

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

**ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ
ZEMİN-YAPI İLE ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAN DİNCER

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

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



**ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ
ZEMİN-YAPI İLE ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAN DİNCER

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

CAN DİNCER tarafından hazırlanan "ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ZEMİN YAPI İLE ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.08.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç.Dr. Fatih CETİŞLİ
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Dr.Öğr.Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Dr.Öğr.Üyesi Ebru HARMANDAR
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
21/08/2019 tarih ve 33/22.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

CAN DİNCER



ÖZET

ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ ZEMİN YAPI İLE ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAN DİNCER

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ.DR. FATİH CETİŞLİ)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

Günümüzde, yapıların analizlerinde ve tasarımlarında genellikle ankastre mesnet kabulü yapılmaktadır. Ancak bu durumda, zemin deformasyonları ve temel dönmeleri ihmal edilmektedir. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışma ile öngörülen zemin özelliklerinin farklı karakteristiklere sahip olan çelik yapı sistemlerinin sismik yükleme altındaki davranışına etkisinin numerik analizler ile sunmaktır. Bu kapsamda 3, 5 ve 8 katlı olarak modellenen çelik çerçeve sistem yapıların zemin yapı etkileşimli ve ankastre mesnet koşulları arasında ortaya çıkan davranış farklılıkları sunulmaya çalışılmıştır. 2016 Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları ile Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar (TBDY 2018) yönetmelikleri kapsamında tasarımları gerçekleştirilmiş olan modeller yine bu yönetmelikler kapsamında değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. İncelenmiş olan çelik çerçeve taşıyıcı sistem modelleri doğrusal elastik olmayan analizlerle ve zaman tanım alanında doğrudan integrasyon yöntemi kullanmak sureti ile 14 farklı ivme kaydı altında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde zemin yapı etkileşimli modellerin ankastre mesnetli modellere göre değişken bir hal aldığı gözlenmektedir. Bazı ivme kayıtlarında binaya etkiyen talepler artarken bazılarında ise bu talep değerleri azalmaktadır ve 1. doğal titreşim modunun yanı sıra 2. hatta 3. modun etkili olduğu durumlar gözlemlenmiştir. Taleplerdeki değişimler farklılık göstermekle birlikte yapının 1. doğal titreşim periyodu arttıkça yapının zemin ile etkileşiminin daha olası olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Ankastre mesnet kabulü, zemin yapı etkileşimi, aks sistem kesiti, doğrusal elastik olmayan analiz, zaman tanım alanında analiz

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF SEISMIC BEHAVIOR OF MULTI-STOREY STEEL STRUCTURES WITH SOIL STRUCTURE INTERACTION

MSC THESIS

CAN DİNCER

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:ASSOC.PROF. FATİH CETİŞLİ, PH.D.)

DENİZLİ, AUGUST 2019

In general, the analyzes and designs of the structures has been conducted by assuming fixed base foundation conditions. With this assumption, the deformations and rotations at foundation are neglected. The goal of the presented study is to highlight the variations in the overall behavior (seismic demands) of steel structures with regarding the soil-structure interaction. The steel moment resisting frame structures that were having 3, 5 and 8 storeyes are taken into the consideration. All these stuctures were designed with regarding the 2016 Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures and Basis for the Design of Buildings under Earthquake (TBDY 2018) regulations. In order to investigate the contribution of soil-structure interaction, 2D planar moment resisting frames from the regarded structures were studied. Nonlinear time history analyses were conducted by using 14 different earthquake acceleration records. The analyses showed that considering the soil-structure interaction may have positive, negative or both effects on nonlinear behavior of the steel structures. In some acceleration records, the demands on the building increase, while in some these demands may decrease. Although the varition in the demands of the structures variable, it can be said that as the 1.st mode natural vibration period of the structure increase, the possibility of negative effects due to soil interaction increase.

KEYWORDS: The fixed base assumption, soil-structure interaction, non-linear time history analysis,

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Literatür Özeti	3
2. MODELLERİN BOYUTLANDIRILMASI	5
2.1 Yükler ve Yük Birleşimleri	6
2.2 Düşey Deprem Etkisi.....	7
2.3 YDKT Yaklaşımıyla Tasarım.....	7
2.4 Doğrusal Elastik Analizleri Yapılan Modellerde Seçilen Kesitler.....	8
2.4.1 8 Katlı Modeldeki Kesitler	8
2.4.2 5 Katlı Modeldeki Kesitler	11
2.4.3 3 Katlı Modeldeki Kesitler	14
3. AKS SİSTEM KESİTLERİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ANKASTRE ve ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMLİ ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	17
3.1 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme	18
3.2 Zemin-Yapı Ortak Modeli.....	19
4. ANALİZ SONUÇLARI	20
4.1 Çatı Deplasman Taleplerinin Karşılaştırılması	21
4.1.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	22
4.1.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	22
4.1.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	23
4.1.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	24
4.1.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	25
4.1.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	26
4.1.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	27
4.1.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	28
4.1.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	29
4.2 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması.....	30
4.2.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	30
4.2.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	31
4.2.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	32
4.2.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	33
4.2.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	34
4.2.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	35
4.2.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	36
4.2.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti.....	37
4.2.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti.....	38
4.3 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	39

4.3.1	8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	39
4.3.2	8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	40
4.3.3	8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	41
4.3.4	5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	42
4.3.5	5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	43
4.3.6	5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	44
4.3.7	3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	45
4.3.8	3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	46
4.3.9	3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	47
4.4	Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması	50
4.4.1	8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	51
4.4.2	8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	55
4.4.3	8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	59
4.4.4	5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	63
4.4.5	5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	67
4.4.6	5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	71
4.4.7	3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	75
4.4.8	3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	79
4.4.9	3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	83
4.5	Sonuçların Genel Değerlendirmesi	86
5.	SONUÇ	97
5.1	Elde Edilen Bulgular	97
5.2	Gelecek Çalışmalar için Öneriler	99
6.	KAYNAKLAR	100
7.	ÖZGEÇMİŞ	101
8.	EK-TALEP DEĞİŞİMLERİ KARŞILAŞTIRMALARI	102
EK.1	Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması	102
EK1.1.1	- 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	103
EK1.1.2	- 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	106
EK1.1.3	- 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	109
EK1.2.1	- 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	112
EK1.2.2	- 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	115
EK1.2.3	- 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	118
EK1.3.1	- 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	121
EK1.3.2	- 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	124
EK1.3.3	- 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	127
EK.2	GKÖO Karşılaştırılması	130
EK2.1.1	- 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	131
EK2.1.2	- 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	134
EK2.1.3	- 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	137
EK2.2.1	- 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	140
EK2.2.2	- 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	143
EK2.2.3	- 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	146
EK2.3.1	- 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	149
EK2.3.2	- 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	152
EK2.3.3	- 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	155
EK.3	Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	158
EK3.1.1	- 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	159
EK3.1.2	- 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	162
EK3.1.3	- 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	165

EK3.2.1 - 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	168
EK3.2.2 - 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	171
EK3.2.3 - 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	174
EK3.3.1 - 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti	177
EK3.3.2 - 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti	180
EK3.3.3 - 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti	183



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 8 Katlı Model Normal Kat Kalıp Planı.....	8
Şekil 2.2: 8 Katlı Model Sistem Kesitler.	9
Şekil 2.3: 8 Katlı Model 3D Görünüm.....	10
Şekil 2.4: 5 Katlı Model Normal Kat Kalıp Planı.....	11
Şekil 2.5: 5 Katlı Model Sistem Kesitler.	12
Şekil 2.6: 5 Katlı Model 3D Görünüm.....	13
Şekil 2.7: 3 Katlı Model Normal Kat Kalıp Planı.....	14
Şekil 2.8: 3 Katlı Model Sistem Kesitler	15
Şekil 2.9: 3 Katlı Model 3D Görünüm.....	16
Şekil 3.1: Katmanlar.....	17
Şekil 3.2: Moment-Eğrilik İlişkisi.....	18
Şekil 3.3: Temsili 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti ZYE’li Modeli	19
Şekil 4.1: %5 Sönüm Oranı için Elde Edilen Spektral İvme Grafikleri.....	21
Şekil 4.2: 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.	22
Şekil 4.3: 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması	23
Şekil 4.4: 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması	24
Şekil 4.5: 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.	25
Şekil 4.6: 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.	26
Şekil 4.7: 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması	27
Şekil 4.8: 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması	28
Şekil 4.9: 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.	29
Şekil 4.10: 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.	30
Şekil 4.11: 8K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması	31
Şekil 4.12: 8K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması.....	32
Şekil 4.13: 8K_C-C GKÖÖ Karşılaştırılması.....	33
Şekil 4.14: 5K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması.	34
Şekil 4.15: 5K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması.....	35
Şekil 4.16: 5K_C-C GKÖÖ Karşılaştırılması.....	36
Şekil 4.17: 3K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması.	37
Şekil 4.18: 3K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.19: 3K_C-C GKÖÖ Karşılaştırılması.....	39
Şekil 4.20: 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	40
Şekil 4.21: 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.	41
Şekil 4.22: 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.	42
Şekil 4.23: 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.24: 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	44
Şekil 4.25: 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.	45
Şekil 4.26: 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	46
Şekil 4.27: 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	47
Şekil 4.28: 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	48
Şekil 4.29: 8K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	51
Şekil 4.30: 8K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	55
Şekil 4.31: 8K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.32: 5K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	63
Şekil 4.33: 5K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	67

Şekil 4.34: 5K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	71
Şekil 4.35: 3K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	75
Şekil 4.36: 3K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	79
Şekil 4.37: 3K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	83
Şekil 4.38: Maksimum Çatı Deplasmanı Talebinde Artım Olasılığı.....	87
Şekil 4.39: Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Oranında Artım Olasılığı.....	87
Şekil 4.40: Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebinde Artım Olasılığı.....	88
Şekil 4.41: MÇDT’de Artım Olasılığı - Set1.....	89
Şekil 4.42: MÇDT’de Artım Olasılığı - Set2.....	89
Şekil 4.43: MÇDT’de Değişim Oranları.....	90
Şekil 4.44: MGKÖO’da Artım Olasılığı – Set 1.....	91
Şekil 4.45: MGKÖO’da Artım Olasılığı – Set 2.....	91
Şekil 4.46: MGKÖO’da Değişim Oranları.....	92
Şekil 4.47: MTKKT’de Artım Olasılığı – Set 1.....	93
Şekil 4.48: MTKKT’de Artım Olasılığı – Set 2.....	93
Şekil 4.49: MTKKT’de Değişim Oranları.....	94
Şekil 4.50: Taleplerde Gözlemlenen Artım Olasılıkları.....	95
Şekil 4.51: En Az Bir Talep İçin Artım Görülme Olasılığı.....	95
Şekil 4.52: MGKÖO’nun Farklı Katlarda Gözlemlenmesi Olasılığı.....	96
Şekil 4.53: Kat Kesme Kuvvetlerinde Etkin Olan Modal Dağılımın Farklılaşması Olasılığı.....	96
Şekil 8.1: 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	103
Şekil 8.2: 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	106
Şekil 8.3: 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	109
Şekil 8.4: 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	112
Şekil 8.5: 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	115
Şekil 8.6: 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	118
Şekil 8.7: 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	121
Şekil 8.8: 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	124
Şekil 8.9: 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	127
Şekil 8.10: 8K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması.....	131
Şekil 8.11: 8K_B-B GKÖO Karşılaştırılması.....	134
Şekil 8.12: 8K_C-C GKÖO Karşılaştırılması.....	137
Şekil 8.13: 5K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması.....	140
Şekil 8.14: 5K_B-B GKÖO Karşılaştırılması.....	143
Şekil 8.15: 5K_C-C GKÖO Karşılaştırılması.....	146
Şekil 8.16: 3K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması.....	149
Şekil 8.17: 3K_B-B GKÖO Karşılaştırılması.....	152
Şekil 8.18: 3K_C-C GKÖO Karşılaştırılması.....	155
Şekil 8.19: 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	159
Şekil 8.20: 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	162
Şekil 8.21: 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	165
Şekil 8.22: 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	168
Şekil 8.23: 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	171
Şekil 8.24: 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	174
Şekil 8.25: 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	177
Şekil 8.26: 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	180
Şekil 8.27: 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	183

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: 8 Katlı Modelde Seçilen Kesitler.....	9
Tablo 2.2: 5 Katlı Modelde Seçilen Kesitler.....	12
Tablo 2.3: 3 Katlı Modelde Seçilen Kesitler.....	15
Tablo 3.1: Zemin Katman Özellikleri	18
Tablo 4.1: İvme Kayıtları.....	20
Tablo 4.2: Maksimum Sonuçlar	49



SEMBOL LİSTESİ

B	:	Akma Sınırı
IO	:	Immediate Occupancy (Hemen Kullanım)
LS	:	Life Safety (Can Güvenliği)
GKÖO	:	Görelî Kat Ötelenme Oranı
ZYE	:	Zemin Yapı Etkileşimi
YDKT	:	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım
ZTA	:	Zaman Tanım Alanı
[M]	:	Kütle Matrisi
[C]	:	Sönüm Matrisi
[K]	:	Rijitlik Matrisi



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca öğrenimimde tecrübelerinden ve bilgi birikiminden yararlandığım tez danışmanım Doç.Dr. Fatih Cetişli'ye teşekkürlerimi sunmaktan büyük mutluluk duyarım.

Çalışma süresince elde ettiğim verilerin değerlendirilmesi açısından yoğun emek harcayan, aynı zamanda destek ve yardımlarını esirgemediği için Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık Çaycı'ya teşekkür ederim.

Hayatımın her anında beni maddi ve manevi destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin analiz ve boyutlandırma sürecinde çubuk elemanlar ile modelleme en önemli ve yaygın araçlardan biridir. Sonlu elemanlar yöntemi esaslı ile yapılan bu modellemelerde sınır koşulları için bir mühendislik önsezisi ile kabuller yapılarak temele bağlantı durumu belirlenmektedir. Ancak yapılan kabuller ile mevcut temelin rijit bir zemin ortamı içinde rijit bir yapı olduğu en yaygın kabullerin başında gelmektedir. Ancak günümüze ulaşan çalışmalar ile zeminin rijit bir ortam ile modellenmemesi durumunda yapının sismik yükleme altındaki davranışının farklılıklar gösterebileceği sunulmuştur.

Literatürde yer alan çalışmalar ile yapı-zemin etkileşimlerinin yalnızca zemine gömülü yapılar için değil zemin üstünde yer alan bina, kule, rüzgar türbinleri gibi yapılar içinde olumlu, olumsuz veya her iki şekilde etkilerinin olduğu farklı model örnekleri ile gösterilmiştir. Ancak, deprem veya rüzgar yüklerine maruz kalan yapıların zemin karakteristikleri nedeniyle oturma, yapısal dönme gibi durumları ekseriyetle ağır yapılar ya da birinci doğal titreşim periyodu yüksek olan ve ekseriyetler tek serbestlik dereceli sistem olarak tasarlanabilen yapılar için yaygın bir şekilde dikkate alındığı gözlemlenmiştir.

Yapı sistemlerinin tasarımı sürecince genellikle ankastre mesnet kabulü yapılması analiz sürecini kısaltması sebebiyle kabul gören yaygın öngörüdür. Ancak bu durumda temeller üst yapı ile birlikte etkileşimli çözülmemekte ve temel çökmelerinde oluşan uç kuvvetler üst yapıda dikkate alınamamaktadır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Çelik çerçeve sistemlerin tasarımı ve hesabı için tanımlanmış olan asgari kriterler ile değerlendirme yöntemleri 2016 yılında yürürlüğe giren Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları yönetmeliği ile revize edilmiş bulunmaktadır. Literatürde yer alan tez çalışmaları ile bu yönetmeliğin esas aldığı yük ve dayanım katsayıları yöntemi ile tasarımın daha önce yürürlükte olan TS648 yönetmeliğine

göre daha narin yapı elemanları kullanılması suretiyle daha hafif yapıların tasarlanacağı gösterilmiş bulunmaktadır. Yine yapı sistemlerin tasarımında uyulması zorunlu olan deprem yönetmeliği 2018 yılında güncellenmiş bulunmaktadır.

Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım odaklı olarak 2016'da yürürlüğe girmiş olan Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esasları yönetmeliğinin yapı elemanlarının plastik kapasitesine odaklanması ile daha narin kesitlerin kullanımının mümkün olması ile aynı yönetmelik ile ikinci mertebe etkilerinin dikkate alınması gerekliliği zorunlu hale gelmiş bulunmaktadır. Bu bağlamda çelik yapıların tasarımında anahtar olan bu iki yeni yönetmelik esaslarına göre tasarlanmış bina türü yapıların zemin yapı etkileşimli modeller ile tanımlanmış sınır koşulları dikkate alınması durumunda sismik yükleme altındaki davranış farklılıklarının incelenmesi gerekliliği bu tezin amacı olarak belirlenmiştir.

Bu kapsamda öncelikle 3, 5 ve 8 katlı 3 boyutlu yapısal modellerin temelde ankastre mesnet kabulü yaparak, 2016 Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarındaki YDKT'ye göre tasarım esaslarının incelenmesinden sonra, yapısal modellerin güncel deprem yönetmeliği TBDY 2018'e göre iç kuvvetleri bulunup SAP 2000 programı kullanılarak AISC 360-10 yönetmeliğine göre yapısal elemanların boyutlandırması gerçekleştirilmiştir.

İkinci aşamada boyutlandırılması yapılan 3 boyutlu modellerden x yönünde 1 ve y yönünde 2 adet aks sistem kesiti ele alınarak oluşturulan 2 boyutlu modellerin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan ankastre mesnetli ve zemin-yapı ortak sistemli olarak karşılaştırması numerik modeller üzerinden incelenmiştir. Bu süreçte toplam 14 adet ivme kaydı kullanılmıştır.

Zemin-yapı ortak sistemli numerik modellerde zemin özelliklerinin yapı davranışları üzerindeki etkilerinin araştırılabilmesi için beş farklı katmana sahip tek bir zemin profili değerlendirilmiştir.

1.2 Literatür Özeti

2002 yılında Chopra ve Goel tarafından yapılan çalışmada yapıların deprem davranışını modal artımsal itme analizi formülasyonlarıyla belirlemektedirler. Ayrıca 9 katlı bir yapının analizi yapılarak plastikleşme noktaları belirlenmiştir. (Chopra ve Goel 2002)

2009 yılında Bora Eyce tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, zemin-yapı etkileşimi analizlerinin sismik etkilere karşı daha hassas ve ekonomik yapı tasarımı yapılması için çok faydalı olduğu sonucuna varmıştır. Yapısal ve zemin rijitlik değerleri yapının sismik davranışını etkileyen başlıca parametrelerdir. Yapısal rijitlik arttıkça, yapı değişen zemin özelliklerine karşı daha hassas bir hale gelmektedir. Diğer taraftan azalan zemin rijitliği de yapının sismik etkilere olan hassasiyetini ayrıca arttırmaktadır. Hesaplanan toplam taban kesmesi ve içsel kuvvet değerleri atalet etkileşimi analizlerinin yapı için hasar verici nitelikte olabileceğini ortaya çıkarmıştır. (Eyce 2009)

2012 yılında Kubilay Kaptan ve Semih Tezcan yumuşak zemin tabakalarının, taban kayadaki ivme kaydının maksimum ivme değerini ve bunun yanı sıra ivme spektrumunun hâkim titreşim periyodunu önemli ölçüde büyüttüğünü göstermiştir. Bunun sonucunda, binaların taşıyıcı sistemleri, beklenmedik oranlarda zorlanmalara maruz kalabilmektedir. (Kaptan ve Tezcan 2012)

2015 yılında Mehmet İnel ve Bayram Tanık Çaycı zemin ve yapı arasında gözlenen davranış farklılıkları nedeniyle temel dönmeleri ve zemin deformasyonlarının her durumda talepler üzerinde azaltıcı bir etkisi olmadığını göstermiştir. Bu çalışmada elastik zemin modeli kullanılmıştır. Zemin yüzeyinde oluşacak muhtemel plastik deformasyonlar zemin-yapı etkileşimi problemini daha karmaşık bir hale getirmektedir. Ankastre modelde zemin-yapı etkileşimli modele göre talepler üzerinde arttırıcı bir etkisinin olması sonsuz rijit mesnet kabulüne bağlı olarak dinamik büyütme ve yüksek mod etkilerinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. (İnel ve Çaycı 2015)

2016 yılında Bayram Tanık Çaycı tarafından yapılan doktora çalışmasında, zemine bağlı şekil değiştirmelerin yapıda oluşan sismik taleplere azaltıcı etkisinin

zemin ve yapı dinamik özelliklerinin birbirine yakın olması durumunda arttığı öngörülmektedir. Zemin ve yapı dinamik tepkilerinin farklılık göstermesi durumunda, deplasman eğrileri arasında bir faz farkı oluşabilir. Bu durumda yapı rölatif deplasmanı zemin yer değiştirmelerinden olumsuz etkilenecektir. (Çaycı 2016)

Anil K. Chopra Yapı Dinamiği kitabının 4. Baskı 780. sayfasında görelî kat ötelemesi taleplerinin bir yer hareketinden diğerine farklılık gösterdiğini incelemiştir. Bu durumu, SAC-Los Angeles projesinde seçilen 20 yer hareketi için panel bölgelerinin dayanım ve esneklik özelliklerinin hesaba katıldığı modele göre hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesi oranlarını gözlemlemiştir. 20 kayıt için ortaya çıkan talepler büyük değişkenlik gösterdiğinden, bina tasarımında ya da mevcut bina değerlendirmesinde tek bir yer hareketinin temel alınmasının uygun olmayacağı sonucu çıkmaktadır. (Chopra 2013)

Prof. Dr. Hilmi Deren, Prof. Dr. Erdoğan Uzgider, Doç. Dr. Filiz Piroğlu, Yrd. Doç. Dr. Özden Çağlayan Çelik Yapılar kitabının 4. Baskı 759. sayfasında çelik sünek rijit çerçeve sistemlerin birçok yüksek sismik aktiviteli bölgede yaygın olarak kullanıldığını belirtmektedir. Bunun nedeni, bu çerçeve sistemlerin yüksek süneklik kapasitelerinin olmasıdır. Ancak, çelik çerçeve sistemlerinin deprem etkisi altında gösterdikleri performansa dayalı güven, 1994'te meydana gelen Northridge (Los Angeles, A.B.D.) gibi depremlerden sonra bir miktar zedelenmiştir. Çelik çerçeve sistemleri, her iki depremde de beklenen performansı gösterememiş ve kolon-kiriş birleşimlerinde gevrek kırılmalar oluşmuştur. Yüksek süneklik kapasitelerine rağmen gözlemlenen bu performans düşüklüğü, bu çerçeve sistemlerin davranışları hakkında bildiklerimizin yeterli olmadığı sonucunu doğurmuştur. (Deren ve diğ. 2012)

Steven L. Kramer, Geoteknik Deprem Mühendisliği kitabının 1. Baskı 333. sayfasında zemin-yapı etkileşiminin genelde zemin-yapı doğal frekansının yapının kendi doğal frekansından küçük olmasına neden olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, zemin-yapı sisteminin toplam sönümlemesinin yapının kendi sönümlemesinden büyük olmasına neden olmaktadır. Bu etkilerden dolayı, zemin-yapı etkileşimi yapı üzerindeki talepleri azaltma eğilimindedir. Fakat, tabanın ötelenme veya dönebilmesinden dolayı toplam yer değiştirmeyi de arttırma eğilimindedir. (Kramer 2003)

2. MODELLERİN BOYUTLANDIRILMASI

Yapıda kullanılan çelik sınıfı S355'tir ve tüm modeller simetrik bir plana sahiptir. Yapı sistemi süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerden oluşmaktadır. Bu sebeple, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, yapının hem x hem y yönünde “deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar” olarak seçilmiştir. Yapı tasarımı, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu (Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2) seyrek deprem yer hareketine göre, Yerel Zemin Sınıfı ZD kabulü yapılarak yapı tasarım spektrumu için Denizli ili sınırları içinde bir nokta seçerek tasarım spektrumu karakteristikleri <https://tdth.afad.gov.tr> sitesinden alınmıştır. Yapı konut olarak tasarlandığından Bina Kullanım Sınıfı 3, Bina Önem Katsayısı 1 ve Deprem Tasarım Sınıfı 1 olacak şekilde modelleme gerçekleştirilmiştir. 8 katlı olarak tasarlanan çerçeve sistemli yapıda bina yükseklik aralığı $17.5m < H_N \leq 28m$ olduğu için Bina Yükseklik Sınıfı 5, 5 katlı olarak tasarlanan çerçeve sistemli yapıda bina yükseklik aralığı $10.5m < H_N \leq 17.5m$ olduğu için Bina Yükseklik Sınıfı 6, 3 katlı olarak tasarlanan çerçeve sistemli yapıda bina yükseklik aralığı $7m < H_N \leq 10.5m$ olduğu için Bina Yükseklik Sınıfı 7 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre; yapı tasarım yaklaşımı Dayanıma Göre Tasarım (DGT), yapının normal performans hedefi Kontrollü Hasardır. (KH)

Yapılarda kolon-kiriş birleşim bölgelerinin moment ve kuvvetleri sağlıklı bir şekilde aktarabilmesi için bu birleşimlerin yeterli rijitlikte tasarlanması gerekmektedir. Bu yüzden SAP 2000 modellerinde kolon-kiriş birleşim bölgelerinde (panel zone) tam rijit kabulü yapılmıştır. Yük birleşimleri 2016 Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarındaki (ÇYTHYE) Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım'a (YDKT) göre seçilmiş olup bu kombinasyonlara göre analizler yapılmıştır. Boyutlandırma için AISC 360-10 yönetmeliği kullanılmıştır.

3, 5 ve 8 katlı modellerin 3 boyutlu olarak doğrusal elastik analiz yöntemiyle ve ankastre mesnet kabulüyle SAP 2000 programı kullanılarak analizleri yapılmıştır. Yapıya etkiyen deprem yükleri TBDY 2018 madde 4.7'de belirtilen eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenip, her katta bulunan kolon-kiriş birleşim bölgelerine

rijit diyafram tanımlayıp her bir kolona gelecek deprem yükü hesaplanıp programa yansıtılmıştır. Rüzgar yükleri TS 498 Çizelge-5 tablosuna göre hesaplanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, YDKT'ye göre yük birleşimlerinde rüzgar yükü olan kombinasyonlarda rüzgar yükü katsayılarının artırılmış olmasıdır. Buna göre, yapı tasarımlarında rüzgar yüküne daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Kar yükü modellere TS 498 Çizelge-4 tablosuna göre etkitilmiştir.

2.1 Yükler ve Yük Birleşimleri

Yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıdaki gibidir.

G : Sabit yük

Q : Hareketli yük

Q_r : Çatı hareketli yükü

S : Kar yükü

R : Yağmur yükü

W : Rüzgar yükü

E : Deprem etkisi

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yönteminde gerekli dayanım, R_u , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

- 1.4G
- 1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r veya S veya R)
- 1.2G + 1.6(Q_r veya S veya R) + (Q veya 0.8W)
- 1.2G + Q + 0.5(Q_r veya S veya R) + 1.6W
- 1.2G + Q + 0.2S + E
- 0.9G + 1.6W
- 0.9G + E

2.2 Düşey Deprem Etkisi

Düşey deprem etkisi, TBDY 2018 madde 4.4.3.1’de belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve 4.4.3.1’deki tanımın dışında kalan binalarda, özel hesap yapılmaksızın **Denk.(2.1)** ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad (2.1)$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir. Düşey deprem etkisini içeren yük birleşimi **Denk.(2.2)** ile tanımlanmıştır.

$$1.2G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (2.2)$$

2.3 YDKT Yaklaşımıyla Tasarım

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT), tüm yapısal elemanlar için, tasarım dayanımı, ϕR_n nin bu tasarım yöntemi için öngörülen ve YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım, R_u değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır. ($R_u \leq \phi R_n$)

R_u : YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

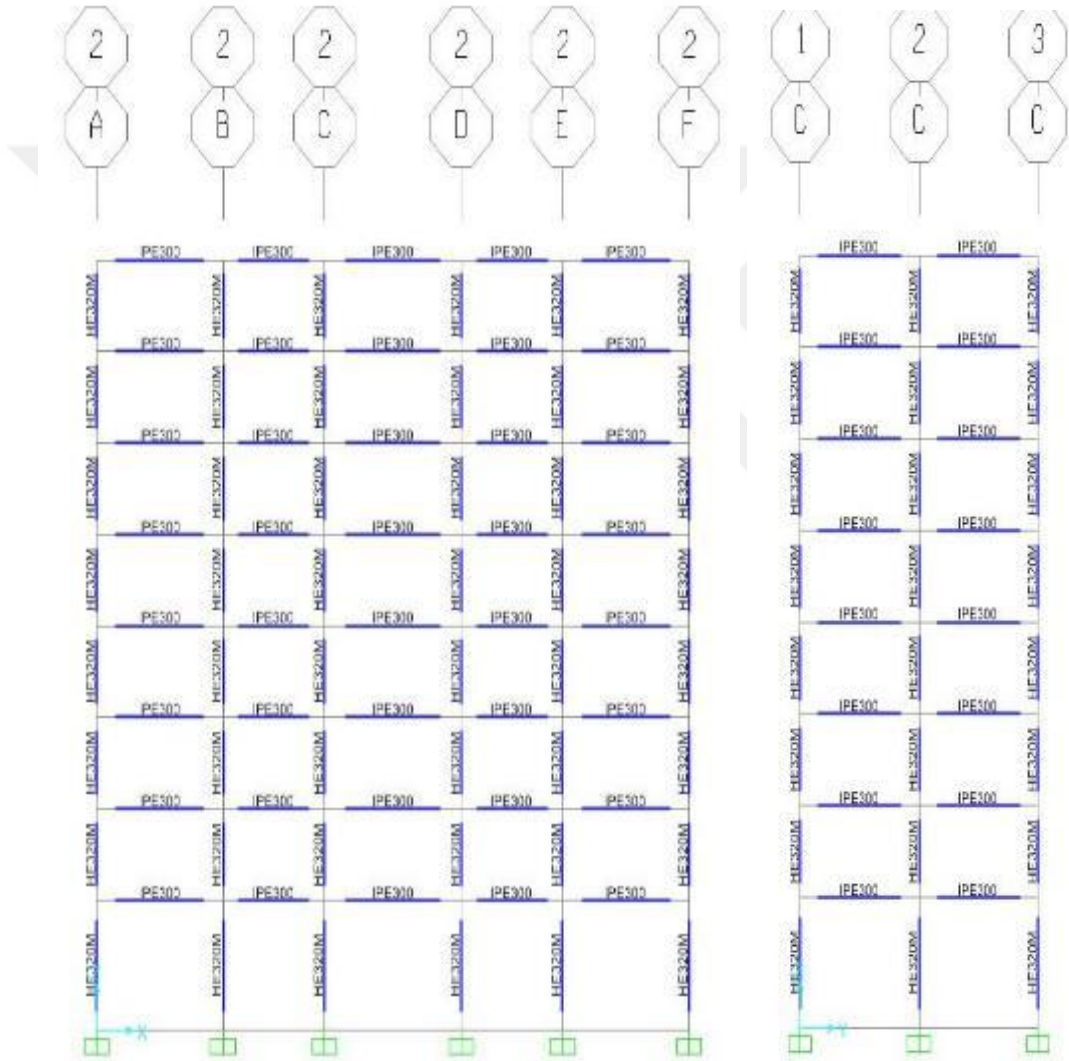
ϕ : Dayanım katsayısı.

ϕR_n : Tasarım dayanımı.

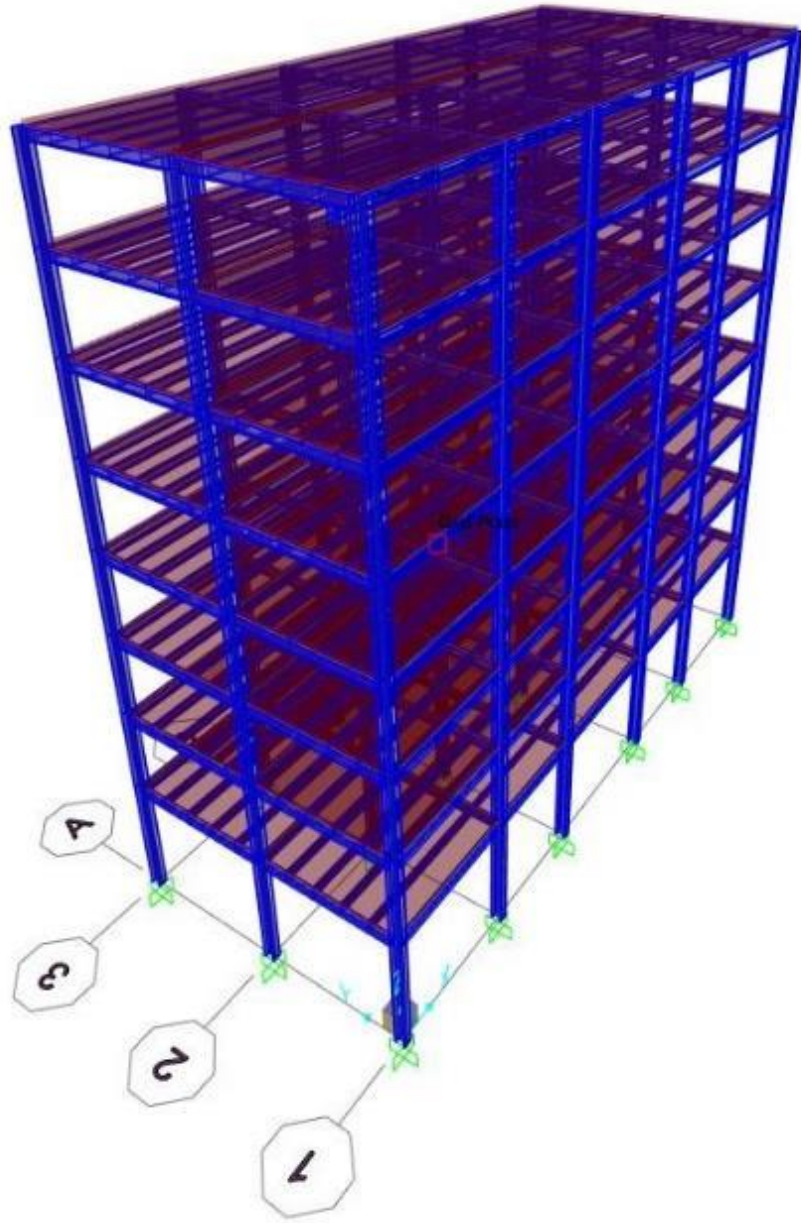
Dayanım katsayısı 2016 ÇYTHY’de $\phi \leq 1$ olacak şekilde farklı durumlara göre değişkendir.

Tablo 2.1: 8 katlı modelde seçilen kesitler

Yapı Elemanı	Kullanılan Kesit
Tali Kiriş	IPE 270 IPE 240 IPE 200
Kiriş	IPE 300
Kolon	HE320M



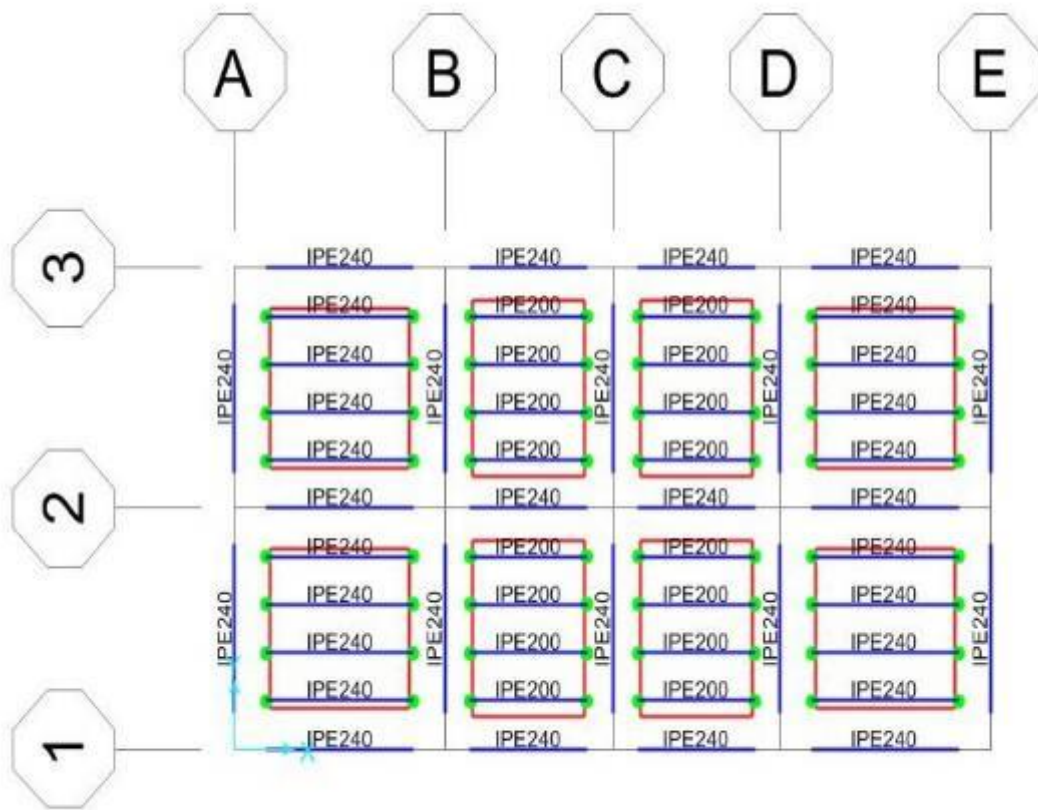
Şekil 2.2: 8 katlı model sistem kesitleri



Şekil 2.3: 8 katlı model 3D görünüm

2.4.2 5 Katlı Modeldeki Kesitler

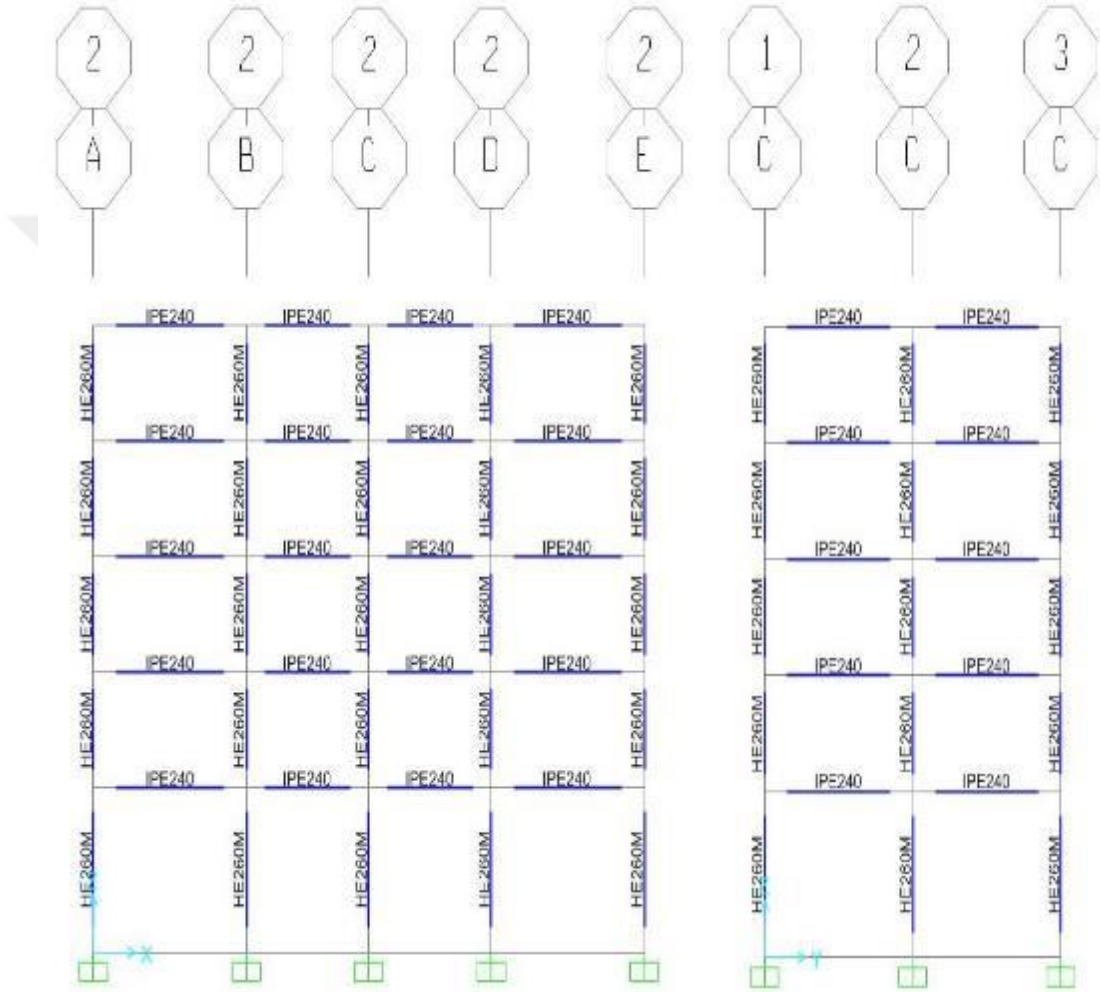
5 katlı model, yapı X yönünde 18 m, Y yönünde 10 m uzunluğa sahiptir. Zemin kat yüksekliği 4 m olup normal kat yükseklikleri 2.8 m'dir. Toplam yapı yüksekliği 15.2 m'dir. Yapı simetrik bir plana sahiptir. X yönünde aks aralıkları kenar açıklıklar 5 ve 4 m'dir.. Y yönünde aks aralıkları 5'er m'dir. Tali akslar arası mesafe 1'er m'dir.



