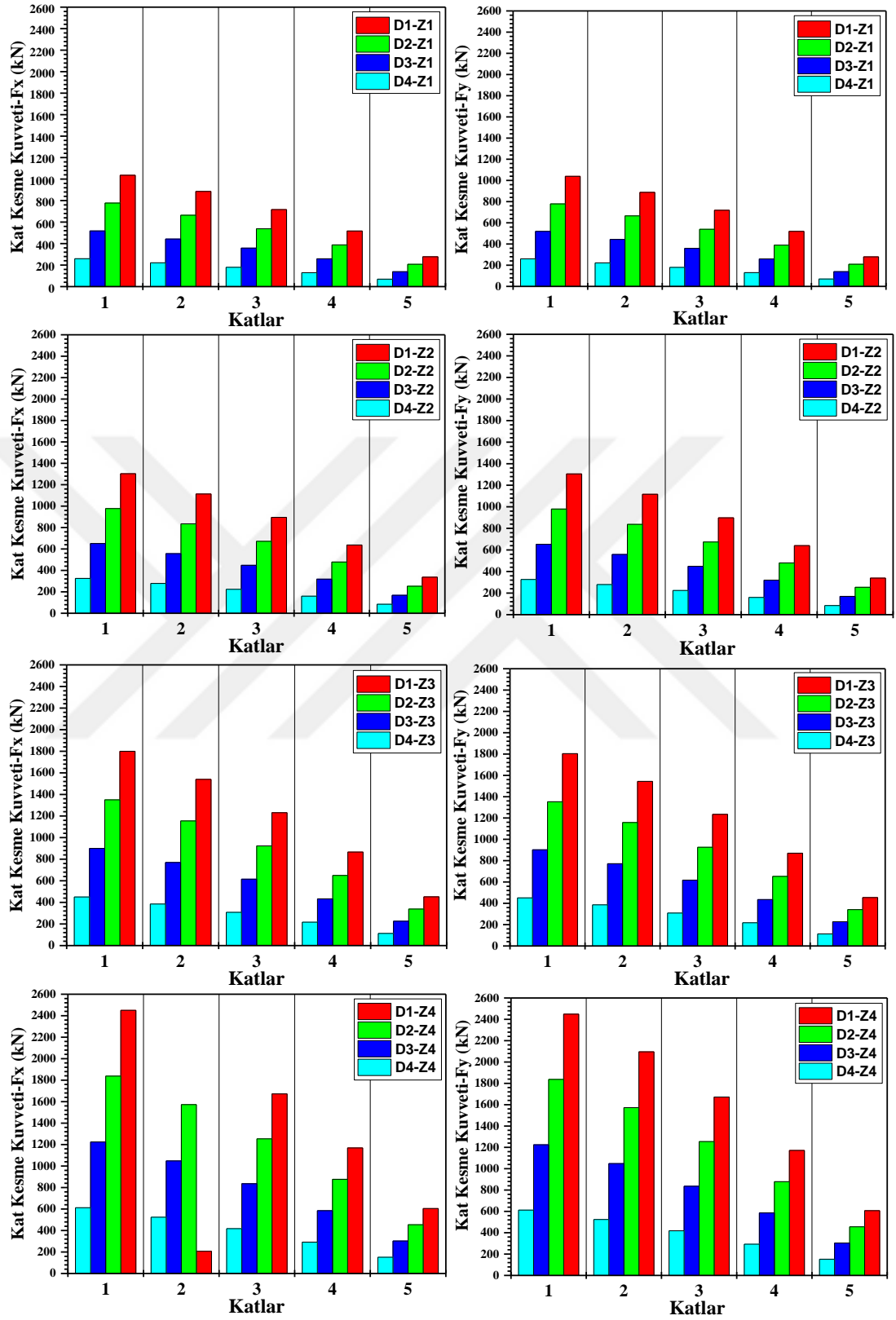


Şekil 4.27.B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Tablo 4.25. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	277,3	208,0	138,6	69,3	279,1	209,3	139,5	69,8
	4	517,2	388,0	258,6	129,3	519,6	389,7	259,7	129,9
	3	716,8	537,7	358,4	179,2	719,0	539,3	359,4	179,8
	2	885,4	664,2	442,7	221,4	887,4	665,6	443,6	221,9
	1	1036,4	777,4	518,2	259,1	1038,8	779,2	519,3	259,8
Z2	5	336,8	252,6	168,4	84,2	338,9	254,2	169,4	84,7
	4	637,6	478,2	318,8	159,4	640,3	480,3	320,1	160,1
	3	895,6	671,7	447,8	223,9	898,2	673,7	449	224,6
	2	1114	835,5	557,0	278,5	1116,3	837,3	558,1	279,1
	1	1302,9	977,2	651,5	325,7	1305,7	979,4	652,8	326,5
Z3	5	451,5	338,6	225,7	112,9	454,2	340,7	227,1	113,6
	4	866,3	649,7	433,1	216,6	870,0	652,5	435,0	217,5
	3	1231,0	923,2	615,5	307,8	1234,6	926,0	617,3	308,7
	2	1539,9	1154,9	769,9	385,0	1543,2	1157,4	771,6	385,8
	1	1799,9	1349,9	899,9	450,0	1803,8	1352,8	901,9	450,9
Z4	5	605,1	453,8	302,5	151,3	607,1	455,3	303,5	151,8
	4	1169,3	876,9	584,6	292,3	1171,2	878,3	585,5	292,8
	3	1671,6	1253,6	835,7	417,9	1672,1	1254,0	836,0	418,0
	2	2097,0	1572,7	1048,4	524,3	2096	1572,0	1048,0	524,0
	1	2450,1	1837,5	1225,0	612,6	2448,9	1836,7	1224,5	612,2

Analizler sonucunda Tablo 4.25'te görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2450,1 kN iken Y doğrultusunda 2448,9 kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 259,1 kN iken Y doğrultusunda 259,8 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

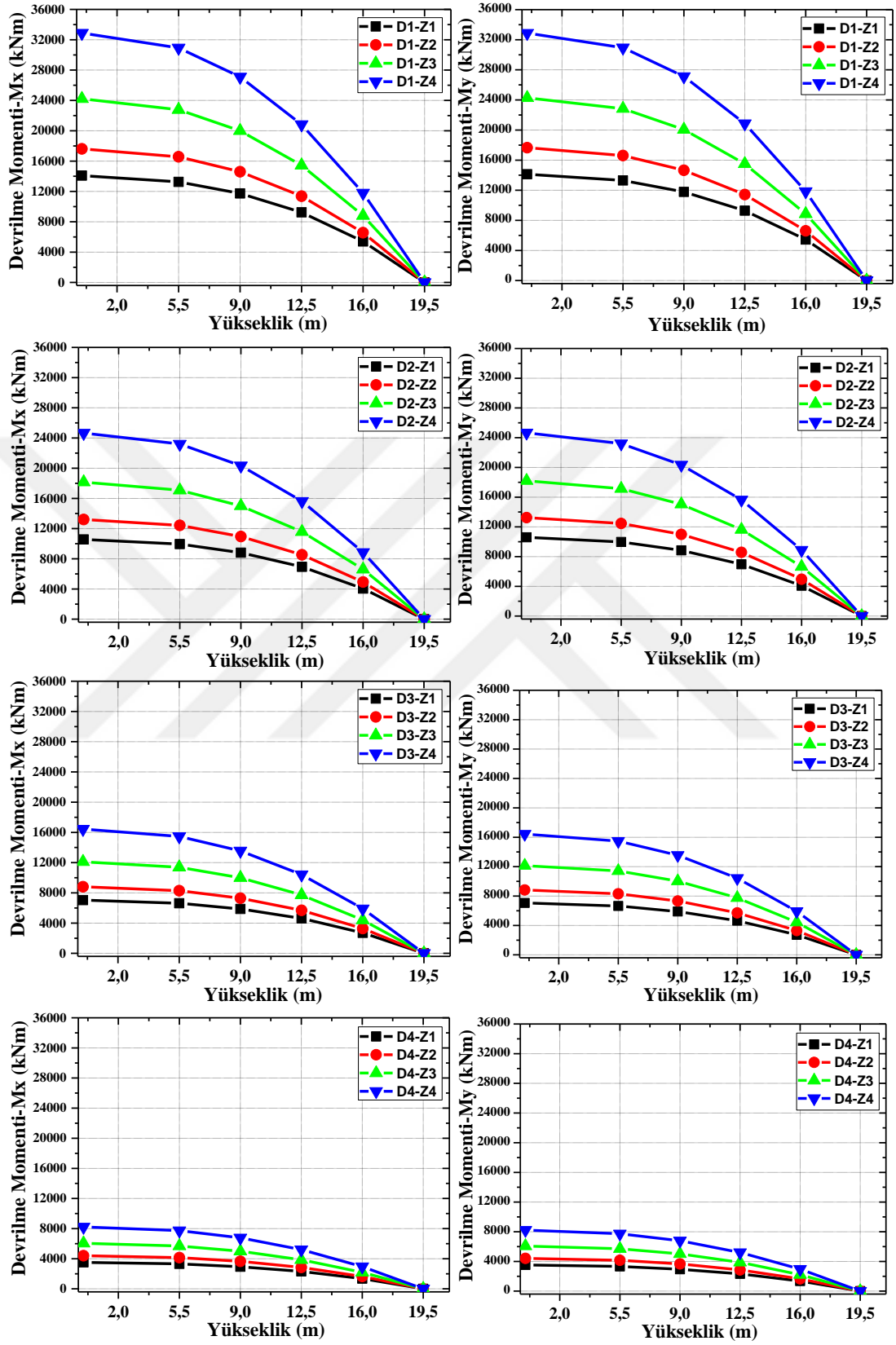
4.4.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri

B2-Rijitlik düzensizliği bulunan yapı modelinin ideCAD[®] de elde analizler sonucu X doğrultusundaki devrilme momenti değerleri ve Y doğrultusundaki devrilme momenti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.26'da ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.26.B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Deprem Bölgesi	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	5407,2	6567,5	8804,2	11798,8	5441,5	6608,0	8857,0	11838,4
	12,5	9246,4	11379,7	15441,1	20825,8	9289,0	11431,0	15509,4	20863,3
	9,0	11741,6	14604,8	20000,1	27104,5	11782,0	14654,5	20067,5	27124,8
	5,5	13259,3	16570	22780,2	30933,5	13297,6	16617,5	22844,9	30940,2
	0	14089,7	17609,1	24210,1	32875,6	14130,5	17659,3	24278,1	32881,4
D2	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	4055,4	4925,6	6603,2	8849,1	4081,1	4956,0	6642,8	8878,8
	12,5	6934,8	8534,7	11580,9	15619,4	6966,8	8573,3	11632,1	15647,5
	9,0	8806,2	10953,5	15000,1	20328,4	8836,6	10990,9	15050,7	20343,6
	5,5	9944,4	12427,4	17085,1	23200,2	9973,3	12463,1	17133,7	23205,2
	0	10567,2	13206,7	18157,5	24656,8	10598,0	13244,5	18208,6	24661,1
D3	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	2703,6	3283,7	4402,1	5899,4	2720,8	3304,0	4428,5	5919,2
	12,5	4623,2	5689,8	7720,6	10412,9	4644,6	5715,5	7754,7	10431,7
	9,0	5870,8	7302,4	10000,1	13552,2	5891,1	7327,2	10033,7	13562,4
	5,5	6629,6	8285,0	11390,1	15466,7	6648,9	8308,7	11422,4	15470,1
	0	7044,8	8804,5	12105,1	16437,7	7065,4	8829,6	12139	16440,7
D4	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	1351,8	1641,9	2201,1	2949,7	1360,4	1652	2214,3	2959,6
	12,5	2311,6	2844,9	3860,3	5206,5	2322,3	2857,8	3877,4	5215,8
	9,0	2935,4	3651,2	5000,0	6776,2	2945,6	3663,7	5016,9	6781,2
	5,5	3314,8	4142,5	5695,0	7733,5	3324,5	4154,4	5711,2	7735,1
	0	3522,4	4402,3	6052,5	8219,0	3532,7	4414,9	6069,5	8220,4

Analizler sonucunda Tablo 4.26'da görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 32875,6 kNm iken Y doğrultusunda 32881,4 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 3522,4 kNm iken Y doğrultusunda 3532,7 kNm olarak bulunmuş ve grafikleri Şekil 4.29'da verilmiştir.

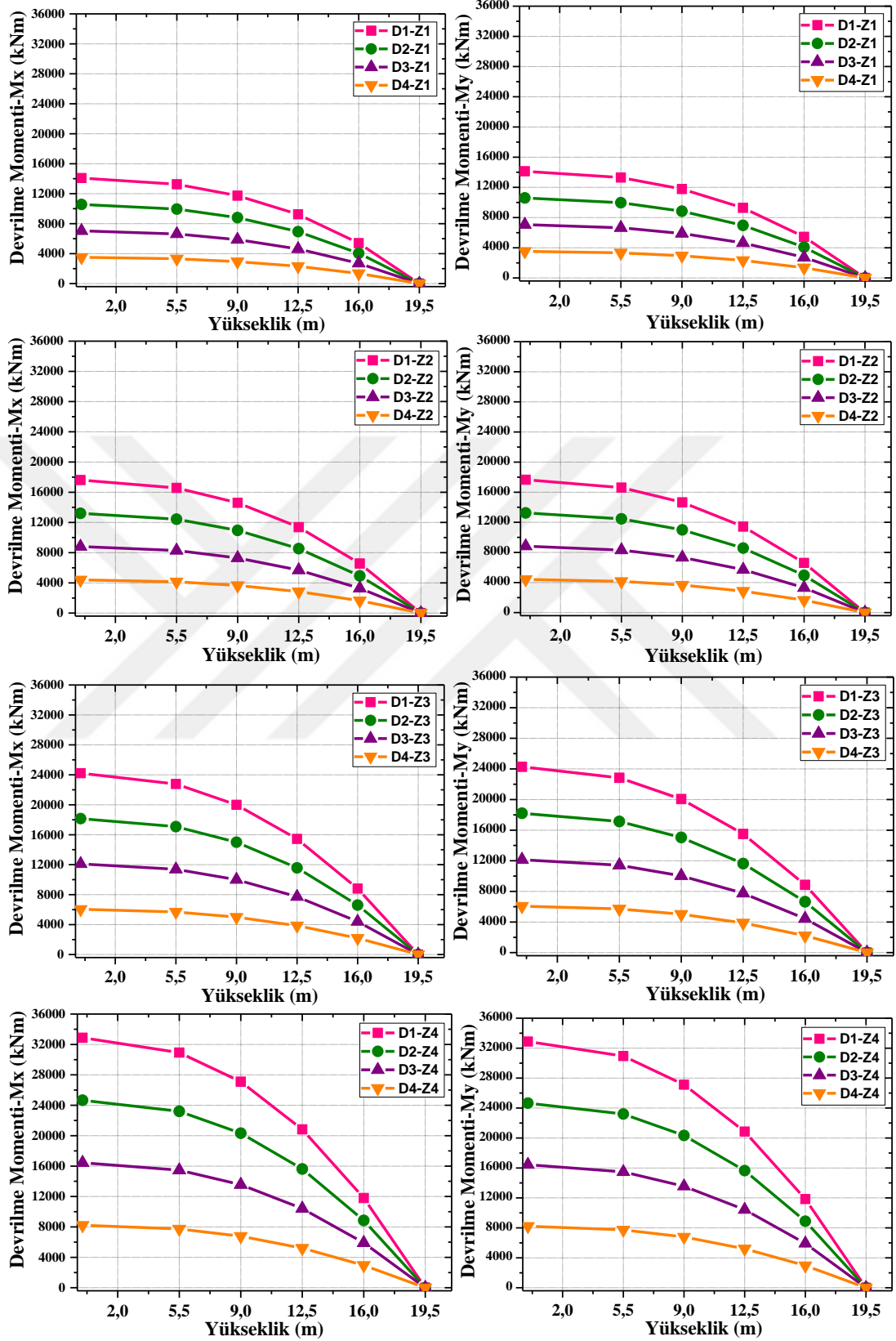


Şekil 4.29. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Tablo 4.27. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Zemin Sınıfı	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	5407,2	4055,4	2703,6	1351,8	5441,5	4081,1	2720,8	1360,4
	12,5	9246,4	6934,8	4623,2	2311,6	9289	6966,8	4644,6	2322,3
	9,0	11741,6	8806,2	5870,8	2935,4	11782	8836,6	5891,1	2945,6
	5,5	13259,3	9944,4	6629,6	3314,8	13297,6	9973,3	6648,9	3324,5
	0	14089,7	10567,2	7044,8	3522,4	14130,5	10598	7065,4	3532,7
Z2	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	6567,5	4925,6	3283,7	1641,9	6608	4956	3304	1652
	12,5	11379,7	8534,7	5689,8	2844,9	11431	8573,3	5715,5	2857,8
	9,0	14604,8	10953,5	7302,4	3651,2	14654,5	10990,9	7327,2	3663,7
	5,5	16570	12427,4	8285	4142,5	16617,5	12463,1	8308,7	4154,4
	0	17609,1	13206,7	8804,5	4402,3	17659,3	13244,5	8829,6	4414,9
Z3	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	8804,2	6603,2	4402,1	2201,1	8857	6642,8	4428,5	2214,3
	12,5	15441,1	11580,9	7720,6	3860,3	15509,4	11632,1	7754,7	3877,4
	9,0	20000,1	15000,1	10000,1	5000	20067,5	15050,7	10033,7	5016,9
	5,5	22780,2	17085,1	11390,1	5695	22844,9	17133,7	11422,4	5711,2
	0	24210,1	18157,5	12105,1	6052,5	24278,1	18208,6	12139	6069,5
Z4	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	16,0	11798,8	8849,1	5899,4	2949,7	11838,4	8878,8	5919,2	2959,6
	12,5	20825,8	15619,4	10412,9	5206,5	20863,3	15647,5	10431,7	5215,8
	9,0	27104,5	20328,4	13552,2	6776,2	27124,8	20343,6	13562,4	6781,2
	5,5	30933,5	23200,2	15466,7	7733,5	30940,2	23205,2	15470,1	7735,1
	0	32875,6	24656,8	16437,7	8219	32881,4	24661,1	16440,7	8220,4

Analizler sonucunda Tablo 4.27'de görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 32875,6 kNm iken Y doğrultusunda 32881,4 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 3522,4 kNm iken Y doğrultusunda 3532,7 kNm olarak bulunmuş ve grafikleri Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. B2 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

B2 düzensizliği bulunan yapının, X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında kat deplasmanlarının X doğrultusunda %134, Y doğrultusunda da %133 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %38 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z1 ile Z2 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %25 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %36 arttığı görülmüştür.

Görelî kat ötelemeleri kontrolünde tüm deprem bölgelerinde ve zemin sınıflarında her iki doğrultuda, tüm katlardaki $(\Delta_i)_{\max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen $0,02/R=0,00286$ değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için 1. katta olduğu X ve Y doğrultusunda Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında görelî kat ötelemelerinin %136 arttığı görülmüştür. X ve Y doğrultusunda görelî kat ötelemesi farkının en çok Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında %38 mertebesinde zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z1 ile Z2 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %26 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %36 arttığı görülmüştür.

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinin X ve Y doğrultusunda da %136 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %38 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %36 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %26 arttığı görülmüştür.

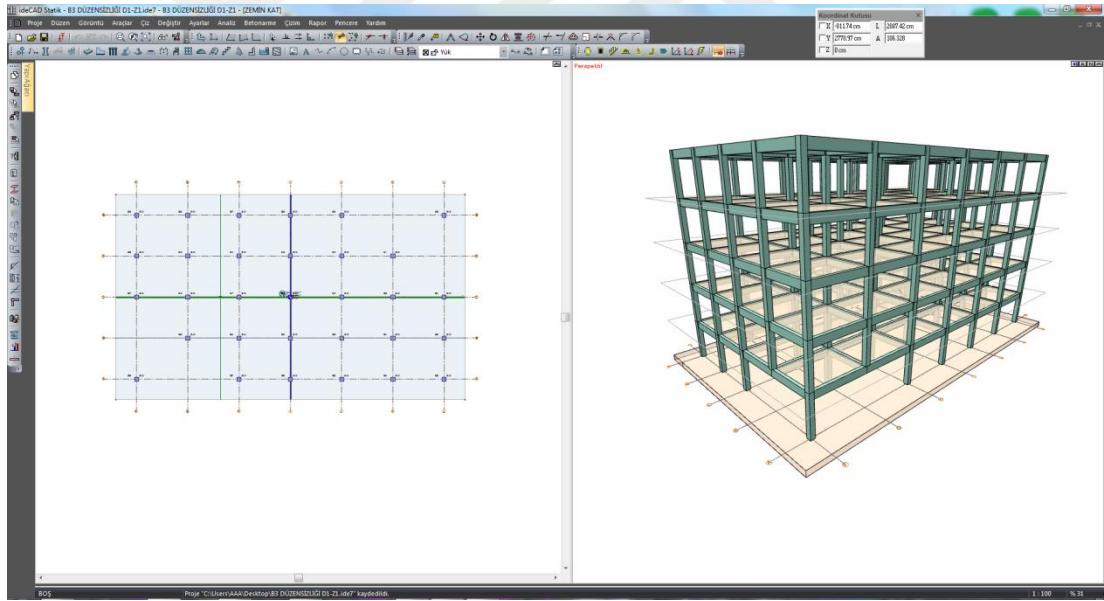
X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında devrilme momentlerinin X ve Y doğrultusunda da %133 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z1

ile Z2 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %36 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %26 arttığı görülmüştür.

4.5. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

B3 düzensizliği olarak ta bilinen taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği bulunan yapının genel özellikleri düzenli yapı ile karşılaştırılabilmesi için, döşeme kalınlığı 12cm, kiriş en kesitleri 25cm/60cm, kolon en kesitleri 40cm/40cm, temel tipi radye ve temel kalınlığı ise 50 cm seçilmiştir.