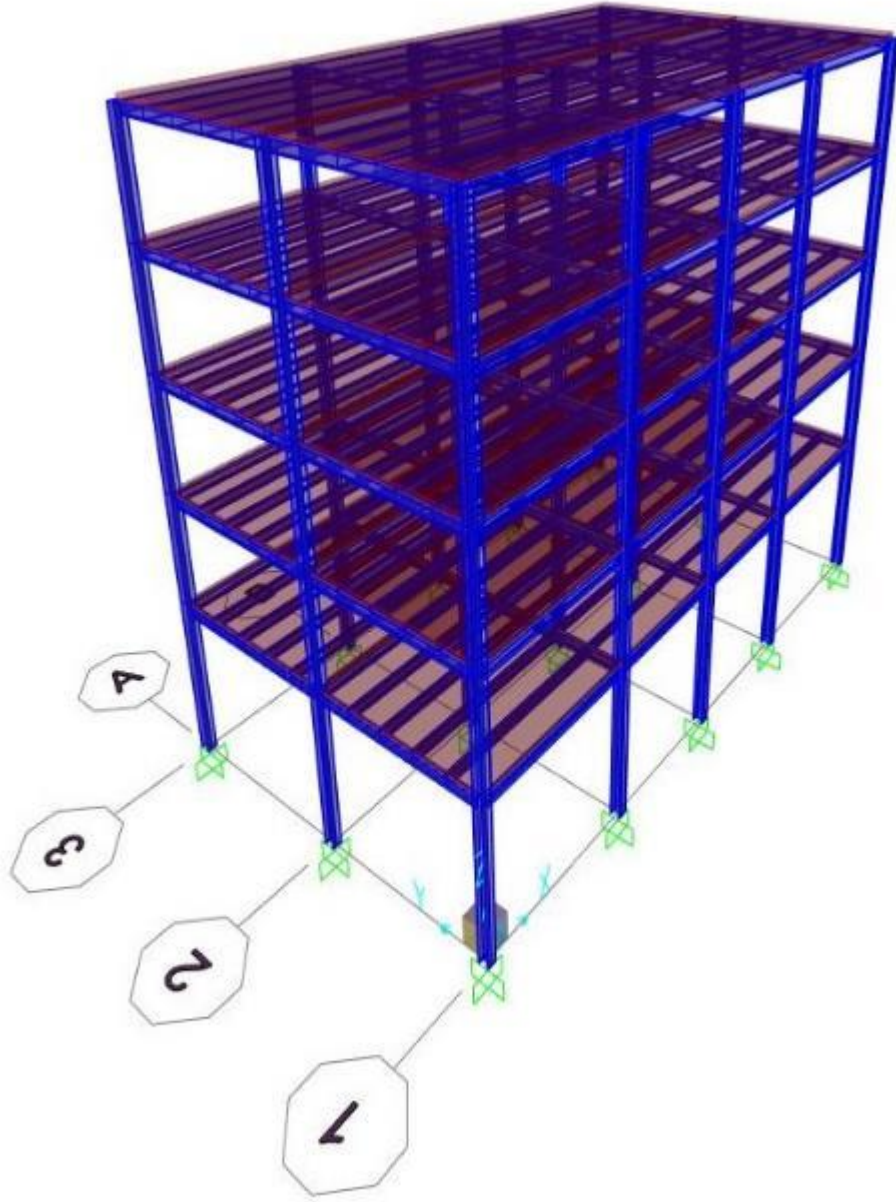
Şekil 2.4: 5 katlı model normal kat kalıp planı

Tablo 2.2: 5 katlı modelde seçilen kesitler

Yapı Elemanı	Kullanılan Kesit
Tali Kiriş	IPE 240 IPE 200
Kiriş	IPE 240
Kolon	HE 260M



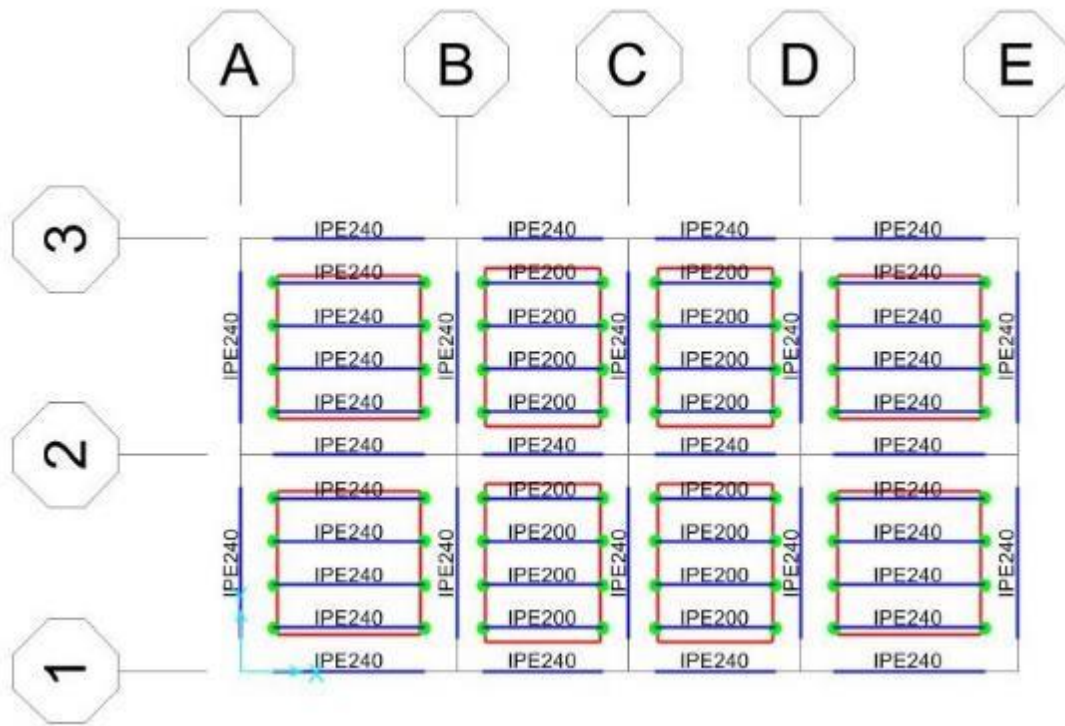
Şekil 2.5: 5 katlı model sistem kesitleri



Şekil 2.6: 5 katlı model 3D görünüm

2.4.3 3 Katlı Modeldeki Kesitler

3 katlı model, yapı X yönünde 18 m, Y yönünde 10 m uzunluğa sahiptir. Zemin kat yüksekliği 4 m olup normal kat yükseklikleri 2.8 m'dir. Toplam yapı yüksekliği 9.6 m'dir. Yapı simetrik bir plana sahiptir. X yönünde aks aralıkları kenar açıklıklar 5 ve 4 m'dir. Y yönünde aks aralıkları 5'er m'dir. Tali akslar arası mesafe 1'er m'dir.



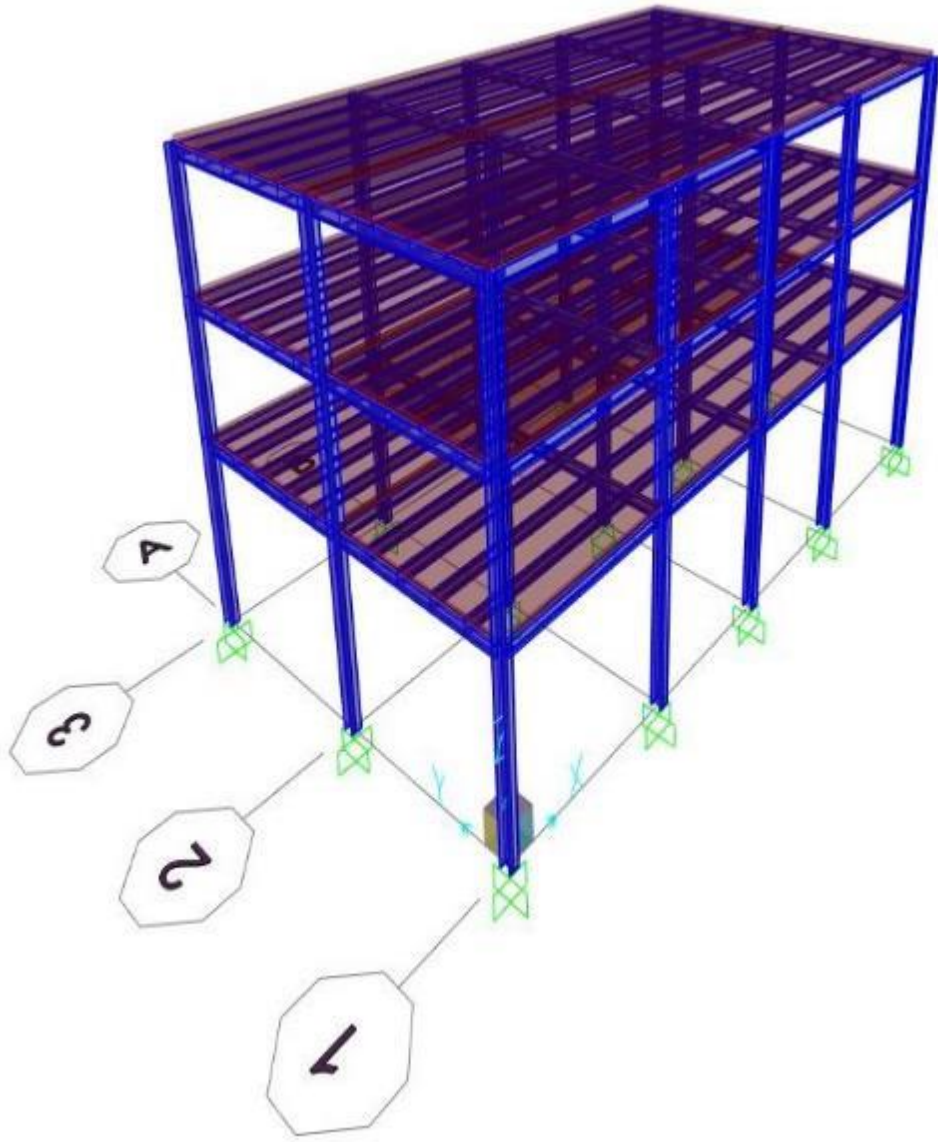
Şekil 2.7: 3 katlı model normal kat kalıp planı

Tablo 2.3: 3 katlı modelde seçilen kesitler

Yapı Elemanı	Kullanılan Kesit
Tali Kiriş	IPE 240
Kiriş	IPE 240
Kolon	HE 260M



Şekil 2.8: 3 katlı model sistem kesitleri

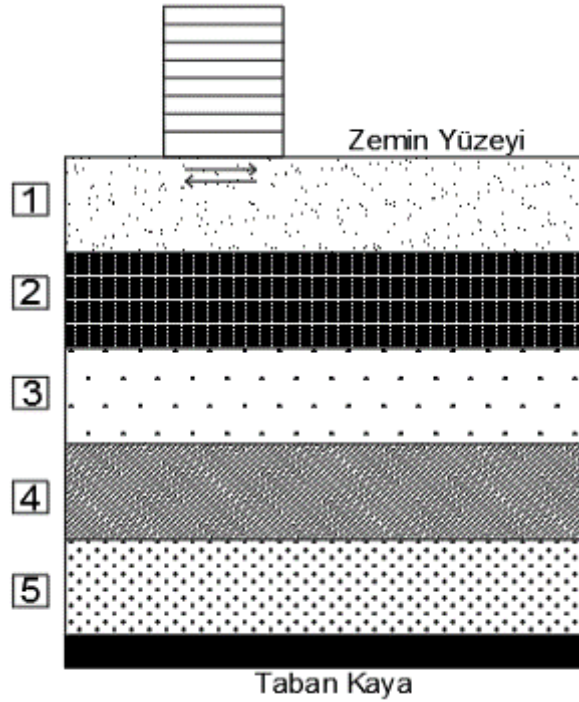


Şekil 2.9: 3 katlı model 3D görünüm

3. AKS SİSTEM KESİTLERİNİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ANKASTRE ve ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMLİ ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

3 boyutlu modeller üzerinden seçilen kritik kesitlerle karşılaştırma yapılmıştır. 2 boyutlu kesitlere gerekli yükler (duvar yükü, döşeme yükü, kaplama yükü, hareketli yük ...) aktarılmış olup elde edilen modeller ile ankastre mesnet kabullü ve zemin-yapı etkileşimli modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analizler zaman tanım alanında (ZTA) ve doğrusal elastik olmayan analizlerdir. Tüm modellerde 14 farklı ivme kaydı kullanılmıştır. Doğrudan integrasyon ve Newmark metodu kullanılmıştır. Yapılarda sönüm oranı %3 seçilmiştir. Analizlerde ikinci mertebe ($P-\Delta$) etkileri dahil edilmiştir.

Zemin özellikleri katı ortamda (solid) 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Analizi 2 boyutta yapılmış olup zemin profili 5 farklı tabakadan oluşmaktadır.



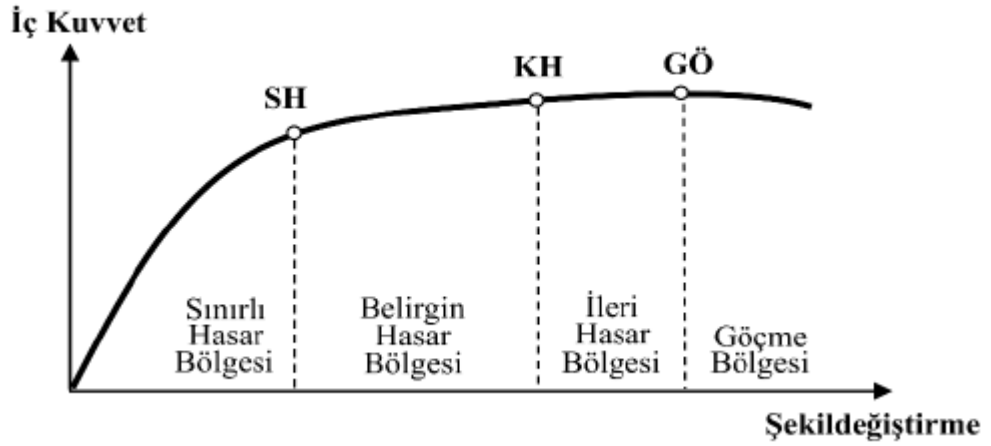
Şekil 3.1: Katmanlar

Tablo 3.1: Zemin Katman Özellikleri

Tabaka No	Zemin Sınıfı (TBDY 2018)	Yoğunluk (kN/m ³)	Poisson Oranı	Malzeme Sönümü
1	ZD	15	0.4	5%
2	ZD	15.66	0.4	5%
3	ZC	16.5	0.35	5%
4	ZC	18	0.3	5%
5	ZB	20	0.25	5%

3.1 Doğrusal Elastik Olmayan Modelleme

Bu çalışmada, SAP 2000 yazılımı kullanılarak üst yapıya doğrusal elastik olmayan davranış özellikleri kolon-kiriş eleman uçlarına plastik mafsallar otomatik olarak yansıtılmıştır. Kirişlerde M3 mafsalı, kolonlarda P-M2-M3 mafsalı bulunmaktadır. Plastik mafsallarda şekil değiştirme-dayanım özellikleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2: Moment-Eğrilik ilişkisi

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH), ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. TBDY 2018 yönetmeliği gereği bu tezde Kontrollü Hasar üzerinde durulacaktır. KH, kesit dayanımının güvenli

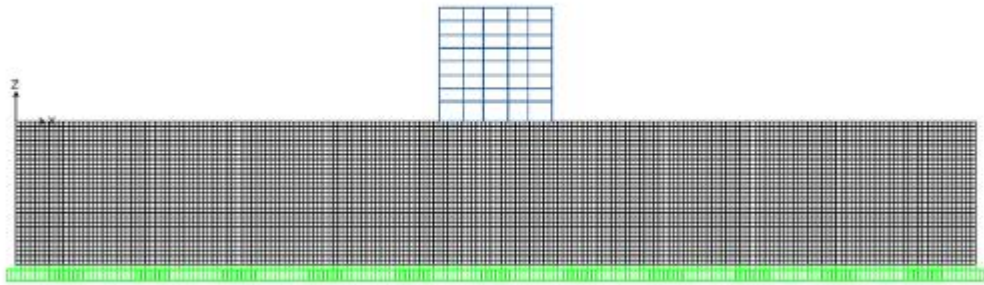
olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Aynı zamanda, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşılık gelmektedir.

3.2 Zemin-Yapı Ortak Modeli

Zemin-yapı ortak modelleri SAP 2000 programı ile oluşturulmuştur. Bu analizler zemin kütleli olarak solid ortamda alan elemanlar kullanarak modellenmiştir. Zemin boyutları X yönünde 200 m, Y yönünde 2 m ve Z yönünde 30 m derinliğindedir. Zemin kütlesi 5 farklı tabakadan oluştuğu için her bir tabakanın derinliği 6 m'dir.

İvme kayıtları yalnızca üst yapıya etkimıştır (Wilson, 2002). Böylece denklem 3.1'de tanımlanan denge denkleminde zemin kütlesi dikkate alınmamıştır. Ancak temel yüzeyinde meydana gelen deformasyon ve ötelenmelerin hesabında zeminin ataleti dikkate alınmıştır.

$$[M]\{u''\} + [C]\{u'\} + [K]\{u\} = -[M]\{u''_g\} \quad (3.1)$$



Şekil 3.3: Temsili 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti ZYE'li Modeli

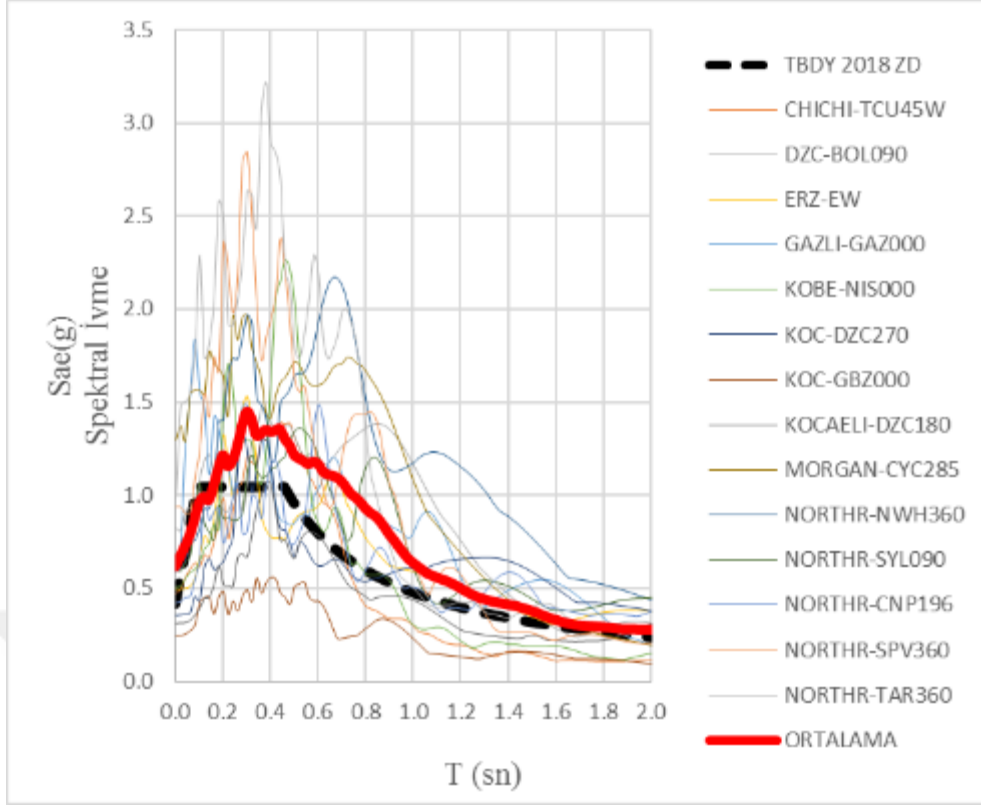
4. ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada, ankastre modeller ve zemin-yapı ortak modelleri, 14 farklı ivme kaydı ile toplam 252 adet ZTA’da dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, x yönünde 2-2 aks sistem kesiti, y yönünde B-B ve C-C aks sistem kesitleri ele alınmıştır. Tez kapsamında, 7’şer depremden oluşan 2 set kullanılmıştır. Setlerden biri B-C-D zemin sınıfı ivme kayıtlarını temsil ederken, diğer set, ileri atımlı deprem ivme kayıtlarını temsil etmektedir.

Tablo 4.1: İvme Kayıtları

SETLER	NO	İVME KAYDI
SET 1 (B-C-D)	1	CHICHI-TCU45W
	2	GAZLI-GAZ000
	3	KOBE-NIS000
	4	KOCAELI-DZC180
	5	NORTHR-CNP196
	6	NORTHR-SPV360
	7	NORTHR-TAR360
SET 2 (FD)	8	DZC-BOL090
	9	ERZ-EW
	10	KOC-DZC270
	11	KOC-GBZ000
	12	MORGAN-CYC285
	13	NORTHR-NWH360
	14	NORTHR-SYL090

İvme kayıtlarına ait spektral ivme grafikleri ve ortalamaları, TBDY 2018’de 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme ve konuma göre ZD zemin sınıfı için tanımlanan talep spektrumu şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: %5 sönüm oranı için elde edilen spektral ivme grafikleri

Grafikten incelendiğinde, deprem ivme kayıtlarının ortalama değerleri TBDY 2018'e göre yerel zemin sınıfı ZD talep değerlerini aşmaktadır.

Analiz sonuçları kapsamında maksimum çatı deplasman talepleri, maksimum göreceli kat öteleme oranları, maksimum kat kesme kuvvetleri ve hasar dağılımları başlıkları altında karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmalarda her bir yapı için adı anılan talep değerlerinde en büyük artışın gözlemlendiği durum sunulmuş olup tüm yapılara ait talep karşılaştırmaları Ek'te verilmiştir.

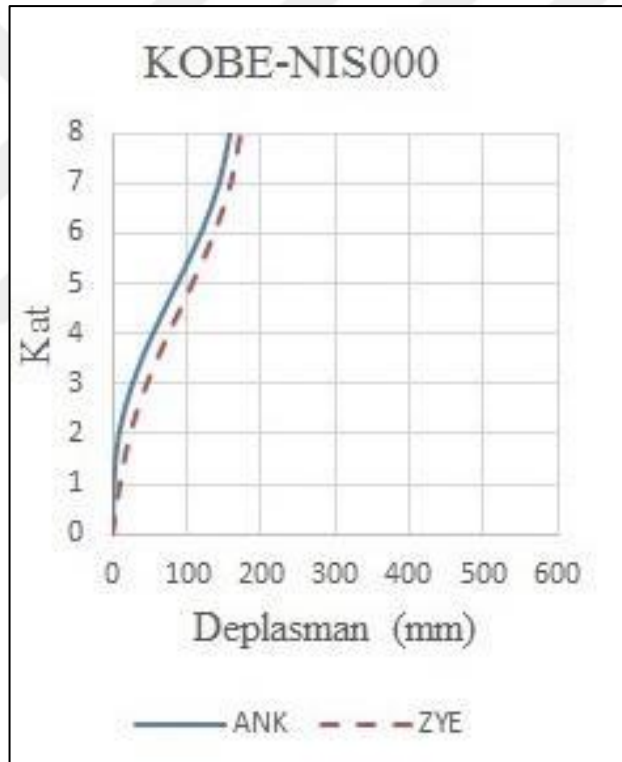
4.1 Çatı Deplasman Taleplerinin Karşılaştırılması

Zemin-yapı ortak modellerinde elde edilen çatı yer değiştirme değerlerinde temel ötelenmesi ve temel dönmesinin bir miktar etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla, tez kapsamında, ankastre mesnetli modeller ve ZYE'li modellerde çatı deplasman talepleri karşılaştırılırken zemin ötelenme ve temel dönme değerleri dahil

edilmemiştir. Çatı yer değiştirmesinin maksimum olduğu andaki değerler alınmıştır. Deplasman değerleri mm cinsindendir.

4.1.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

En yüksek çatı deplasman talebi NORTHR-SYL090 ivme kaydı altında, ankastre modelde 54.3 cm, ZYE'li modelde 54.5 cm'dir. Zeminin yapı etkileşiminin çatı deplasman talebini azalttığı ivme kayıtları GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTHR-NWH360, NORTHR-SPV360 ve NORTHR-TAR360'dır. En olumsuz değişim (oransal olarak % 7.4) KOBE-NIS000 deprem kaydında gözlemlenmiştir.

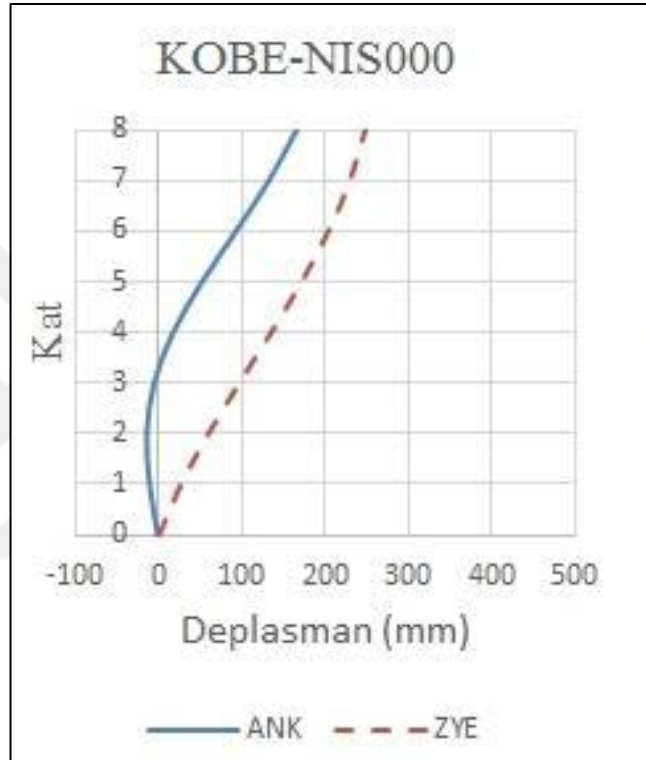


Şekil 4.2 : 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

Sonuçlar değerlendirildiğinde, en yüksek çatı deplasman talebi için 2 deprem kaydı göze çarpmaktadır. NORTHR-SYL090 ivme kaydı altında, ankastre modelde 35.9 cm, ZYE'li modelde 48.9 cm'dir. NORTHR-NWH360 ivme kaydı altında,

ankastre modelde 46.1 cm, ZYE'li modelde 37.1 cm'dir. DZC-BOL090, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTHR-NWH360 ivme kayıtlarında zemin yapı etkileşimi çatı deplasman talebini azalttıkları gözlemlenmiştir. Bununla birlikte CHICHI-TCU45W deprem kaydında ZYE'li modelde mod şeklinin değiştiği gözlemlenmektedir. KOBE-NIS000 deprem kaydında oransal olarak % 50.5'lik olumsuz değişim ile ön plana çıkmış olduğu gözlemlenmiştir.

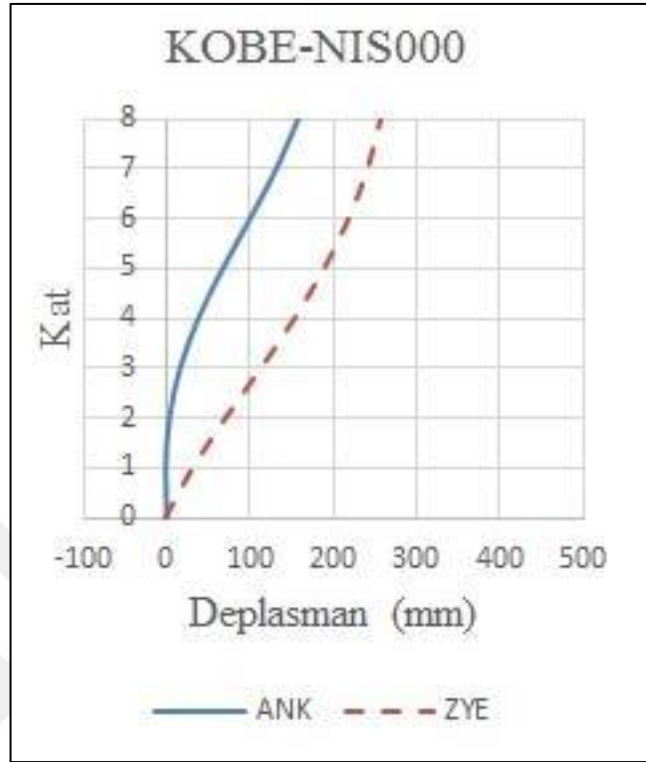


Şekil 4.3 : 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

NORTHR-SYL090 ivme kaydı ankastre modelde 43.6 cm, ZYE'li modelde 46.4 cm, NORTHR-NWH360 ivme kaydı ankastre modelde 44.7 cm, ZYE'li modelde 33.6 cm'lik maksimum çatı deplasman talepleri ile ön plana çıkmışlardır. Ancak KOBE-NIS000 deprem kaydı % 61.1'lik oransal olarak değişim ile farklılık göstermiştir. Zemin yapı etkileşimi nedeniyle CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTHR-

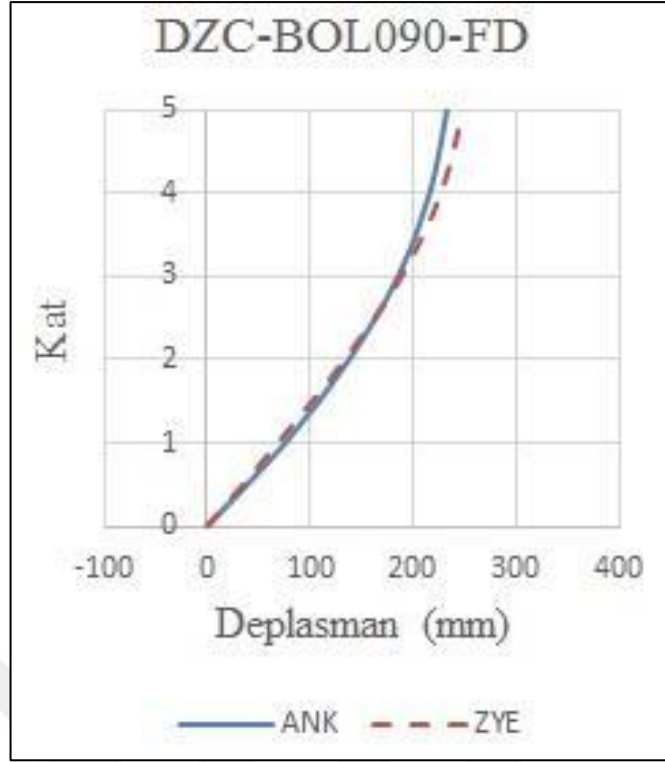
NWH360 ivme kayıtları çatı deplasman talebini azalttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte bazı deprem kayıtlarında yapı mod şekillerinin değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.4 : 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

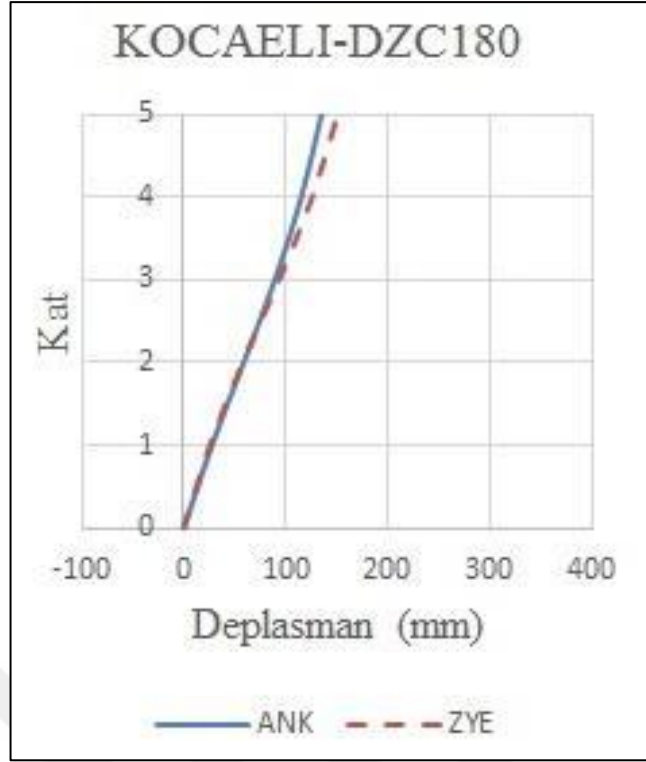
En yüksek çatı deplasman talebi KOC-DZC270 ivme kaydı altında, ankastre modelde 38.2 cm, ZYE'li modelde 36.2 cm'dir. Zeminin çatı deplasman talebini azalttığı ivme kayıtları CHICHI-TCU45W, ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOBE-NIS, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, KOCAELI-DZC180, MORGAN-CYC285, NORTHR-NWH360, NORTHR-SYL090, NORTHR-SPV360, NORTHR-TAR360'tır. KOCAELI-DZC180 ivme kaydında yapı mod şeklinin değiştiği gözlemlenmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 7.3) DZC-BOL090 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5 : 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

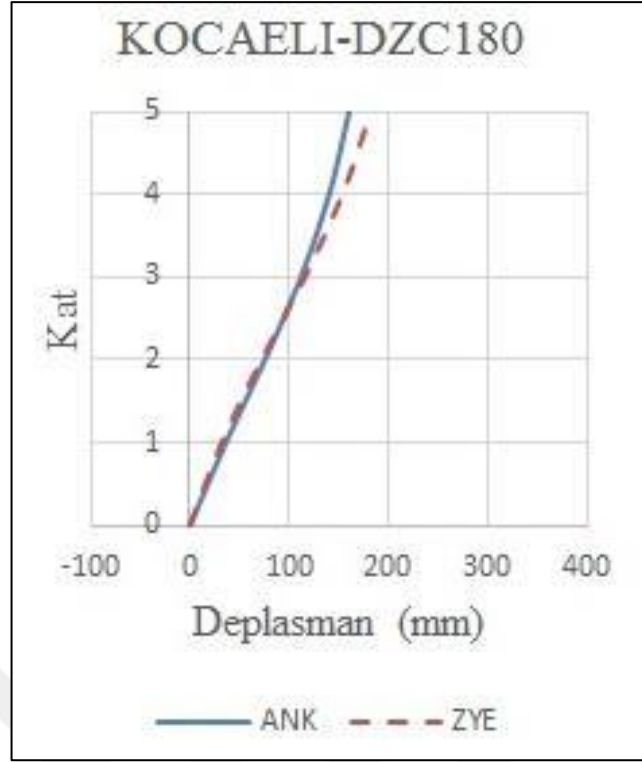
CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTHR-NWH360, NORTHR-SYL090, NORTHR-CNP196, NORTHR-SPV360, NORTHR-TAR360 ivme kayıtları ile analizde zemin yapı etkileşimi nedeniyle çatı deplasman talebini azalttığı görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 13.0) KOCAELI-DZC180 deprem kaydında gözlemlenmiş olmasına karşın en yüksek çatı deplasman talebi NORTHR-NWH360 ivme kaydı altında, ankastre modelde 40.1 cm, ZYE'li modelde 39.6 cm olarak gözlemlenmiştir. Bazı deprem kayıtlarının yapı mod şekillerinin değişmesine sebep olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6 : 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

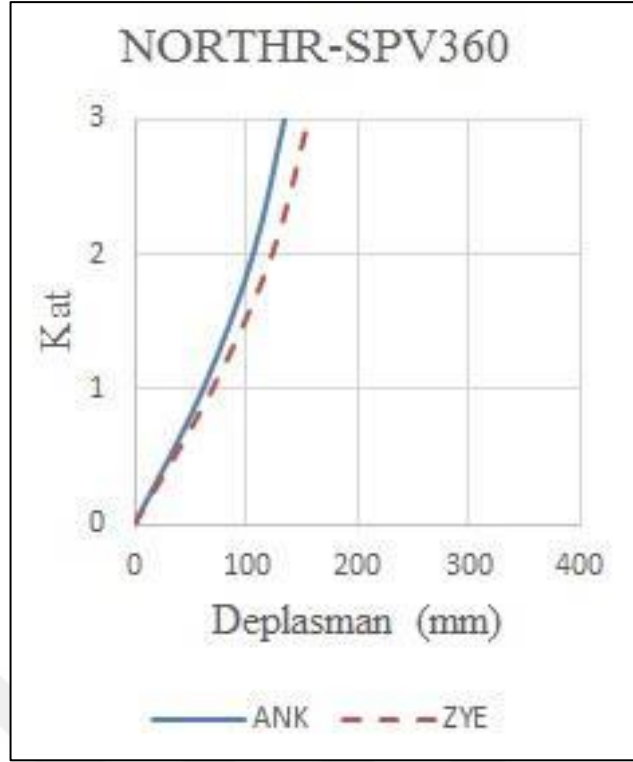
En olumsuz değişim (oransal olarak % 13.4) KOCAELI-DZC180 deprem kaydında gözlemlenirken en yüksek çatı deplasman talebi NORTH-THR-NWH360 ivme kaydı altında, ankastre modelde 38.4 cm, ZYE’li modelde 36.2 cm olarak gözlemlenmiştir. CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270,ki KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTH-THR-NWH360, NORTH-THR-SYL090, NORTH-THR-CNP196, NORTH-THR-SPV360, NORTH-THR-TAR360 ivme kayıtları ile yapılan analizlerde zemin yapı etkileşiminin çatı deplasman talebini azalttığı görülmüştür.



Şekil 4.7 : 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

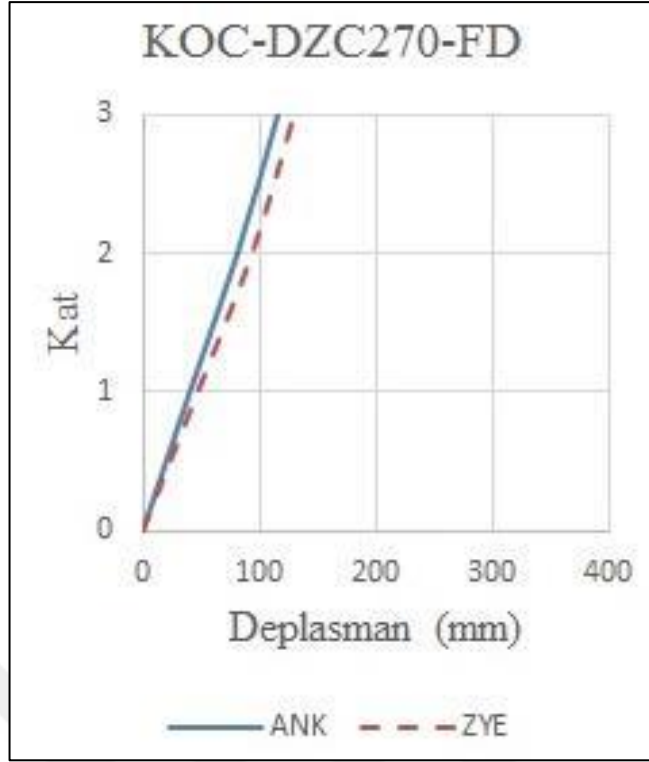
Sonuçlar değerlendirildiğinde, en yüksek çatı deplasman talebi NORTHR-NWH360 ivme kaydı altında, ankastre modelde 36.1 cm, ZYE'li modelde 32.2 cm'dir. Zemin yapı etkileşimi ile çatı deplasman talebinin azaldığı ivme kayıtları CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOC-GBZ000, KOCAELI-DZC180, MORGAN-CYC285, NORTHR-NWH360, NORTHR-SYL090, NORTHR-CNP196'dır. En olumsuz değişim (oransal olarak % 17.0) NORTHR-SPV360 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8 : 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

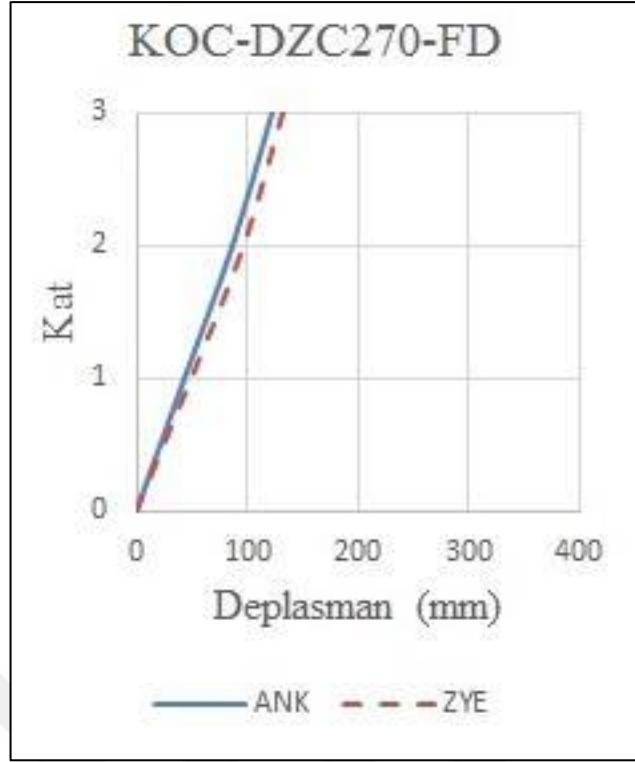
En yüksek çatı deplasman talebi NORTH-SPV360 ivme kaydı altında, ankastre modelde 28.8 cm, ZYE'li modelde 31.1 cm ile gözlemlenirken en olumsuz değişim oransal olarak % 12.5 değer ile KOCAELI-DZC270 deprem kaydı ile yapılan analizde gözlemlenmiştir. CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOBE-NIS000, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTH-SYL090, NORTH-CNP196, NORTH-SPV360, NORTH-TAR360 olmak üzere değerlendirilen 14 deprem kaydının 11'inde ZYE çatı deplasman talebini azaltmaktadır. NORTH-SPV360 ivme kaydında mod şeklinin değiştiği gözlenmektedir.



Şekil 4.9 : 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

4.1.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

% 8.9'luk oransal değişim ile en olumsuz etki KOCAELI-DZC270 deprem kaydında gözlemlenmiş olmakla birlikte NORTH-THR-NWH360 ivme kaydı ankastre modelde 29.1 cm, ZYE'li modelde 30.6 cm'lik en yüksek çatı deplasman talebinin gözlemlenmesine sebep olmuştur. Analizlerde kullanılmış olan 14 deprem kaydından CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOBE-NIS000, KOC-GBZ000, MORGAN-CYC285, NORTH-THR-SYL090, NORTH-THR-CNP196, NORTH-THR-SPV360, NORTH-THR-TAR360 olmak üzere 11 tanesinde ZYE çatı deplasman talebini azaltmaktadır. NORTH-THR-SPV360 ivme kaydında mod şeklinin değiştiği gözlenmektedir.



Şekil 4.10 : 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

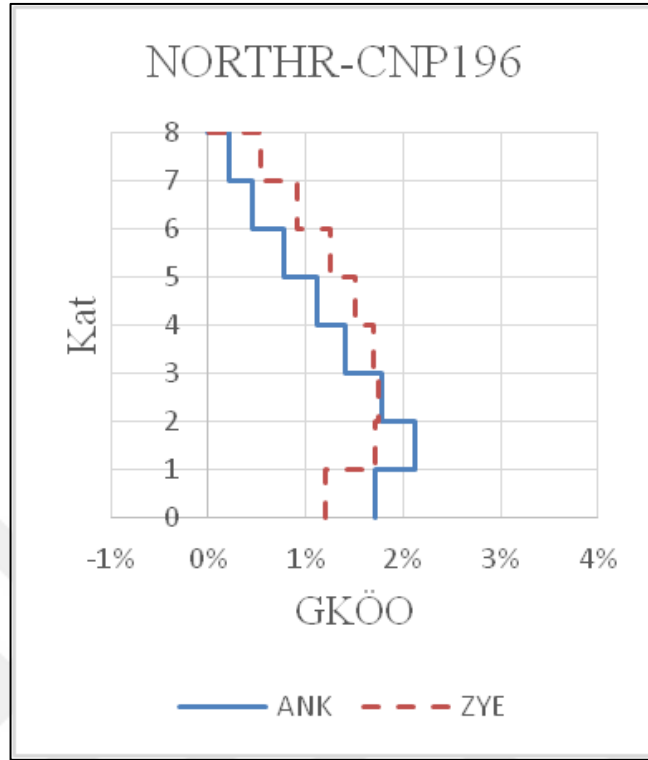
4.2 Görelî Kat Ötelenme Oranlarının Karşılaştırılması

Zemin-yapı etkileşimli modellerde ve ankastre modellerde görelî kat oranları karşılaştırması yaparken ZYE’li modellerin temelindeki ötelenme ile dönme değerleri ve bunların her bir kattaki etkileri hesaplara dahil edilmemiştir. Sonuç olarak, ZYE’li modellerde yapıya kalan ötelenme ile hesaplanan GKÖ oranları ve ankastre modellerdeki GKÖ oranları karşılaştırılmıştır. Oranlar, maksimum çatı deplasmanının olduğu andaki ötelenmelere göre hesaplanmıştır.