Bu çalışmada çerçeve sistemli, 5 katlı simetrik bir yapının kat yükseklikleri (3,5m) aynı tutulmuştur. Zemin kat kolonlarından bazıları iptal edilmiştir. B3 düzensizliğine ait yapının kat planı ve perspektif görünüşü Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Kat Planı ve Perspektif Görünüşü

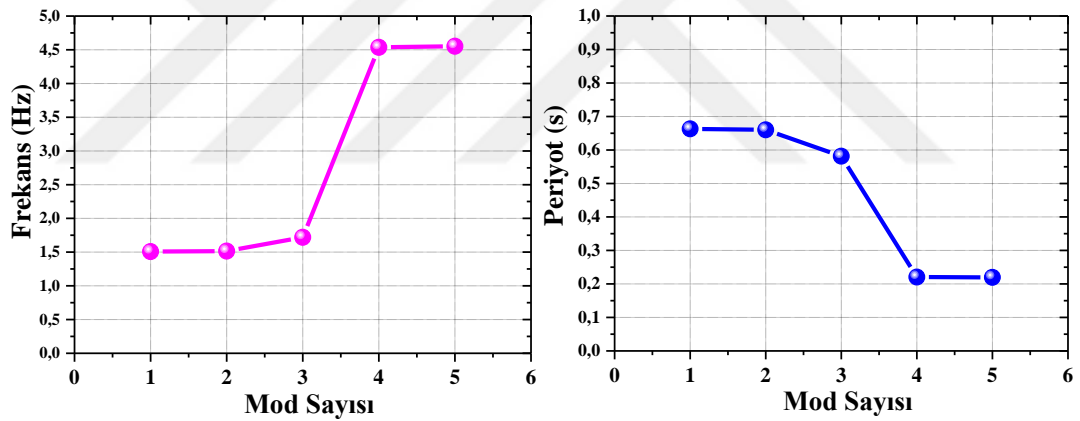
Yapının doğal titreşim periyotları sadece binanın toplam kütleğine bağlı olduğundan periyot ve frekans incelenirken sadece D1-Z1 dikkate alınmıştır. Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 mod Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo4.28. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans

Mod	Periyot (s)	Frekans (Hz)	Açısal Frekans (rad/s)
1	0,66310	1,50807	9,47545
2	0,66004	1,51505	9,51934
3	0,58154	1,71957	10,80440
4	0,22041	4,53702	28,50696
5	0,21965	4,55269	28,60539

B3 düzensizliği olan bu yapı için modal analizden elde edilen X doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1X}=0,66310s$ ve Y doğrultusunda doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=0,66004 s$ bulunmuştur.

Buna göre modal analizden elde edilen ilk 5 moda ait grafik Şekil 4.32'de verilmiştir.



Şekil4.32. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğinden Meydana Gelen Düzensizliğin Modal Analizden Elde Edilen Periyot ve Frekans

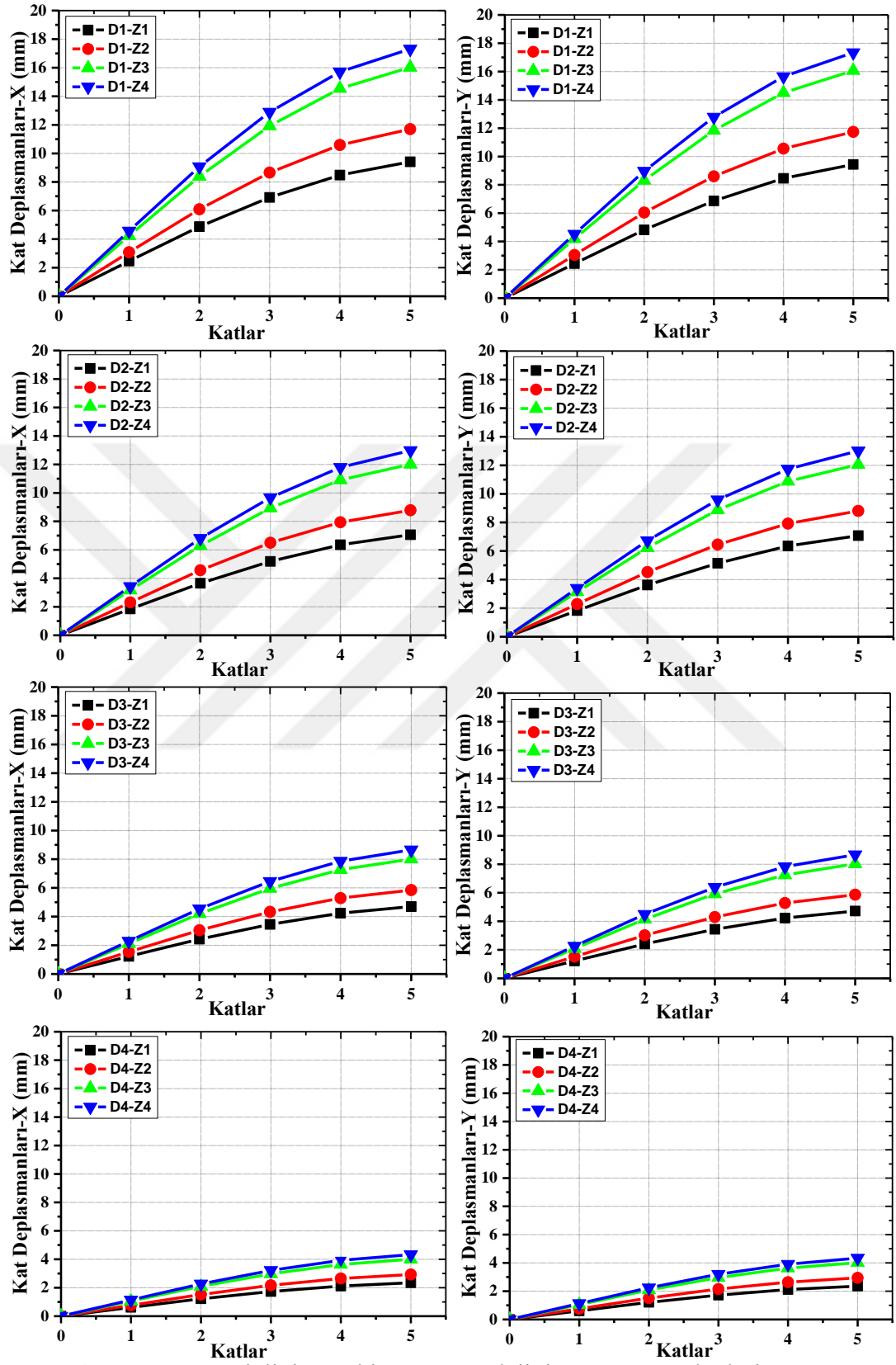
4.5.1. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Deplasmanları

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğinden meydana gelen (B3) yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri ve Y doğrultusundaki kat deplasmanı değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.29'da ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.29.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	9,41	11,7	16,02	17,31	9,44	11,74	16,07	17,34
	4	8,48	10,59	14,54	15,71	8,46	10,56	14,50	15,65
	3	6,92	8,66	11,92	12,89	6,87	8,6	11,84	12,79
	2	4,87	6,09	8,39	9,07	4,82	6,04	8,31	8,97
	1	2,46	3,08	4,23	4,57	2,44	3,05	4,19	4,52
D2	5	7,06	8,78	12,01	12,98	7,08	8,81	12,05	13,01
	4	6,36	7,94	10,91	11,79	6,35	7,92	10,88	11,74
	3	5,19	6,50	8,94	9,67	5,15	6,45	8,88	9,59
	2	3,65	4,57	6,29	6,81	3,62	4,53	6,23	6,73
	1	1,85	2,31	3,17	3,43	1,83	2,29	3,14	3,39
D3	5	4,70	5,85	8,01	8,65	4,72	5,87	8,03	8,67
	4	4,24	5,29	7,27	7,86	4,23	5,28	7,25	7,83
	3	3,46	4,33	5,96	6,45	3,44	4,30	5,92	6,39
	2	2,43	3,05	4,20	4,54	2,41	3,02	4,15	4,49
	1	1,23	1,54	2,11	2,29	1,22	1,52	2,09	2,26
D4	5	2,35	2,93	4,00	4,33	2,36	2,94	4,02	4,34
	4	2,12	2,65	3,64	3,93	2,12	2,64	3,63	3,91
	3	1,73	2,17	2,98	3,22	1,72	2,15	2,96	3,20
	2	1,22	1,52	2,10	2,27	1,21	1,51	2,08	2,24
	1	0,62	0,77	1,06	1,14	0,61	0,76	1,05	1,13

Analizler sonucunda Tablo 4.29'da görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 17,31 mm iken Y doğrultusunda 17,34 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2,35 mm iken Y doğrultusunda 2,36 mm olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.33'te verilmiştir.

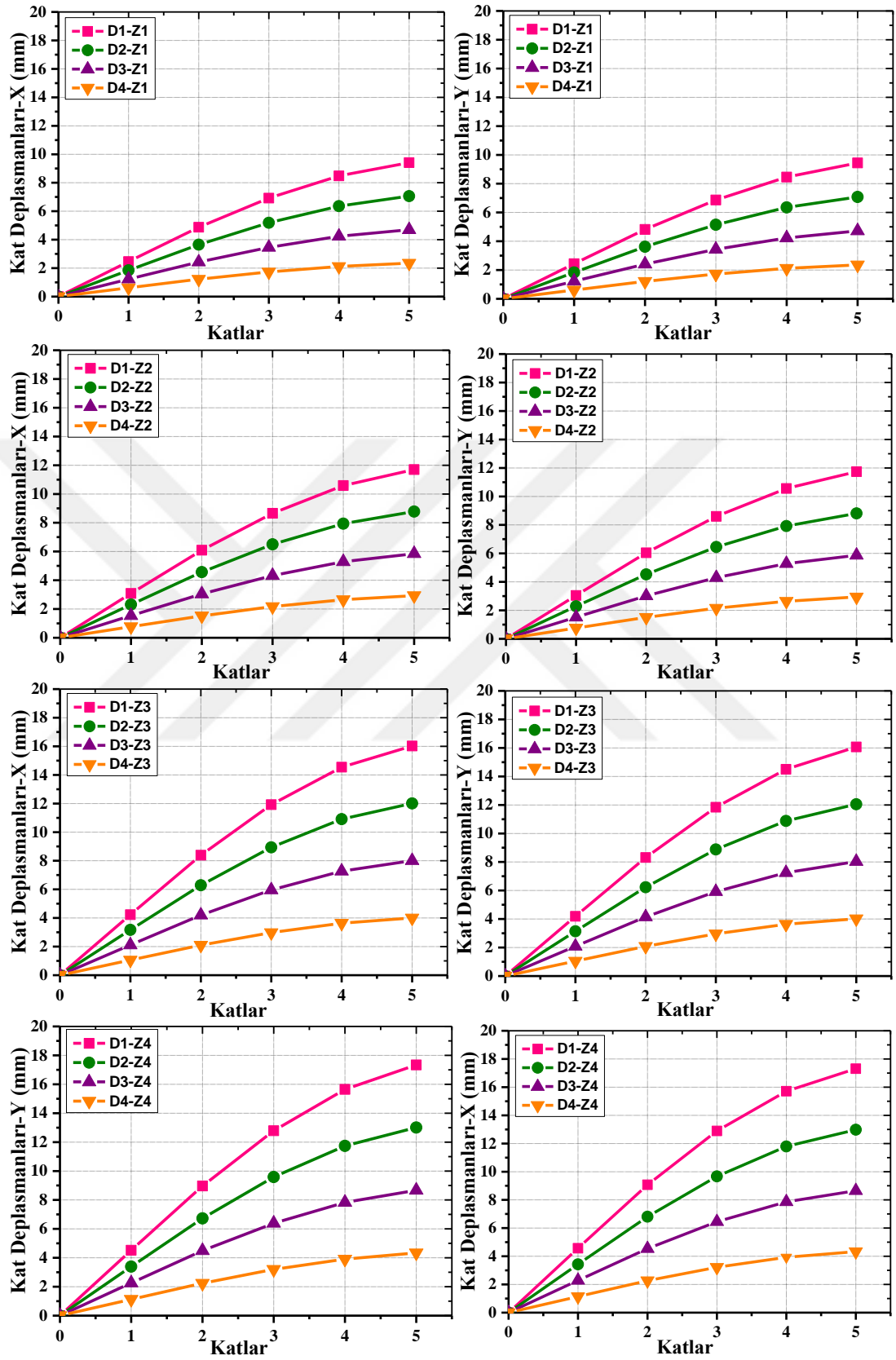


Şekil 4.33.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Tablo 4.30. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