4.2.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

Sonuçlar incelendiğinde, GKÖ oranının en fazla olduğu ivme kaydı NORTH- SYL090’dır. Bu oran ankastre modelde 0.037 iken ZYE’li modelde 0.039’dur. ZYE’li modellerde ERZ-EW, KOBE-NIS000, NORTH- SYL090, NORTH-SPV360 ivme kayıtlarında zemin kat (kritik kat) GKÖ oranı ankastre modele göre arttığı görülmektedir. Bu durum ikinci mertebe etkilerinin artmasına ve yumuşak kat kriteri açısından eleman rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır. En

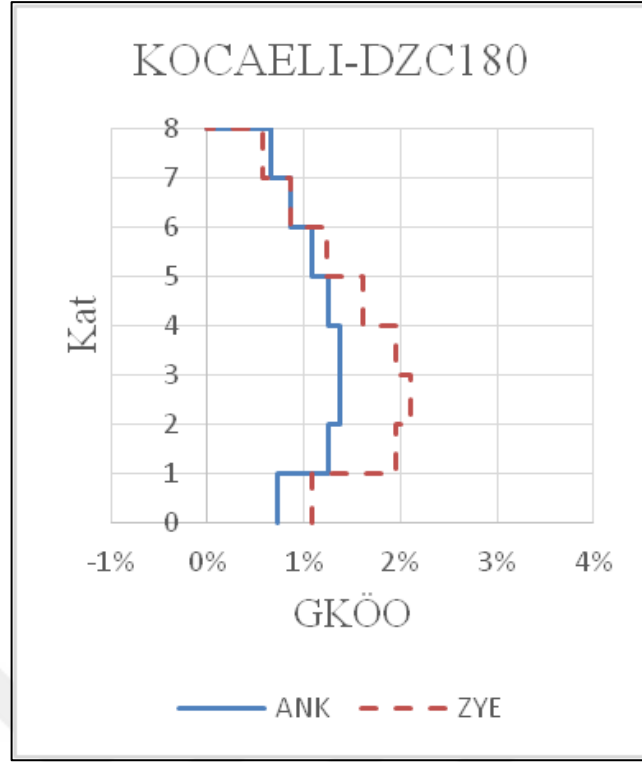
olumsuz değişim (oransal olarak % 23.9) NORTHR-CNP196 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11 : 8K_2-2 GKÖ Karşılaştırılması

4.2.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

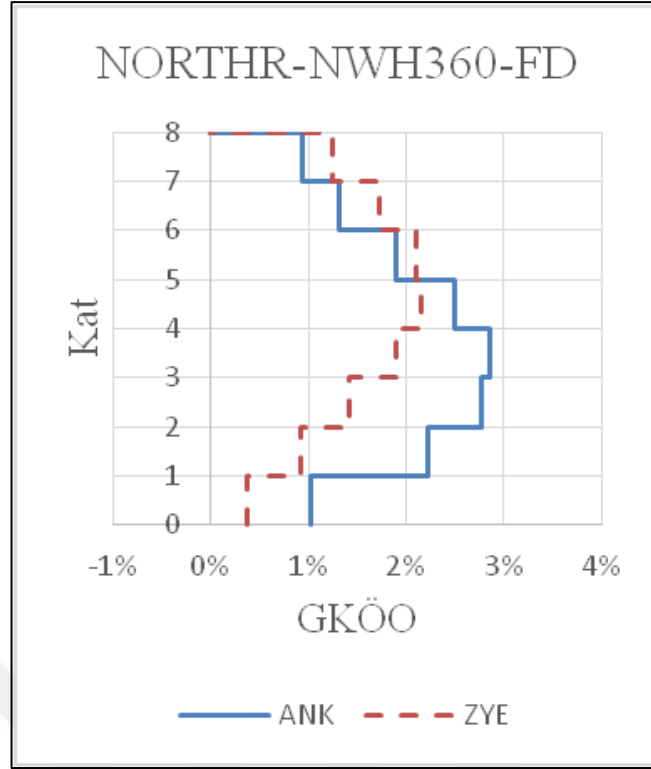
En olumsuz değişim (oransal olarak % 52.4) KOCAELI-DZC180 deprem kaydında gözlemlenmekle birlikte, ZYE’li modelde en fazla GKÖ oranı NORTHR-SYL090 ivme kaydında olup bu oran 0.034’tür, ankastre modelde en fazla GKÖ oranı NORTHR-NWH360 ivme kaydında olup bu oran 0.029’dur. ZYE’li modellerde CHICHI-TCU45W, ERZ-EW, KOBE-NIS000, KOC-GBZ000, KOCAELI-DZC180, NORTHR-SYL090 ivme kayıtlarında zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ankastre modellere göre arttığı görülmektedir. MORGAN-CYC285 ivme kaydında ZYE’li modelde ankastre modele göre 2. modun da etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12 : 8K_B-B GKÖO Karşılaştırılması

4.2.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

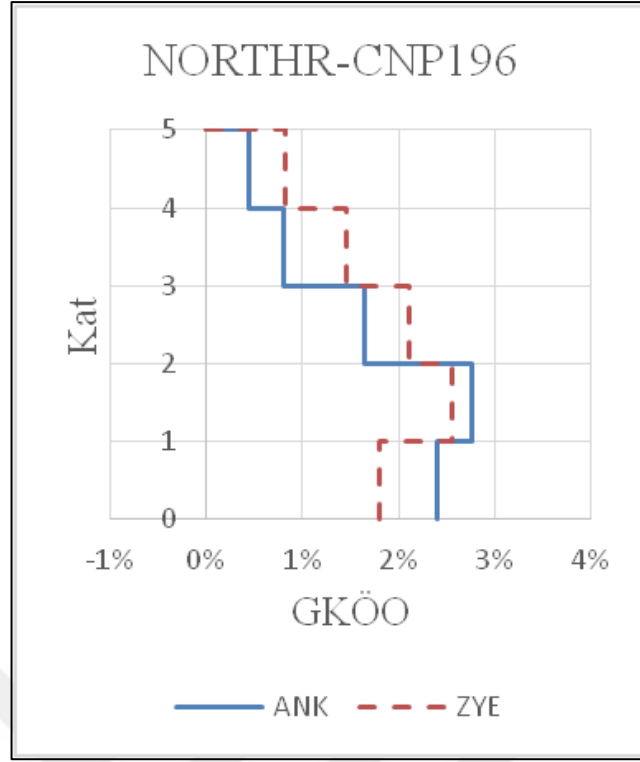
ZYE’li modellerde CHICHI-TCU45W, KOBE-NIS000, KOC-GBZ000, KOCAELI-DZC180, NORTHR-SYL090, NORTHR-SPV360, NORTHR-TAR360 ivme kayıtlarında zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ankastre modellere göre arttığı görülmüştür. Ankastre modelde en fazla GKÖ oranının 0.029 olarak gözlemlendiği NORTHR-NWH360 deprem kaydı oransal olarak % 13.9’luk en olumsuz etki ve GKÖO’nun görüldüğü katı da değiştirerek farklılık göstermiştir. Ancak ZYE’li modelde en fazla GKÖ oranı NORTHR-SYL090 ivme kaydında olup bu oran 0.032’dir. DZC-BOL090, MORGAN-CYC285 ivme kayıtlarında ZYE’li modellerde 2. modun etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13 : 8K_C-C GKÖO Karşılaştırılması

4.2.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

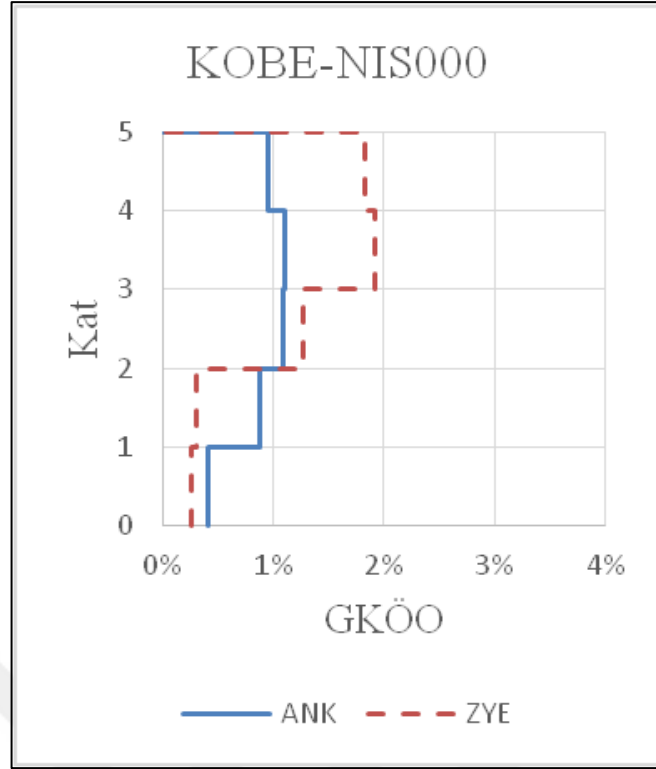
Sonuçlar incelendiğinde, GKÖ oranının en fazla olduğu ivme kaydı KOC-DZC270'tir. Bu oran ZYE'li modelde 0.038 olup ankastre modelde 0.039'dur. ZYE'li modellerde KOCAELI-DZC180, NORTH-THR-SYL090 ivme kayıtlarında zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ankastre modellere göre arttığı görülmektedir. Bu durum ikinci merteye etkilerinin artmasına ve yumuşak kat kriteri açısından eleman rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır. CHICHI-TCU45W ivme kaydında hem ZYE'li hem de ankastre modellerde 2. modun etkili olduğu görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 8.16) NORTH-THR-CNP196 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.14 : 5K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması

4.2.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

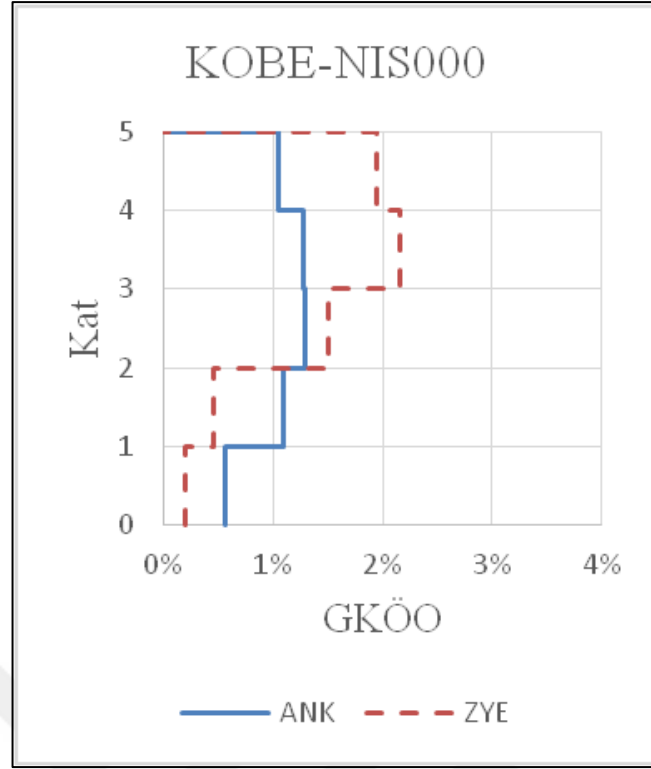
Analiz edilen 14 deprem kaydından DZC-BOL090, NORTH-THR-NWH360, NORTH-THR-SPV360 olmak üzere 3 tanesinde ZYE ile zemin GKÖ oranlarının arttığı görülmektedir. Zemin yapı etkileşimi ile 0.035 olarak gözlemlenen en yüksek GKÖÖ NORTH-THR-NWH360 ivme kaydı ile yapılan analizde ortaya çıkarken aynı ivme kaydı ankastre modelde de 0.034'lük değer ile GKÖ oranının en fazla gözlemlendiği ivme kaydı olmuştur. En olumsuz değişim (oransal olarak % 73.7) KOBE-NIS000 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15 : 5K_B-B GKÖ Karşılaştırılması

4.2.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

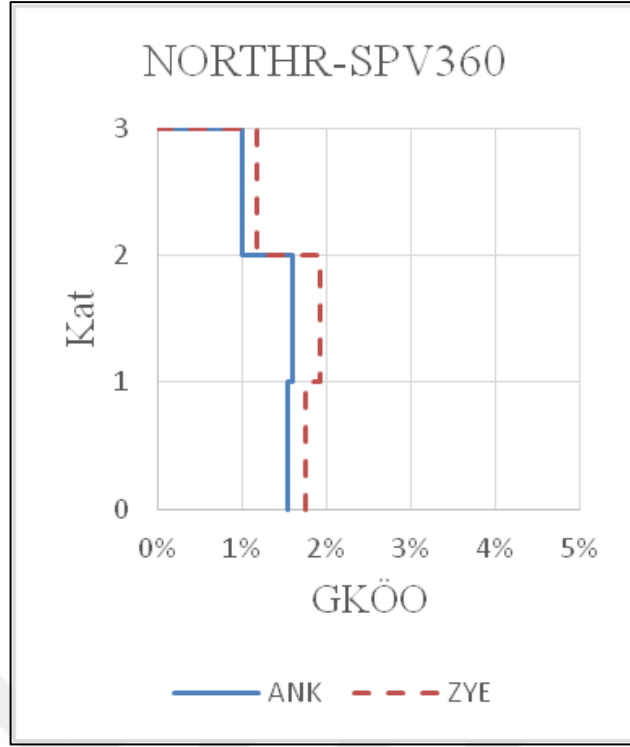
NORTHR-TAR360 ivme kaydı hem ZYE'li (0.031) hem de ankastre modelde (0.033) en yüksek zemin kat GKÖ oranının gözlemlendiği analiz olmuştur. DZC-BOL090, ERZ-EW, NORTHR-SPV360 ivme kayıtları ile yapılan analizlerde ZYE'li modellerde ankastre modellere göre daha yüksek zemin kat (kritik kat) GKÖ oranları görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 66.1) KOBE-NIS000 deprem kaydında 3. kattan 4. kata kayarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.16 : 5K_C-C GKÖO Karşılaştırılması

4.2.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

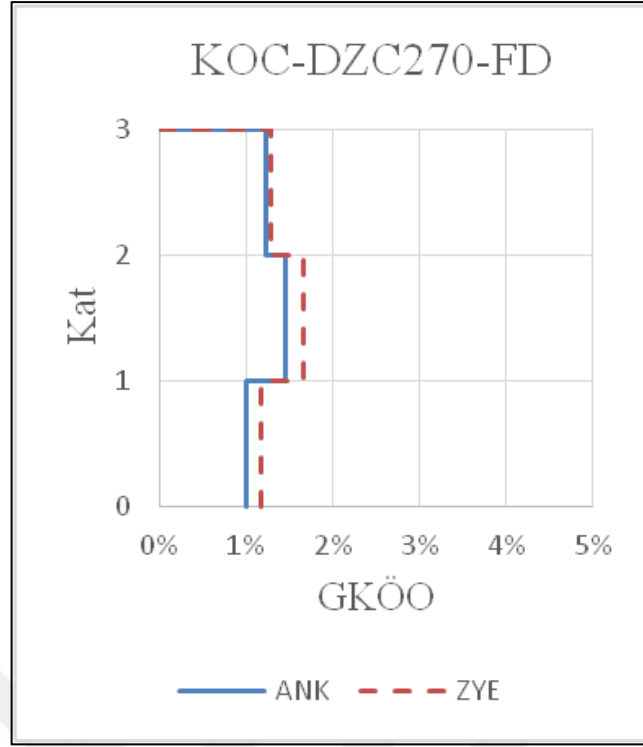
Sonuçlar incelendiğinde, GKÖ oranının en fazla olduğu ivme kaydı NORTH-SPV360'tur. Bu oran ZYE'li modelde 0.041 olup ankastre modelde 0.045'tir. ZYE'li modellerde NORTH-SPV360 ivme kaydında zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ankastre modele göre arttığı görülmektedir. NORTH-SPV360 ivme kaydı aynı zamanda en olumsuz değişimin (oransal olarak % 21.2) gözlemlendiği deprem kaydı olmuştur.



Şekil 4.17 : 3K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması

4.2.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

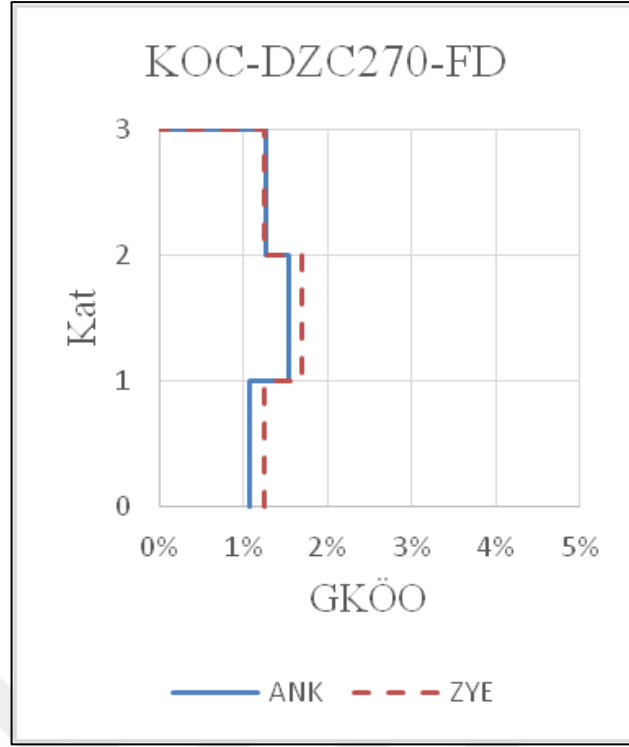
CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, KOC-DZC270, NORTH-NWH360 ivme kayıtları ile yapılan analizlerde zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ZYE’li modellerde ankastre modellere göre arttığı görülürken bu kayıtlardan NORTH-NWH360 en yüksek GKÖ oranının görüldüğü ivme kaydı olmuştur (ZYE:0.041, ankastre:0.039). Ancak farklı olarak KOC-DZC270 % 14.6’lık oransal değişim ile en olumsuz değişimin görüldüğü analiz olmuştur.



Şekil 4.18 : 3K_B-B GKÖ Karşılaştırılması

4.2.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

En yüksek GKÖ oranının (ZYE’li modelde 0.0399, ankastre modelde 0.0393) gözlemlendiği NORTH-THR-NWH360 ivme kaydı CHICHI-TCU45W, DZC-BOL090, KOC-DZC270 ivme kayıtları ile birlikte zemin kat (kritik kat) GKÖ oranının ankastre modellere göre arttığı analiz olarak ön plana çıkmıştır. Ancak oransal olarak en olumsuz değişim % 10.4 ile KOC-DZC270 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19 : 3K_C-C GKÖO Karşılaştırılması

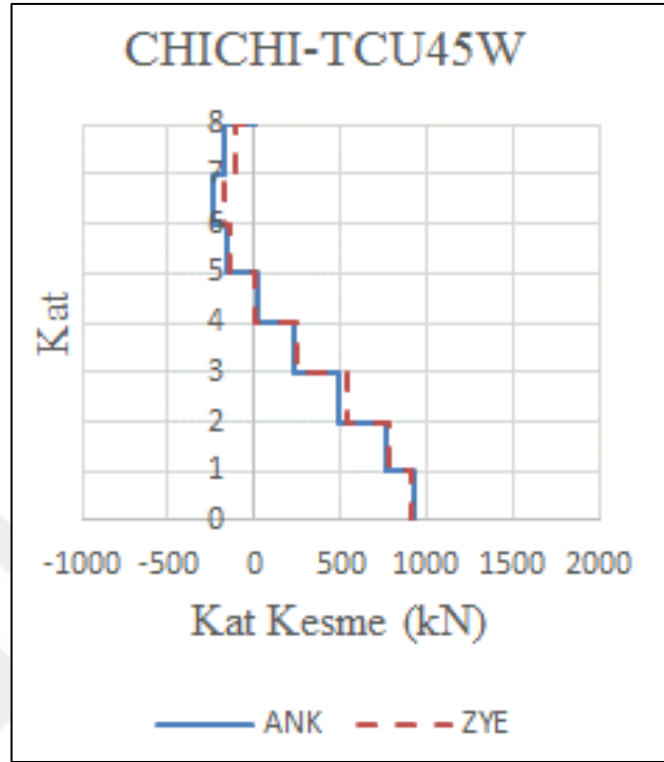
4.3 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Ankastre modeller ve ZYE’li modeller arasındaki farklılıklar kat kesme kuvveti açısından da incelenmiştir. İncelemeler yapılırken tüm modellerin zemin katlarındaki maksimum kesme kuvveti baz alınmış olup diğer katlardaki kesme kuvveti de o andaki değerlere göre seçilmiştir.

4.3.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

ZYE’li modellerde ve ankastre modellerde kolon elemanlarının kesme kapasiteleri aynıdır. Buna bağlı olarak taban kesme kuvvetleri bakımından iki yaklaşım arasında da büyük farklılıkların olmadığı görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde maksimum taban kesme kuvveti ERZ-EW ivme kaydında görülmektedir. Bu değer ZYE’li modelde 1711.7 kN olup, ankastre modelde 1809.8 kN’dur. NORTH-R-TAR360 ivme kaydına ait kat kesme grafiği incelenirse ZYE’li modeldeki kuvvet dağılımına göre 3. modun katılımının etkili olduğu görülmektedir. Yine üst katlara doğru kat kesme kuvvetlerinin yön değiştirmesi yüksek mod

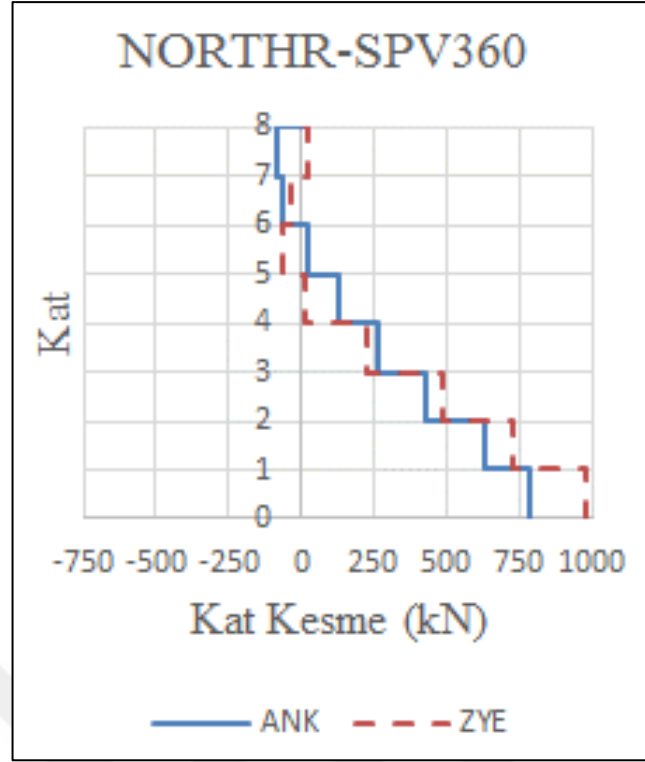
etkilerine bağlıdır. En olumsuz değişim (oransal olarak % 3.5) CHICHI-TCU45W deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20 : 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

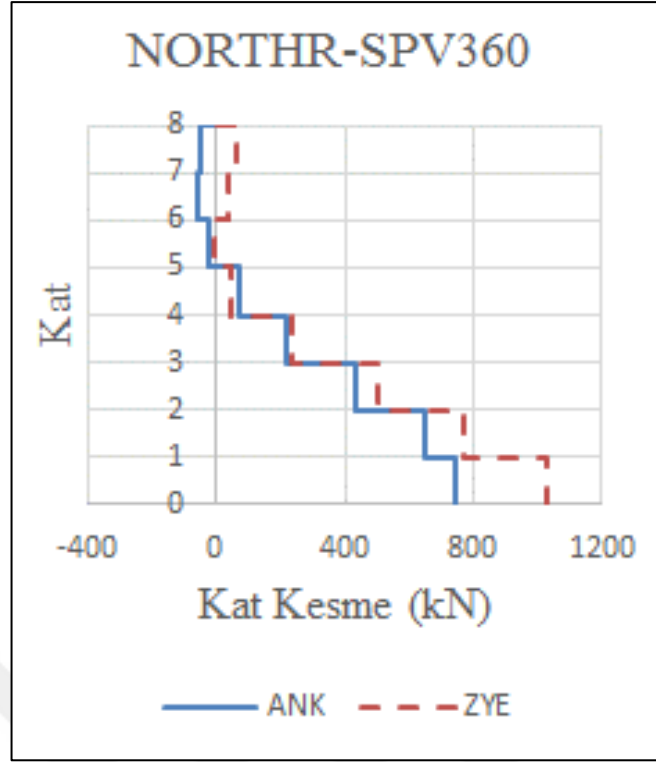
Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek taban kesme kuvveti ZYE’li modelde NORTH-SPV360 ivme kaydı altında 978.7 kN, ankastre modelde NORTH-NPW360 ivme kaydı altında 880.1 kN’dur. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %44.8 oranla CHICHI-TCU45W ivme kaydında görülmektedir. ERZ-EW ve KOC-DZC270 ivme kayıtları haricindeki kayıtlarda üst katlara doğru kuvvetlerin yön değiştirmesi yüksek mod etkilerine bağlıdır. En olumsuz değişim (oransal olarak % 25.1) NORTH-SPV360 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21 : 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

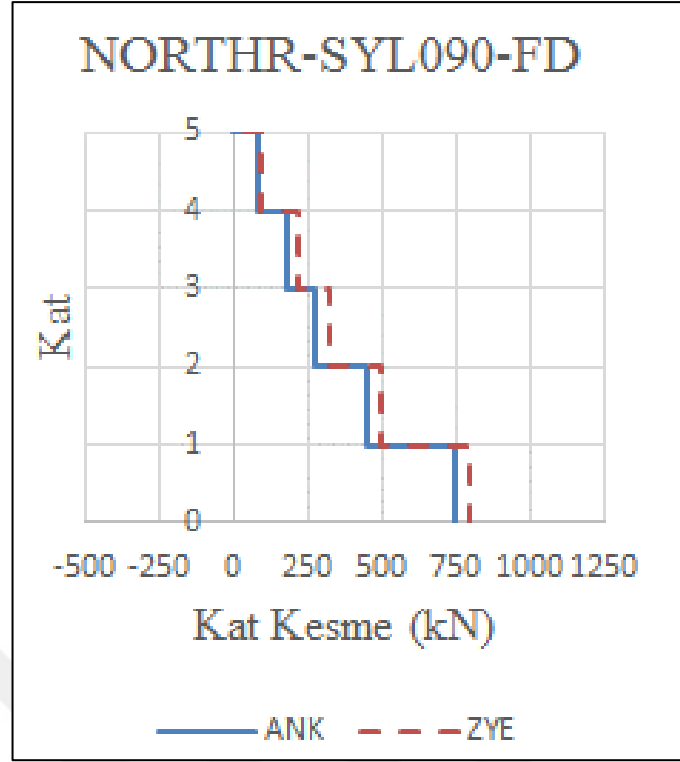
Zemin yapı etkileşiminden ötürü en yüksek taban kesme kuvvetinin (1026.9 kN) gözlemlendiği NORTH-SPV360 ivme kaydı aynı zamanda oransal olarak en olumsuz değişimin (%37.9) gözlemlendiği ivme kaydı olarak ön plana çıkmıştır. NORTH-NPW360 ivme kaydı ise 870.7 kN'luk en yüksek taban kesme kuvveti olarak ankastre modellerde kendini göstermiştir. ERZ-EW ve KOC-DZC270 ivme kayıtları haricindeki kayıtlarda üst katlara doğru kuvvetlerin yer değiştirmesi yüksek mod etkilerine bağlıdır.



Şekil 4.22 : 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

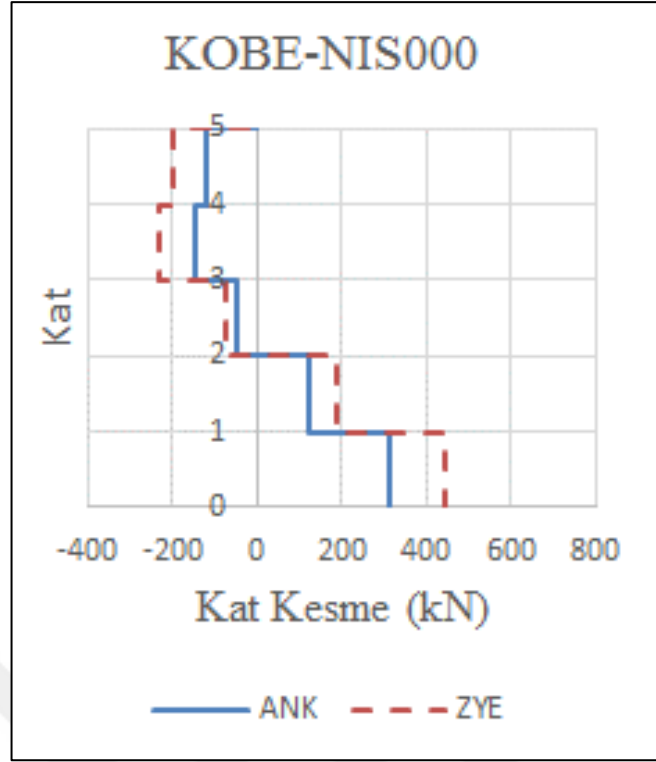
Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek taban kesme kuvveti NORTHR-TAR360 ivme kaydı altında ZYE’li modelde 989 kN, ankastre modelde 1003.2 kN’dur. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %11.6 oranla KOC-GBZ000 ivme kaydında görülmektedir. ERZ-EW, NORTHR-NWH360, NORTHR-SYL090 ve NORTHR-CNP196 ivme kayıtları haricindeki kayıtlarda üst katlara doğru kuvvetlerin yön değiştirmesi yüksek mod etkilerine bağlıdır. En olumsuz değişim (oransal olarak % 6.4) NORTHR-SYL090 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.23 : 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

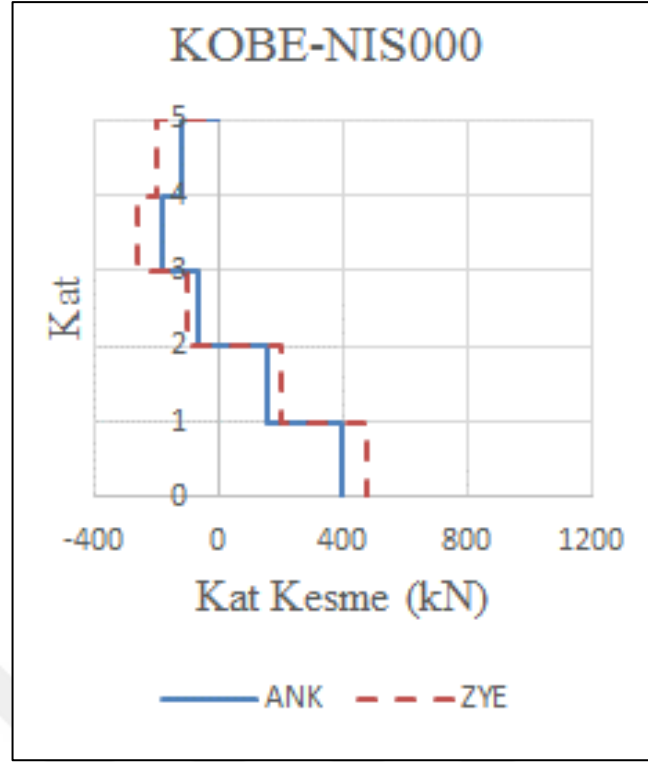
Taban kesme kuvveti oranı olarak en olumlu değişim %52 oranla DZC-BOL090 ivme kaydında görülürken zemin yapı etkileşimi KOBE-NIS000 deprem kaydı % 43.0 ile en olumsuz değişimin gözlemlendiği ivme kaydı olmuştur. Ancak en yüksek taban kesme kuvveti NORTH-THR-TAR360 ivme kaydı altında ZYE'li modelde 717.3 kN, ankastre modelde 750.3 kN'dur. ERZ-EW, GAZLI-GAZ000 ve NORTH-THR-CNP196 ivme kayıtları haricindeki kayıtlarda üst katlara doğru kuvvetlerin yön değiştirmesi yüksek mod etkilerine bağlıdır.



Şekil 4.24 : 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

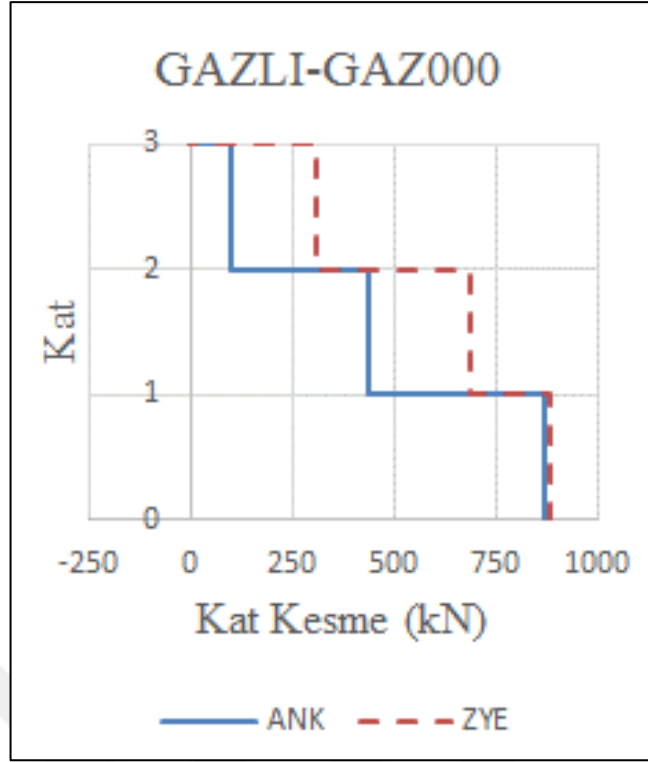
Zemin yapı etkileşimi en olumsuz değişimi %19.1 ile KOBE-NIS000 ivme kaydında sebep olurken, en yüksek taban kesme kuvveti (ZYE’li modelde 736 kN, ankastre modelde 831.6 kN) NORTH-R-TAR360 ivme kaydı ile yapılan analizde gözlemlenmiştir. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %37.6 oranla KOCAELI-DZC180 ivme kaydında olumlu bir katkı olarak ortaya çıkmıştır. ERZ-EW, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, KOC-GBZ000, NORTH-R-NWH360 ve NORTH-R-CNP196 ivme kayıtları haricindeki kayıtlarda üst katlara doğru kuvvetlerin yön değiştirmesi yüksek mod etkilerine bağlıdır.



Şekil 4.25 : 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti

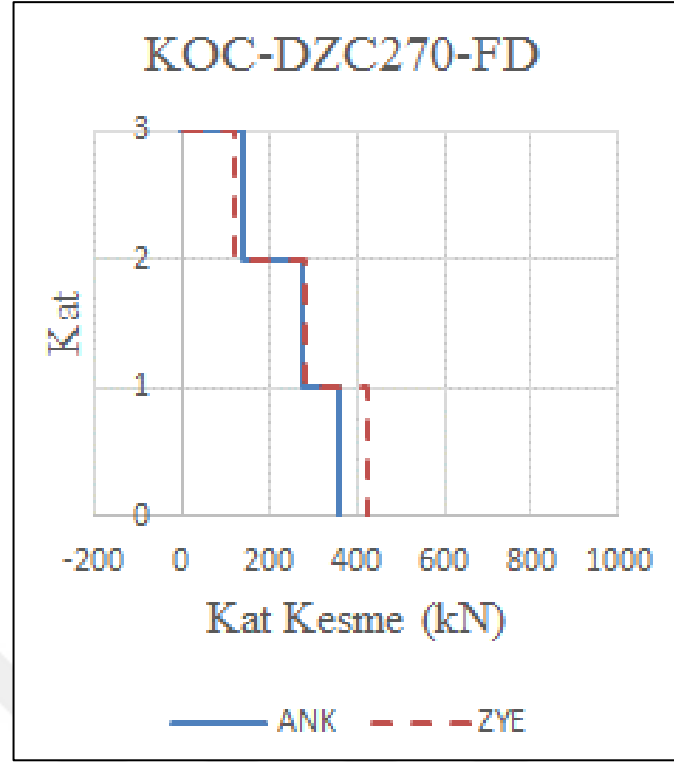
En yüksek taban kesme kuvveti NORTHR-NWH360 ivme kaydı altında ZYE'li modelde 915.1 kN, ankastre modelde 959.1 kN'dur. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %45.1 oranla CHICHI-TCU45W ivme kaydında görülmektedir. Üst katlara doğru kat kesme kuvvetleri yön değiştiren ivme kayıtlarında yüksek mod etkisi görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 1.5) GAZLI-GAZ deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.26 : 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti

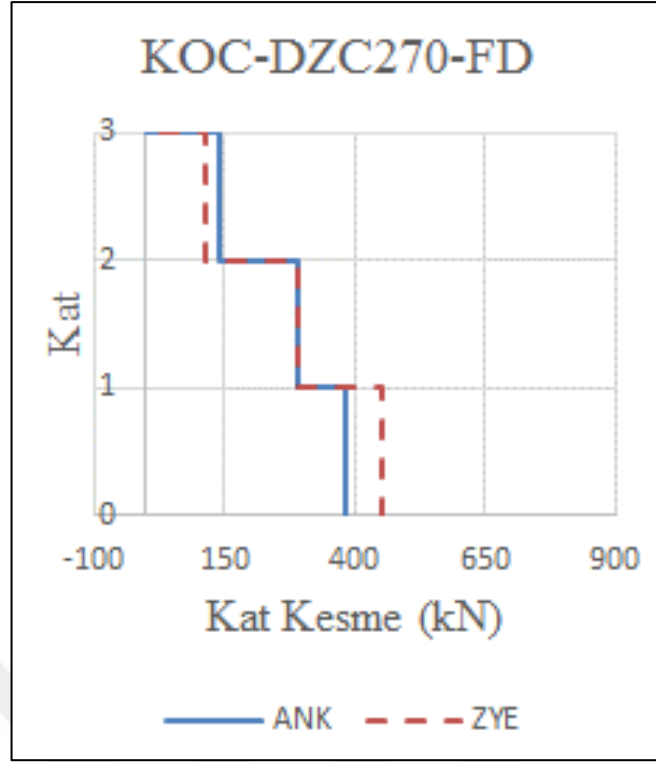
Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek taban kesme kuvveti MORGAN-CYC285 ivme kaydı altında ZYE’li modelde 648.3 kN, ankastre modelde 834.7 kN’dur. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %66.7 oranla NORTHR-SPV360 ivme kaydında görülmektedir. Üst katlara doğru kat kesme kuvvetleri yön değiştiren ivme kayıtlarında yüksek mod etkisi görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 18.4) KOCAELI-DZC270 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.27 : 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

4.3.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti

En yüksek taban kesme kuvveti MORGAN-CYC285 ivme kaydı altında ZYE'li modelde 643.3 kN, ankastre modelde 815 kN'dur. Taban kesme kuvveti oranı olarak en fazla değişim %63 oranla KOBE-NIS000 ivme kaydında görülmektedir. En olumsuz değişim (oransal olarak % 18.4) KOCAELI-DZC270 deprem kaydında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.28 : 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Tablo 4.2: Maksimum Sonuçlar

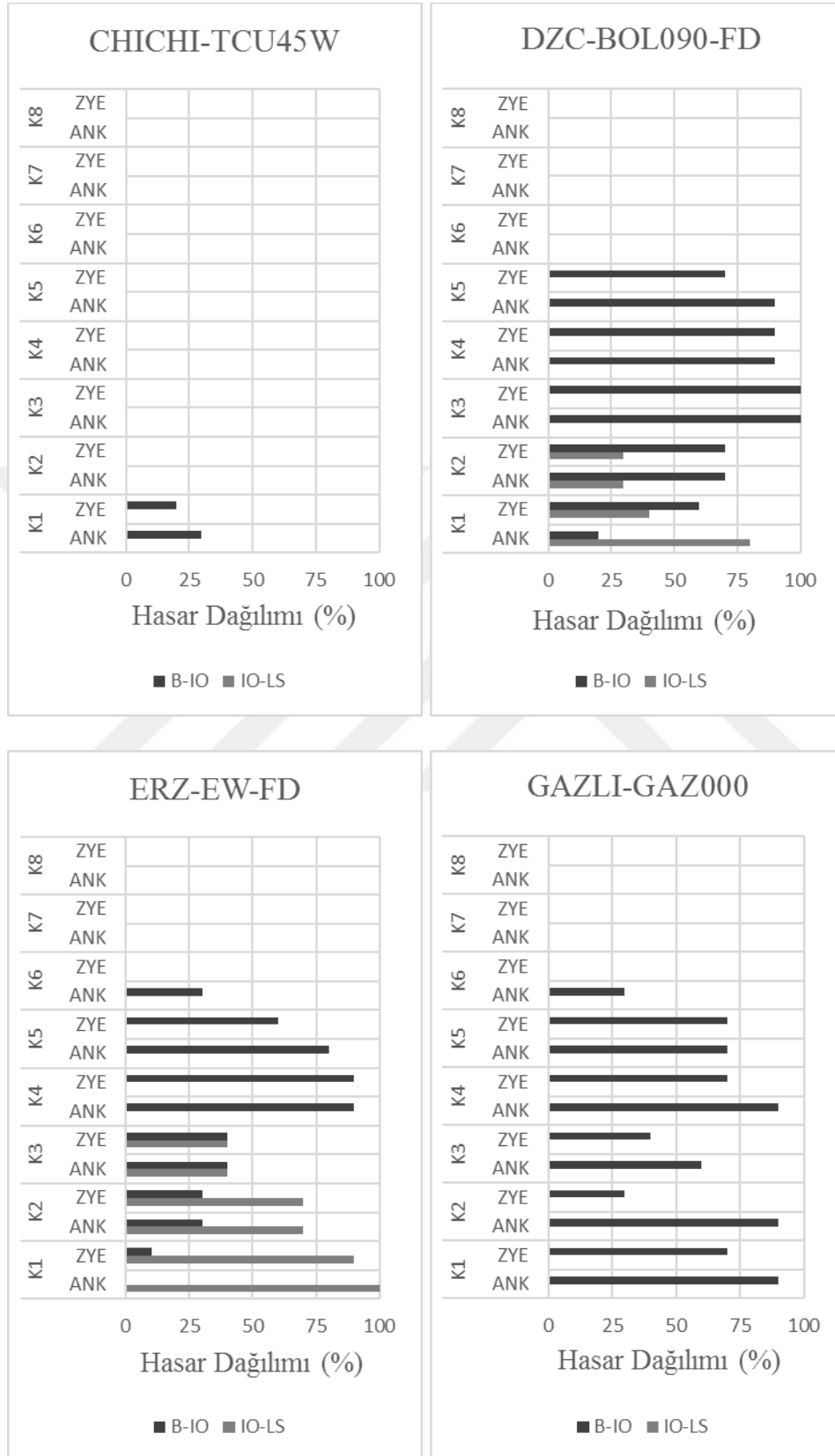
	MAX. ÇATI DEPL.		MAX.		MAX. TABAN K.	
	h		GKÖÖ		(kN)	
	ANK	ZYE	ANK	ZYE	ANK	ZYE
8K_2-2	2,3%	2,3%	3,7%	3,9%	1809,8	1711,7
8K_B-B	2,0%	1,6%	2,9%	3,4%	880,1	978,7
8K_C-C	1,9%	2,0%	2,9%	3,2%	870,7	1026,9
5K_2-2	2,5%	2,4%	3,9%	3,8%	1003,2	989
5K_B-B	2,6%	2,6%	3,4%	3,5%	750,3	717,3
5K_C-C	2,5%	2,4%	3,3%	3,1%	831,6	736
3K_2-2	3,8%	3,4%	4,5%	4,1%	959,1	915,1
3K_B-B	3,0%	3,2%	3,9%	4,1%	834,7	648,3
3K_C-C	3,0%	3,2%	3,93%	3,99%	815	643,3

4.4 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması

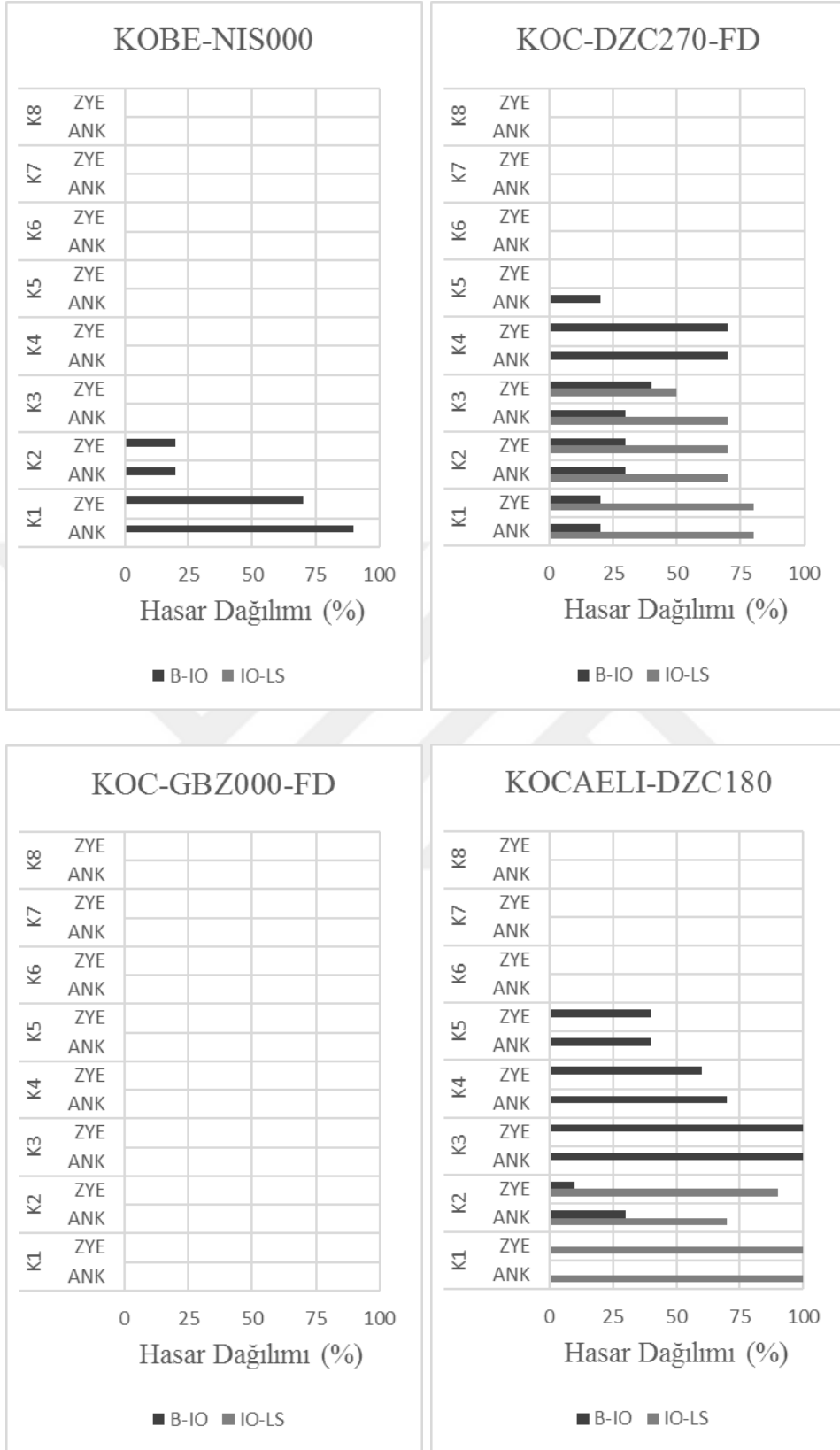
7'şerden 2 set, toplam 14 adet deprem kaydı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle bulunan kolon ve kiriş elemanlara ait hasar dağılımları karşılaştırılmıştır.