Kat Deplasmanları (mm)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	Z4
Z1	5	9,41	7,06	4,70	2,35	9,44	7,08	4,72	2,36
	4	8,48	6,36	4,24	2,12	8,46	6,35	4,23	2,12
	3	6,92	5,19	3,46	1,73	6,87	5,15	3,44	1,72
	2	4,87	3,65	2,43	1,22	4,82	3,62	2,41	1,21
	1	2,46	1,85	1,23	0,62	2,44	1,83	1,22	0,61
Z2	5	11,70	8,78	5,85	2,93	11,74	8,81	5,87	2,94
	4	10,59	7,94	5,29	2,65	10,56	7,92	5,28	2,64
	3	8,66	6,50	4,33	2,17	8,60	6,45	4,30	2,15
	2	6,09	4,57	3,05	1,52	6,04	4,53	3,02	1,51
	1	3,08	2,31	1,54	0,77	3,05	2,29	1,52	0,76
Z3	5	16,02	12,01	8,01	4,00	16,07	12,05	8,03	4,02
	4	14,54	10,91	7,27	3,64	14,50	10,88	7,25	3,63
	3	11,92	8,94	5,96	2,98	11,84	8,88	5,92	2,96
	2	8,39	6,29	4,20	2,10	8,31	6,23	4,15	2,08
	1	4,23	3,17	2,11	1,06	4,19	3,14	2,09	1,05
Z4	5	17,31	12,98	8,65	4,33	17,34	13,01	8,67	4,34
	4	15,71	11,79	7,86	3,93	15,65	11,74	7,83	3,91
	3	12,89	9,67	6,45	3,22	12,79	9,59	6,39	3,20
	2	9,07	6,81	4,54	2,27	8,97	6,73	4,49	2,24
	1	4,57	3,43	2,29	1,14	4,52	3,39	2,26	1,13

Analizler sonucunda Tablo 4.30'da görüldüğü gibi en büyük kat deplasmanı her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 17,31 mm iken Y doğrultusunda 17,34 mm olarak bulunmuştur. En küçük kat deplasmanı ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 2,35 mm iken Y doğrultusunda 2,36 mm olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Deplasmanları

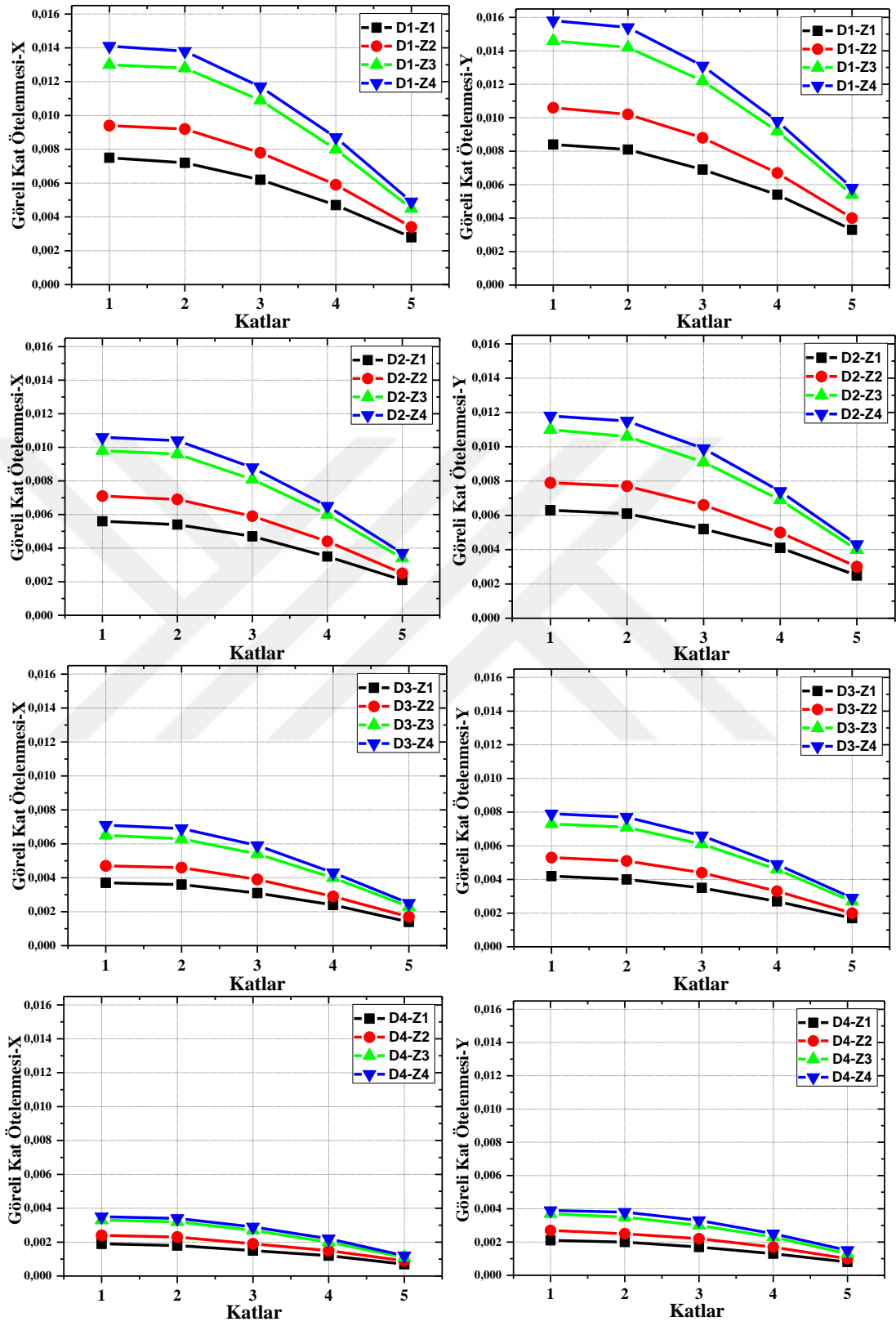
4.5.2. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Görelî Kat Ötelemeleri

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğinden meydana gelen (B3) yapı modelinin ideCAD[®] de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri değerleri ve Y doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.31'de ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.32'de verilmiştir.

Tablo 4.31.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	0,0028	0,0034	0,0045	0,0049	0,0033	0,0040	0,0054	0,0058
	4	0,0047	0,0059	0,0080	0,0087	0,0054	0,0067	0,0092	0,0098
	3	0,0062	0,0078	0,0109	0,0117	0,0069	0,0088	0,0122	0,0131
	2	0,0072	0,0092	0,0128	0,0138	0,0081	0,0102	0,0142	0,0154
	1	0,0075	0,0094	0,0130	0,0141	0,0084	0,0106	0,0146	0,0158
D2	5	0,0021	0,0025	0,0034	0,0037	0,0025	0,0030	0,0040	0,0043
	4	0,0035	0,0044	0,0060	0,0065	0,0041	0,0050	0,0069	0,0074
	3	0,0047	0,0059	0,0081	0,0088	0,0052	0,0066	0,0091	0,0099
	2	0,0054	0,0069	0,0096	0,0104	0,0061	0,0077	0,0106	0,0115
	1	0,0056	0,0071	0,0098	0,0106	0,0063	0,0079	0,0110	0,0118
D3	5	0,0014	0,0017	0,0023	0,0025	0,0017	0,0020	0,0027	0,0029
	4	0,0024	0,0029	0,0040	0,0043	0,0027	0,0033	0,0046	0,0049
	3	0,0031	0,0039	0,0054	0,0059	0,0035	0,0044	0,0061	0,0066
	2	0,0036	0,0046	0,0063	0,0069	0,0040	0,0051	0,0071	0,0077
	1	0,0037	0,0047	0,0065	0,0071	0,0042	0,0053	0,0073	0,0079
D4	5	0,0007	0,0009	0,0011	0,0012	0,0008	0,0010	0,0013	0,0015
	4	0,0012	0,0015	0,0020	0,0022	0,0013	0,0017	0,0023	0,0025
	3	0,0015	0,0019	0,0027	0,0029	0,0017	0,0022	0,0030	0,0033
	2	0,0018	0,0023	0,0032	0,0034	0,0020	0,0025	0,0035	0,0038
	1	0,0019	0,0024	0,0033	0,0035	0,0021	0,0027	0,0037	0,0039

Analizler sonucunda Tablo 4.31'de görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da D1 ve Z4'e görülmüş olup X doğrultusunda 0,0141 iken Y doğrultusunda 0,0158 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0019 iken Y doğrultusunda 0,0021 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.35'te verilmiştir.