Kolon elemanlarda plastik mafsall oluşumu, sadece zemin kat kolonlarında, beklendiği üzere kolon alt kısmında oluşmaktadır. Kolonlarda plastik mafsall oluşan modeller, 8 katlı 2-2 aks sistem kesitinde ERZ-EW ivme kaydında hem ankastre hem de ZYE'li modelde 6 kolonun hepsinde B-IO derecesinde, NORTHR-SYL090 ivme kaydında yalnızca ZYE'li modelde 6 kolonun 4'ünde B-IO derecesinde oluşmaktadır. 3 katlı 2-2 aks sistem kesitinde DZC-BOL090 ivme kaydında hem ankastre hem de ZYE'li modelde 5 kolonun hepsinde B-IO derecesinde, GAZLI-GAZ000 ivme kaydında yalnızca ZYE'li modelde 5 kolonun 3'ünde B-IO derecesinde, MORGAN-CYC285 ivme kaydında ankastre modelde 5 kolonun 4'ünde, ZYE'li modelde 5 kolonun 3'ünde B-IO derecesinde, NORTHR-NWH360 ivme kaydında hem ankastre hem de ZYE'li modelde 5 kolonun hepsinde B-IO derecesinde plastik mafsall oluşuğu gözlenmektedir. Bu yüzden kiriş elemanlara ait hasar dağılımları grafiksel karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

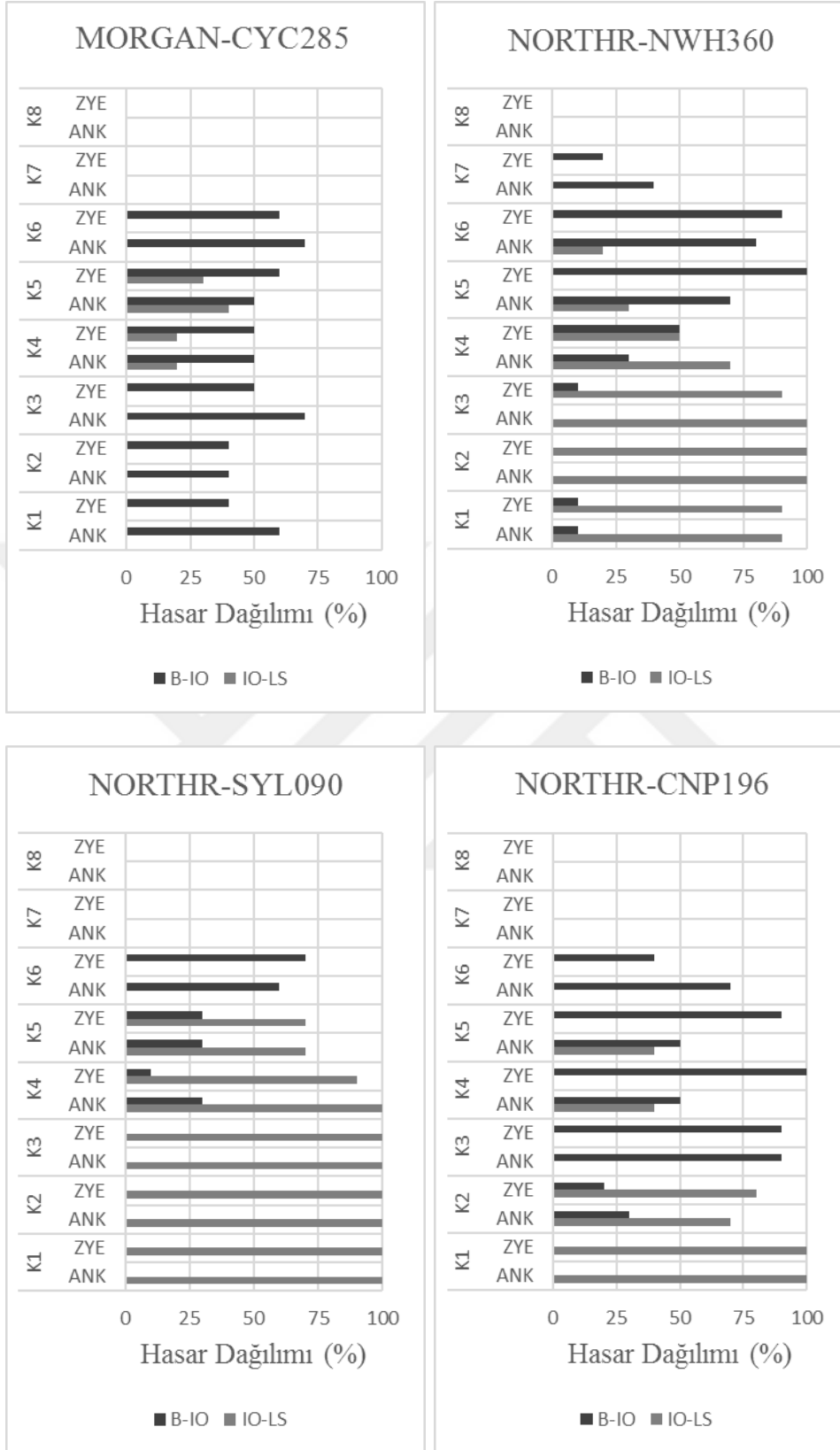
4.4.1 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



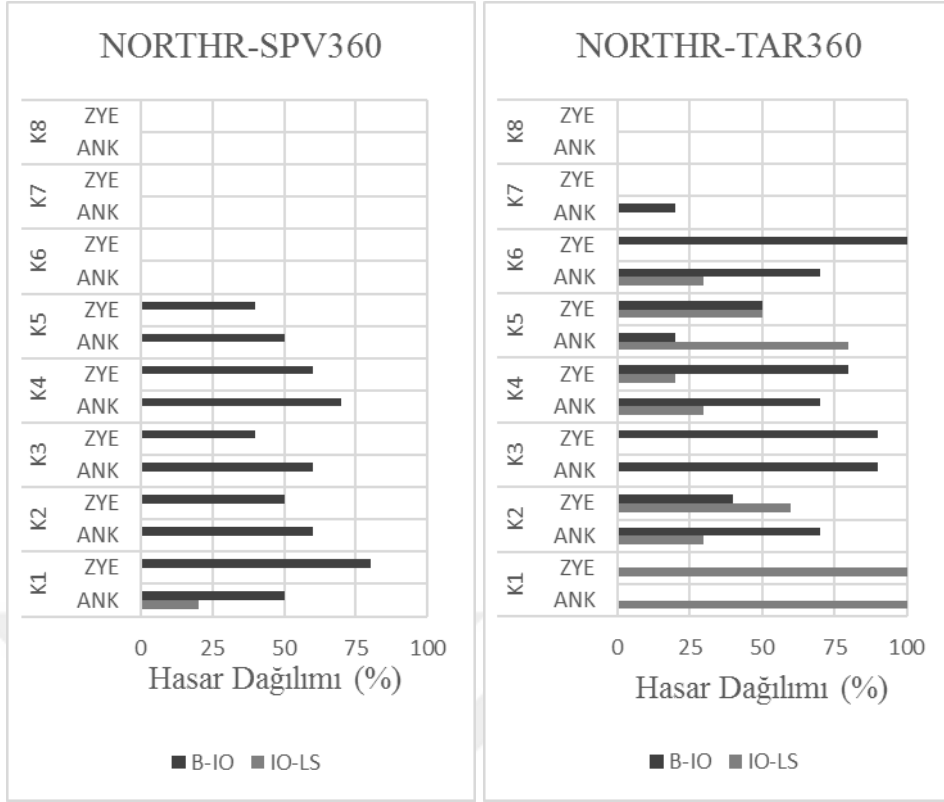
Şekil 4.29 : 8K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.29 : 8K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



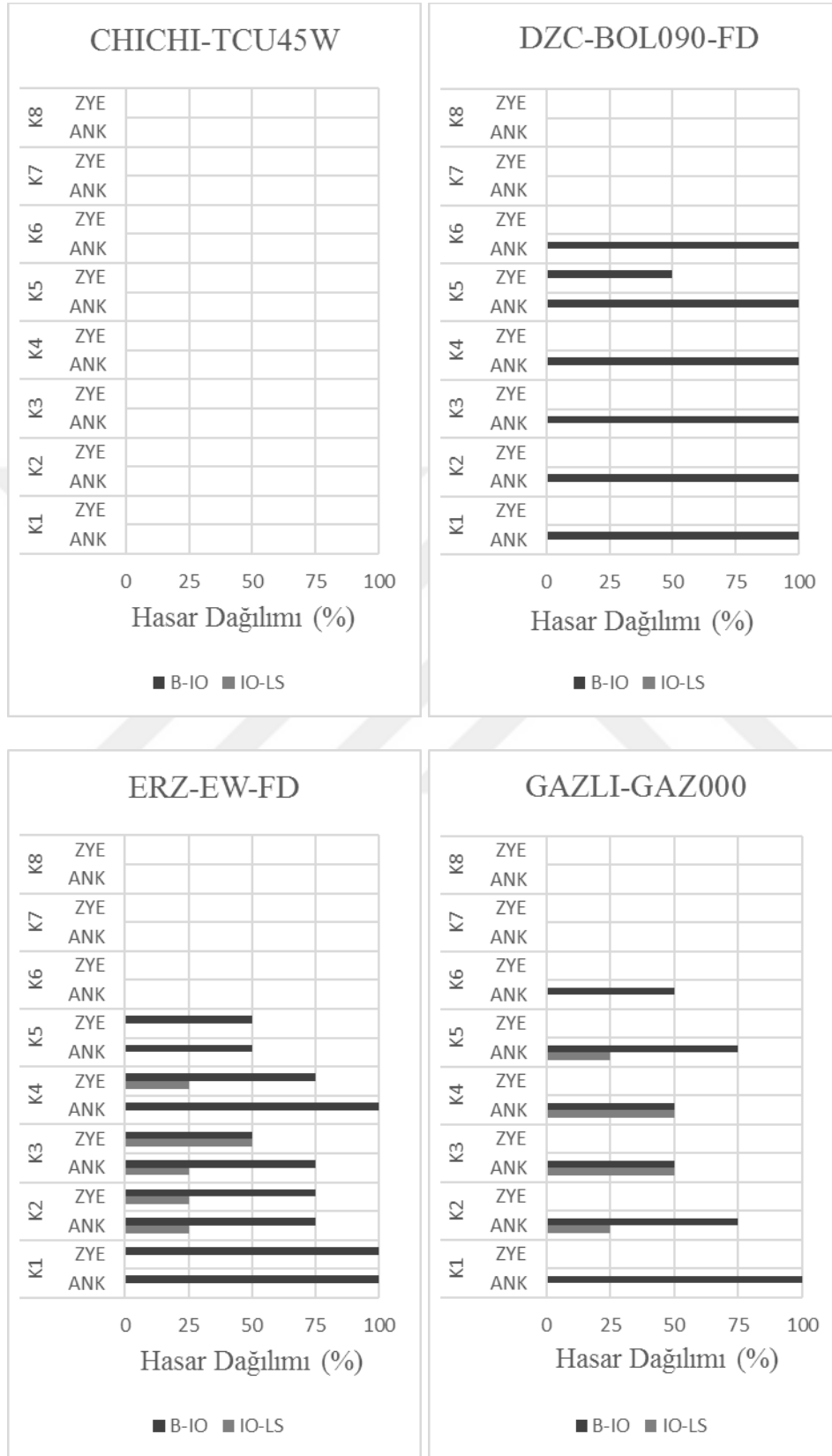
Şekil 4.29 : 8K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



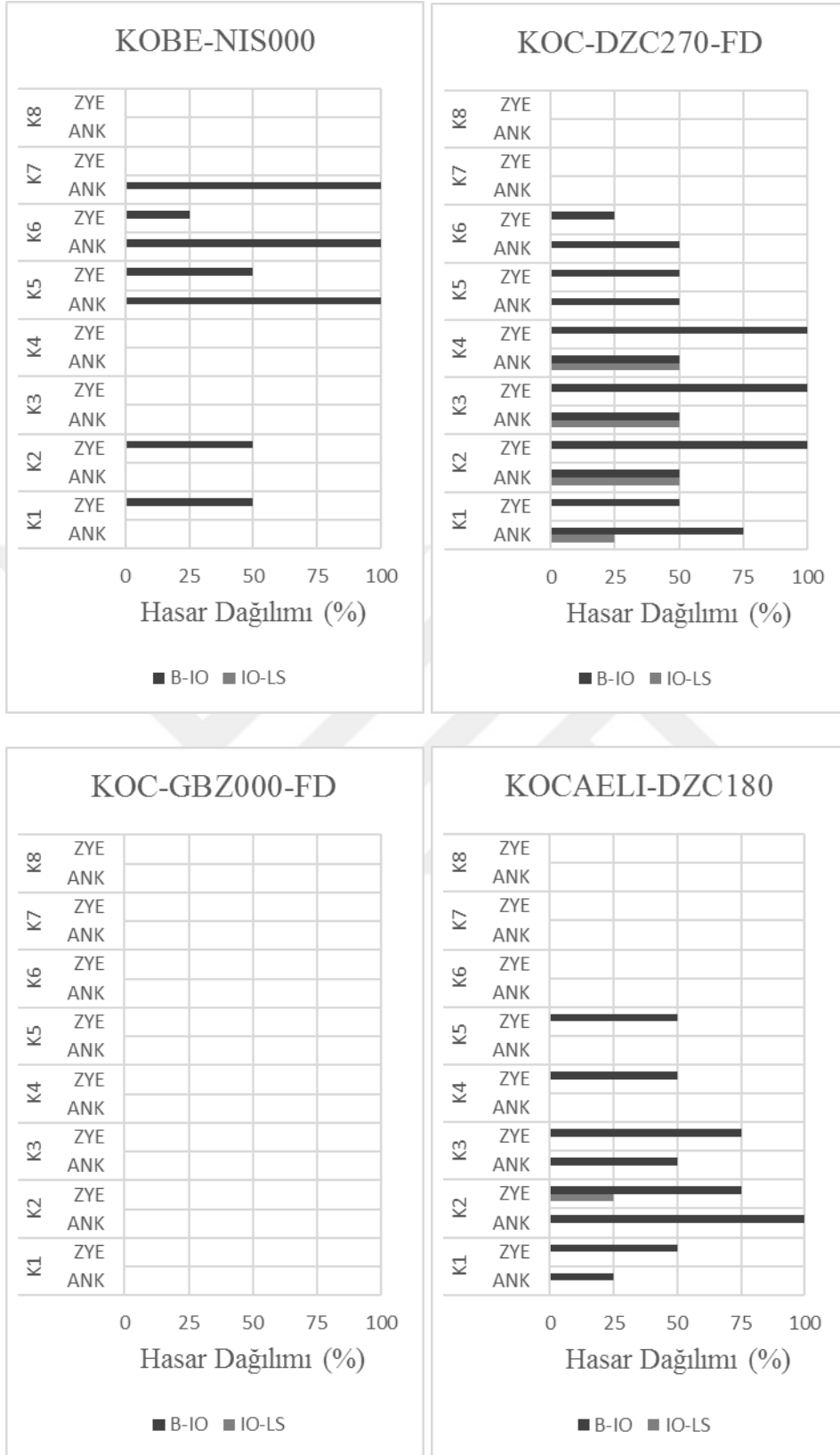
Şekil 4.29 : 8K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, zemin-yapı etkileşiminin plastik mafsallı hasar derecelerini azalttığı görülmektedir. Ancak NORTH-SPV090 ivme kaydında 6. Katta temel dönmeleri ve deformasyonları sayesinde ZYE’li yaklaşımda hasar dağılımının arttığı görülmektedir. Benzer şekilde, NORTH-CNP196 ve NORTH-TAR360 ivme kayıtlarında 2. Katta ZYE’li yaklaşımda hasar derecesinin arttığı görülmektedir. KOC-GBZ000 ivme kaydında her iki yaklaşımda da hasar oluşmadığı gözlenmektedir.

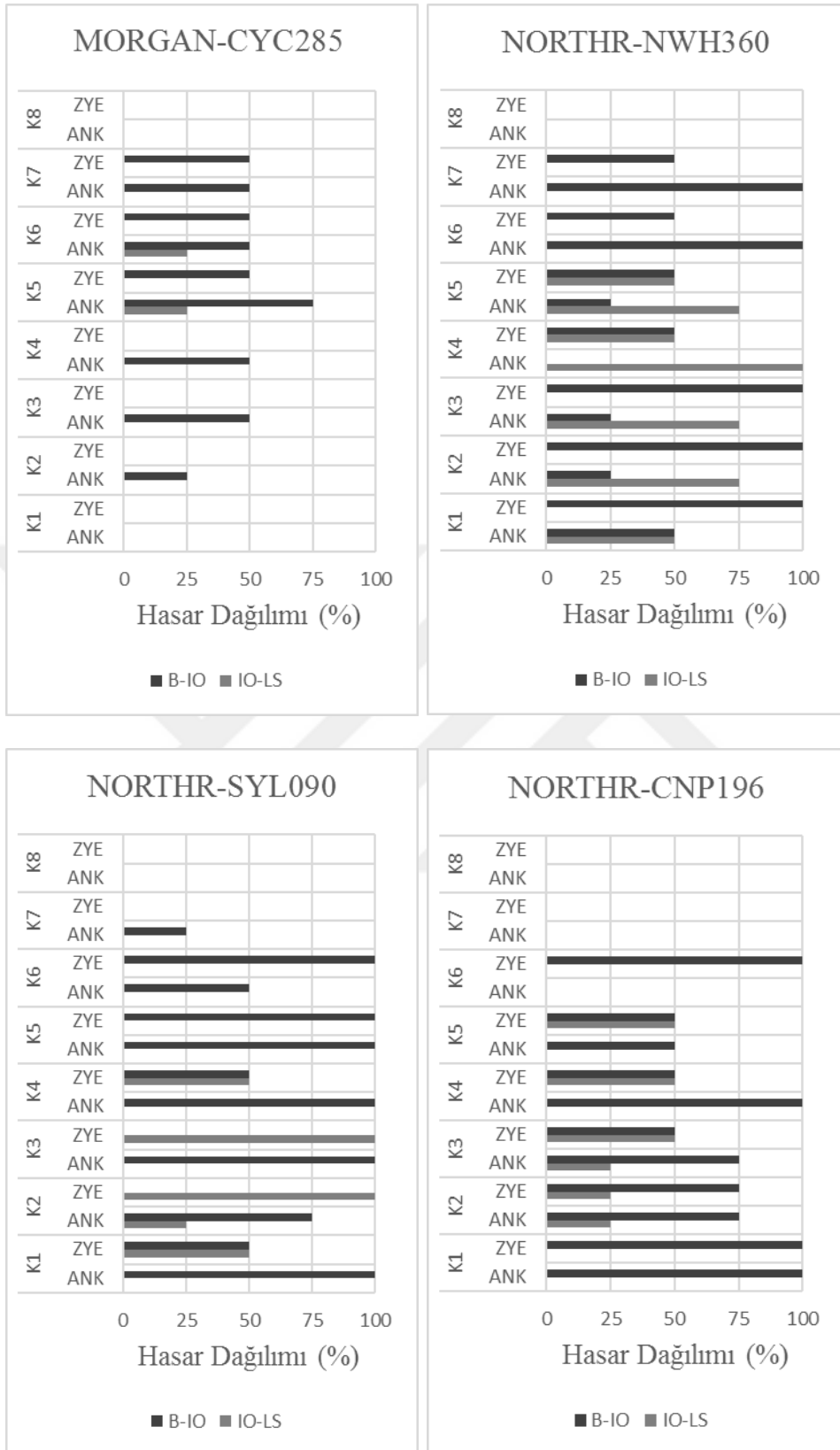
4.4.2 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



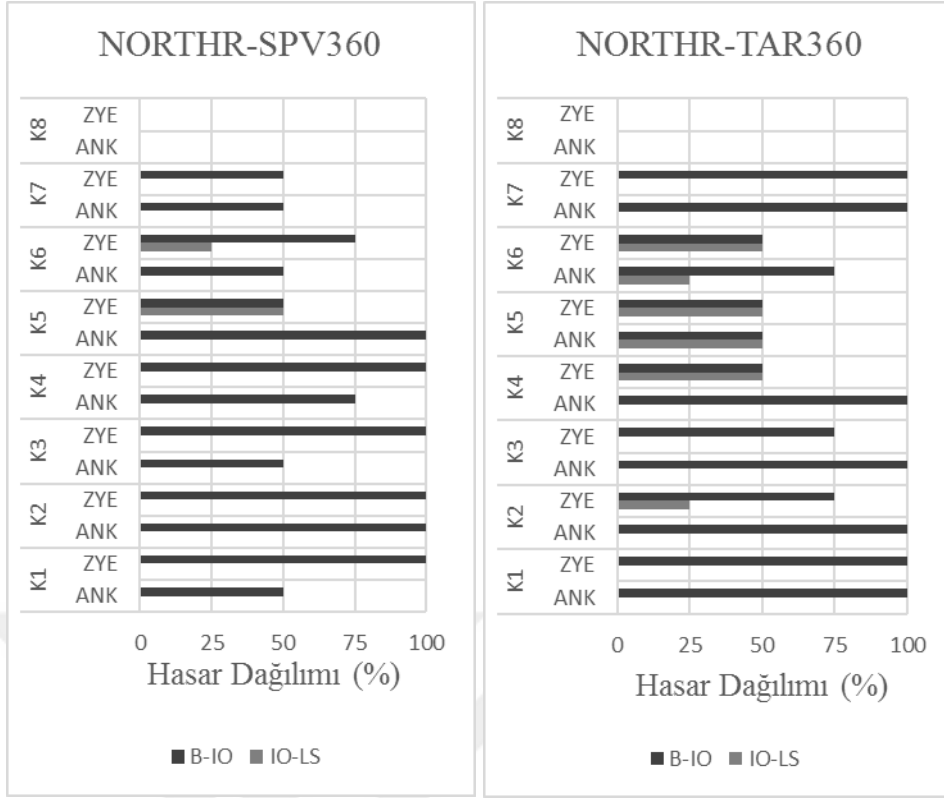
Şekil 4.30 : 8K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.30 : 8K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



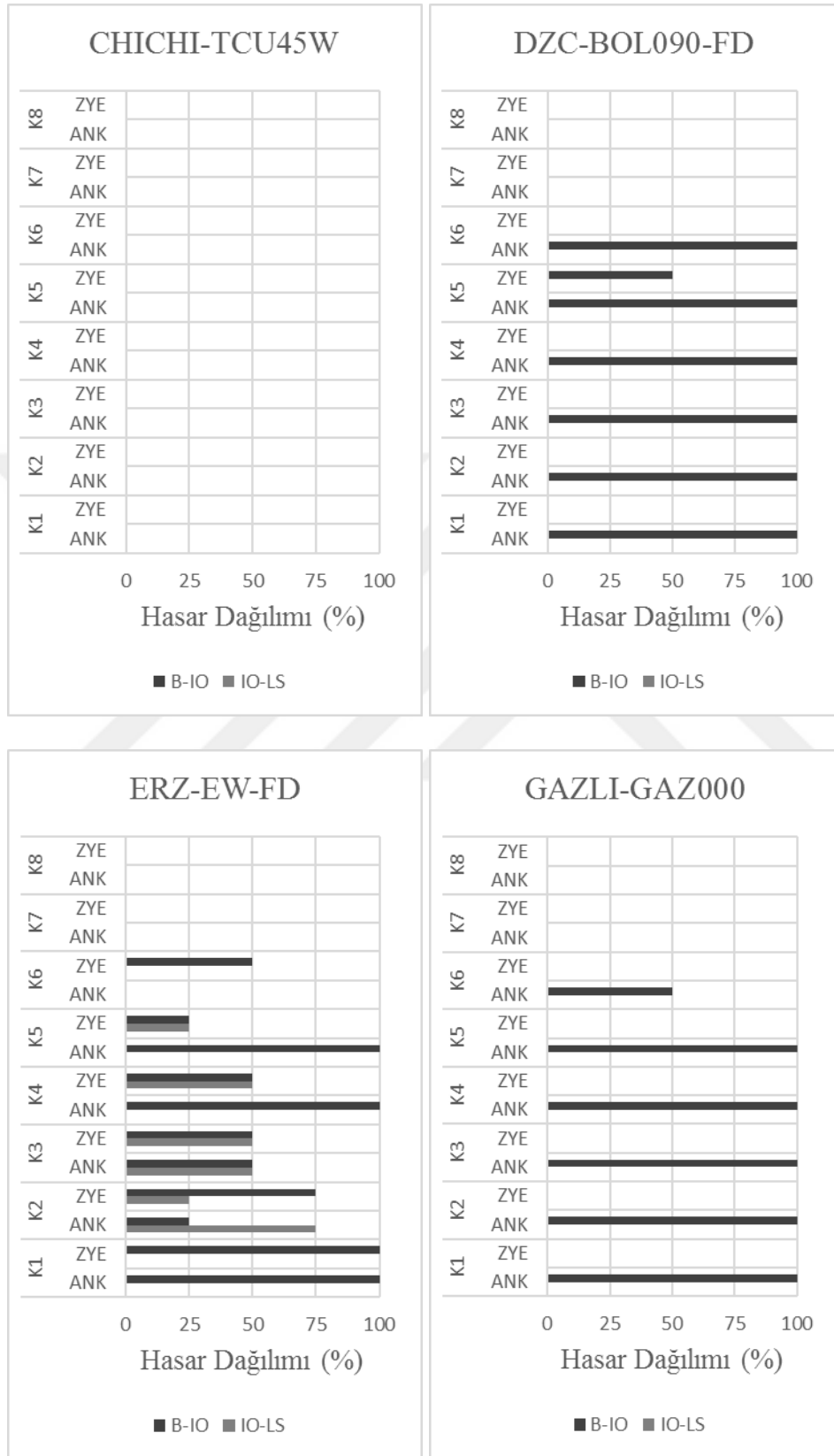
Şekil 4.30 : 8K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



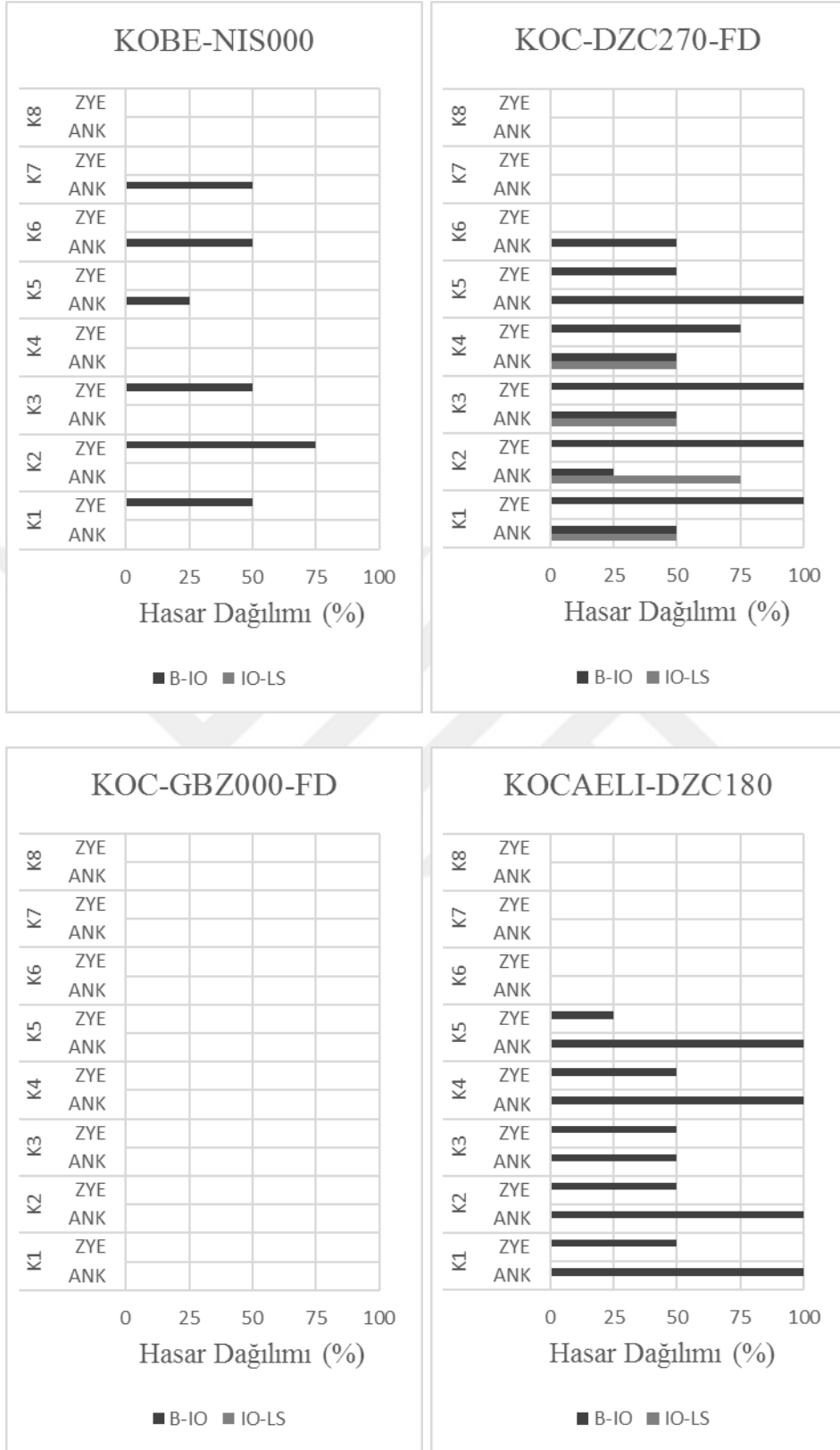
Şekil 4.30 : 8K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, zemin-yapı etkileşiminin plastik mafsallarda hasar derecelerini her zaman azaltmadığı görülmektedir. DZC-BOL090, GAZLI-GAZ000, KOC-DZC270, MORGAN-CYC285 ve NORTHR-NWH360 ivme kayıtlarında hasar dağılımında ZYE’li analizlerde bariz azalmalar görülürken kalan ivme kayıtlarında tam tersi durum gözlenmektedir. Temel dönmeleri ve deformasyonlarının kalan ivme kayıtlarında hasar dağılımlarını artırıcı etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. CHICHI-TCU45W ve KOC-GBZ000 ivme kayıtlarında her iki yaklaşımda da hasar oluşumundan söz edilememektedir.

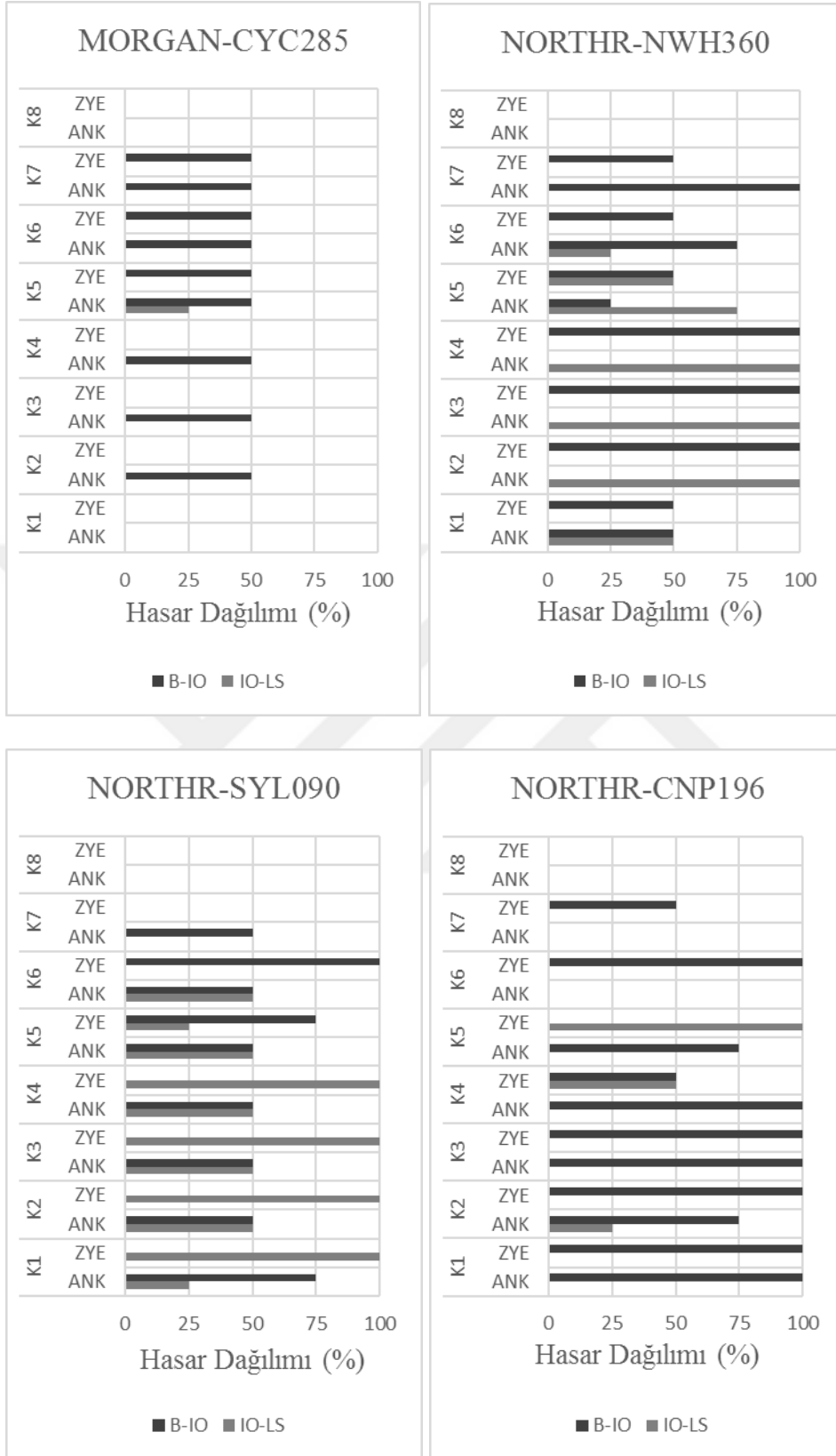
4.4.3 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



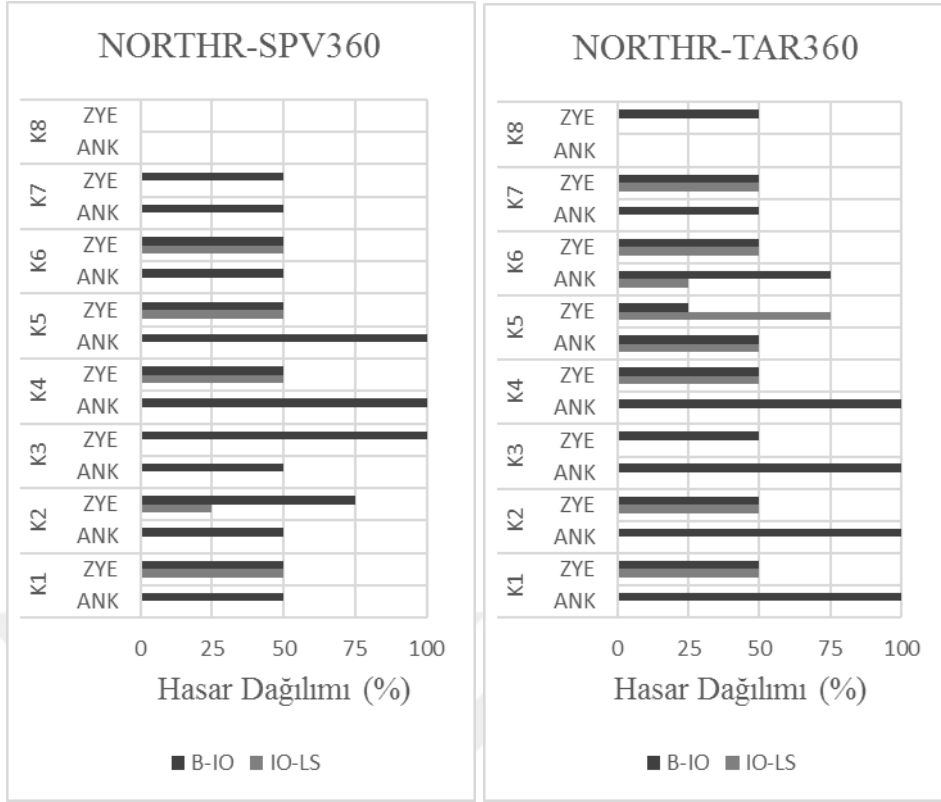
Şekil 4.31 : 8K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.31 : 8K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



Şekil 4.31 : 8K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



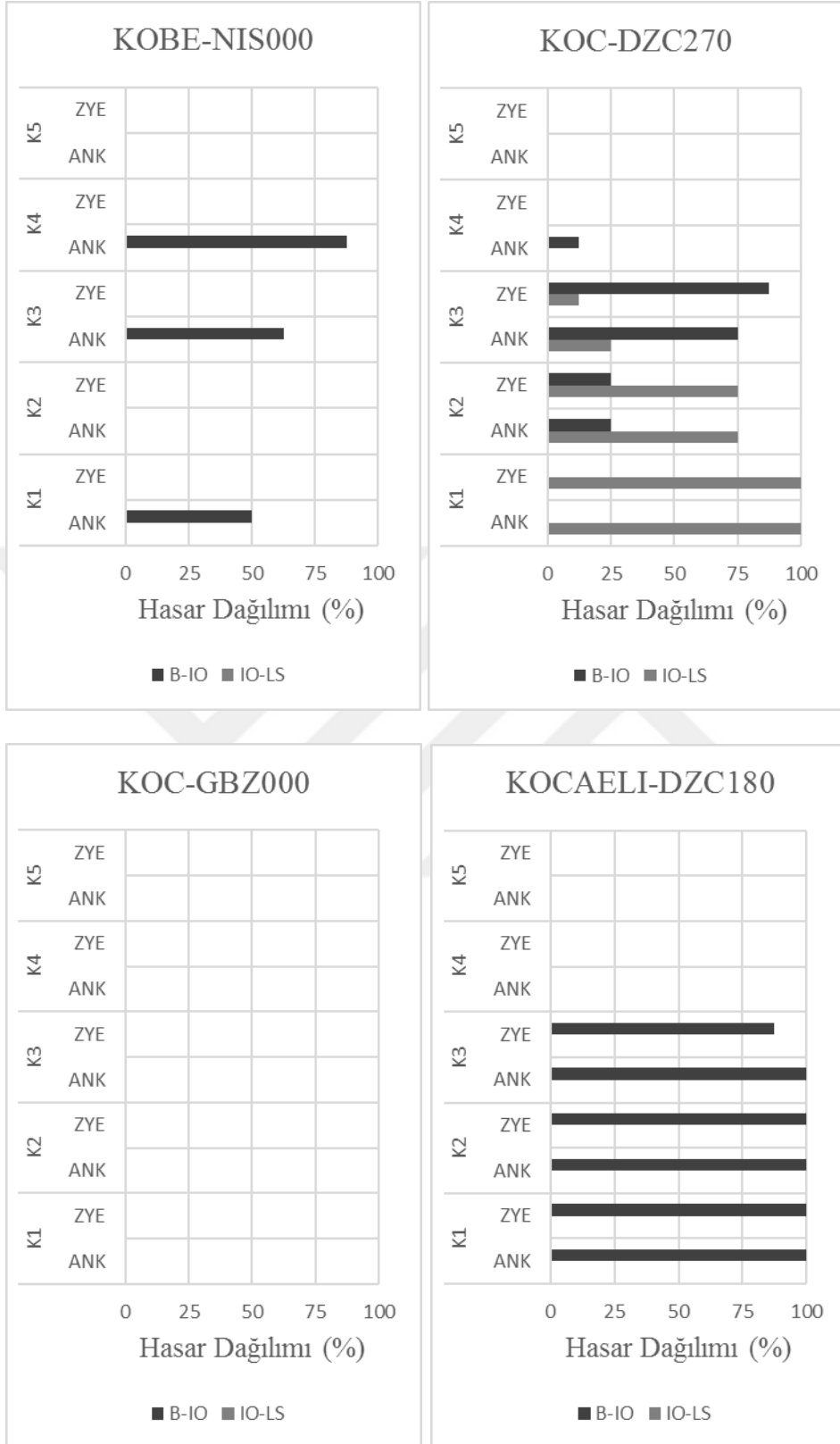
Şekil 4.31 : 8K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, zemin-yapı etkileşimli analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre her zaman hasar dağılımları ya da dereceleri üzerinde azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafiklere göre; ERZ-EW ivme kaydında üst katlara doğru ZYE’li analizde hasar dağılımının arttığı, KOBE-NIS000 ivme kaydında ZYE’li analizde ilk üç katında hasar dağılımında artış gözlemlendiği, NORTHR-SYL090 ivme kaydında ZYE’li analizde ilk dört katında hasar derecelerinde artış gözlemlendiği, NORTHR-SPV360 ve NORTHR-TAR360 ivme kayıtlarında da hasar derecelerinin arttığı gözlenmektedir. CHICHI-TCU45W ve KOC-GBZ000 ivme kayıtlarına göre her iki yaklaşımda da hasar durumu oluşmamaktadır.