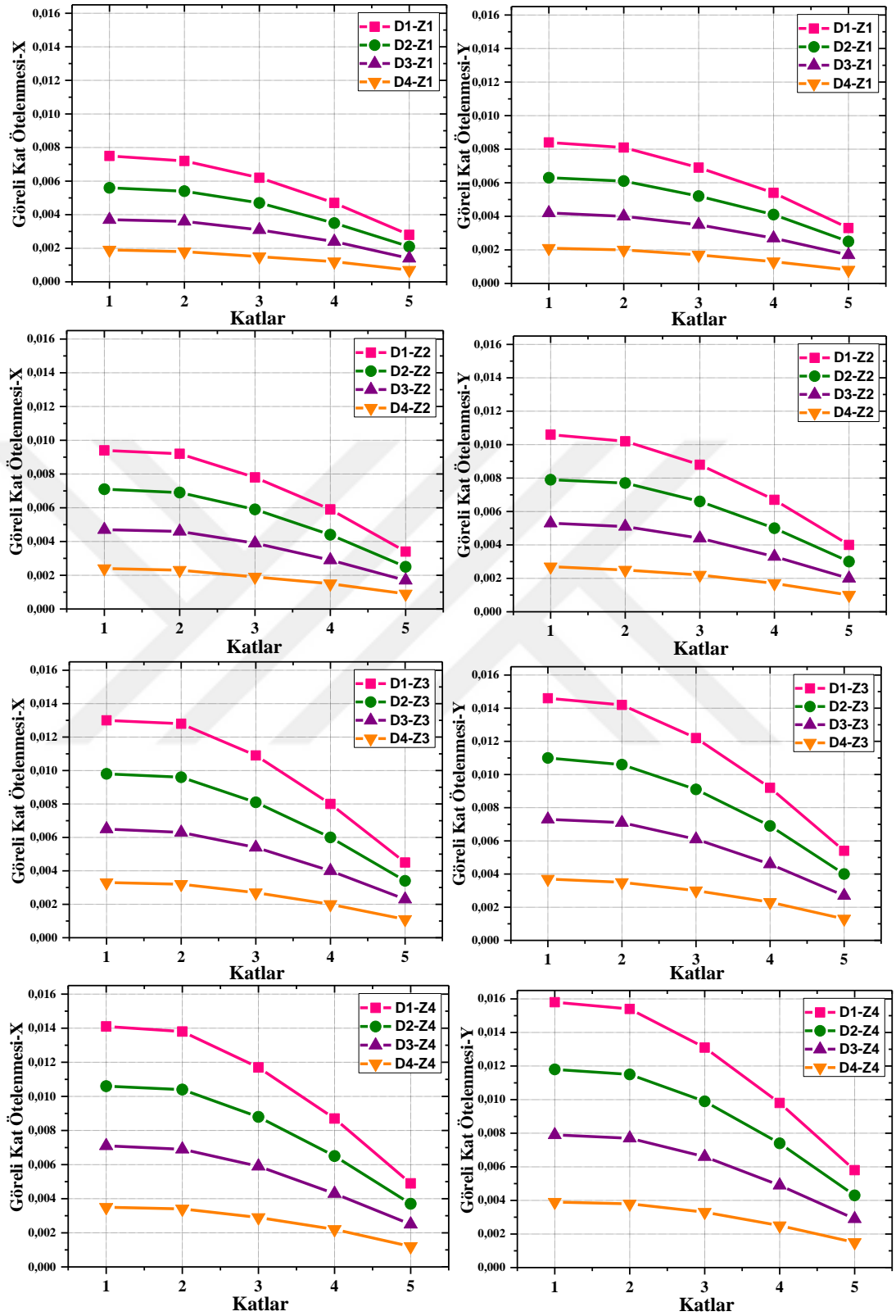


Şekil 4.35.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y doğrultusundaki Göre Görelî Kat Ötelemeleri

Tablo 4.32. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî Kat Ötelemeleri									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	5	0,0028	0,0021	0,0014	0,0007	0,0033	0,0025	0,0017	0,0008
	4	0,0047	0,0035	0,0024	0,0012	0,0054	0,0041	0,0027	0,0013
	3	0,0062	0,0047	0,0031	0,0015	0,0069	0,0052	0,0035	0,0017
	2	0,0072	0,0054	0,0036	0,0018	0,0081	0,0061	0,0040	0,0020
	1	0,0075	0,0056	0,0037	0,0019	0,0084	0,0063	0,0042	0,0021
Z2	5	0,0034	0,0025	0,0017	0,0009	0,0040	0,0030	0,002	0,0010
	4	0,0059	0,0044	0,0029	0,0015	0,0067	0,0050	0,0033	0,0017
	3	0,0078	0,0059	0,0039	0,0019	0,0088	0,0066	0,0044	0,0022
	2	0,0092	0,0069	0,0046	0,0023	0,0102	0,0077	0,0051	0,0025
	1	0,0094	0,0071	0,0047	0,0024	0,0106	0,0079	0,0053	0,0027
Z3	5	0,0045	0,0034	0,0023	0,0011	0,0054	0,0040	0,0027	0,0013
	4	0,0080	0,006	0,0040	0,0020	0,0092	0,0069	0,0046	0,0023
	3	0,0109	0,0081	0,0054	0,0027	0,0122	0,0091	0,0061	0,003
	2	0,0128	0,0096	0,0063	0,0032	0,0142	0,0106	0,0071	0,0035
	1	0,0130	0,0098	0,0065	0,0033	0,0146	0,0110	0,0073	0,0037
Z4	5	0,0049	0,0037	0,0025	0,0012	0,0058	0,0043	0,0029	0,0015
	4	0,0087	0,0065	0,0043	0,0022	0,0098	0,0074	0,0049	0,0025
	3	0,0117	0,0088	0,0059	0,0029	0,0131	0,0099	0,0066	0,0033
	2	0,0138	0,0104	0,0069	0,0034	0,0154	0,0115	0,0077	0,0038
	1	0,0141	0,0106	0,0071	0,0035	0,0158	0,0118	0,0079	0,0039

Analizler sonucunda Tablo 4.32'de görüldüğü gibi en büyük görelî kat ötelemesi her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 0,0141 iken Y doğrultusunda 0,0158 olarak bulunmuştur. En küçük görelî kat ötelemesi ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 0,0019 iken Y doğrultusunda 0,0021 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Göre Görelü Kat Ötelemeleri

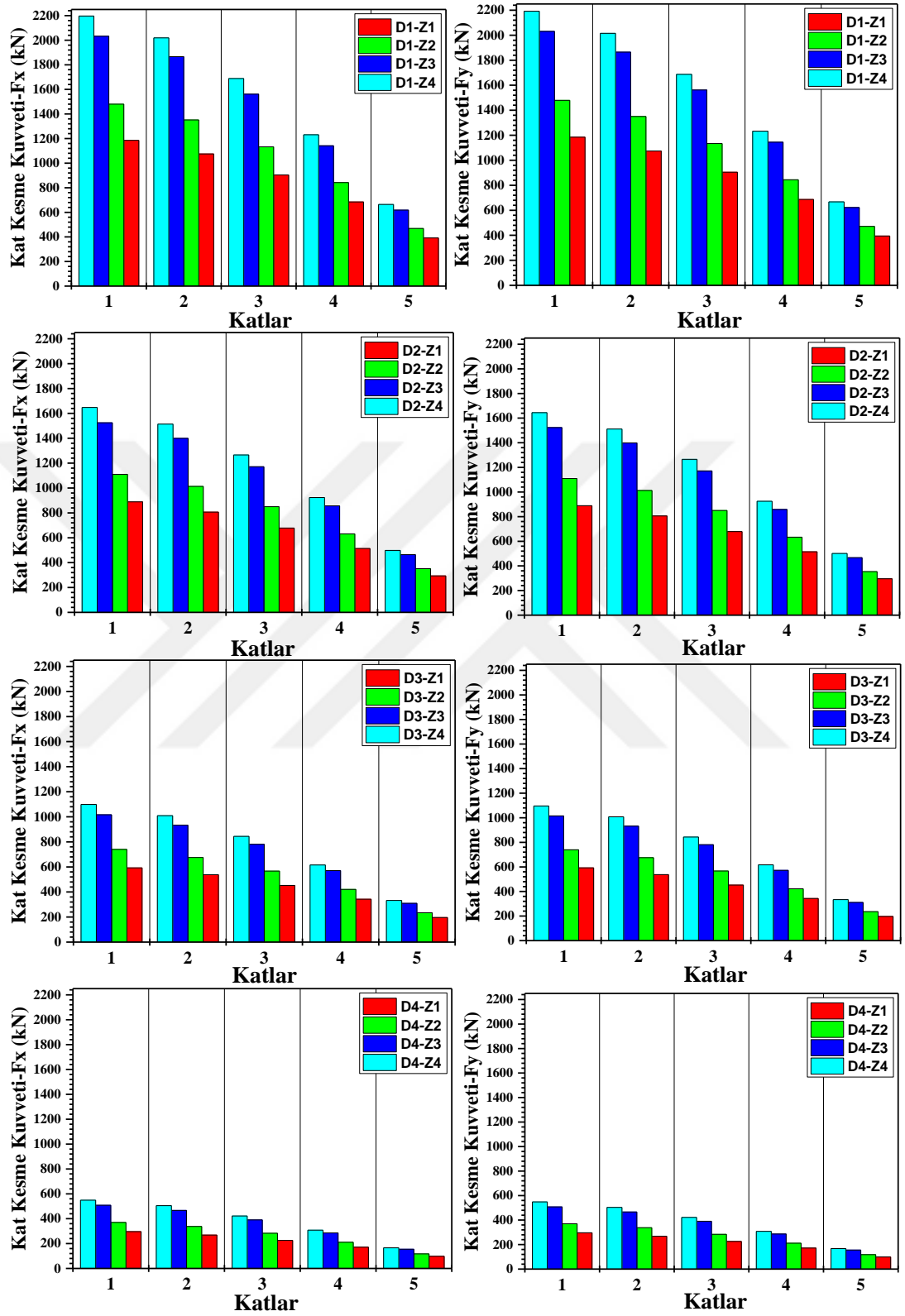
4.5.3. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Kat Kesme Kuvvetleri

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğinden meydana gelen (B3) yapı modelinin ideCAD de elde edilen analizler sonucu X doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri ile Y doğrultusundaki kat kesme kuvveti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre Tablo 4.33'te ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.34'te verilmiştir.

Tablo 4.33.B3Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Deprem Bölgesi	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	5	391,7	468,6	618,4	664,5	394,1	471,4	621,9	667,6
	4	684,3	841,7	1141,6	1231,2	686,3	844,1	1144,7	1233,2
	3	904,3	1133,1	1561,2	1688,2	904,5	1133,5	1561,8	1687,0
	2	1075,2	1351,3	1866,4	2018,8	1074,4	1350,3	1864,9	2014,9
	1	1185,3	1479,9	2032,9	2197,0	1184,9	1479	2030,9	2192,3
D2	5	293,8	351,5	463,8	498,4	295,6	353,6	466,4	500,7
	4	513,2	631,3	856,2	923,4	514,7	633,1	858,5	924,9
	3	678,2	849,8	1170,9	1266,1	678,4	850,1	1171,3	1265,3
	2	806,3	1013,4	1399,8	1514,0	805,8	1012,7	1398,6	1511,2
	1	888,9	1109,9	1524,7	1647,6	888,7	1109,2	1523,1	1644,2
D3	5	195,9	234,3	309,2	332,2	197,1	235,7	310,9	333,8
	4	342,2	420,9	570,8	615,5	343,2	422,1	572,3	616,6
	3	452,2	566,6	780,6	844,0	452,3	566,8	780,8	843,5
	2	537,6	675,7	933,2	1009,3	537,3	675,2	932,3	1007,5
	1	592,6	740,0	1016,4	1098,4	592,6	739,5	1015,3	1096,2
D4	5	97,9	117,2	154,6	166,1	98,5	117,9	155,5	166,9
	4	171,0	210,5	285,4	307,8	171,5	211,1	286,2	308,3
	3	226,0	283,3	390,3	422,0	226,1	283,4	390,5	421,8
	2	268,7	337,8	466,6	504,6	268,6	337,6	466,3	503,8
	1	296,2	370,0	508,2	549,1	296,2	369,8	507,8	548,1

Analizler sonucunda Tablo 4.33'te görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2197,0 kN iken Y doğrultusunda 2192,3kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 296,2 iken Y doğrultusunda da 296,2 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.37'de verilmiştir.