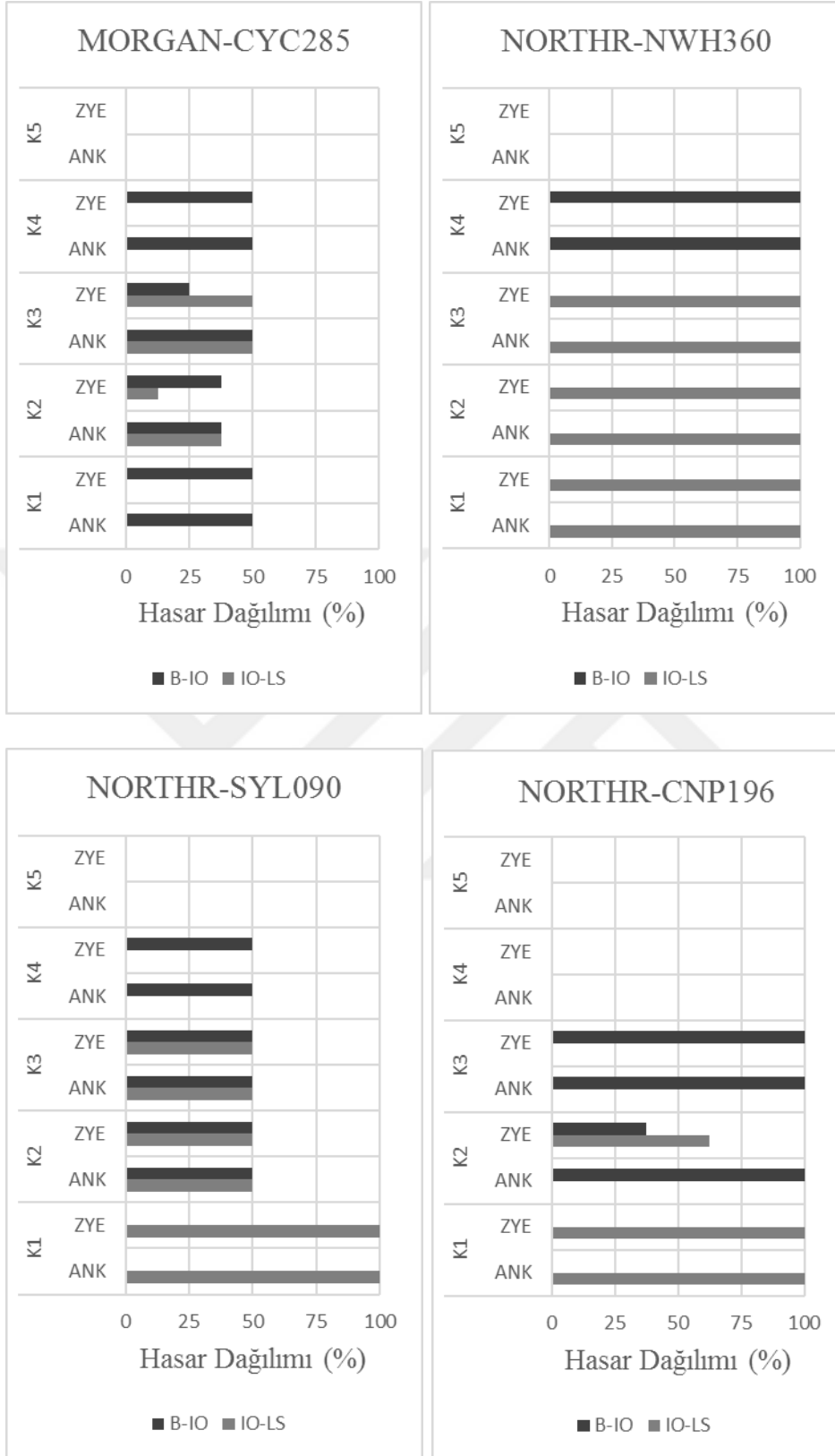
4.4.4 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



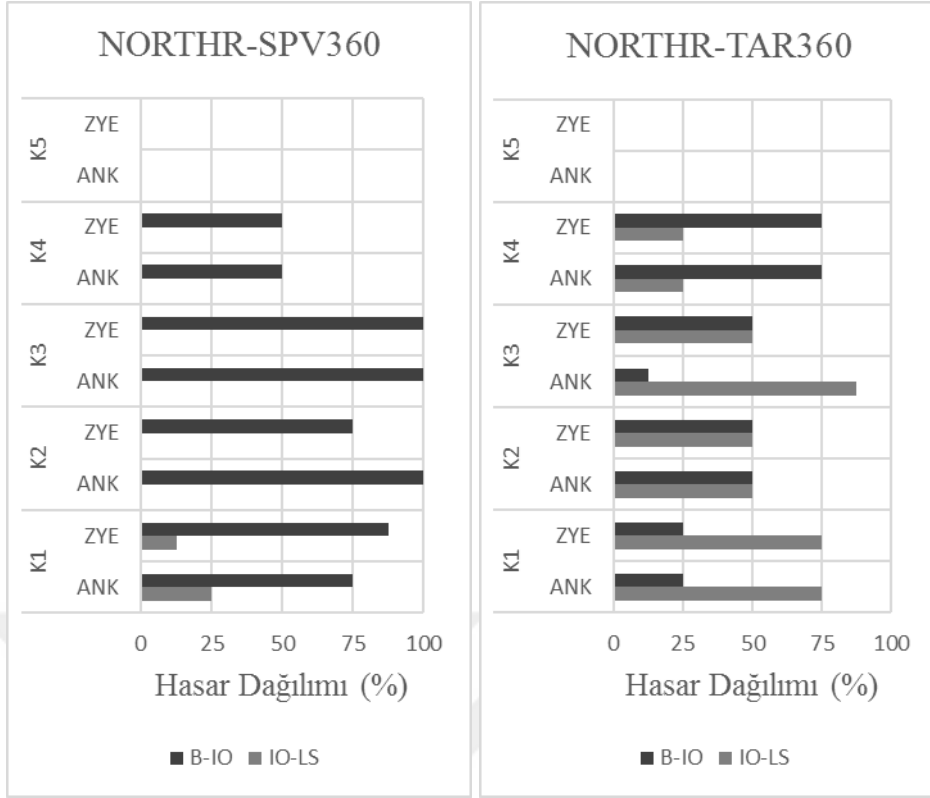
Şekil 4.32 : 5K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.32 : 5K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



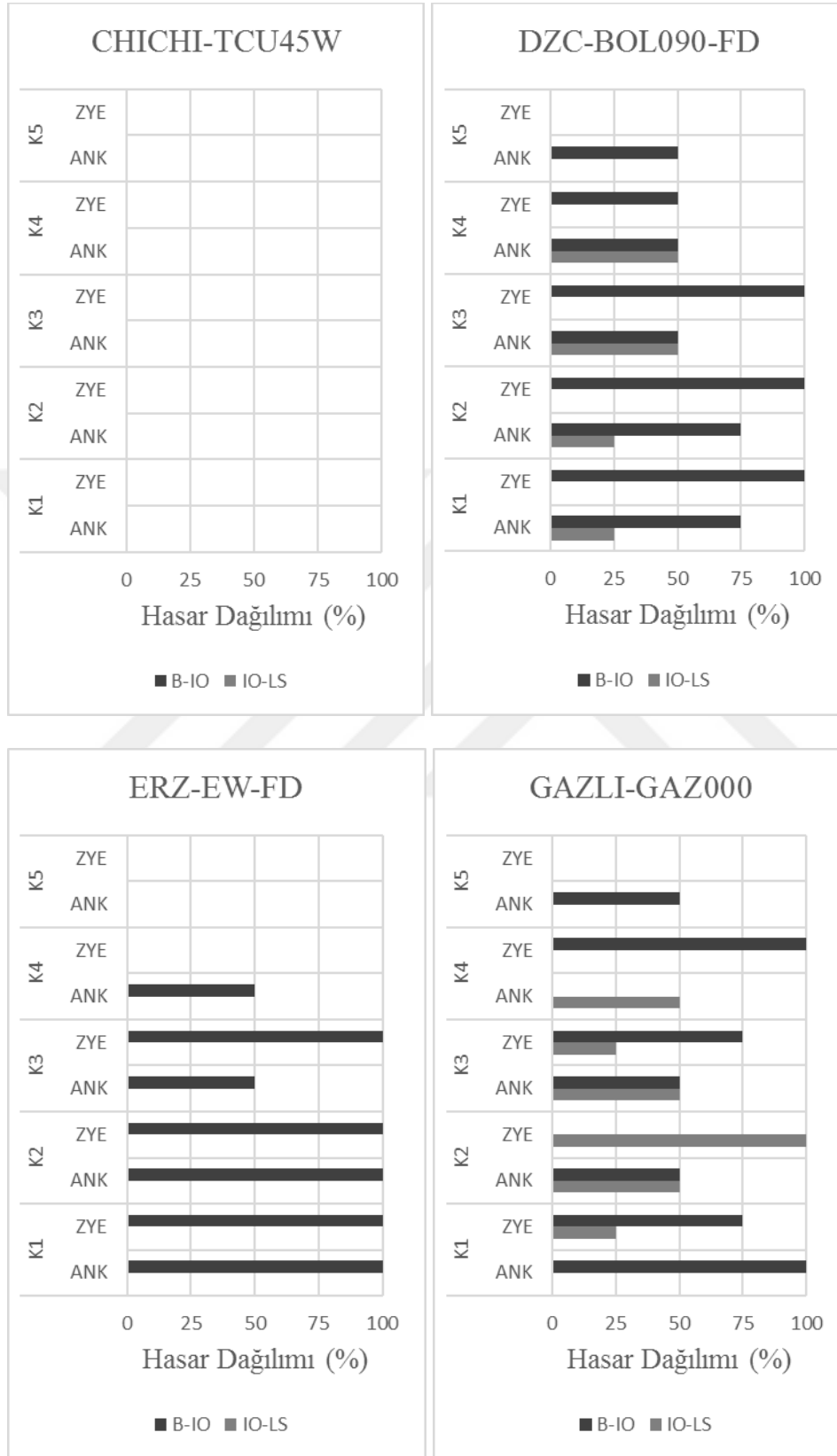
Şekil 4.32 : 5K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



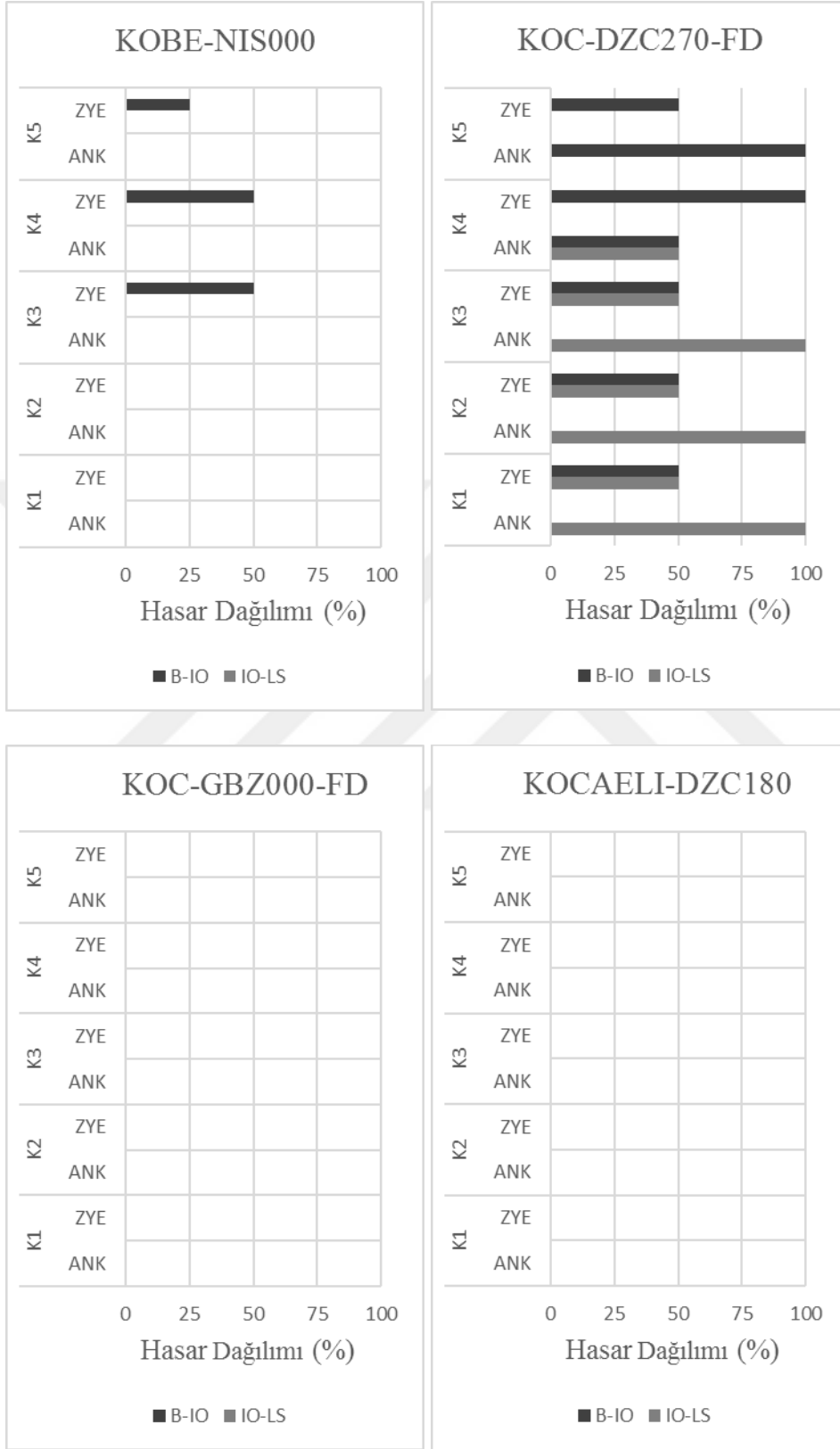
Şekil 4.32 : 5K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, ZYE’li analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımı üzerinde her zaman azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafiklere göre; DZC-BOL090 ivme kaydında ZYE’li analizlerde zemin katta hasar derecelerinde artış gözlemlendiği, son katta da hasar dağılımında artış gözlemlendiği tespit edilmiştir. MORTHR-CNP196 ivme kaydında ZYE’li analizde 2. Katta hasar derecesinde artış gözlemlendiği gözlemlenmiştir. CHICHI-TCU45W ve KOC-GBZ000 ivme kayıtlarında her iki yaklaşımda da hasar dağılımından söz edilememektedir.

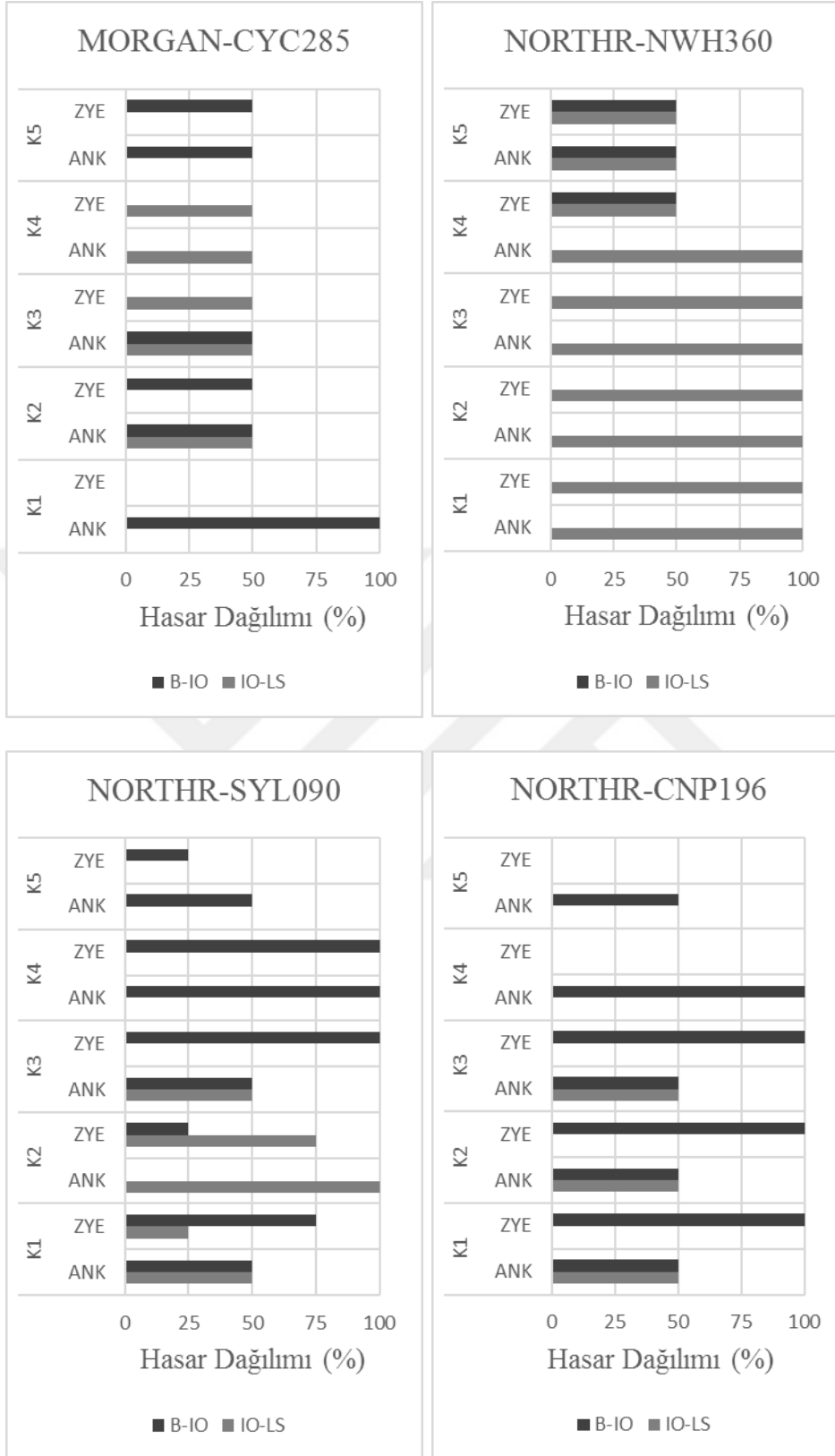
4.4.5 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



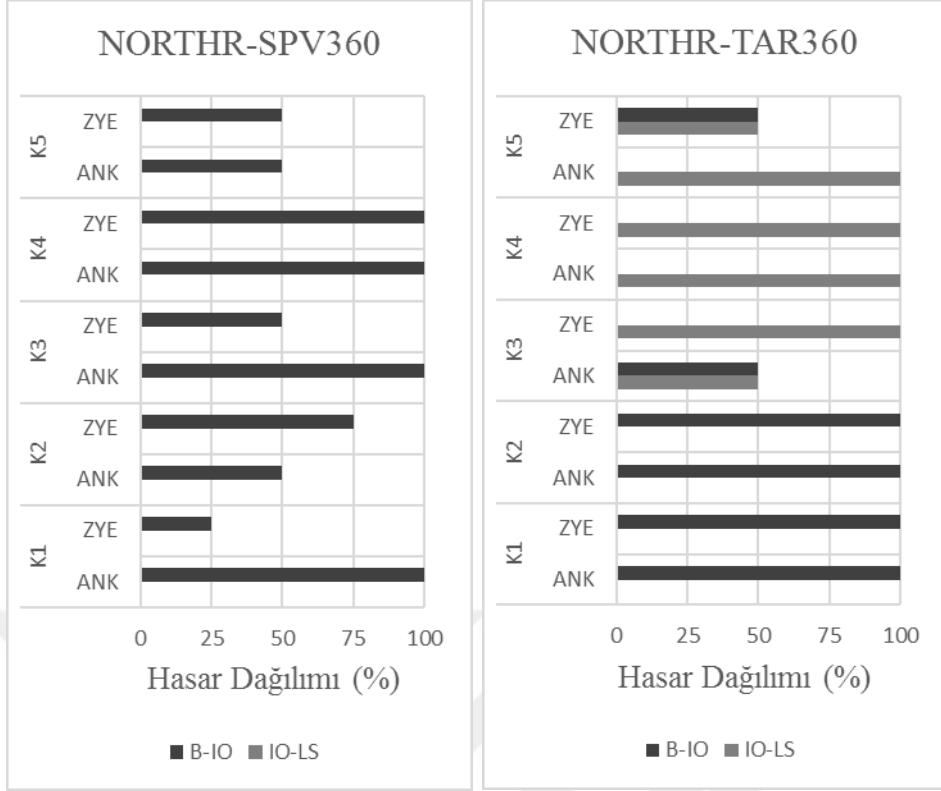
Şekil 4.33 : 5K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.33 : 5K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



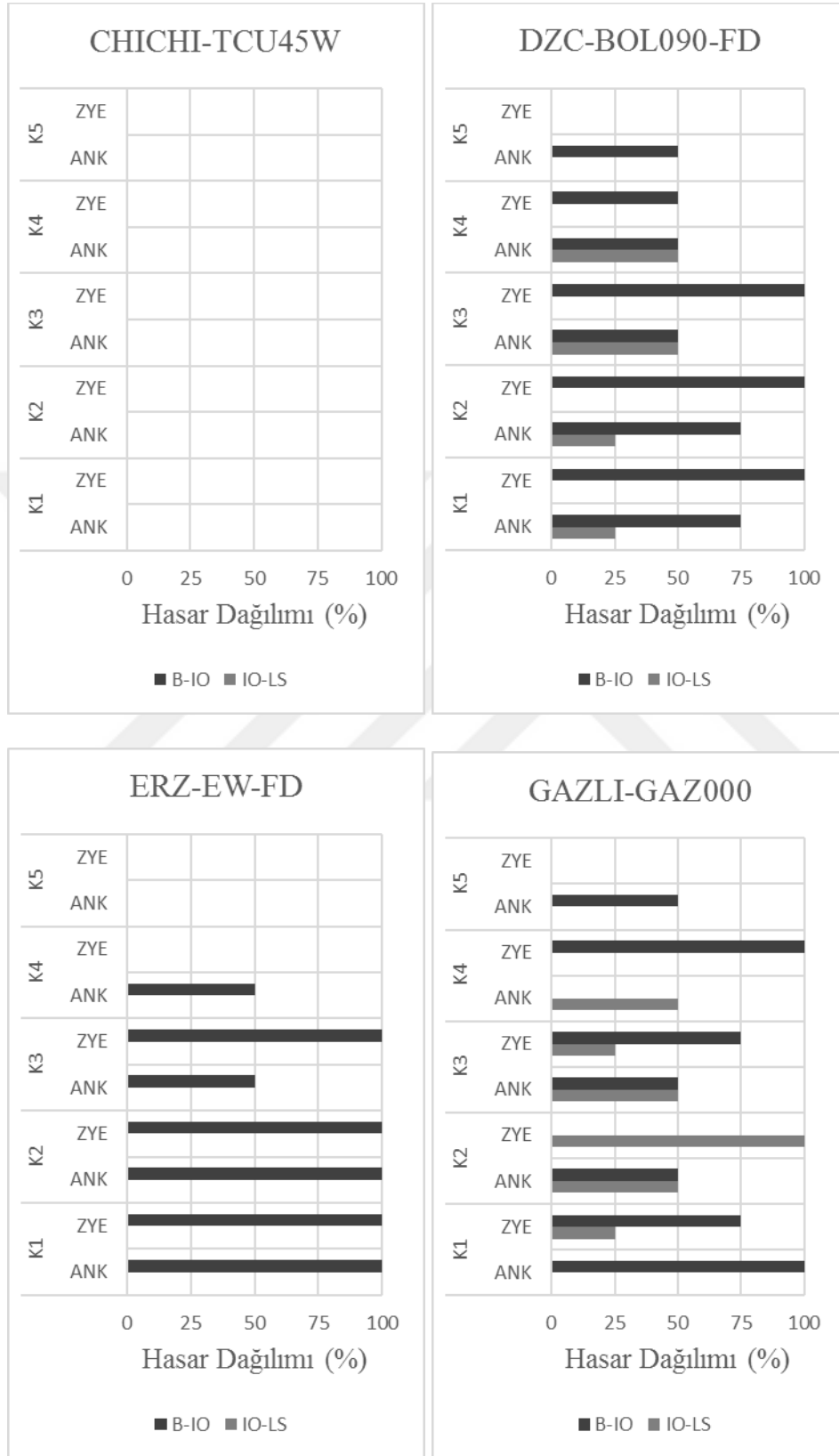
Şekil 4.33 : 5K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



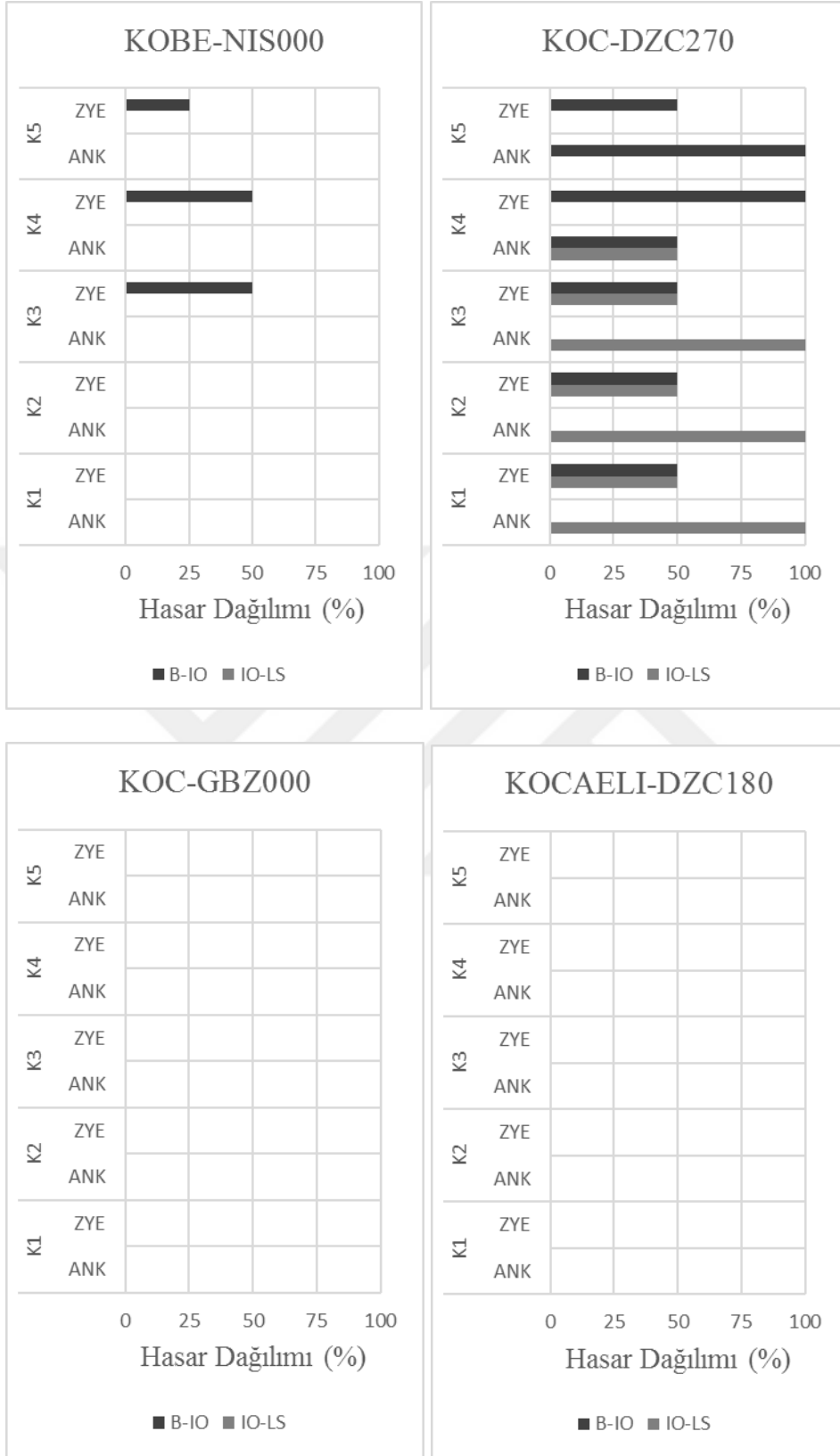
Şekil 4.33 : 5K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, ZYE’li analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımı üzerinde her zaman azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafiklere göre; ERZ-EW ivme kaydında ZYE’li analizde 3. Katta hasar dağılımının arttığı, GAZLI-GAZ000 ivme kaydında ZYE’li analizde ilk iki katta hasar derecelerinin arttığı, KOBE-NIS000 ivme kaydında ZYE’li analizde son üç katta hasar dağılımında artış gözlemlendiği görülmektedir. CHICHI-TCU45W, KOC-GBZ000 ve KOCAELI-DZC180 ivme kayıtlarında her iki yöntemde de hasar dağılımından söz edilememektedir.

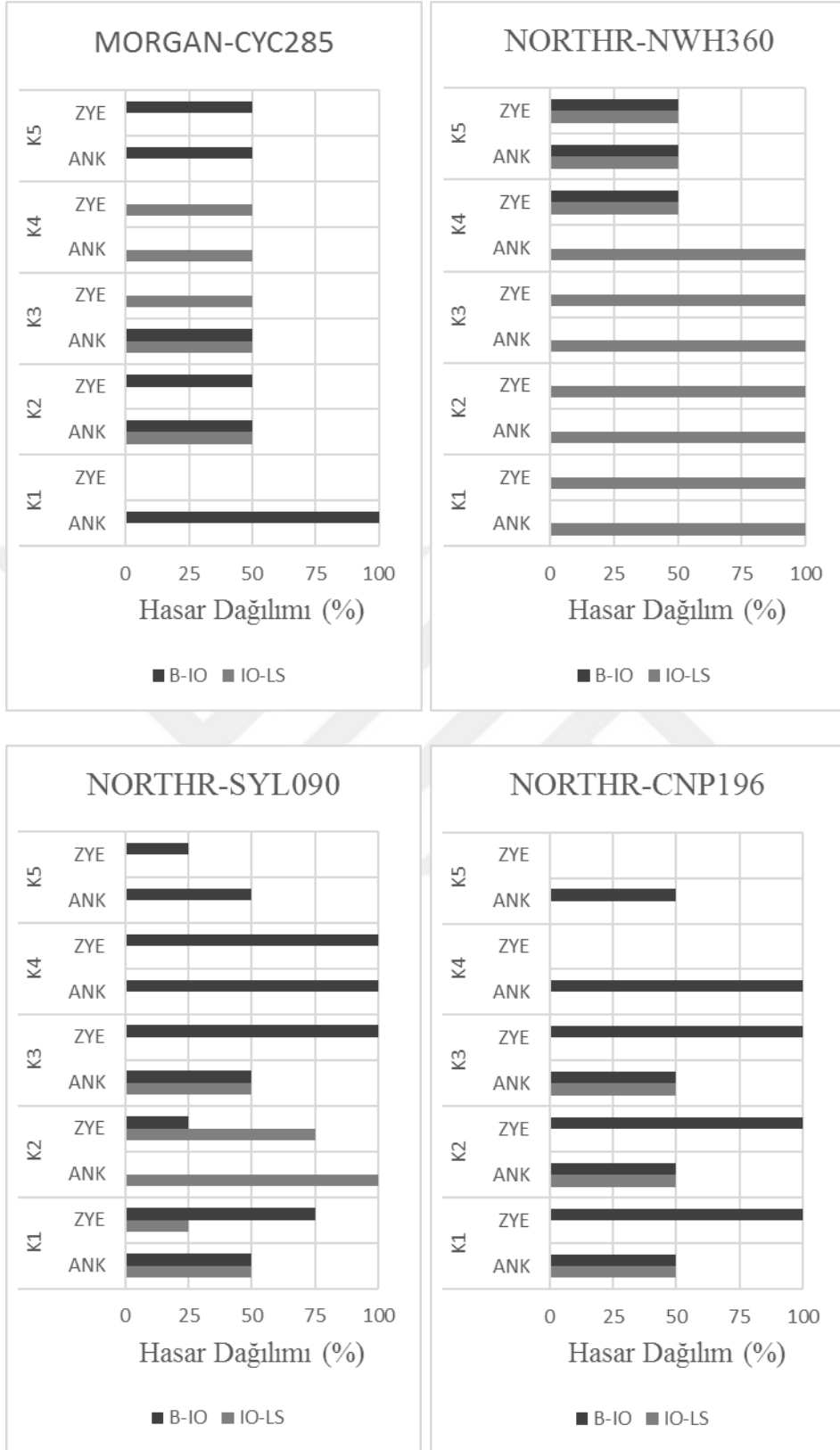
4.4.6 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



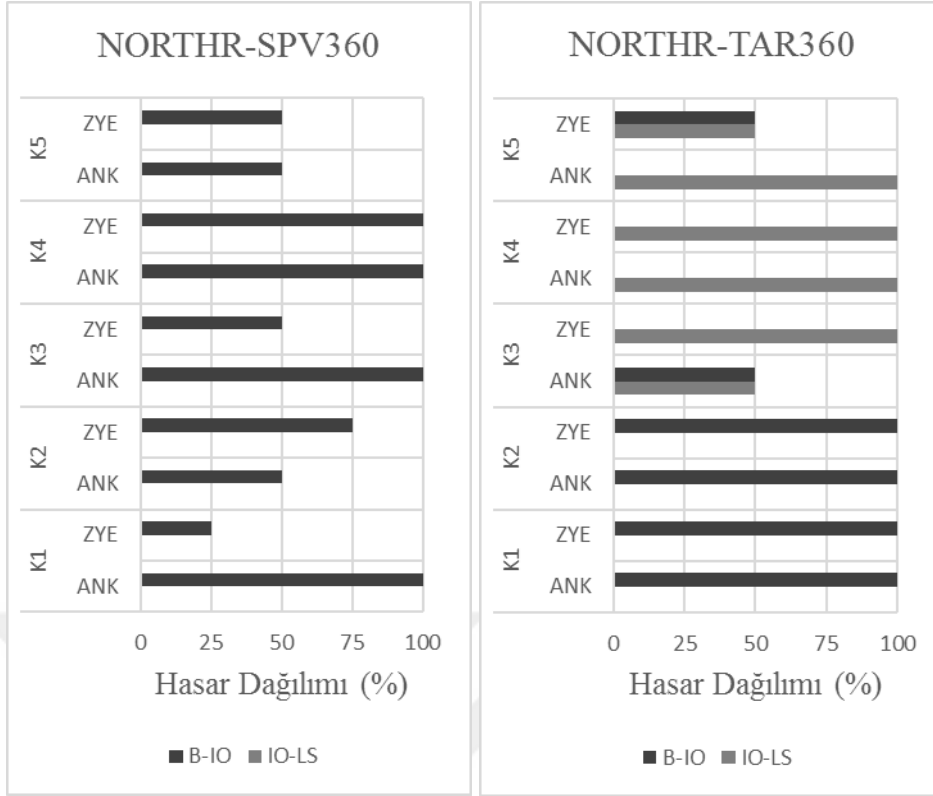
Şekil 4.34 : 5K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.34 : 5K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



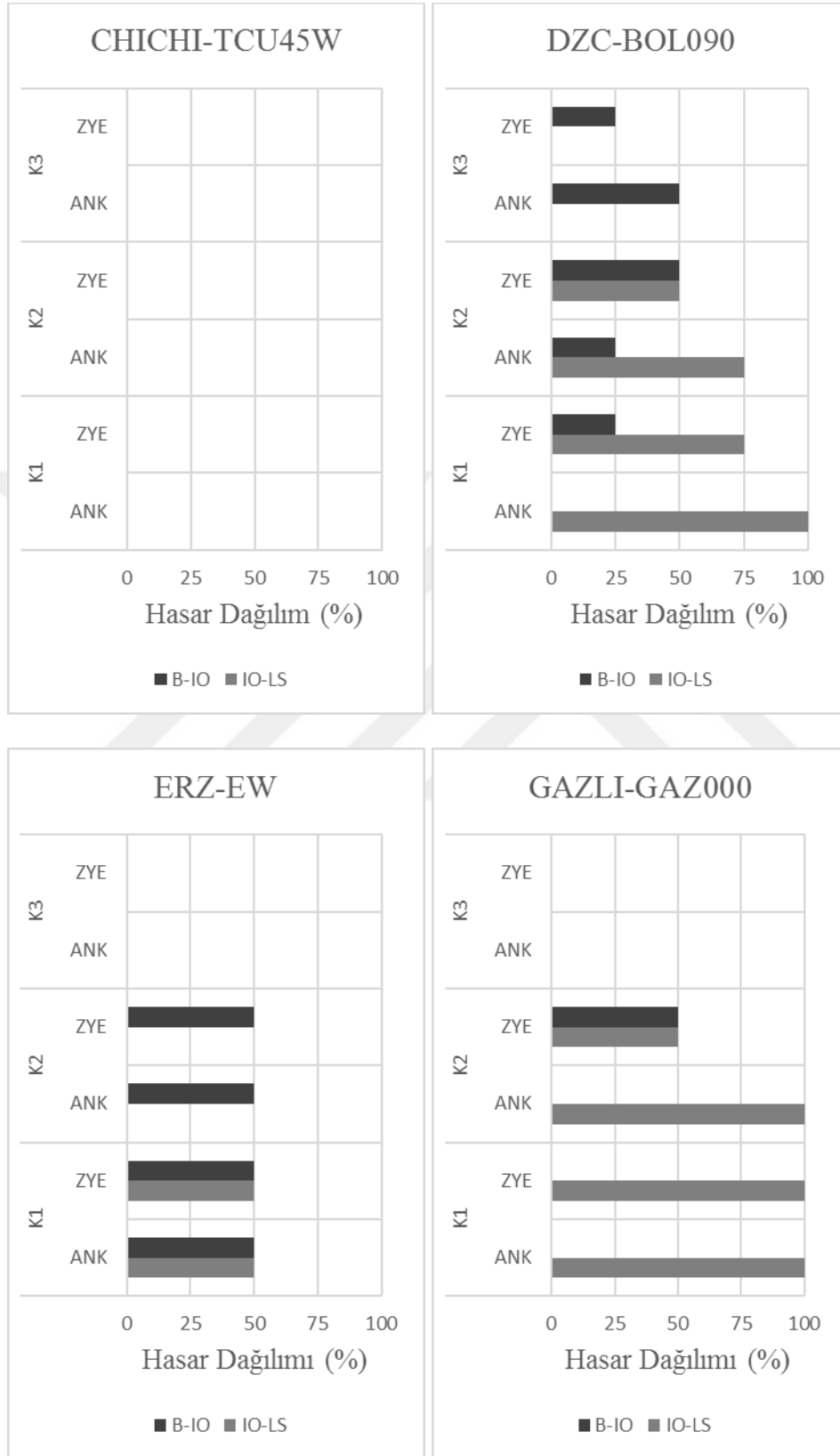
Şekil 4.34 : 5K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



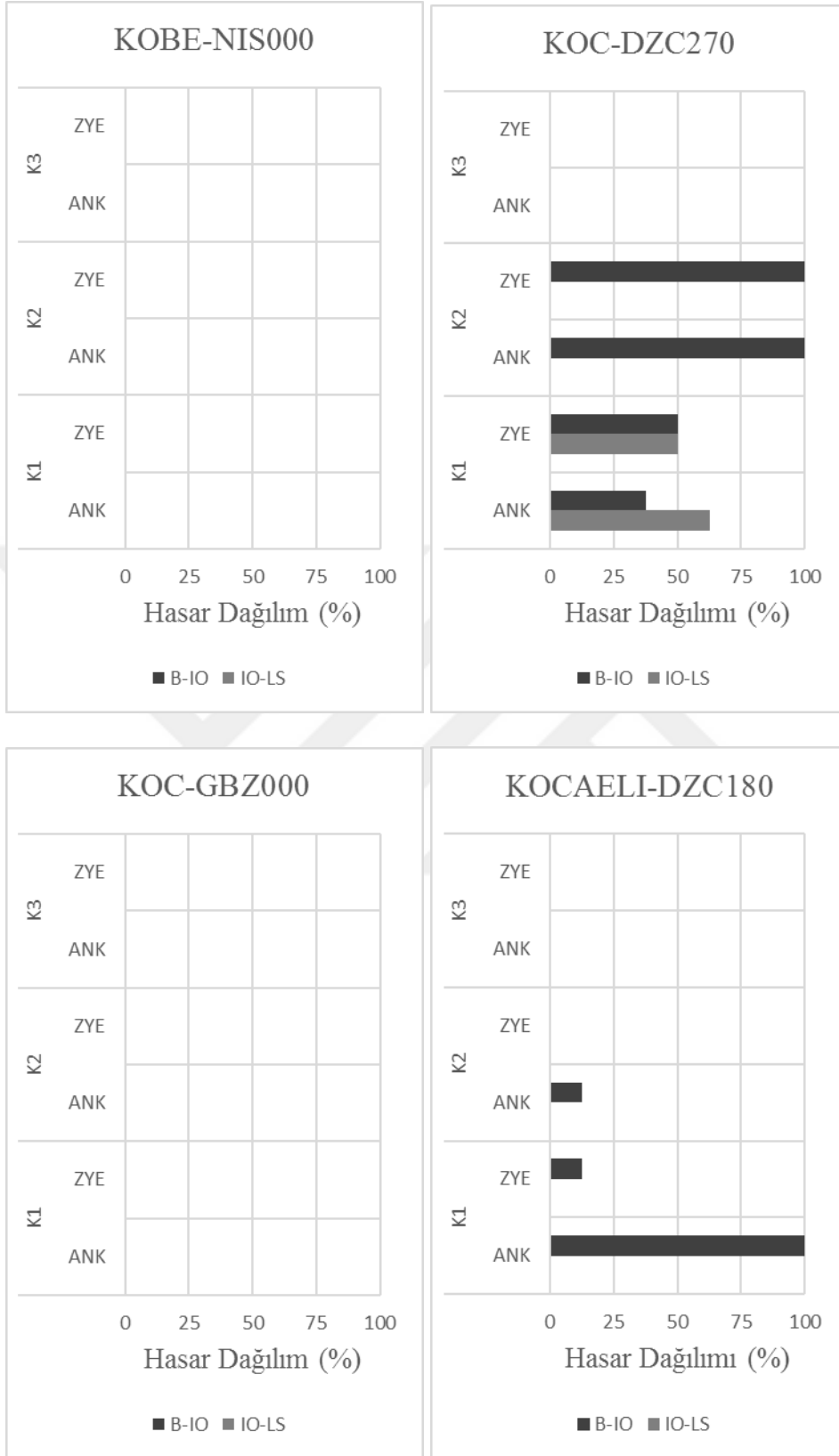
Şekil 4.34 : 5K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, ZYE’li analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımı üzerinde her zaman azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafiklere göre; ERZ-EW ivme kaydında ZYE’li analizde 3. Katta hasar dağılımının arttığı, GAZLI-GAZ000 ivme kaydında ZYE’li analizde ilk iki katta hasar derecelerinin arttığı, KOBE-NIS000 ivme kaydında ZYE’li analizde son üç katta hasar dağılımında artış görülmektedir. CHICHI-TCU45W, KOC-GBZ000 ve KOCAELI-DZC180 ivme kayıtlarında her iki yöntemde de hasar dağılımından söz edilememektedir.