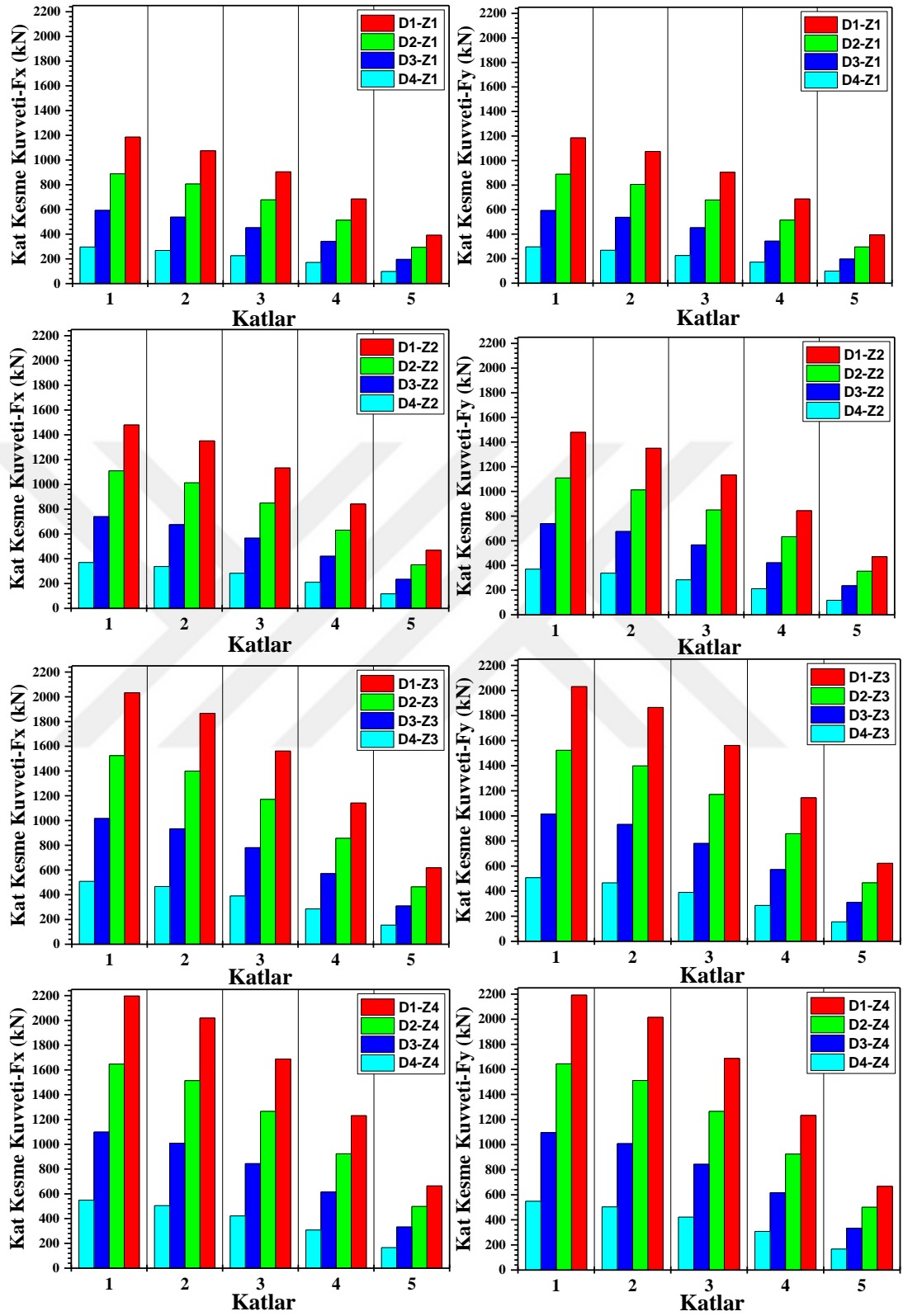


Şekil 4.37.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Tablo 4.34. B3Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri (kN)									
Zemin Sınıfı	Katlar	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	Z4
Z1	5	391,7	293,8	195,9	97,9	394,1	295,6	197,1	98,5
	4	684,3	513,2	342,2	171	686,3	514,7	343,2	171,5
	3	904,3	678,2	452,2	226	904,5	678,4	452,3	226,1
	2	1075,2	806,3	537,6	268,7	1074,4	805,8	537,3	268,6
	1	1185,3	888,9	592,6	296,2	1184,9	888,7	592,6	296,2
Z2	5	468,6	351,5	234,3	117,2	471,4	353,6	235,7	117,9
	4	841,7	631,3	420,9	210,5	844,1	633,1	422,1	211,1
	3	1133,1	849,8	566,6	283,3	1133,5	850,1	566,8	283,4
	2	1351,3	1013,4	675,7	337,8	1350,3	1012,7	675,2	337,6
	1	1479,9	1109,9	740	370	1479	1109,2	739,5	369,8
Z3	5	618,4	463,8	309,2	154,6	621,9	466,4	310,9	155,5
	4	1141,6	856,2	570,8	285,4	1144,7	858,5	572,3	286,2
	3	1561,2	1170,9	780,6	390,3	1561,8	1171,3	780,8	390,5
	2	1866,4	1399,8	933,2	466,6	1864,9	1398,6	932,3	466,3
	1	2032,9	1524,7	1016,4	508,2	2030,9	1523,1	1015,3	507,8
Z4	5	664,5	498,4	332,2	166,1	667,6	500,7	333,8	166,9
	4	1231,2	923,4	615,5	307,8	1233,2	924,9	616,6	308,3
	3	1688,2	1266,1	844	422	1687	1265,3	843,5	421,8
	2	2018,8	1514	1009,3	504,6	2014,9	1511,2	1007,5	503,8
	1	2197	1647,6	1098,4	549,1	2192,3	1644,2	1096,2	548,1

Analizler sonucunda Tablo 4.34'te görüldüğü gibi en büyük taban kesme kuvveti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 2197,0 kN iken Y doğrultusunda 2192,3kN olarak bulunmuştur. En küçük taban kesme kuvveti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 296,2 iken Y doğrultusunda da 296,2 kN olarak bulunmuştur. Bunların karşılaştırılması grafik biçiminde Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.38. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Kat Kesme Kuvvetleri

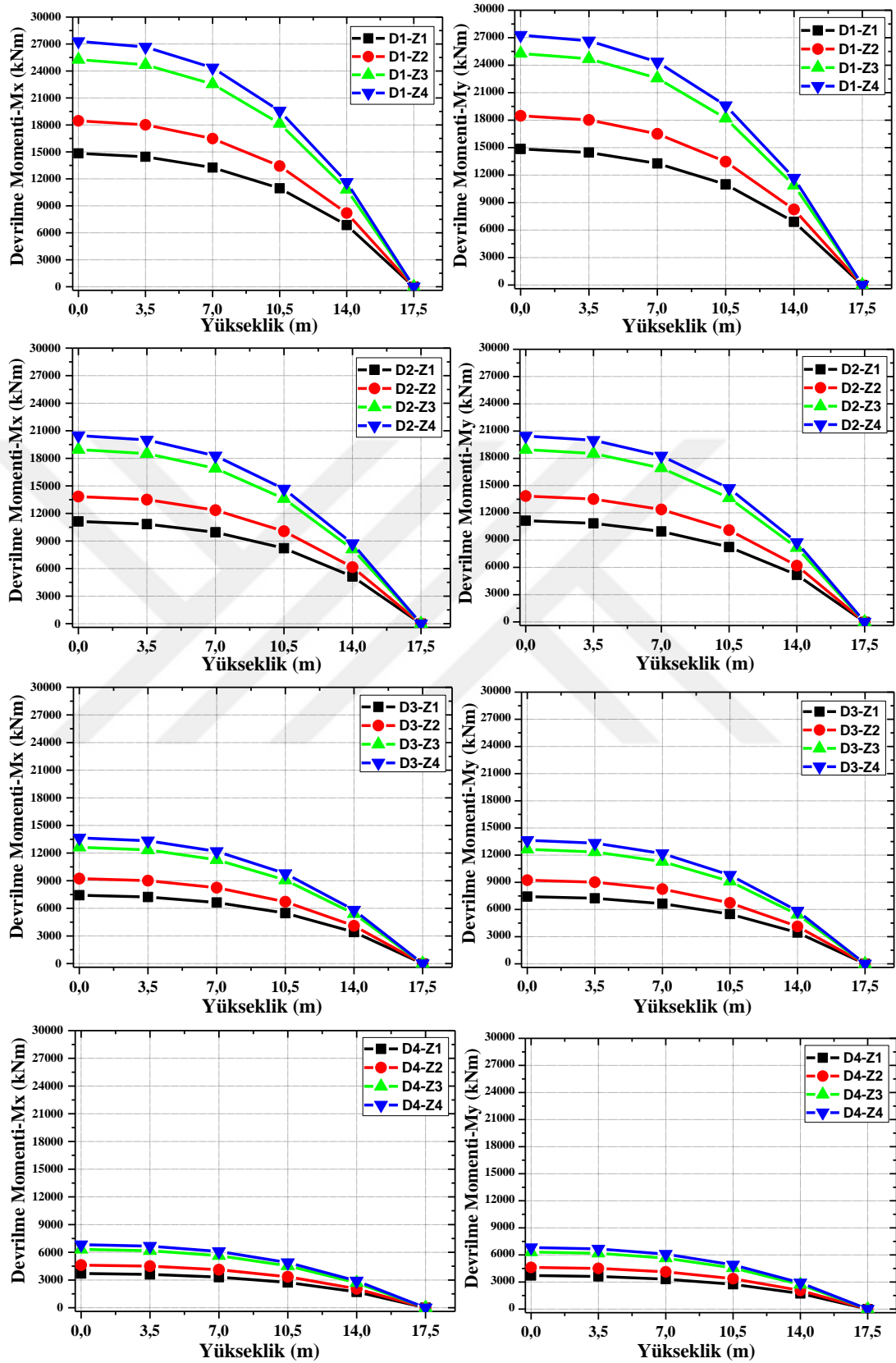
4.5.4. Deprem Bölgeleri ve Zemin Sınıflarına Göre Devrilme Momentleri

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğinden meydana gelen (B3) yapı modelinin ideCAD[®] de elde analizler sonucu X doğrultusundaki devrilme momenti değerleri ve Y doğrultusundaki devrilme momenti değerleri D1, D2, D3, D4 deprem bölgesine göre ve Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıfına göre Tablo 4.35 ve 36'da verilmiştir.

Tablo 4.35.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Deprem Bölgesi	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
D1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	6854,9	8201,3	10821,3	11628,7	6897,2	8249,8	10882,6	11682,8
	10,5	10951,1	13424,9	18146,4	19561,8	10987,9	13467,7	18201,4	19601,4
	7,0	13261,5	16484,3	22551,9	24360,2	13279,5	16506,0	22580,7	24366,8
	3,5	14457,5	18011,6	24688,3	26674,4	14469	18023,6	24702,1	26662,1
	0	14842,8	18461,8	25271,0	27298,0	14855,8	18474,0	25283	27282,9
D2	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	5141,2	6151,0	8116,0	8721,5	5172,9	6187,3	8161,9	8762,1
	10,5	8213,4	10068,7	13609,8	14671,3	8240,9	10100,7	13651	14701,1
	7,0	9946,2	12363,2	16913,9	18270,1	9959,6	12379,4	16935,5	18275,2
	3,5	10843,2	13508,6	18516,2	20005,7	10851,7	13517,6	18526,5	19996,7
	0	11132,2	13846,2	18953,2	20473,4	11141,8	13855,4	18962,2	20462,3
D3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	3427,4	4100,7	5410,7	5814,4	3448,6	4124,9	5441,3	5841,4
	10,5	5475,5	6712,5	9073,2	9781,0	5493,9	6733,8	9100,7	9800,7
	7,0	6630,7	8242,2	11276,0	12180,2	6639,7	8253,0	11290,4	12183,4
	3,5	7228,7	9005,8	12344,2	13337,3	7234,4	9011,8	12351,1	13331,1
	0	7421,4	9230,9	12635,5	13649,1	7427,8	9237	12641,5	13641,5
D4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	1713,7	2050,3	2705,3	2907,2	1724,3	2062,4	2720,6	2920,7
	10,5	2737,8	3356,2	4536,6	4890,5	2747,0	3366,9	4550,3	4900,4
	7,0	3315,4	4121,0	5638,0	6090,1	3319,9	4126,5	5645,1	6091,8
	3,5	3614,4	4502,8	6172,1	6668,6	3617,3	4505,9	6175,4	6665,6
	0	3710,7	4615,3	6317,8	6824,5	3714,0	4618,5	6320,6	6820,8

Analizler sonucunda Tablo 4.35'te görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da D1 ve Z4'te görülmüş olup X doğrultusunda 27298 kNm iken Y doğrultusunda 27282,9 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise D4 ve Z1'de görülmüş olup X doğrultusunda 3710,7 kNm iken Y doğrultusunda 3714 kNm olarak bulunmuş ve grafik biçiminde Şekil 4.39'da verilmiştir.

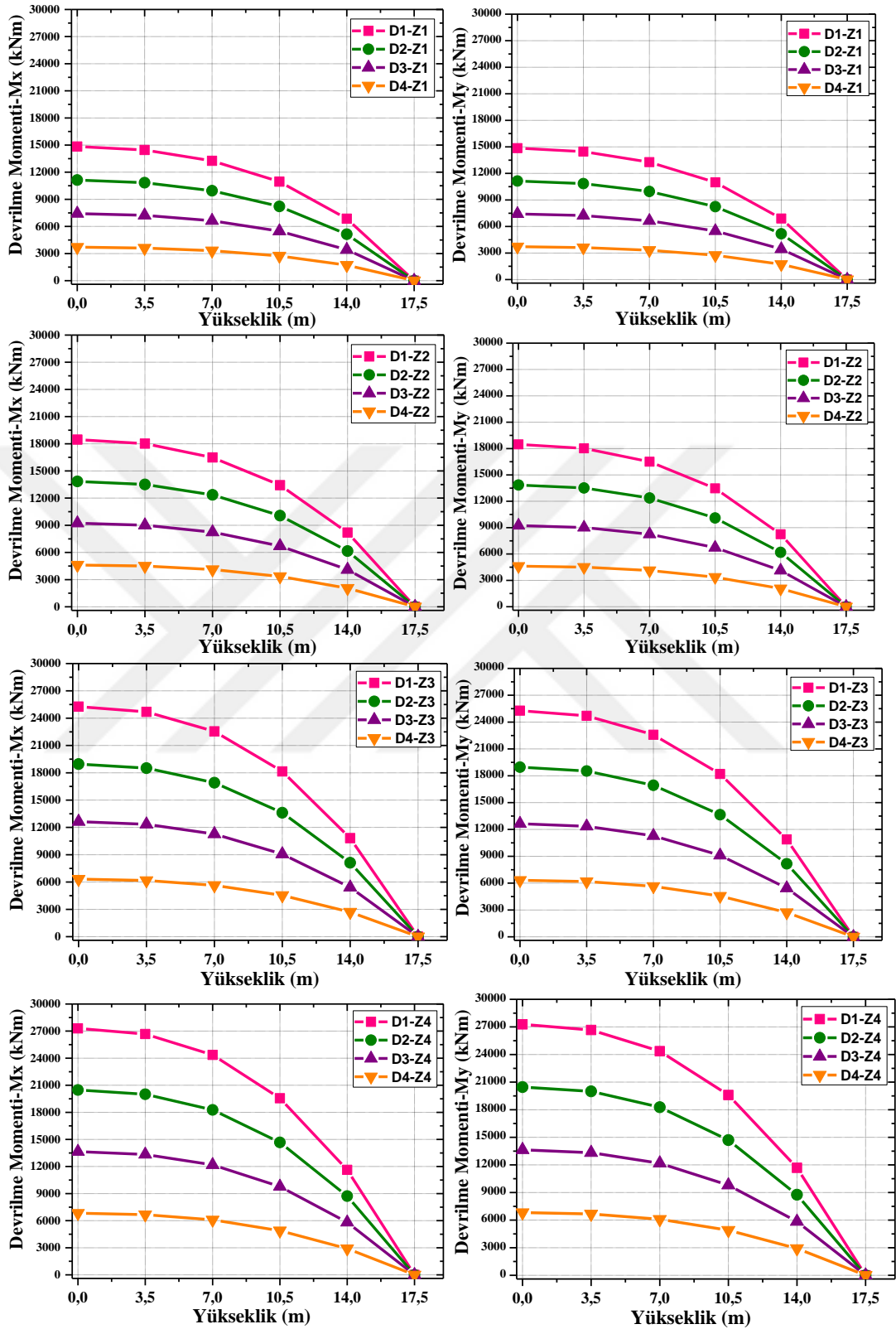


Şekil 4.39.B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Deprem Bölgelerine Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Tablo 4.36. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

Devrilme Momentleri (kNm)									
Zemin Sınıfı	Kat Yüksekliği	X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Z1	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	6854,9	5141,2	3427,4	1713,7	6897,2	5172,9	3448,6	1724,3
	10,5	10951,1	8213,4	5475,5	2737,8	10987,9	8240,9	5493,9	2747,0
	7,0	13261,5	9946,2	6630,7	3315,4	13279,5	9959,6	6639,7	3319,9
	3,5	14457,5	10843,2	7228,7	3614,4	14469,0	10851,7	7234,4	3617,3
	0	14842,8	11132,2	7421,4	3710,7	14855,8	11141,8	7427,8	3714,0
Z2	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	8201,3	6151,0	4100,7	2050,3	8249,8	6187,3	4124,9	2062,4
	10,5	13424,9	10068,7	6712,5	3356,2	13467,7	10100,7	6733,8	3366,9
	7,0	16484,3	12363,2	8242,2	4121,0	16506,0	12379,4	8253,0	4126,5
	3,5	18011,6	13508,6	9005,8	4502,8	18023,6	13517,6	9011,8	4505,9
	0	18461,8	13846,2	9230,9	4615,3	18474	13855,4	9237,0	4618,5
Z3	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	10821,3	8116,0	5410,7	2705,3	10882,6	8161,9	5441,3	2720,6
	10,5	18146,4	13609,8	9073,2	4536,6	18201,4	13651,0	9100,7	4550,3
	7,0	22551,9	16913,9	11276,0	5638	22580,7	16935,5	11290,4	5645,1
	3,5	24688,3	18516,2	12344,2	6172,1	24702,1	18526,5	12351,1	6175,4
	0	25271,0	18953,2	12635,5	6317,8	25283,0	18962,2	12641,5	6320,6
Z4	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	14,0	11628,7	8721,5	5814,4	2907,2	11682,8	8762,1	5841,4	2920,7
	10,5	19561,8	14671,3	9781,0	4890,5	19601,4	14701,1	9800,7	4900,4
	7,0	24360,2	18270,1	12180,2	6090,1	24366,8	18275,2	12183,4	6091,8
	3,5	26674,4	20005,7	13337,3	6668,6	26662,1	19996,7	13331,1	6665,6
	0	27298,0	20473,4	13649,1	6824,5	27282,9	20462,3	13641,5	6820,8

Analizler sonucunda Tablo 4.36'da görüldüğü gibi en büyük devrilme momenti her iki doğrultuda da Z4 ve D1'de görülmüş olup X doğrultusunda 27298 kNm iken Y doğrultusunda 27282,9 kNm olarak bulunmuştur. En küçük devrilme momenti ise Z1 ve D4'te görülmüş olup X doğrultusunda 3710,7 kNm iken Y doğrultusunda 3714 kNm olarak bulunmuş ve grafik biçiminde Şekil 4.40'ta verilmiştir.



Şekil 4.40. B3 Düzensizliğine Sahip Yapı Modelinin Zemin Sınıflarına Göre X ve Y Doğrultusundaki Devrilme Momentleri

B3 düzensizliği bulunan yapının, X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında kat deplasmanlarının her iki doğrultu için %84 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %8 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %24 arttığı görülmüştür.

Görelî kat ötelemeleri kontrolünde tüm deprem bölgelerinde ve zemin sınıflarında her iki doğrultuda, tüm katlardaki $(\Delta_i)_{\max}/h_i$ oranının yönetmelikte verilen $0,02/R=0,00286$ değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için 1. katta olduğu X ve Y doğrultusunda görelî kat ötelemesi farkının en çok Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında %38 mertebesinde zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %8 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %26 arttığı görülmüştür. 1. ve 3. derece deprem bölgesi için X ve Y doğrultusunda Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında görelî kat ötelemesi %50 artarken 2. derece deprem bölgesi %90, 4. derece deprem bölgesi için %85 arttığı görülmüştür.

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinin X ve Y doğrultusunda da %85 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %8 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %25 arttığı görülmüştür.

X ve Y doğrultusunda farklı zemin sınıfları karşılaştırıldığında 1., 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesi için Z1 ile Z4 zemin sınıfı arasında devrilme momentlerinin X ve Y doğrultusunda da %84 arttığı görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en büyük artış miktarının ise Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %37 mertebesinde

gerçekleştiiği görülmüştür. Zemin sınıfları arasındaki en küçük artış miktarının ise Z3 ile Z4 zemin sınıfı arasında her iki doğrultu için %8 mertebesinde gerçekleştiği görülmüştür. Z1 ile Z2 zemin sınıfları arasında her iki doğrultu için de %24 arttığı görülmüştür.



5. SONUÇLAR

Kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, taban kesme kuvvetleri ve devrilme momenti için MBY sonucunda bulunan değerler karşılaştırıldığında, düzenli yapı ile B1-B3 düzensizliği bulunan yapılarda 4. deprem bölgesinden 1. deprem bölgesine ve Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artan deprem kuvvetleri ile orantılı olarak arttığı görülmüştür. En büyük devrilme momenti değişiminin Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında olduğu, Z3 ile Z4 zemin sınıfları arasındaki değer değişiminin de Z1 ile Z2 zemin sınıflarına oranla daha az olduğu görülmektedir. B2 düzensizliğinin bulunduğu yapıda ise tün oranlardaki artışın diğerlerine göre fazla olduğu gözlenmiş olup zemin sınıfları içerisinde de Z2 ve Z3 arasındaki artışın Z1 ve Z2 arasındaki artıştan daha fazla olduğu görülmüştür.

Tüm zemin sınıfları için kat kesme kuvvetleri karşılaştığında çıkan sonuçların devrilme momentleri ile benzerlik gösterdiği, en büyük değer değişiminin yine Z2 ile Z3 zemin sınıfları arasında olduğu bulunmuştur. Eksenel kuvvetler arasındaki farklar her zemin sınıfı için incelendiğinde, en büyük değer artışının Z2 ile Z3 zemin sınıfı arasında olduğu, zemin kattaki artışın da 5.kattaki değer artışına oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarına göre incelenen yapılarda, mod birleştirme yöntemi ile elde edilen kuvvetlerin beklenildiği üzere 4. deprem bölgesinden 1. deprem bölgesine ve Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artan değerler aldığı görülmüştür. Bu değer artışlarının deprem bölgesi ve zemin sınıfı değişimine bağlı olarak artan deprem kuvveti ile orantılı olduğu söylenebilir.