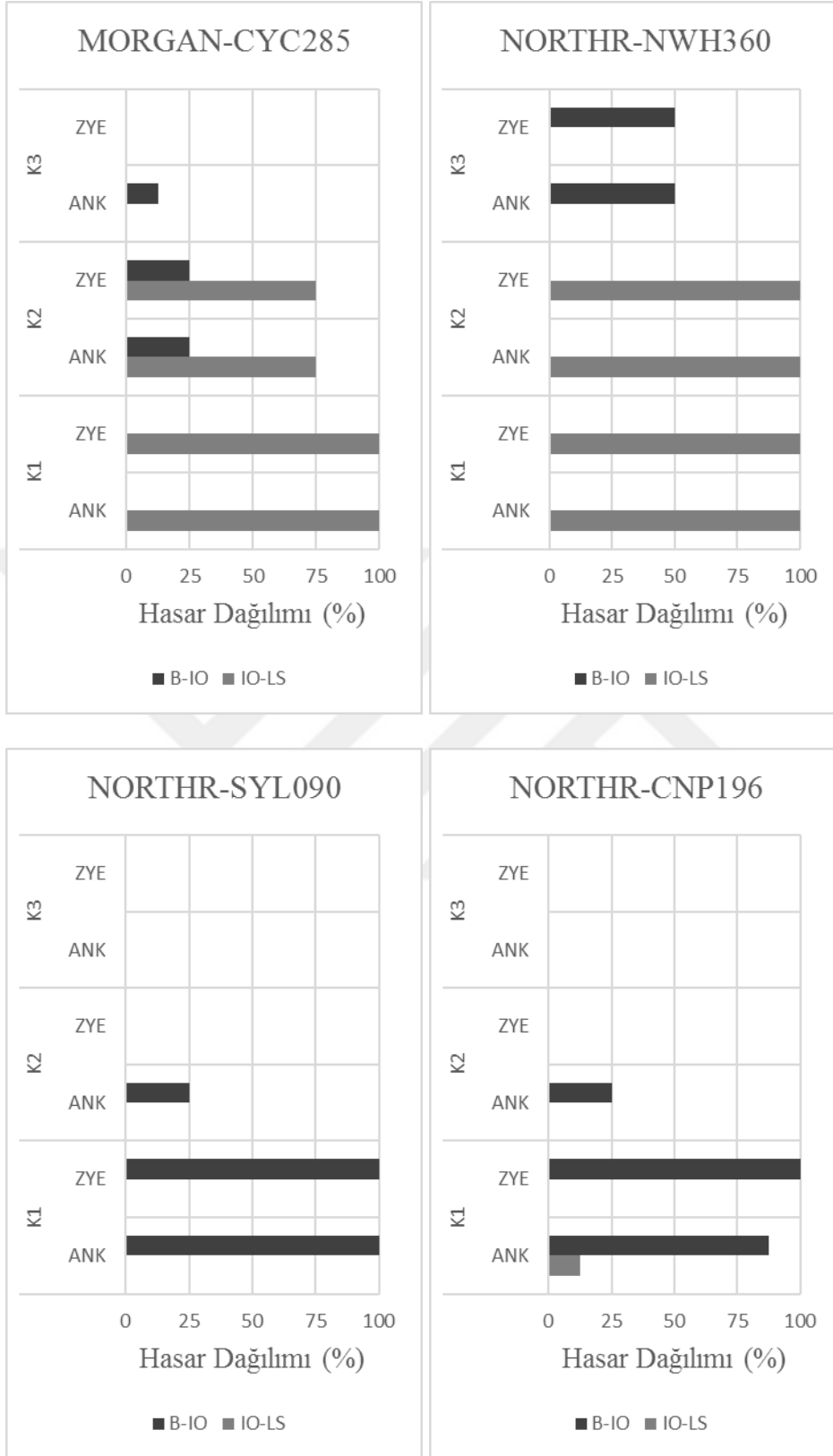
4.4.7 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



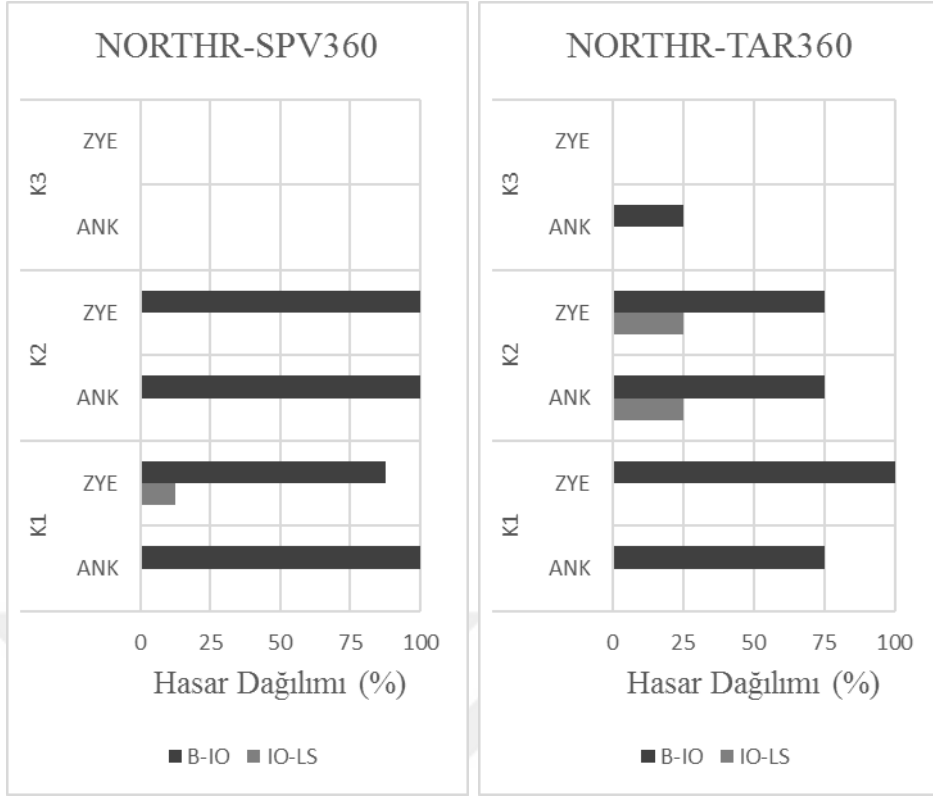
Şekil 4.35 : 3K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.35 : 3K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



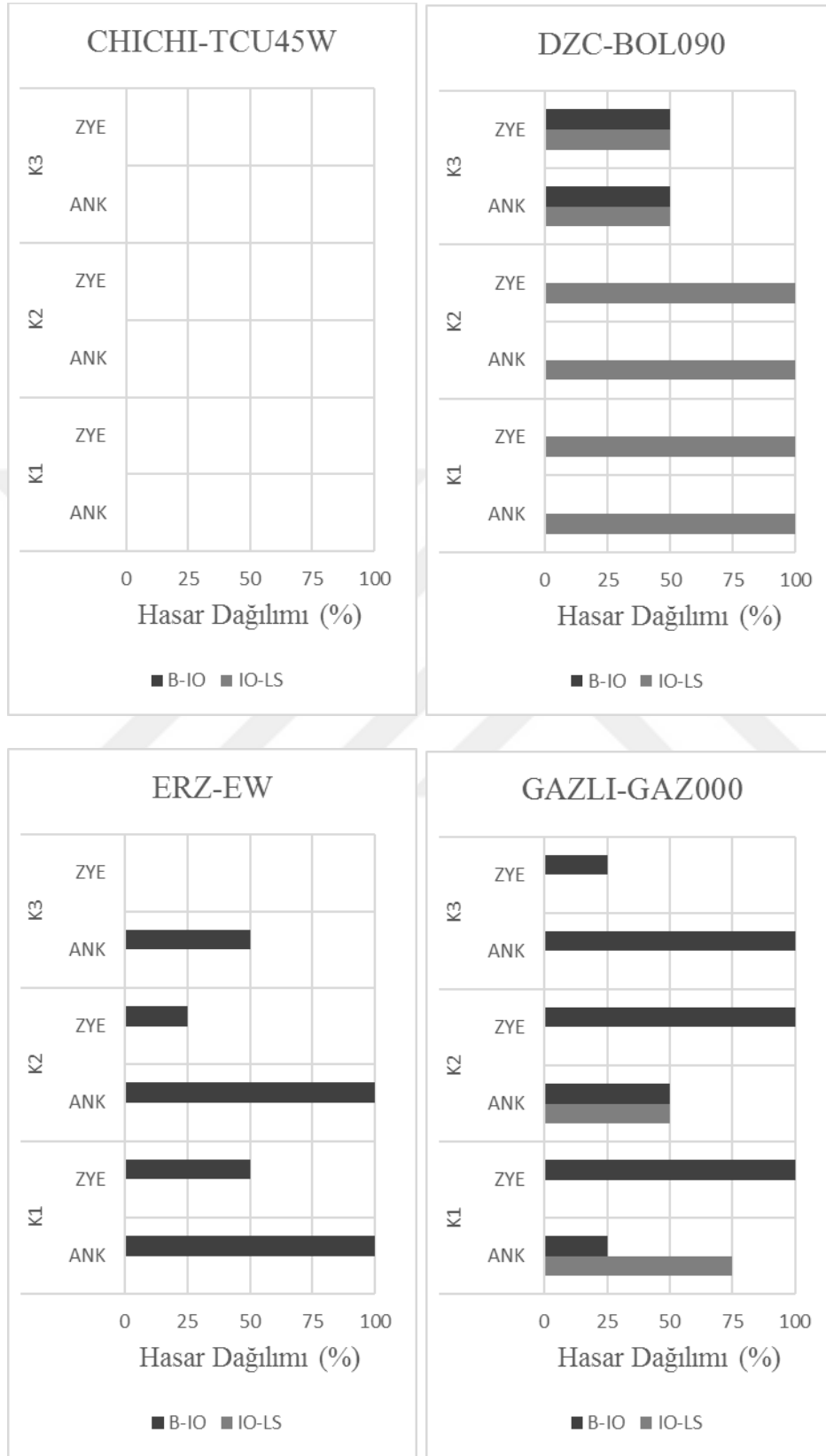
Şekil 4.35 : 3K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



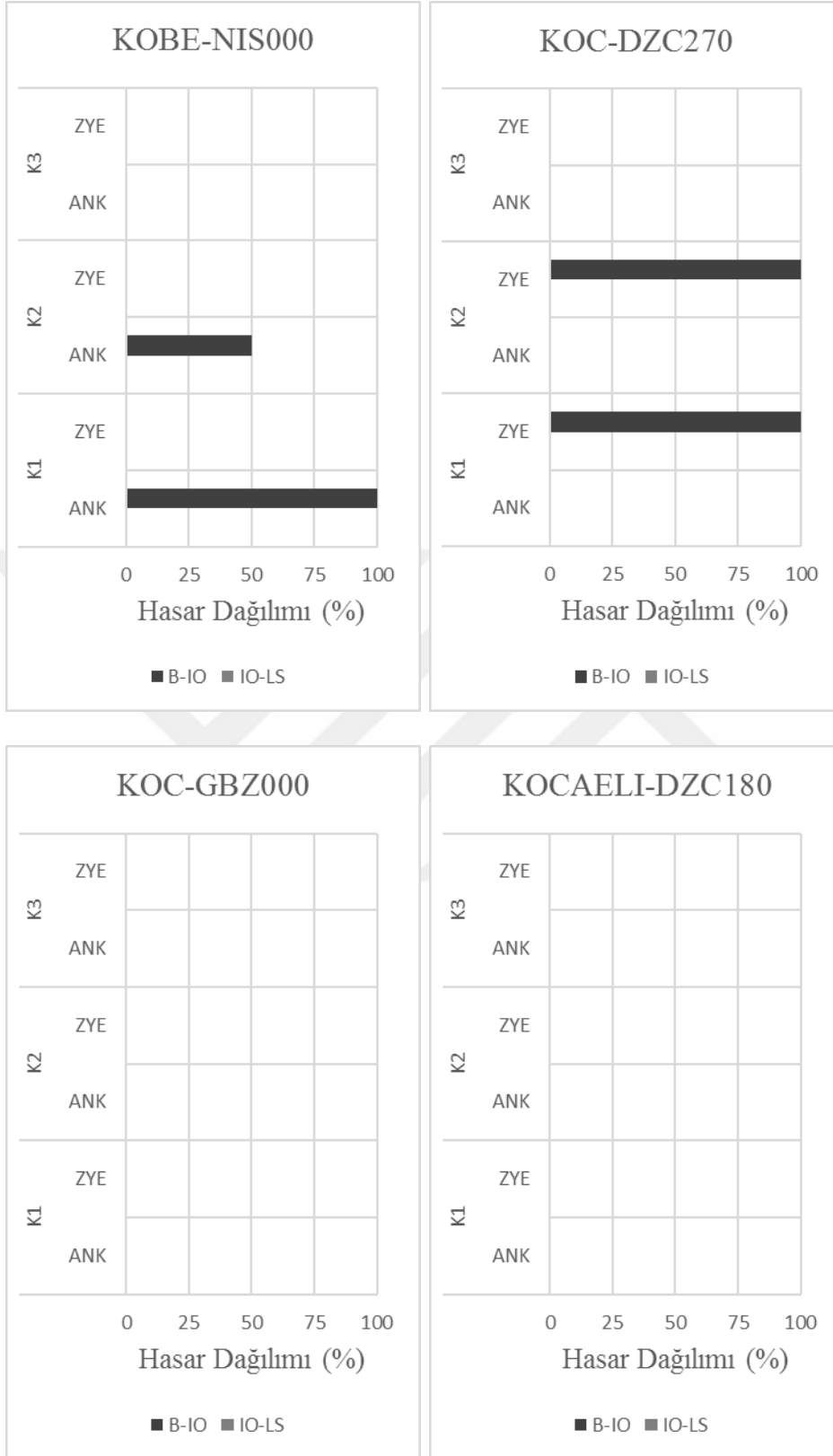
Şekil 4.35 : 3K_2-2 Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, ZYE’li analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımı üzerinde her zaman azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafıklara göre; NORTHHR-SPV360 ivme kaydında ZYE’li analizde zemin katta hasar derecesinin arttığı, NORTHHR-TAR360 ivme kaydında ZYE’li analizde yine zemin katta hasar dağılımının arttığı görülmektedir. CHICHI-TCU45W, KOC-GBZ000 ve KOBE-NIS000 ivme kayıtlarında her iki yöntemde de hasar dağılımından söz edilememektedir.

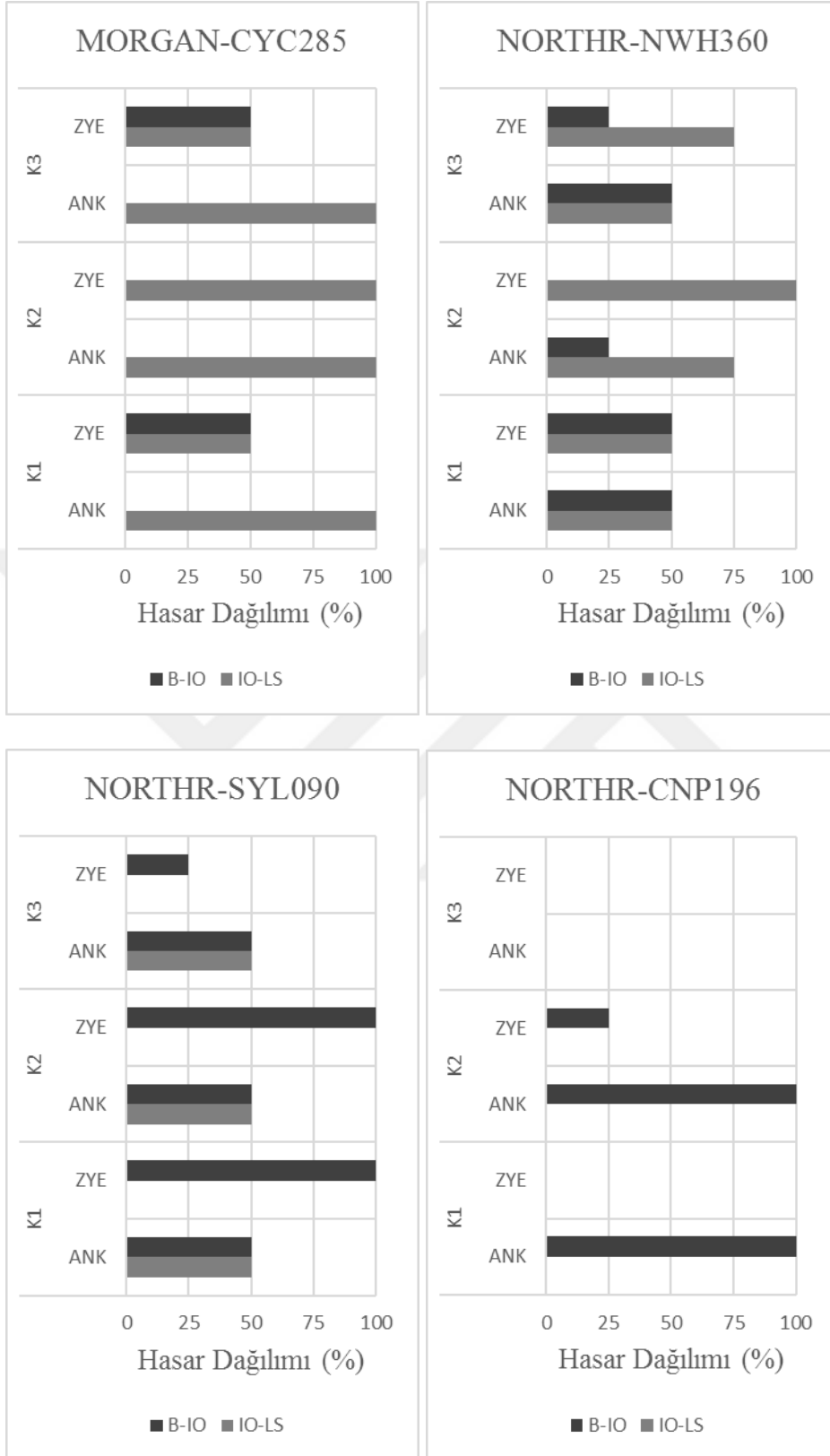
4.4.8 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



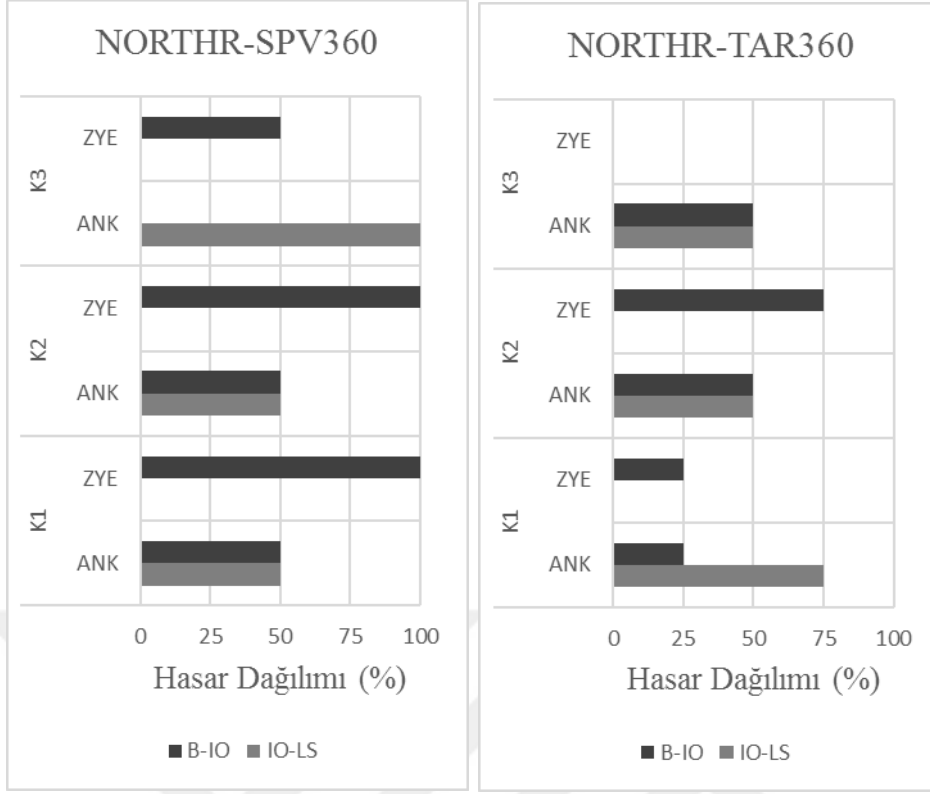
Şekil 4.36 : 3K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.36 : 3K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



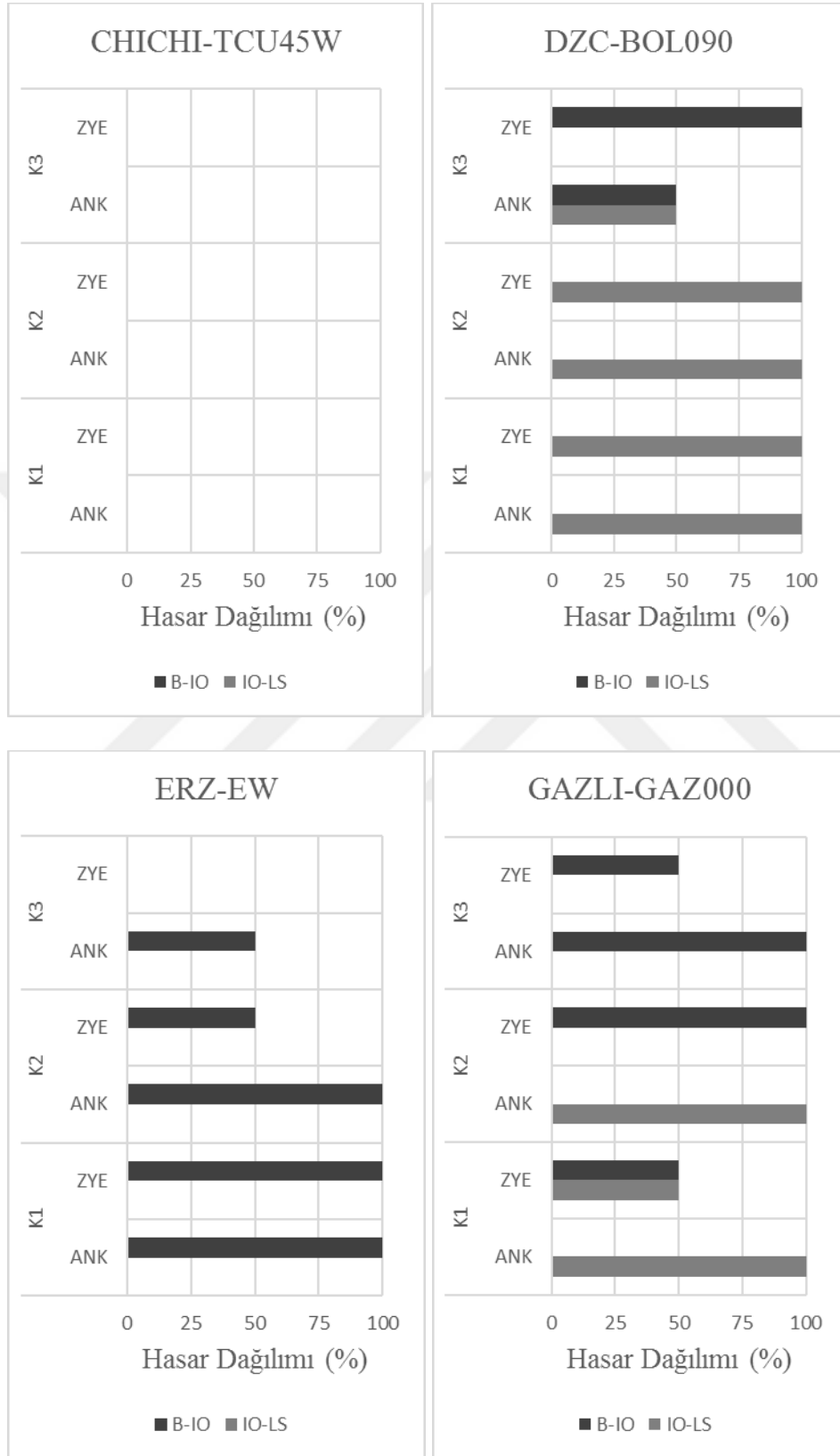
Şekil 4.36 : 3K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



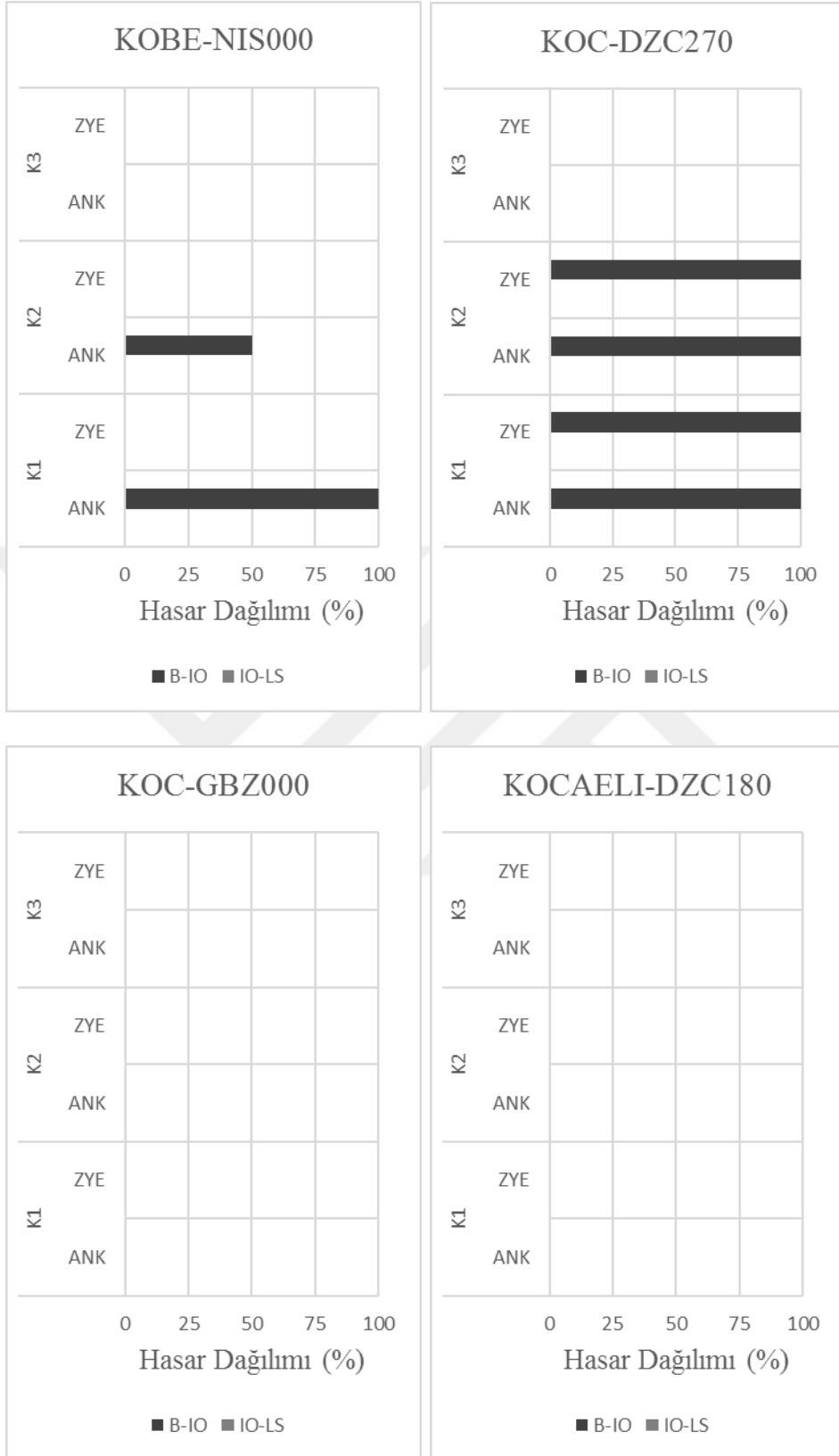
Şekil 4.36 : 3K_B-B Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, ZYE’li analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımı üzerinde her zaman azaltıcı etkisinin olduğu söylenememektedir. Grafiklere göre; KOC-DZC270 ivme kaydında ZYE’li analizde ilk iki katta hasar dağılımlarının arttığı görülmektedir. CHICHI-TCU45W, KOC-GBZ000 ve KOCAELI-DZC180 ivme kayıtlarında her iki yöntemde de hasar dağılımından söz edilememektedir.

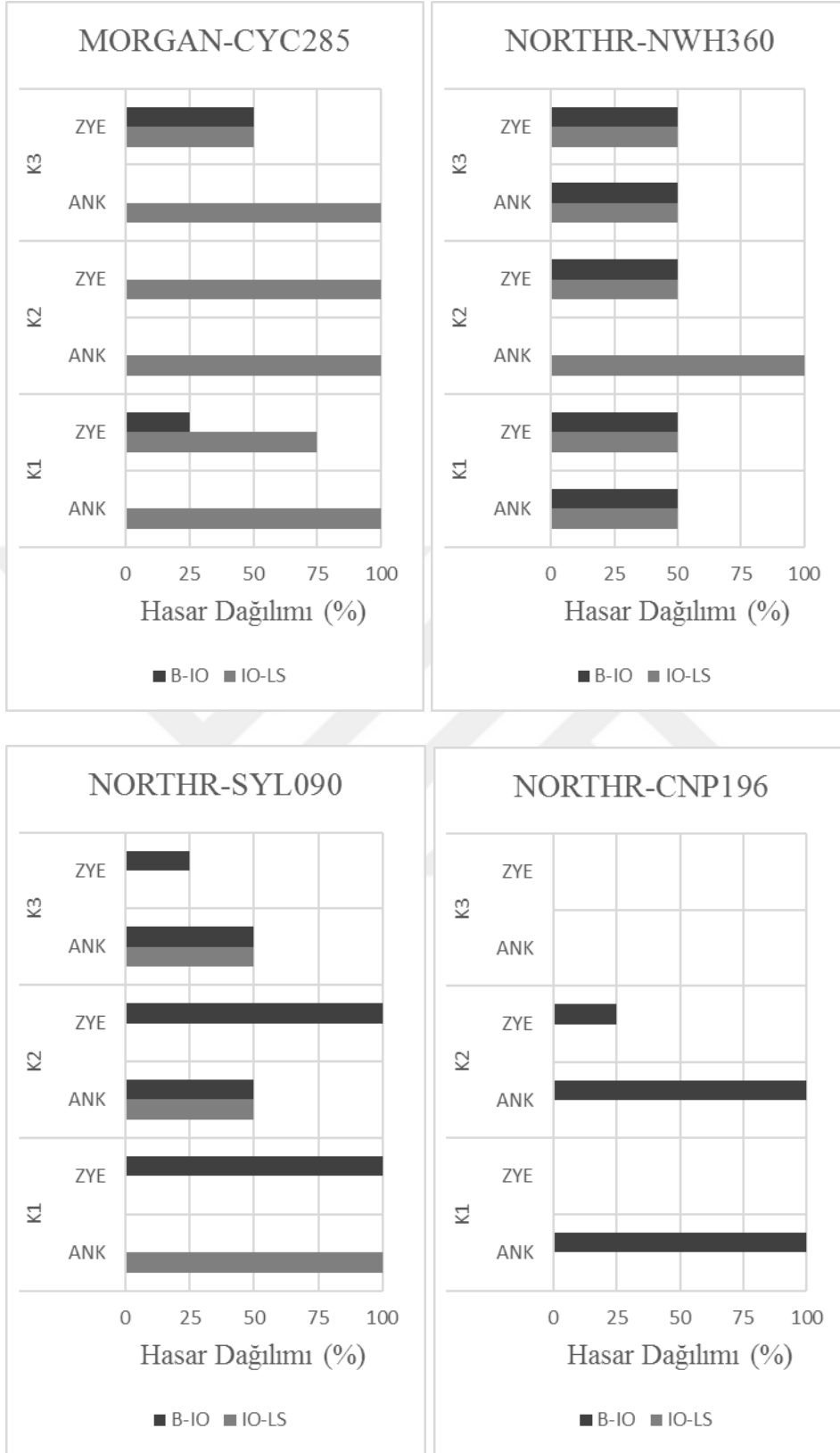
4.4.9 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



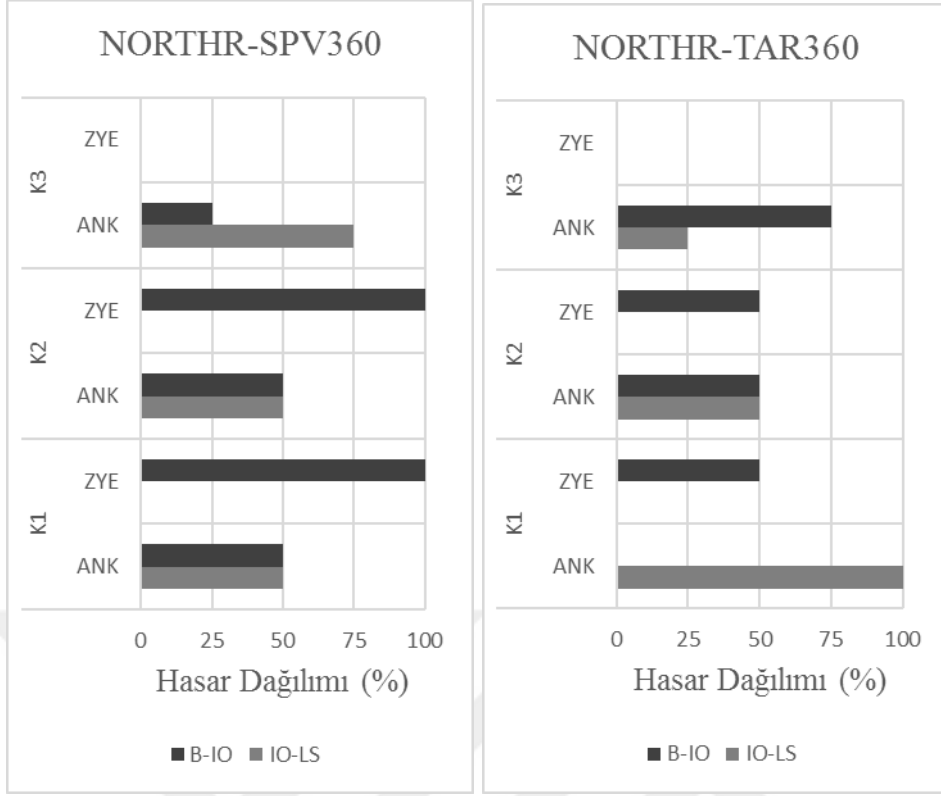
Şekil 4.37 : 3K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.37 : 3K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



Şekil 4.37 : 3K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)



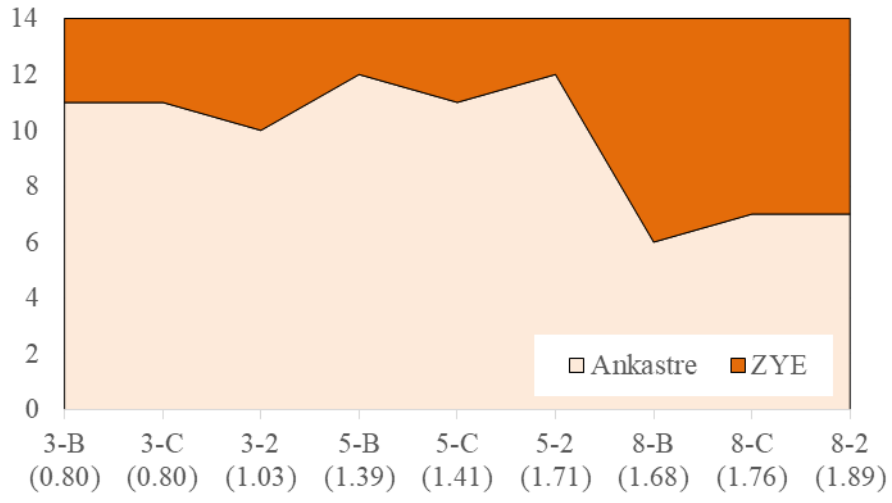
Şekil 4.37 : 3K_C-C Hasar Dağılımlarının Karşılaştırılması (Devamı)

Sonuçlar incelendiğinde, zemin-yapı etkileşimli analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre hasar dağılımını azaltıcı etkisinin olduğu görülmektedir. CHICHI-TCU45W, KOC-GBZ000 ve KOCAELI-DZC180 ivme kayıtlarında her iki yöntemde de hasar oluşumu gözlenmemektedir.

4.5 Sonuçların Genel Değerlendirmesi

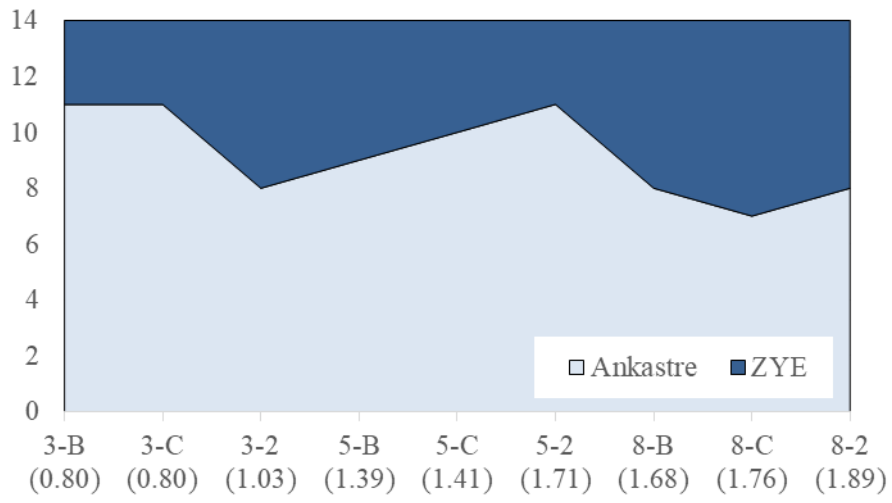
7’şerden 2 set, toplam 14 adet deprem kaydı altında her birinde 3 farklı model olmak üzere 3 farklı kat sayısına sahip yapıların zemin yapı etkileşim modellerinin elastik olmayan davranışları incelendiğinde yapılara ait taleplerin kimi zaman sınırlandığı kimi zaman ise artma eğiliminde olduğu bu bölümde yer alan başlıklar altında gösterilmiş bulunmaktadır. Daha önceki alt başlıklarda sunulmuş olan sonuçların ışığı altında kat sayısı ve yapıların birinci doğal titreşim periyotları arttıkça yapı zemin etkileşim modeli ile etkilenme olasılıklarının arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.38-4.40).

Maksimum Çatı Deplasmanı Değişimi



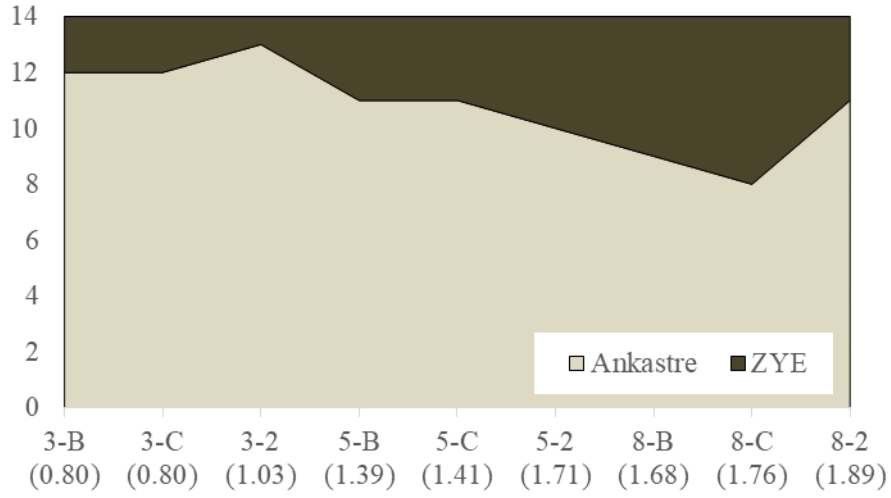
Şekil 4.38 : Maksimum çatı deplasmanı talebinde artım olasılığı

Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı Değişimi



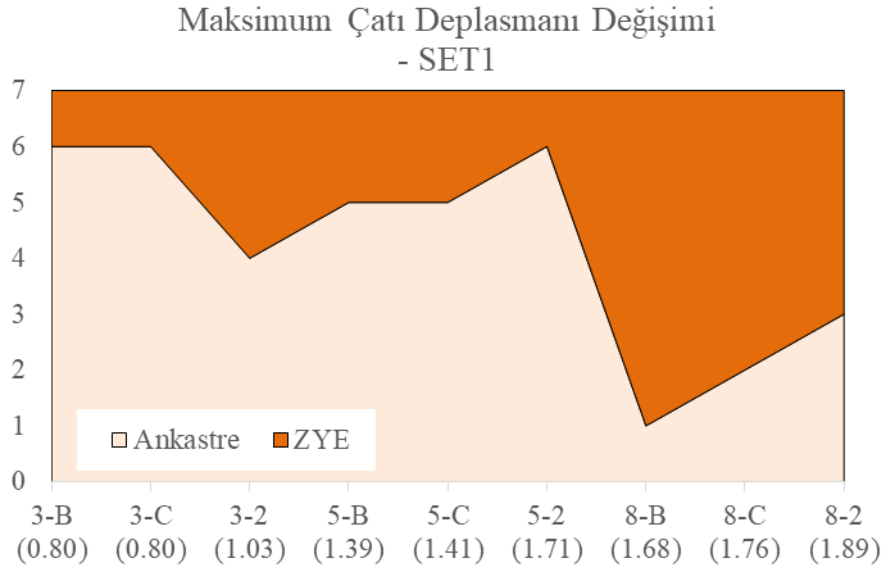
Şekil 4.39 : Maksimum görelî kat ötelemesi oranında artım olasılığı

Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değişimi

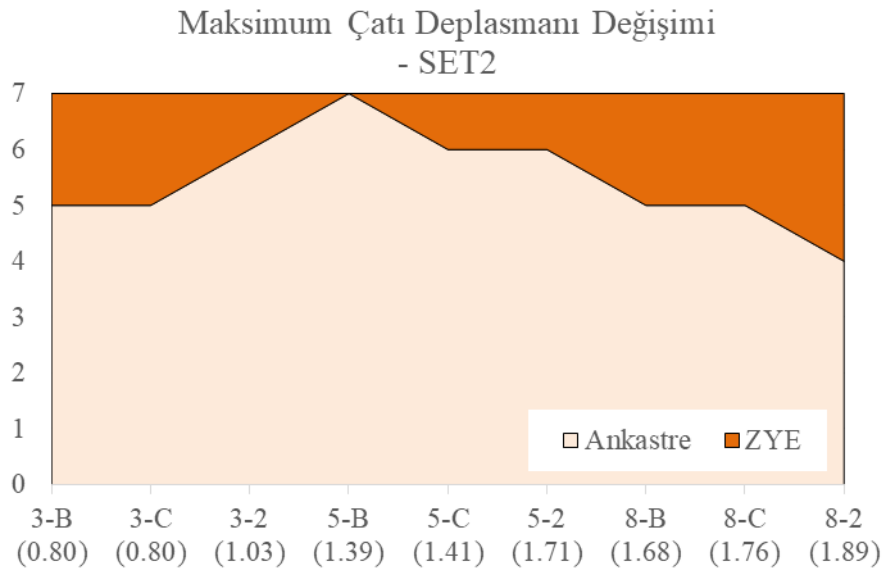


Şekil 4.40 : Maksimum taban kesme kuvveti talebinde artım olasılığı

Gözlemlenen maksimum çatı deplasman talepleri incelendiğinde Set1 grubunda yer alan deprem kayıtlarında çatı deplasman taleplerinde artış olasılığı daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.41 ve 4.42). Set1 grubunda yer alan Gazlı-GAZ000 ile Set2 grubunda yer alan Kocaeli-GBZ000 ve Morgan-CYC285 depremlerinin hiçbir yapı grubunda çatı deplasman taleplerinin artmasına sebep olmadıkları görülmüştür (Şekil 4.43). Maksimum çatı deplasman talebindeki oransal değişim değerlendirildiğinde, incelenmiş olan 126 senaryoda gözlemlenen çatı deplasman talepleri 0.922 ortalama ile ankastre zemin modellerinde ortaya çıkan taleplerin altına inmiş olmakla birlikte (Şekil 4.43) 3 katlı yapılarda 10 , 5 katlı yapılarda 7, 8 katlı yapılarda ise 22 senaryoda (her bir grupta 42 senaryo olmak üzere) artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.41 ve 4.42). Bu artımlarda oranlar 3 katlı ve 5 katlı yapılarda sırasıyla %17.0 ve %13.4 ile sınırlı iken 8 katlı yapılarda daha geniş bir yelpazede dağılım göstererek %61.1'e kadar çıkmıştır. 8 katlı yapılarda gözlemlenen çatı deplasman taleplerindeki artım eğilimi Set1 grubunda yer alan deprem kayıtları altında 15 farklı senaryoda %18.9 ortalama ile ön plana çıkmıştır.