1., 2., 3. ve 4. Derece deprem bölgesinde betonarme çerçeve taşıyıcı sistemli tasarlanan bir yapının, değişen zemin şartları altında yapısal düzensizlikler ortaya çıkabileceği görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucunda Z1 ve Z2 zemin sınıflarına ait hesap değerleri ile Z3 ve Z4 zemin sınıflarına ait hesap değerleri kendi içlerinde benzerlik göstermektedir. Yapılarda düzensizlikler incelendiğinde en büyük değer değişimlerinin Z1 ile Z4 zemin sınıfları arasında B2 düzensizliğinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişimin gerek bazı zemin sınıflarında yetersiz rijitlik nedeniyle kesitleri, bazı zemin sınıflarında ise artan iç kuvvetlere bağlı olarak donatı alanını artıracadığı söylenebilir. Bu nedenle deprem bölgelerinin yanı sıra farklı zemin

sınıflarının da yapının yatay yükler altında davranışını belirgin şekilde etkilediği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada deprem bölgelerinin yapının davranışı üzerindeki etkisinin yerel zemin sınıfına kıyasla daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma düşeyde düzensizliğe sahip yapıları farklı zemin sınıfları ve farklı deprem bölgelerine göre dinamik analizleri yapılmış ve yapılar 5 katlı (zemin+4kat)olarak tasarlanmıştır.Bu çalışma yapıların kat sayıları artırılarak (10-15 katlı gibi) da geliştirilip incelenebilir.



KAYNAKLAR

1. Özcan, C., Kat Yüksekliği Aynı Olan Binalar İle Bodrum Kat Yüksekliği Daha Az Olan Binaların Performanslarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008.
2. Öz, R., Zayıf Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışına Ve Kaba İnşaat Maliyetine Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, 2014
3. Toptaş, G., Çok Katlı Yapılarda Geometrik ve Yük Düzensizliklerinin Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
4. Ergünay, O., Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, Aralık 5-7, 2007.
5. Ercömert, M., A2 ve A3 Düzensizliklerinin Çok Katlı Yapıların Deprem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2007.
6. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 6-20, 2007.
7. Alkan, R.B., Farklı Zemin Koşulları Etkisinde Sismik Davranışın Doğrusal Olmayan Dinamik Çözümleme İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.
8. Ersoy, U., Uzsoy, Ş., Aktan E., “Dolgulu Çerçeveselerin Davranış ve Mukavemeti”, Tübitak, Proge Mag-205, Ankara, 1971.
9. Gülkan, P., Sözen, M., İnelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Eartquake Motions, pp.604-610, acı Journal, 1974.
10. Köseoğlu, S., Temeller Statiği ve Konstrüksiyon, Cilt 2 (3. Basım), Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1987.
11. Ansal, A.M., Şengezer, B.S., İyisan, R. and Gençoğlu, S., The Damage Distiribution in March 13, 1992 Earthquake and Effects of Geotechnical Factors, Invited Lecture, Soil Dynamics and Geotechnical Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 413-434, 1993.
12. Ansal, A.M., Effect of Geotechnical Factors and Behaviour of Soil Layers During Earthquakes, State of-the-Art Lecture, 10 th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema Publishers, Rotherdam, pp. 151-157, 1994.
13. Ansal, A.M., Lay, A.M., Geotechnical Factors in 1992 Erzincan Earthquake, 5 th Conference on Seismic Zonation, Nice, Vol. 1, 667-674, 1995.
14. Ansal, A.M., İyisan, R., Uniform Risk in Site-Specific Seismic Hazard Analysis, 11 Danube European Conferance on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Porec, Croatia, Belkema Publishers, Rotterdam, pp. 317-324, 1998.
15. Öztunç, M., Taşıyıcı Sistemi Düşeyde Düzensiz Bir Binanın Statik Ve Dinamik Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul, 1996.

16. Doğangün, A. ve Livaoğlu, R., Yumuşak Kat Düzensizliğinin Yapı Davranışına Etkileri, Balıkesir Üniversitesi, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 479-489 2002.
17. Aşıkkutlu, M., Terzi, M. ve Elçi, H., A2 türü Düzensizliklerin Kesit Tesirlerine Etkisi, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 415-424 2002.
18. İrtem, E., Deprem Yükleri Altındaki Çok Katlı Betonarme Yapıların Burulma Düzensizliğinin Giderilmesi İçin Öneriler, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 437-446,2002.
19. Livaoğlu, R., Doğangün A., Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Zemin Sınıflarına Göre Yapı Davranışlarının Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, ODTÜ, Ankara, 14 Ekim 2002.
20. Aydın, K., Dikey Doğrultuda Kütle Düzensizliği Olan Yapıların Deprem Altındaki Davranışı, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, İstanbul, 2004.
21. Kahraman, S., Mısıır, İ. S., Proje Dışı Eklenen Katların Taşıyıcı Sistemlere Etkileri, Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, Bildiriler CD'si,01-Yapı-0064, İstanbul, 2004.
22. Freeman , S.A., Performance Based Eartquake Engineering During The Last 40 Years, Eartquake Engineering: Essantianel and Applications Workshops, eerc METU, Ankara, July, 2005.
23. Muratoğlu, Ö., Özkan, Ö., Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklerine Etkisi, Kocaeli Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 23-25 Mart, 2005.
24. Akbulut, M. T., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Eğitimi Yaklaşımı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 586-592 2005.
25. Kıvılcım, Y.N., Deprem Etkisi Altında Yapılarda Oluşan Taban Kesme Kuvvetlerinin Kıyaslanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, İzmir, Cilt 7, Sayı 1, 1-17, Ocak, 2005.
26. Biniciksü, H., Kaplan, H. ve Görür, E. B., Türkiye’de Yaşanan Son Depremlerde Malzeme Kalitesi Ve Kötü İşçiliğin Neden Olduğu Hasarlar, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 703-706 2005.
27. Öztürk, D., Bozdoğan, B. K., ve Nuhoğlu, A., Betonarme Yapılarda Beton Sınıfının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 506-511 2005.
28. Korkmaz A., Uçar T., İrtem E., Yumuşak Kat Düzensizliğinin ve Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Deprem Davranışına Etkileri, IMO Teknik Kongre, Antalya, 2005.
29. Korkmaz, A., Uçar, T., Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışına Etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 11, Sayı 2, 2006.

30. Ağcakoca, M., Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul, 2006.
31. Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z. ve Erkal, A., Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 339-349 2007.
32. Döndüren, S.M., Karaduman, A., Çok Katlı Binaların Deprem Analizi, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Teknik-Online Dergi, Konya, 6(1), 2007.
33. Yön, B., ve ark., Binalardaki Burulma düzensizliğinin Farklı Zemin Sınıflarına Göre Değerlendirilmesi, Celal Bayar Üni., Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, 19 -32, 2010.
34. Karasu, T. O., Erdem, R. T., Demir, A. ve Bağcı, M., Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Betonarme Bir Binanın Performansının İncelenmesi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7.(2): 61-69 2011.
35. Soyluk, A., Tuna, M.E., Düzensiz Binalarda Sismik Taban İzolatörü Uygulamasının Mimari Tasarıma Etkisi, Gazi Üni., Müh. Mim Fak. Dergisi Cilt 26, No:3, 635-642, 2011.
36. İnan, T., Korkmaz, K., Düşey Doğrultudaki Yapı Düzensizliklerinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Kayseri, 28(3), 240-248, 2012.
37. Orak, M.S., Planda Ve Düşey Doğrultudaki Düzensizliklerin Betonarme Perde-Çerçevesel Binaların Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2012
38. Toptaş, G., Çok Katlı Yapılarda Geometrik Ve Yük Düzensizliklerinin Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
39. Ukçul, E., Betonarme Bir Yapıda Farklı Zemin Sınıflarının Deprem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2013.
40. Sayar, M., Doğrusal Elastik Deprem Hesabı Yöntemlerinin Taban Kesme Kuvveti Ve Görelî Kat Ötelemesi Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2013.
41. Şahin, H., Alyamaç, K. E., Erdoğan, A.S., Determination of Earthquake Shear Wall Ratio in Shear Wall- Frame Buildings According to Local Site Classes And Number of Story, SDU International Journal of Technologic Sciences, Vol. 5, No 1, Isparta, February 2013.
42. İnan, T., Korkmaz, K. and Çağatay, I. H., The Effect Of Architectural Form on the Earthquake Behavior of Symmetric RC Frame Systems, Computers and Concrete, 13 (2): 271-290, 2014.
43. Şanlı, A., Hızlı Gözlem Teknikleri ile Yapıların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 2014.
44. Anadut, H.O., Tarihi Yapıların Dinamik Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2016.

45. Balendra, T., Lam, N.T.K., Perry, M.J., Lumantarna, E. and Wilson, J.L., Simplified Displacement Demand Prediction of Tall Asymmetric Buildings Subjected to LongDistance, Engineering Structures, 27: 335348, 2005.
46. Chandler A.M, Lam, N.T.K and Sheikh, N., Response Spectrum Predictions for Potential Near-Field and Far-Field Earthquakes Affecting Hong Kong: Soil Sites, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22: 419–40, 2002.
47. Lam N.T.K, Wilson J.L. and Chandler A.M., Seismic Displacement Response Spectrum Estimated from the Frame Analogy Soil Amplification Model, Journal of Engineering Structures, 23: 1437–1452, 2001.
48. Mertol, A. and Mertol, H.C., Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan Ofset, 102-126, 295-314, 2002.
49. Ansal, A., Depremde Yerel Zemin Davranışları, Bilim ve Teknik Dergisi, 1999.
50. Fahjan, Y.M., Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası Sakarya Temsilciliği Eğitim Seminerleri, Sakarya2008.
51. A National Institute of Building Sciences Council, 1995. A Nontechnical Explanation of the 1994 NEHRP Recommended Provisions.
52. Atımtay, E., Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar), Bizim Büro, Ankara, Cilt I, 117-169, 2000.
53. Celep, Z. ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı , Beta Dağıtım, İstanbul 2000.
54. Doğançün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, 718 syf, 12. Baskı, Şubat 2016.
55. Tanışer, S., Yapı Dinamiği İçin Doğrusal Mod Birleştirme Yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2013.
56. Tezcan, S., Alhan, C., Behavior of Irregular Structures Under Earthquake Loading”, TDV/ TR 027-44 Eylül, 1999.
57. Bayülke, N., Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı Tuna Yayınevi, Ankara, 1998.
58. Celep, Z., Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.
59. Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. Ve Wasti, S. T., Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.Ş., Ankara, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Cansu ERGİN, 25.04.1991'de Amasya'nın Merzifon ilçesinde doğdu. İlk ve orta eğitimini Amasya'nın Gümüşhacıköy ilçesindeki Işık İlköğretim Okulu ve Mehmetpaşa İlköğretim Okulu'nda tamamladı. 2005 yılında Sinop Anadolu Öğretmen Lisesi'ni yatılı olarak kazanıp eğitimine burada devam etti ve 2009 yılında buradan mezun oldu. Aynı yıl başladığı Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında başlamış olduğu yüksek lisansını 2016 yılında tamamladı.

İletişim Bilgileri

Adres : Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü YOZGAT
Telefon: 0505 8001382
E-posta: cansu_rgn@hotmail.com