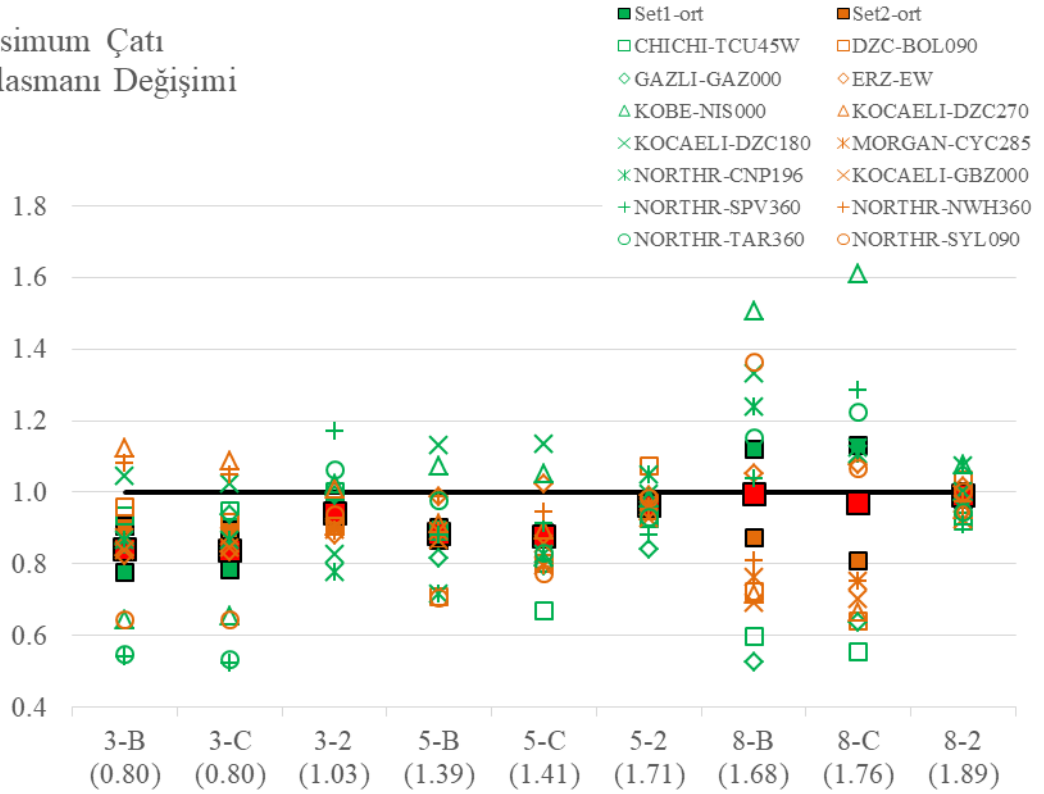


Şekil 4.41 : Maksimum çatı deplasmanı talebinde artım olasılığı – Set1



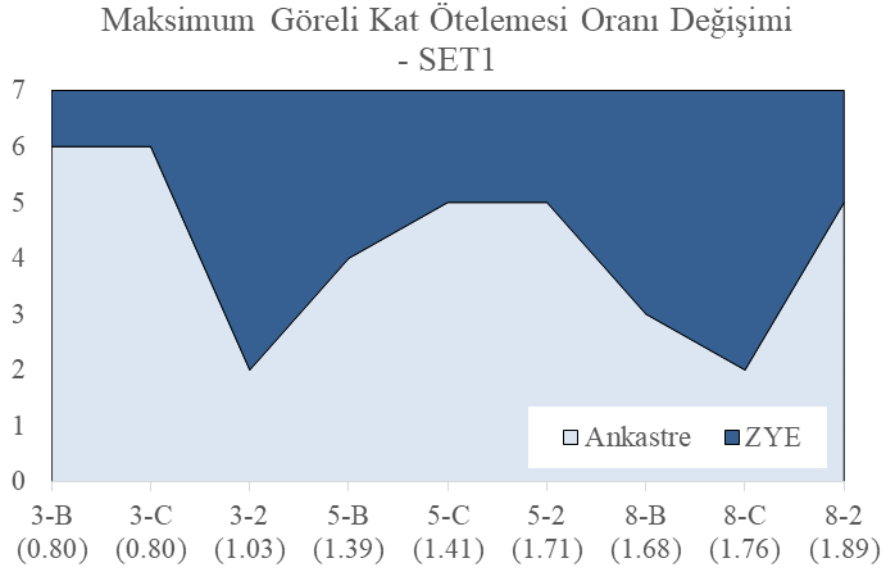
Şekil 4.42 : Maksimum çatı deplasmanı talebinde artım olasılığı – Set2

Maksimum Çatı Deplasmanı Değişimi

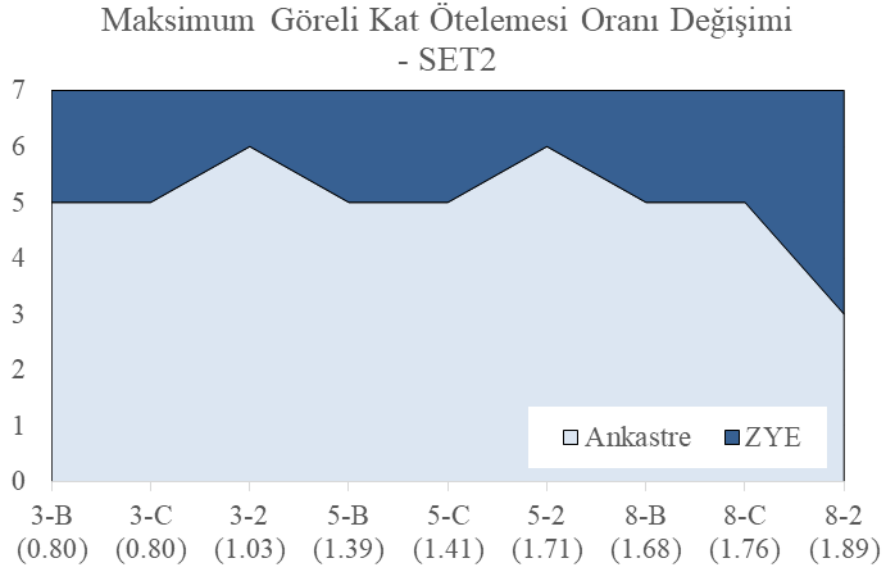


Şekil 4.43 : Maksimum çatı deplasmanı talebinde değişim oranları

Gözlemlenen maksimum görelî kat ötelemesi oranı talepleri incelendiğinde Set1 grubunda yer alan deprem kayıtlarında artış olasılığı daha belirgin ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.44 ve 4.45). Yalnızca Set2 grubunda yer alan Kocaeli-GBZ000 depreminin hiçbir yapı grubunda görelî kat ötelemesi oranı taleplerinin artmasına sebep olmadığı görülmüştür (Şekil 4.46). Maksimum görelî kat ötelemesi talebinde gözlemlenmiş olan oransal değişimler ele alındığında, incelenmiş olan 126 senaryoda gözlemlenen maksimum görelî kat ötelemesi oranı talepleri 0.939 ortalama ile ankastre zemin modellerinde ortaya çıkan taleplerin altına inmiş olmakla birlikte (Şekil 4.46) 3 katlı yapılarda 15 , 5 katlı yapılarda 12, 8 katlı yapılarda ise 19 senaryoda (her bir grupta 42 senaryo olmak üzere) artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.44 ve 4.45). Bu artımlarda oranlar 3 katlı yapılarda %21.2 ile sınırlı iken 5 katlı ve 8 katlı yapılarda (8 katlı yapılarda daha geniş bir yelpazede dağılım göstererek) sırasıyla %73.7 ve %68.6 değerlerine ulaşmıştır. 8 katlı yapılarda gözlemlenen çatı deplasman taleplerindeki artım eğilimi Set1 grubunda yer alan deprem kayıtları altında 11 farklı senaryoda %21.2 ortalama ile ön plana çıkmıştır.

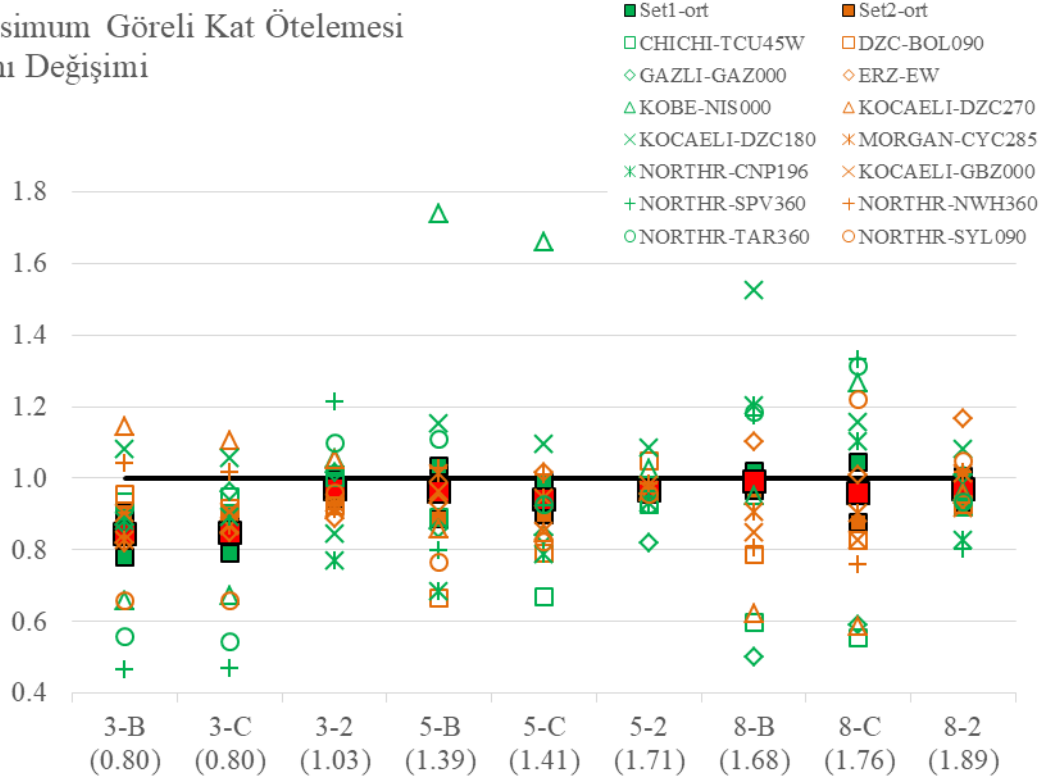


Şekil 4.44 : Maksimum görelî kat ötelemesi oranında artım olasılığı – Set1



Şekil 4.45 : Maksimum görelî kat ötelemesi oranında artım olasılığı – Set2

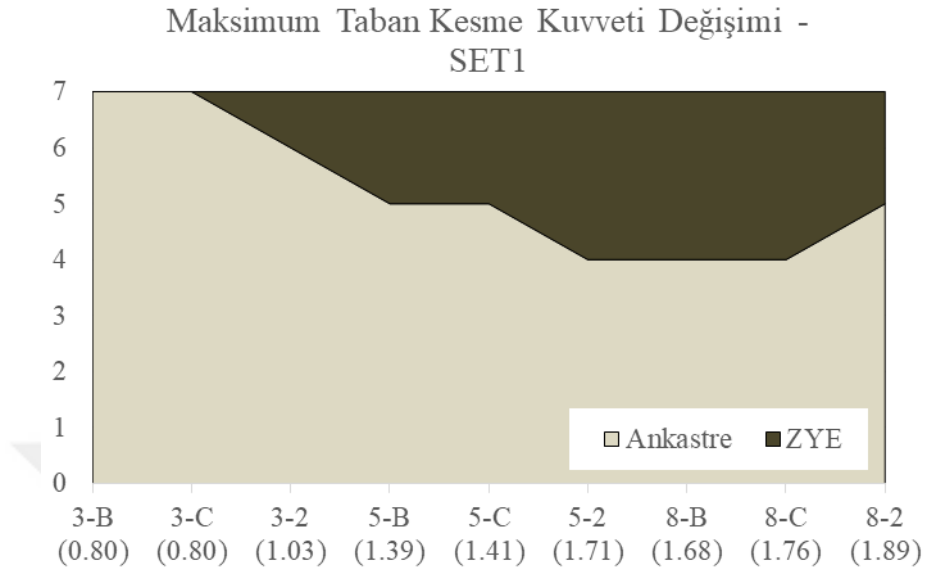
Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı Değişimi



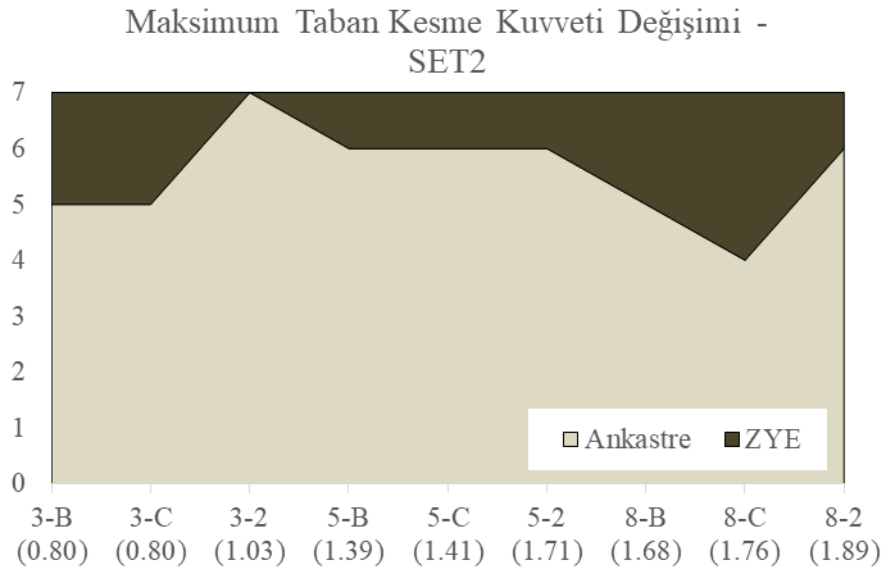
Şekil 4.46 : Maksimum görelî kat ötelemesi oranında değişim oranları

Gözlemlenen maksimum taban kesme kuvveti talepleri incelendiğinde Set1 grubunda yer alan deprem kayıtlarında artış olasılığı 5 ve 8 katlı yapılar üzerindeki etkiler ile daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.47 ve 4.48). Set1 grubunda yer alan Chichi-TCU45W ile Set2 grubunda yer alan Kocaeli-GBZ000 depremlerinin hiçbir yapı grubunda maksimum taban kesme kuvveti taleplerinin artmasına sebep olmadığı görülmüştür (Şekil 4.49). Maksimum taban kesme kuvveti talebinde gözlemlenen değişim oransal olarak incelendiğinde, incelenmiş olan 126 senaryoda gözlemlenen maksimum maksimum taban kesme kuvveti talepleri 0.900 ortalama ile ankastre zemin modellerinde ortaya çıkan taleplerin altına inmiş olmakla birlikte (Şekil 4.49) 3 katlı yapılarda 5 , 5 katlı yapılarda 10, 8 katlı yapılarda ise 14 senaryoda (her bir grupta 42 senaryo olmak üzere) artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.47 ve 4.48). Bu artımlarda oranlar 3 katlı yapılarda %18.4 ile sınırlı iken 5 katlı ve 8 katlı yapılarda (8 katlı yapılarda daha geniş bir yelpazede dağılım göstererek) sırasıyla %43.0 ve %37.9 değerlerine ulaşmıştır. 8 katlı yapılarda gözlemlenen maksimum taban kesme kuvveti taleplerindeki artım eğilimi Set1 grubunda yer alan

deprem kayıtları altında 5 katlı yapılar için 7 farklı senaryoda %10.8 ortalama, 8 katlı yapılar için 8 farklı senaryoda %10.7 ortalama ile ön plana çıkmıştır.

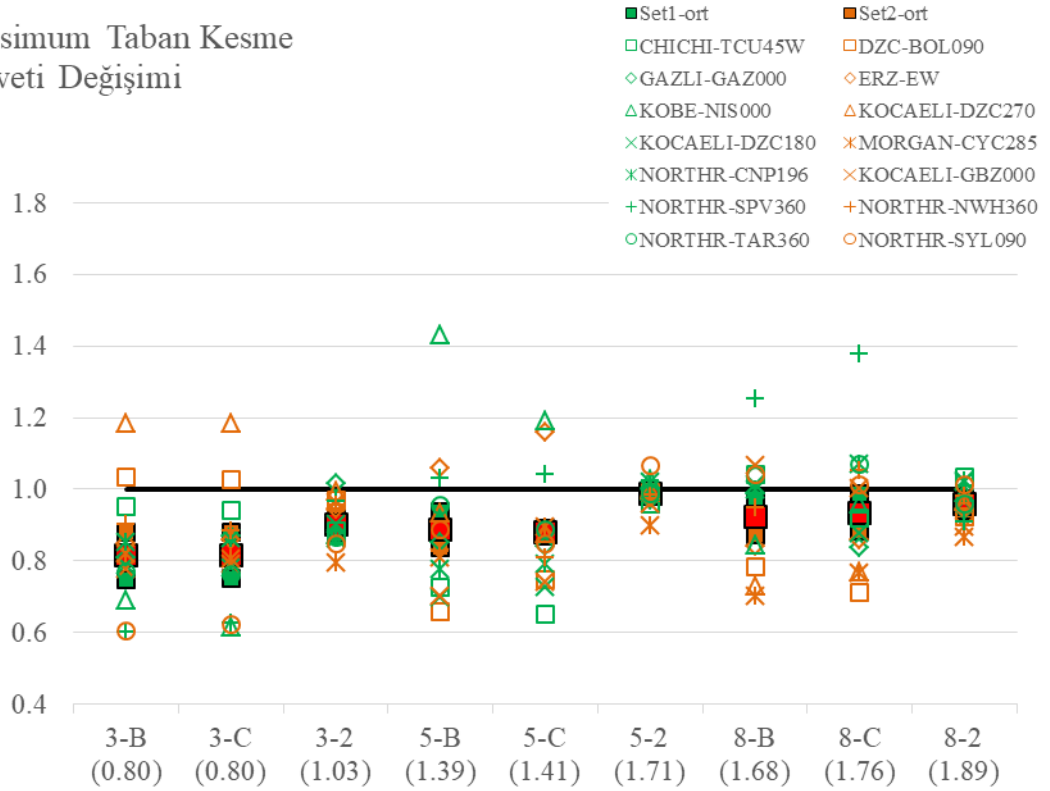


Şekil 4.47 : Maksimum taban kesme kuvveti talebinde artım olasılığı – Set1



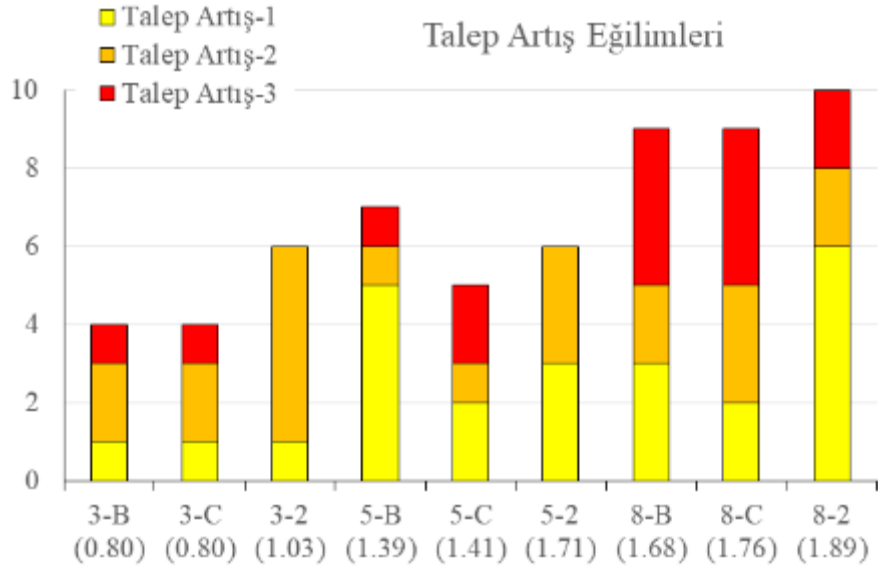
Şekil 4.48 : Maksimum taban kesme kuvveti talebinde artım olasılığı – Set2

Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değişimi

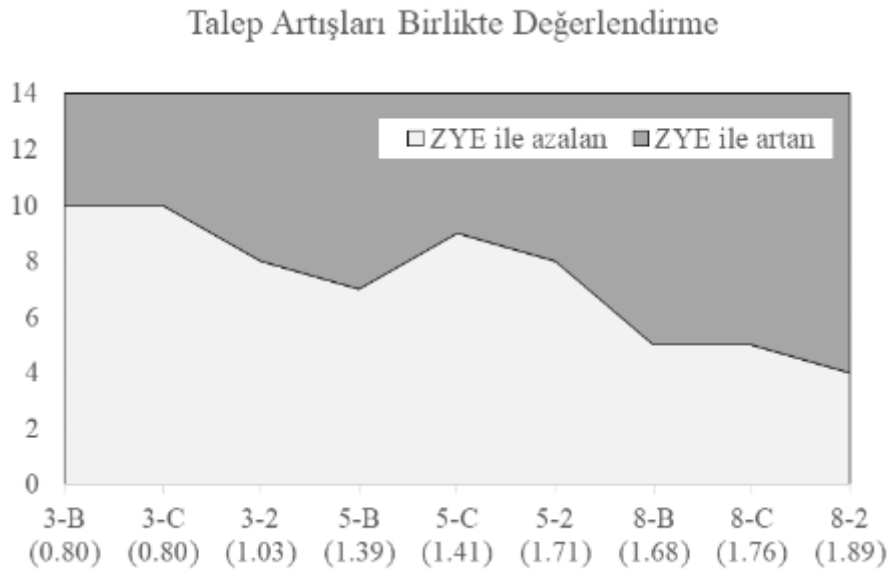


Şekil 4.49 : Maksimum taban kesme kuvveti talebinde değişim oranları

Gözlemlenen maksimum çatı deplasman, görelî kat ötelemesi oranı ve taban kesme kuvveti talepleri incelendiğinde bu taleplerdeki artım eğiliminin tek başlarına, bir başka talep değişimi ile birlikte veya üçü birlikte ortaya çıkabileceği görülmektedir (Şekil 4.50). İncelenmiş olan 126 senaryo (9 farklı yapı 2 setten oluşan 14 farklı deprem kaydı) değerlendirildiğinde, dikkate alınmış olan parametrelerin en az birine ait talepte artım kat sayısı ve yapı periyodu arttıkça daha olası hale gelmektedir. Bu kapsamda, her bir yapı için en az bir parametreye ait talepte artma eğiliminin her bir parametre için yapılmış olan bireysel değerlendirmeye kıyasla daha belirgin bir değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.51). Değerlendirilmiş olan bu üç temel parametreye ait (çatı deplasmanı, görelî kat ötelemesi oranı, taban kesme kuvveti) maksimum talep değerlerinin üçü için aynı anda artma eğiliminin kat sayısı ve yapı periyodu arttıkça daha olası olduğu Şekil 4.50’de sunulmuş olan dağılım ile gösterilmiştir.



Şekil 4.50 : Taleplerde (tek başlarına veya birlikte) gözlemlenen artım olasılıkları

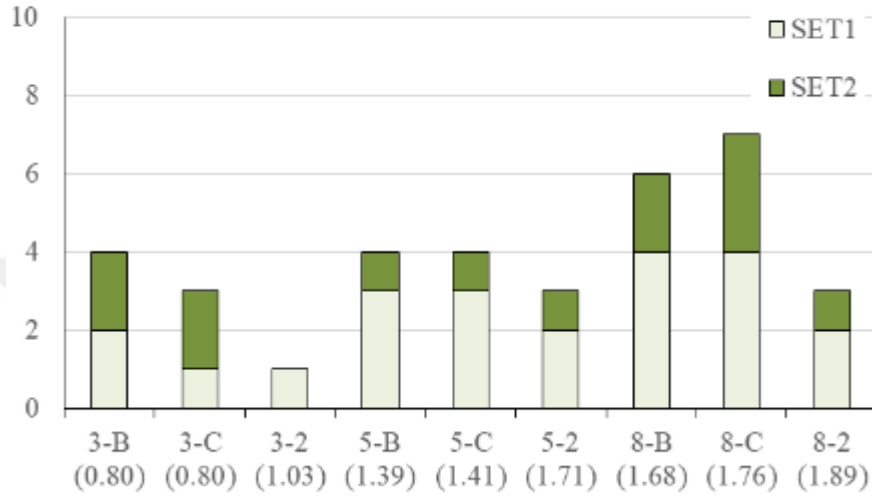


Şekil 4.51 : En az bir talep için artım görülme olasılığı

Değerlendirilmiş olan üç temel talep için artma eğiliminin yapı periyodu arttıkça daha olası hale gelmesiyle birlikte maksimum görelî kat ötelemesinin farklı katlarda ortaya çıktığı görülmüştür (Şekil 4.50). Bununla birlikte kat kesme kuvvetlerinin dağılımları incelendiğinde ise farklı mod etkilerinin de kesme kuvveti

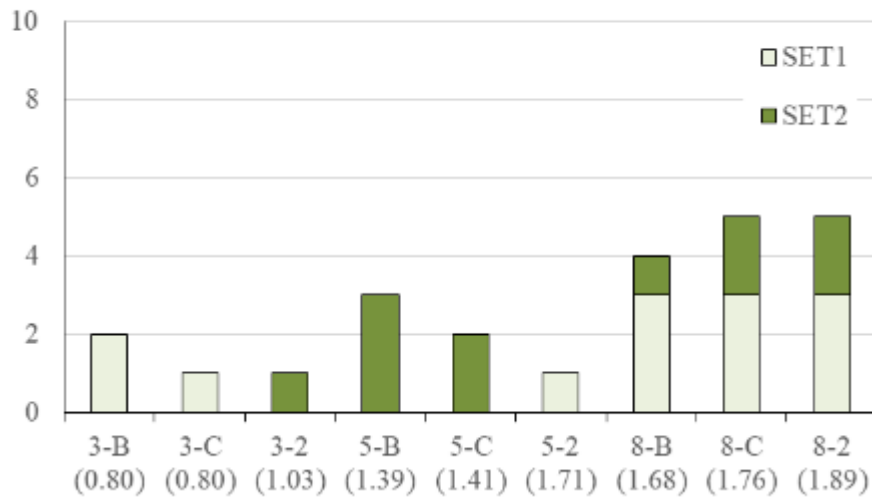
dağılımda rol oynadığı gözlemlenmiştir. Bekleneceği üzere mod etkileri 8 katlı yapılarda daha yaygın olarak görülmüştür (Şekil 4.50). Genel değerlendirme ile Set1 grubu depremlerin bu iki değişimde daha aktif rol oynadığı Şekil 4.50 ve Şekil 4.52 ile gösterilmiştir.

Maks GKÖO Kat Değişimi



Şekil 4.52 : Maksimum görel kat ötelemesi oranının farklı katlarda gözlemlenmesi olasılığı

Modal Davranış Değişimi



Şekil 4.53 : Kat kesme kuvvetlerinde etkin olan modal dağılımın farklılaşması olasılığı

5. SONUÇ

5.1 Elde Edilen Bulgular

Ankastre mesnet ve zemin-yapı etkileşimi yaklaşımlarının karşılaştırıldığı çalışma kapsamında TBDY 2018 yönetmeliği ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları 2016 dikkate alınarak 3, 5 ve 8 katlı 9 farklı yapı modeli oluşturulmuş, farklı katmanlara sahip tek zemin tipi ve 14 adet ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan 252 farklı dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma, oluşturulan modellerin ankastre mesnet kabullü ve zemin-yapı etkileşimli yaklaşımlarının zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizlerle sınırlıdır.

Çalışma sonucu ortaya çıkan bulgular maddeler halinde verilmektedir.

- Zemin-yapı etkileşimli analizlerin ankastre mesnet kabullü analizlere göre her zaman çatı deplasman taleplerini azaltmadığı, aksine bazı gerçek ivme kayıtlarına göre talepleri artırdığı görülmektedir. ZYE’li analizlerde çatı deplasman talepleri 8 katlı modellerde en fazla %61 oranında artış gösteriyorken, 5 katlı modellerde %13 ve 3 katlı modellerde %17 oranında artış göstermektedir.
- Zemin-yapı etkileşimli analizlerin ankastre mesnetli analizlere göre her zaman katlar arasında görelî kat ötelemesi oranını azalttığı söylenememektedir. 3, 5 ve 8 katlı modellerin doğrusal elastik olmayan analizlerinde zemin varlığının dikkate alınması durumunda tüm modellerde bazı gerçek ivme kayıtlarında kritik katlarda GKÖÖ’nun arttığı gözlenmiştir. Bu durum ikinci mertebe etkilerinin artmasına ve yumuşak kat kriteri açısından kolon elemanların rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır.
- Modellerin her iki yaklaşımlı analizlerinin kat kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi durumunda bazı ivme kayıtlarında zemin-yapı etkileşimli analizlerinde ankastre mesnetli analizlerine göre kat

kesme kuvvetlerinin daha düşük çıktığı gözlenmektedir. Buna rağmen hasar dağılımında ZYE'li modellerin bazılarında hasar dağılımında ve derecesinde artış gözlenmektedir. Buradan çıkan sonuçla, temel dönme ve zemin ötelenmesinin hasar dağılımını artırıcı etkisinin olduğu söylenebilir.

- 3, 5 ve 8 katlı modellerin analizleri kat kesme kuvvetleri açısından değerlendirilirken bazı ivme kayıtlarında her iki yaklaşımda da üst katlara doğru kuvvetlerin yön değiştirdiği gözlenmiştir. Buna göre, modellerde yüksek mod etkilerinin görüldüğü söylenebilir.
- Yapı modellerinin doğrusal elastik olmayan dinamik analizlerinde bazı gerçek ivme kayıtlarında zeminin varlığının dikkate alınması durumunda ankastre kabullü analizlere göre ortaya çıkan yapı mod şeklinde değişikliklerin, yapı ile zemin davranışları arasındaki faz farkından kaynaklanmaktadır.
- Kullanılmış olan deprem kayıtlarından Set2 grubunda yer alan ileri atımlı Kocaeli-GBZ000 deprem kaydı altında hiçbir yapı grubunda zemin-yapı etkileşimli model ile taleplerde artış gözlemlenmemiştir. Bu deprem kaydı altında yapı gerek ankastre mesnet gerekse ZYE modeli durumunda tamamen elastik bölgede davranış göstermiştir. Benzer şekilde Set1 grubunda yer alan Chichi-TCU45W deprem kaydı altında 8-2 yapısı hariç diğer hiçbir yapıda plastik davranış gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak, analizlerin zemin-yapı etkileşimli olarak değerlendirilmesi durumunda çözümün karmaşıklaştığı, doğrusal olmayan analizlerde ankastre mesnet kabulü yaparak ve çözümü basitleştirerek yapının zeminle birleştiği noktalarda dönme ve ötelenmeler bakımından değerlendirilmesinde yetersiz kaldığı, ivme kayıtlarının her iki yaklaşım için modellerde bu tez çalışması gibi tek tek değerlendirilmesi durumunda da bariz farkların olduğu söylenebilir.

5.2 Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Bu tezde sunulmuş olan çalışma 3 farklı kat sayısı ile gruplanan 9 farklı yapı ile 2 farklı set ile gruplanan 14 farklı deprem kaydı ile sınırlanmış durumdadır. Elde edilen bulgular ile birlikte değerlendirildiğinde gelecek çalışmalar için aşağıda listelenmiş olan öneriler sunulmuştur.

- Çalışma kapsamında değerlendirilmiş olan deprem kayıtları çeşitlendirilebilir.
- Tek tip zemin (ZD sınıfında olmak üzere) değerlendirilmiş olması sebebiyle daha yumuşak zemin başta olmak üzere farklı zemin profilleri için değerlendirme genişletilebilir.
- Yapı modelleri arasında belirgin bir periyot farklılığı bulunmamaktadır. Gerek kat sayısı farklılaştırılarak gerekse çalışılmış olan katsayıları için farklı modeller dikkate alınarak taleplerdeki artım eğilimi olasılıksal ve oransal olarak değerlendirilebilir.
- Analizler deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında gerçekleştirilmiştir. Farklı yükleme profillerine sahip statik itme analizleri kullanılarak analiz yöntemlerinin etkisi değerlendirilebilir.

6. KAYNAKLAR

Chopra, A. K., “*Yapı Dinamiği*”, (Çev: Hilmi Luş), Palme Yayıncılık, 780-781, (2015).

Chopra, A. K. and Goel R. K., “A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings”, *Earthquake Engng Struct. Dyn.*, 31, 561-582, (2002).

Çaycı, B. T., “Yapı Zemin Etkileşiminin Mevcut Binaların Sismik Performansı Üzerindeki Etkileri”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (2016).

ÇYTHYE 2016, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik”, (2016).

Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu F and Çağlayan. Ö., “*Çelik Yapılar*”, İstanbul : Çağlayan Kitabevi, 759-760, (2012).

Eyce, B., “An Investigation of the Inertial Interaction of Building Structures on Shallow Foundations with Simplified Soil Structure Interaction Analysis Methods”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, (2009).

İnel, M. and Çaycı, B. T., “Mevcut Betonarme Binalarda Zemin Yapı Etkileşiminin Sismik Davranış Üzerindeki Etkileri”, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, İzmir, (2015).

Kaptan, K. and Tezcan, S., “Deprem Dalgalarının Zemin Büyütmesi Üzerine Örnekler”, *Tübvav Bilim Dergisi*, 5(4), 17-32, (2000).

Kramer, S. T., “*Geoteknik Deprem Mühendisliği*”, (Çev: Kamil Kayabalı), Gazi Kitabevi, 333-334, (2003).

TBDY 2018, “Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar”, *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara, (2018).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Can Dincer

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli/09.11.1991

Lisans Üniversite : Yıldız Teknik Üniversitesi

Elektronik posta : candincer91@hotmail.com

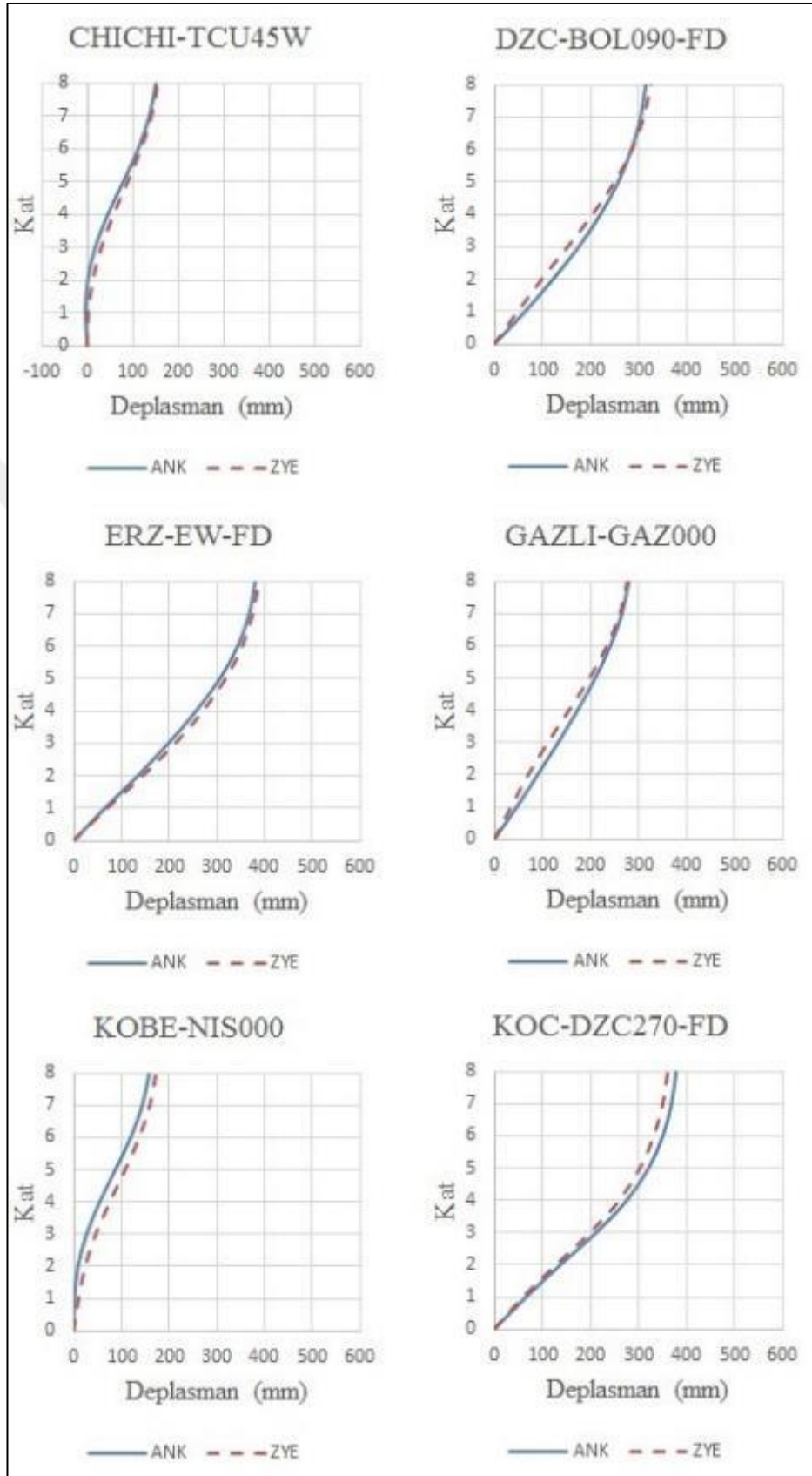
İletişim Adresi : Sırapılar mah. Prof. Dr. Nusret Fişek sk.
No:2 Kayoğlu işh. Merkezefendi/Denizli

8. EK-TALEP DEĞİŞİMLERİ KARŞILAŞTIRMALARI

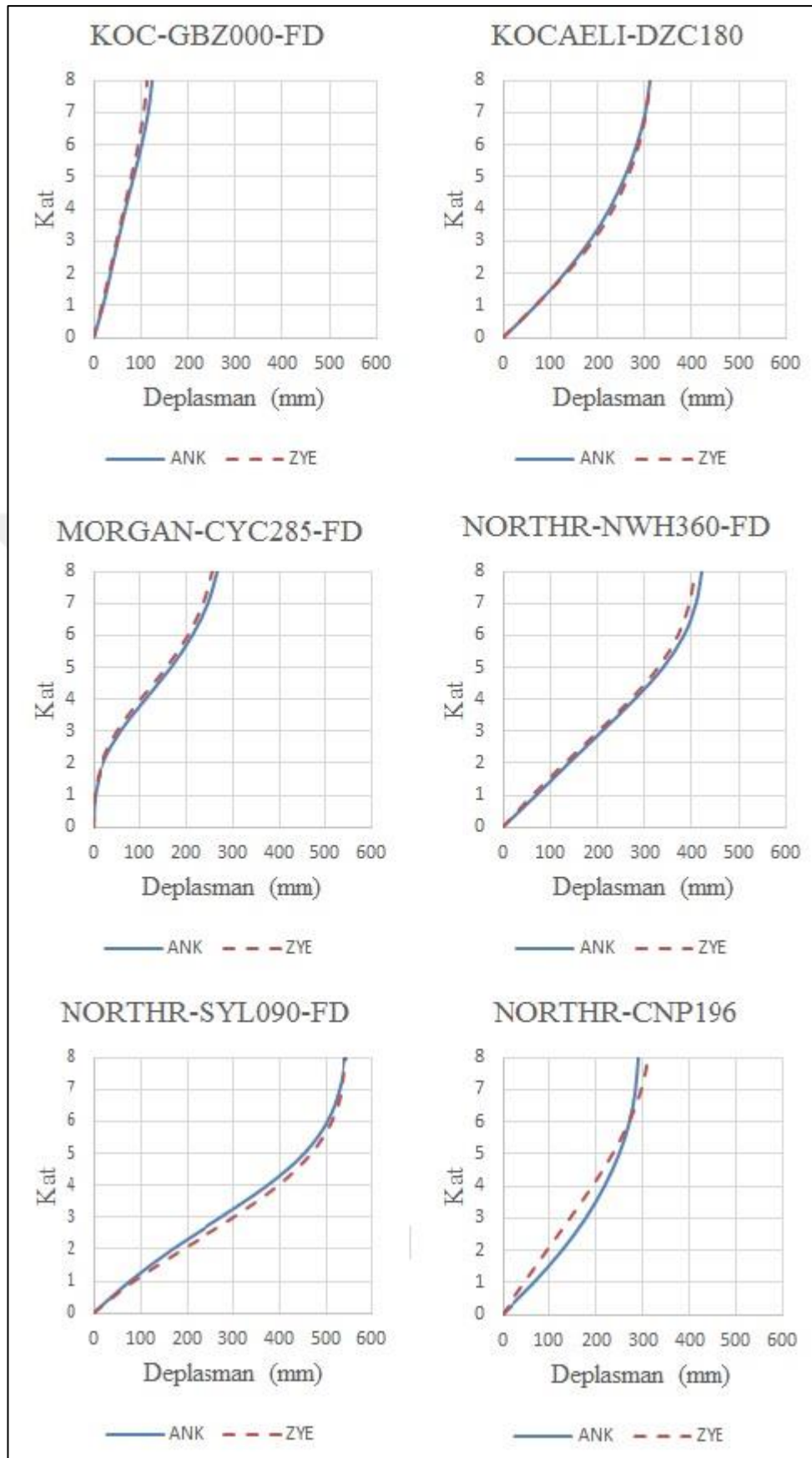
EK.1 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



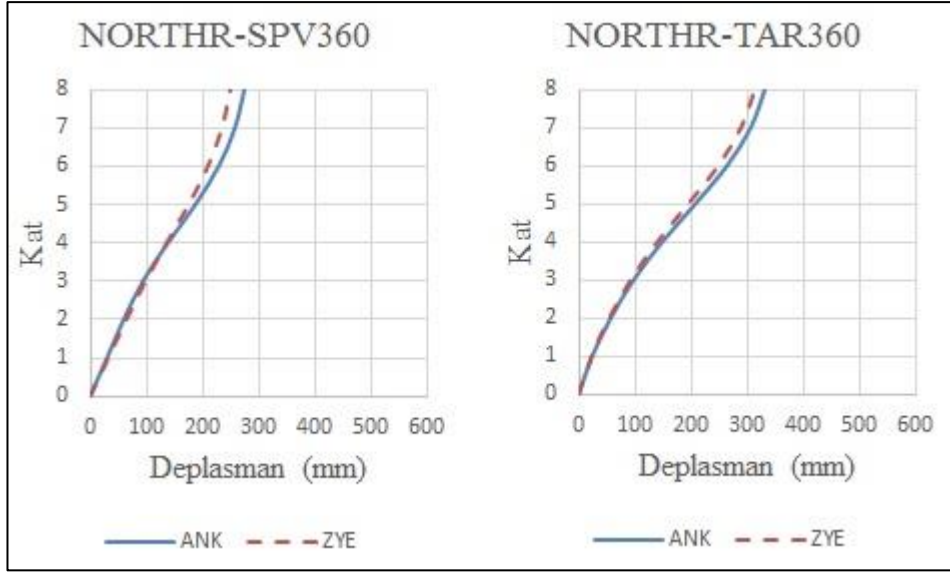
EK1.1.1 - 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.1 : 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

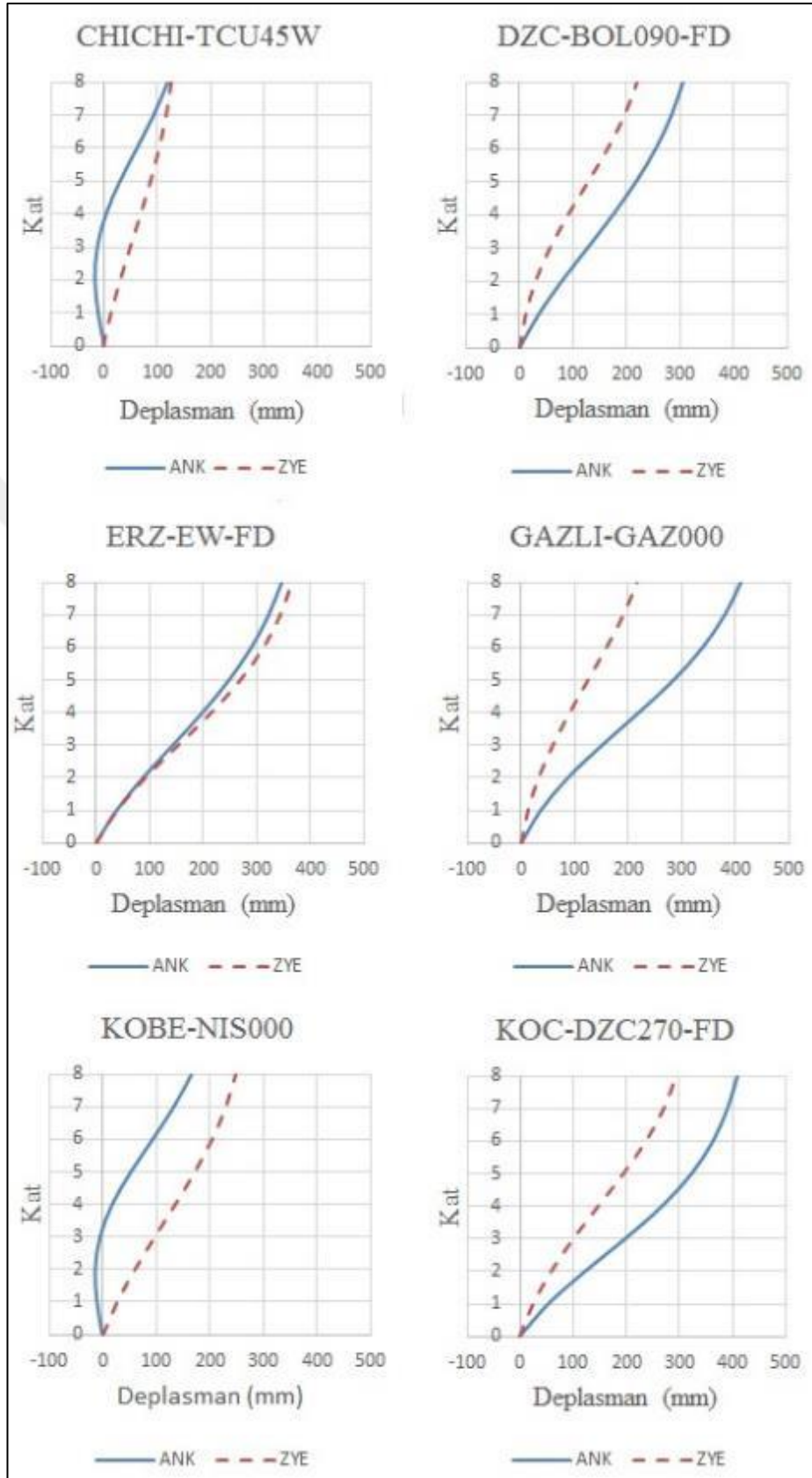


Şekil 8.1 : 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

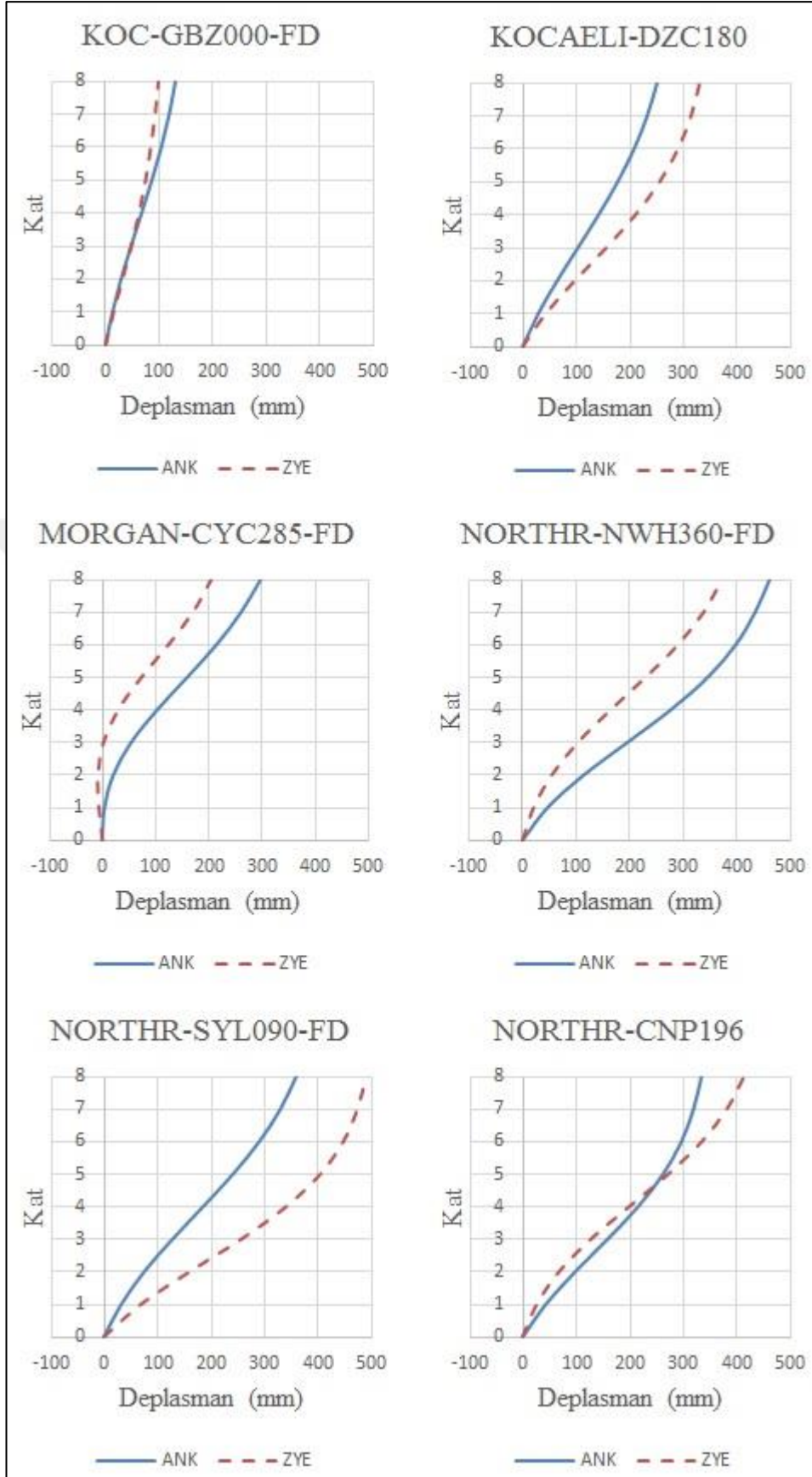


Şekil 8.1 : 8K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

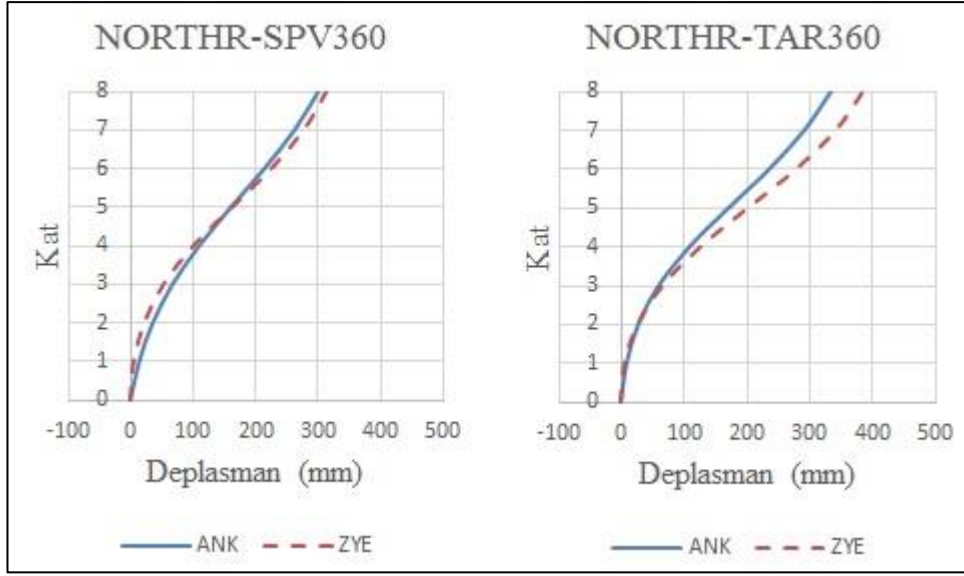
EK1.1.2 - 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.2 : 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

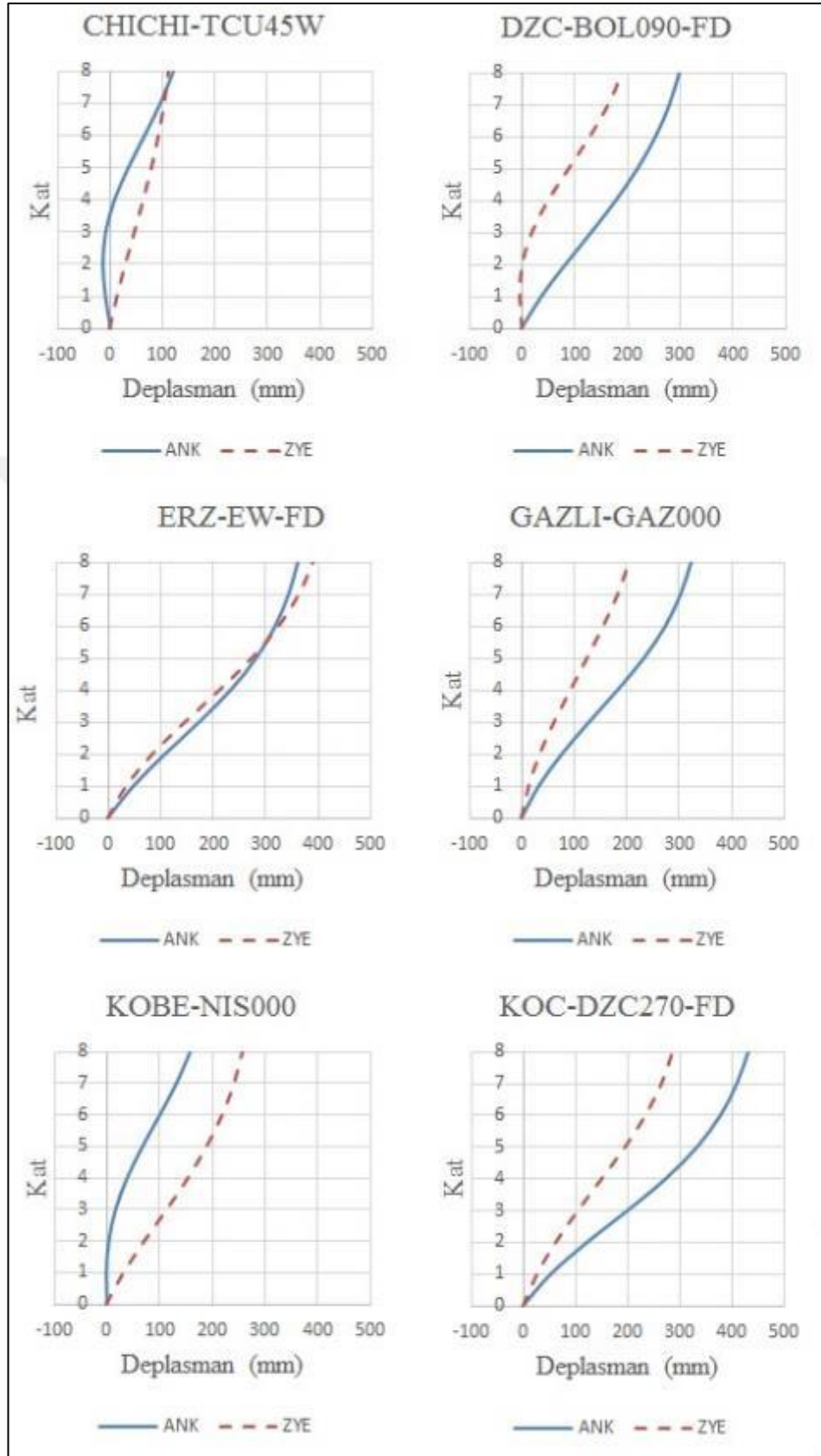


Şekil 8.2 : 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

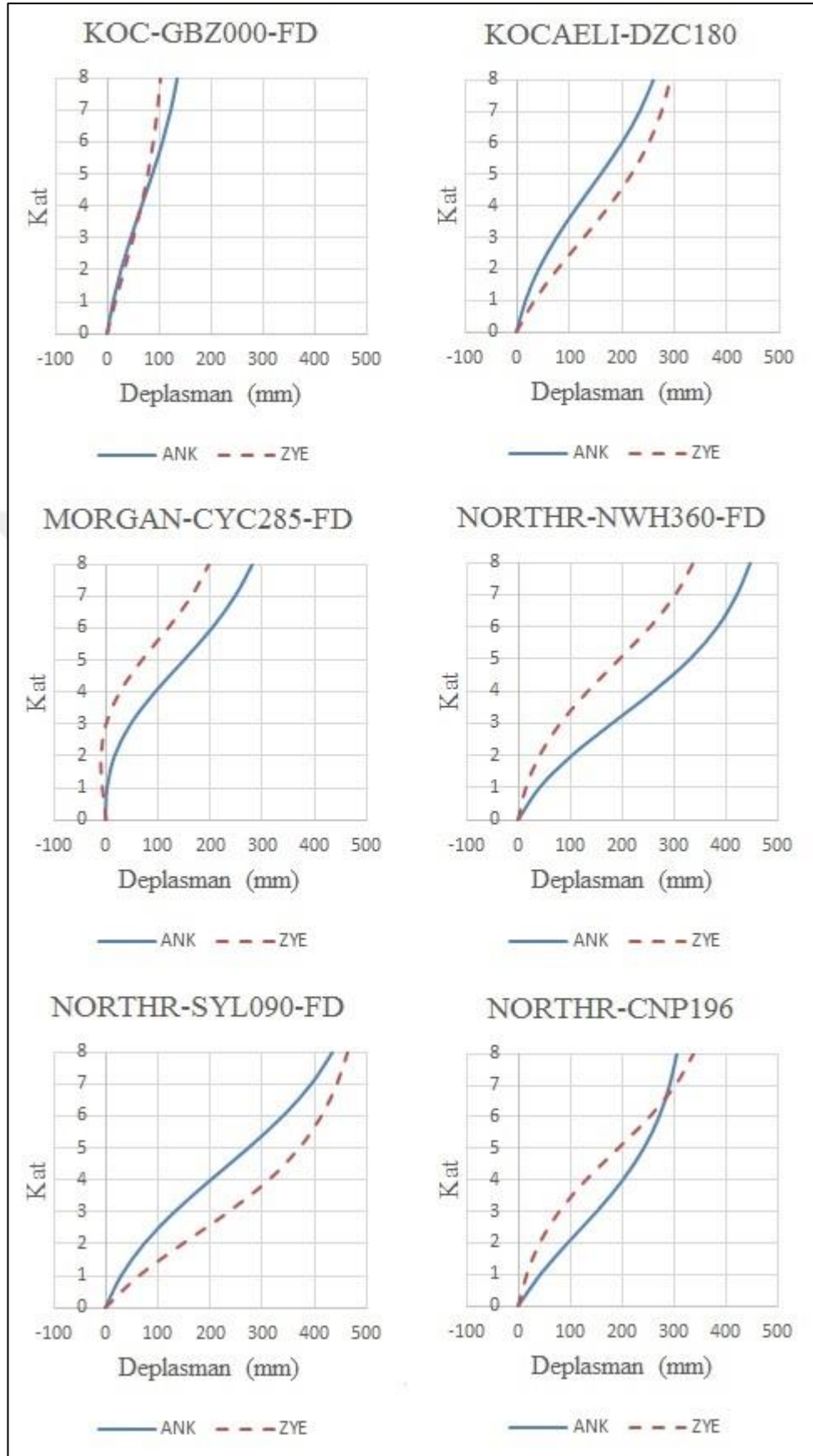


Şekil 8.2 : 8K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

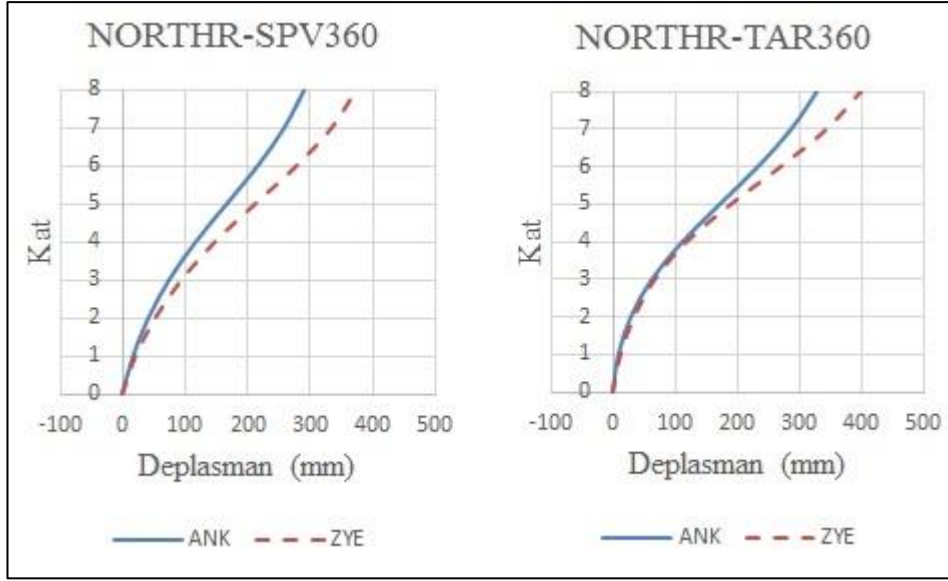
EK1.1.3 - 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.3 : 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

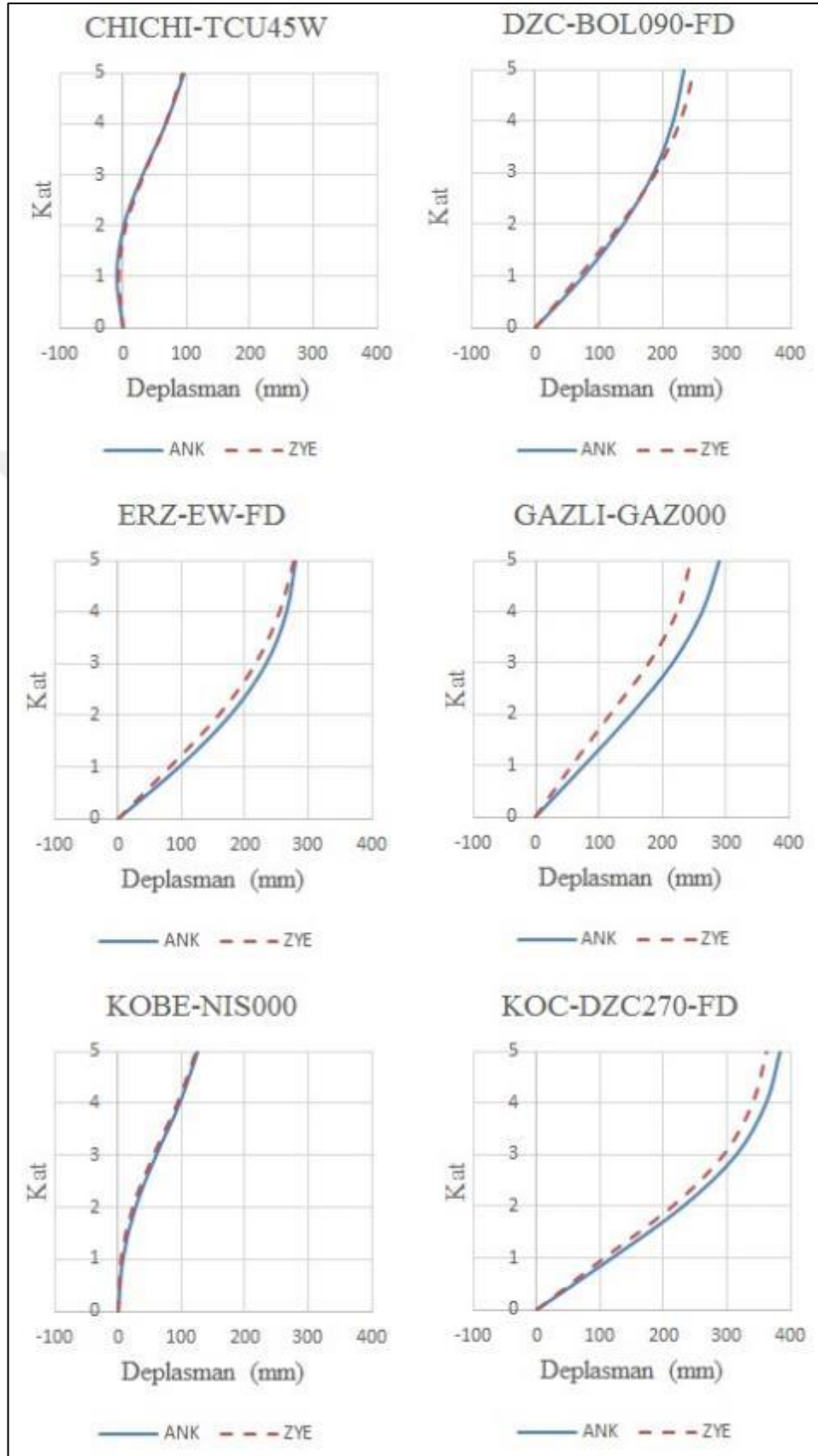


Şekil 8.3 : 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

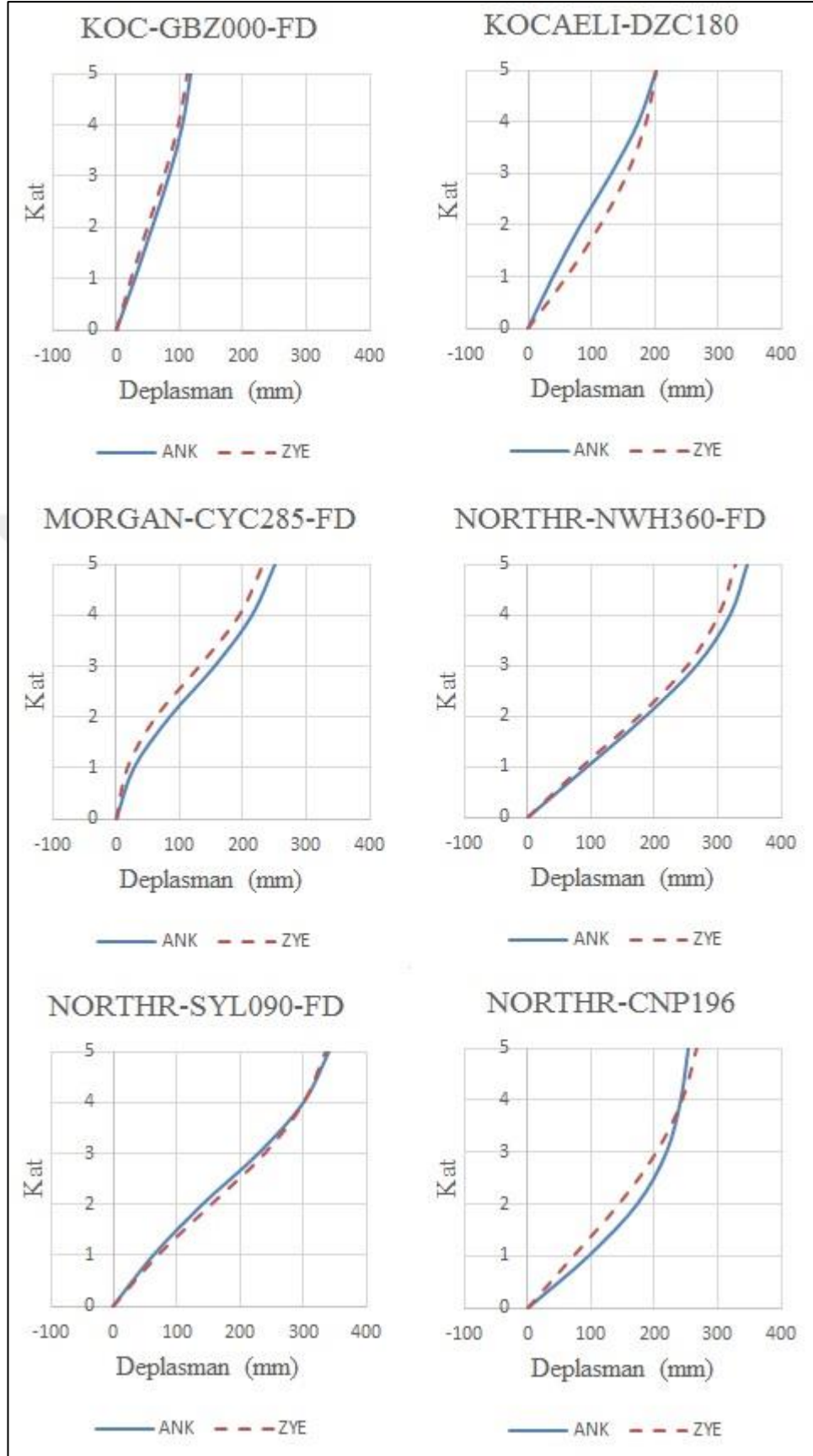


Şekil 8.3 : 8K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

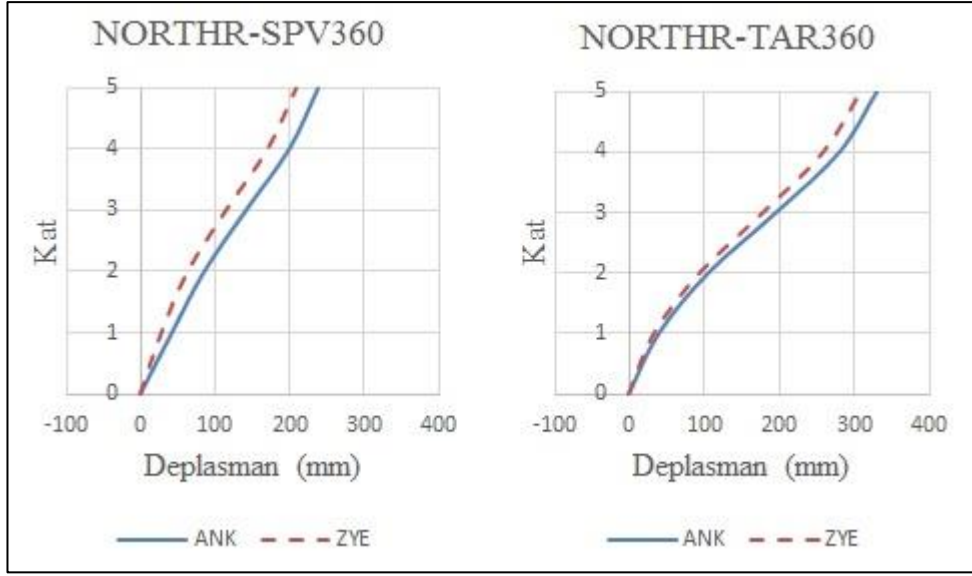
EK1.2.1 - 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.4 : 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

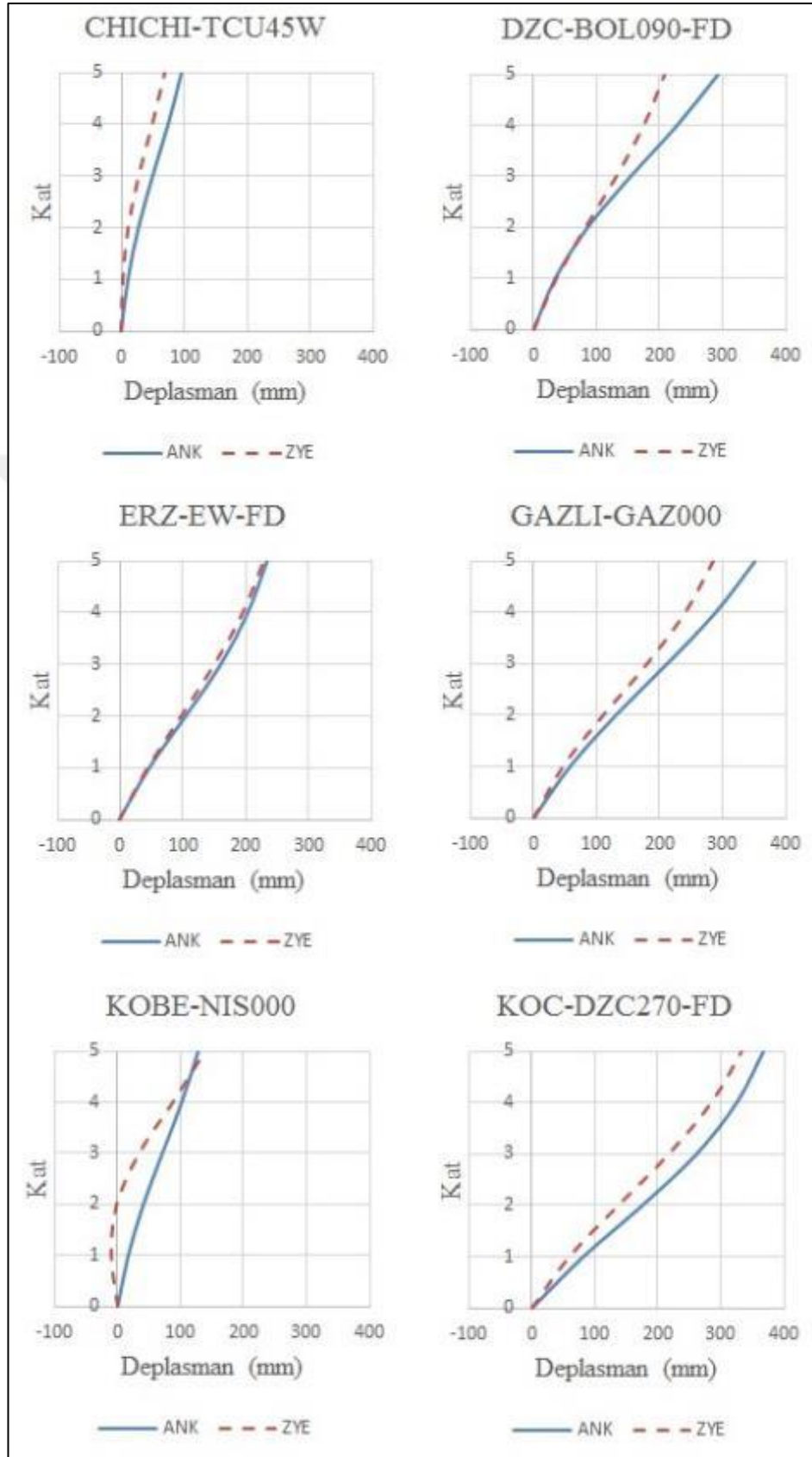


Şekil 8.4 : 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

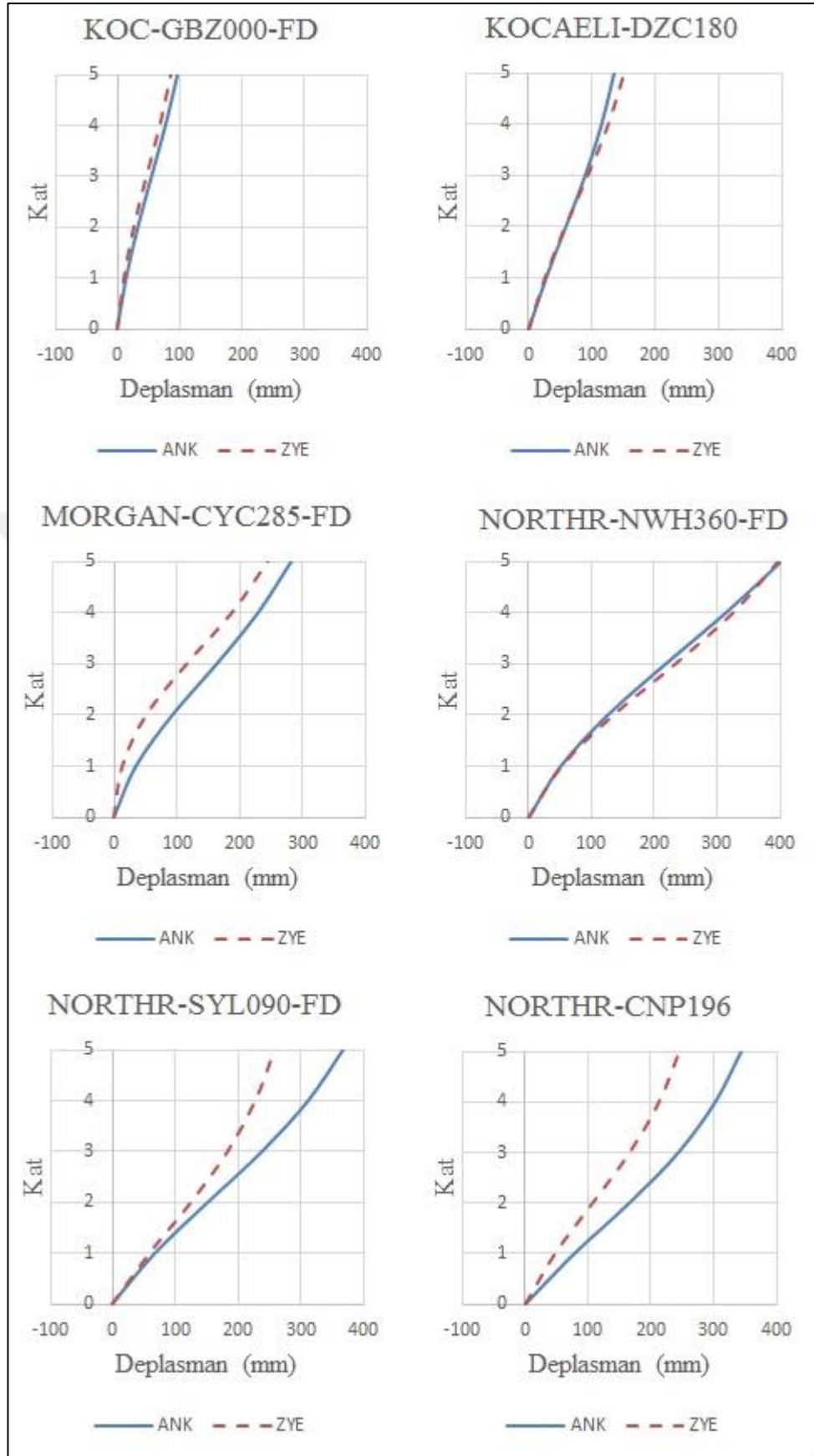


Şekil 8.4 : 5K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

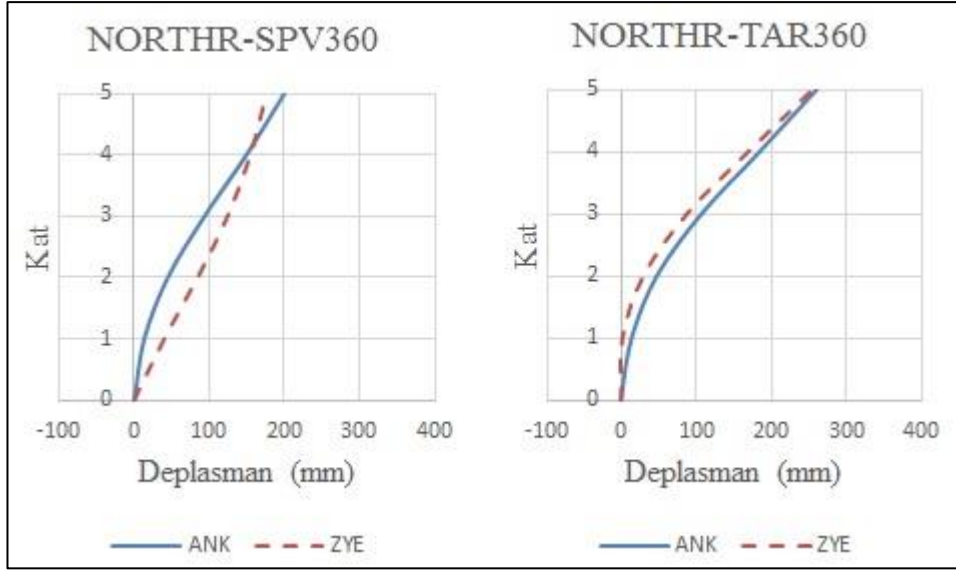
EK1.2.2 - 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.5 : 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

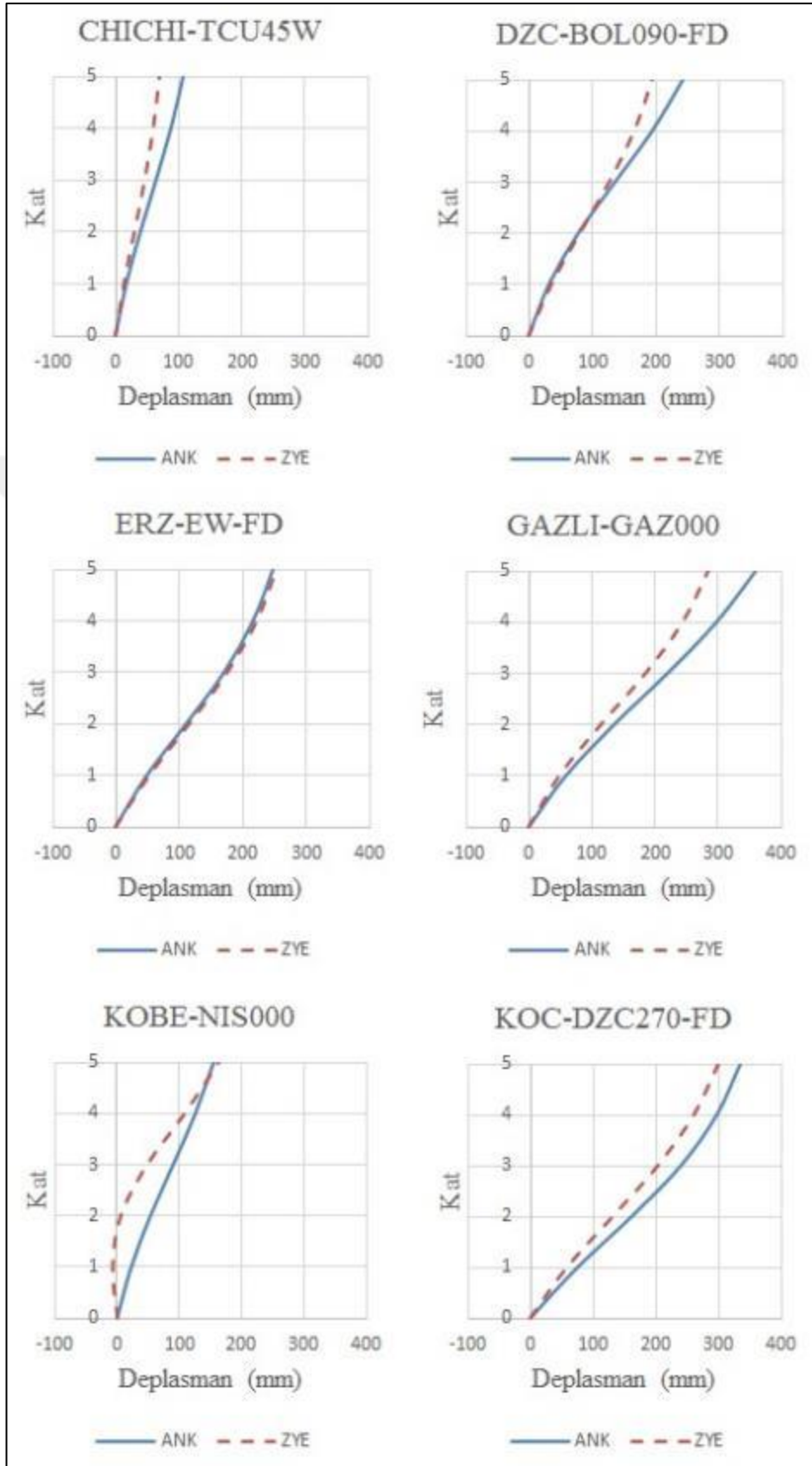


Şekil 8.5 : 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

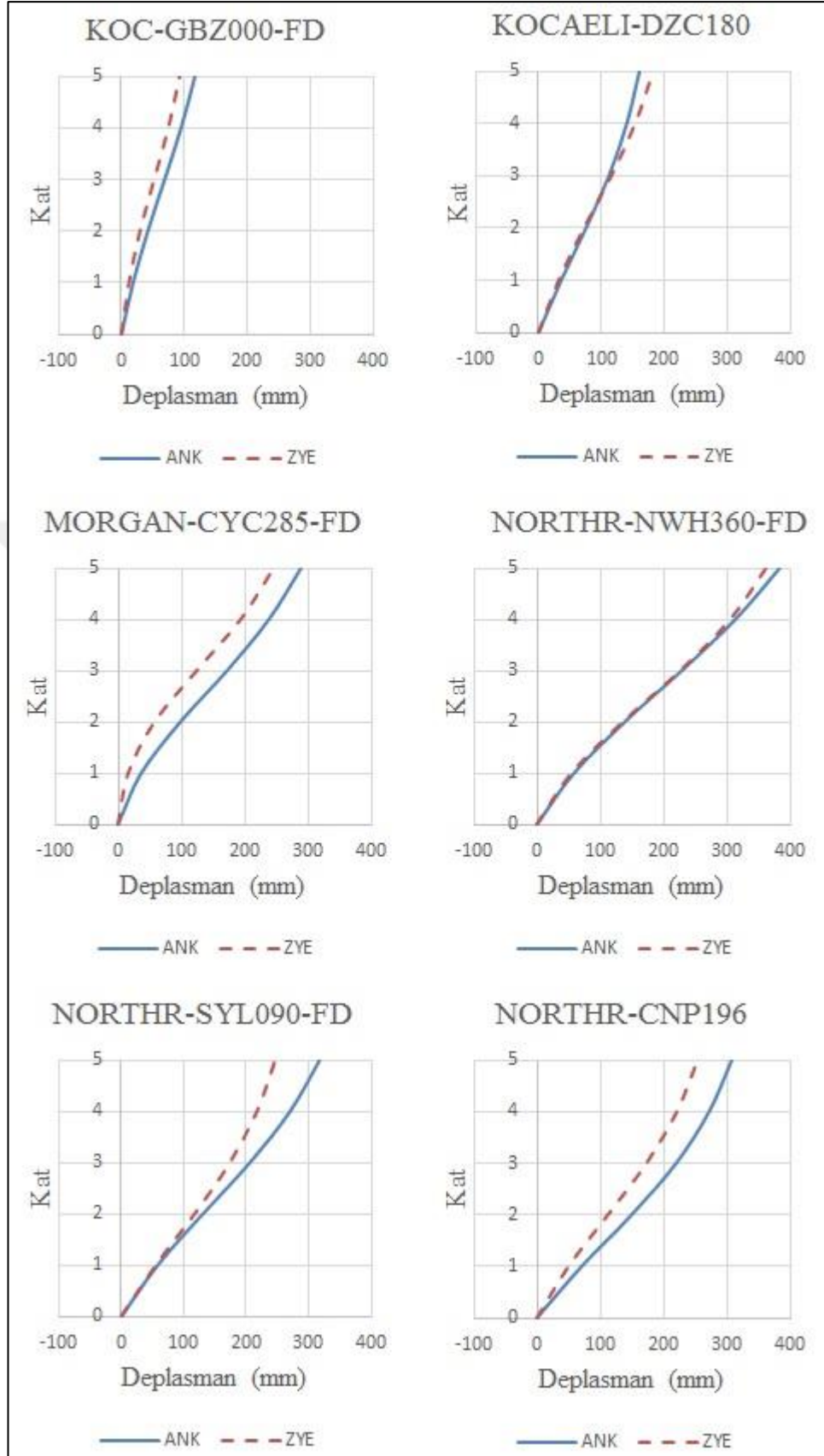


Şekil 8.5 : 5K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

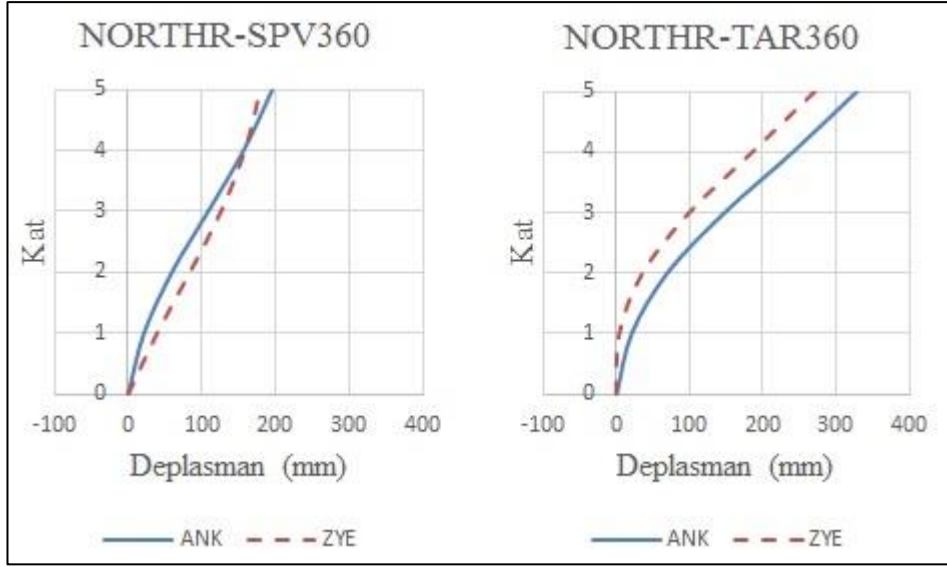
EK1.2.3 - 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.6 : 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

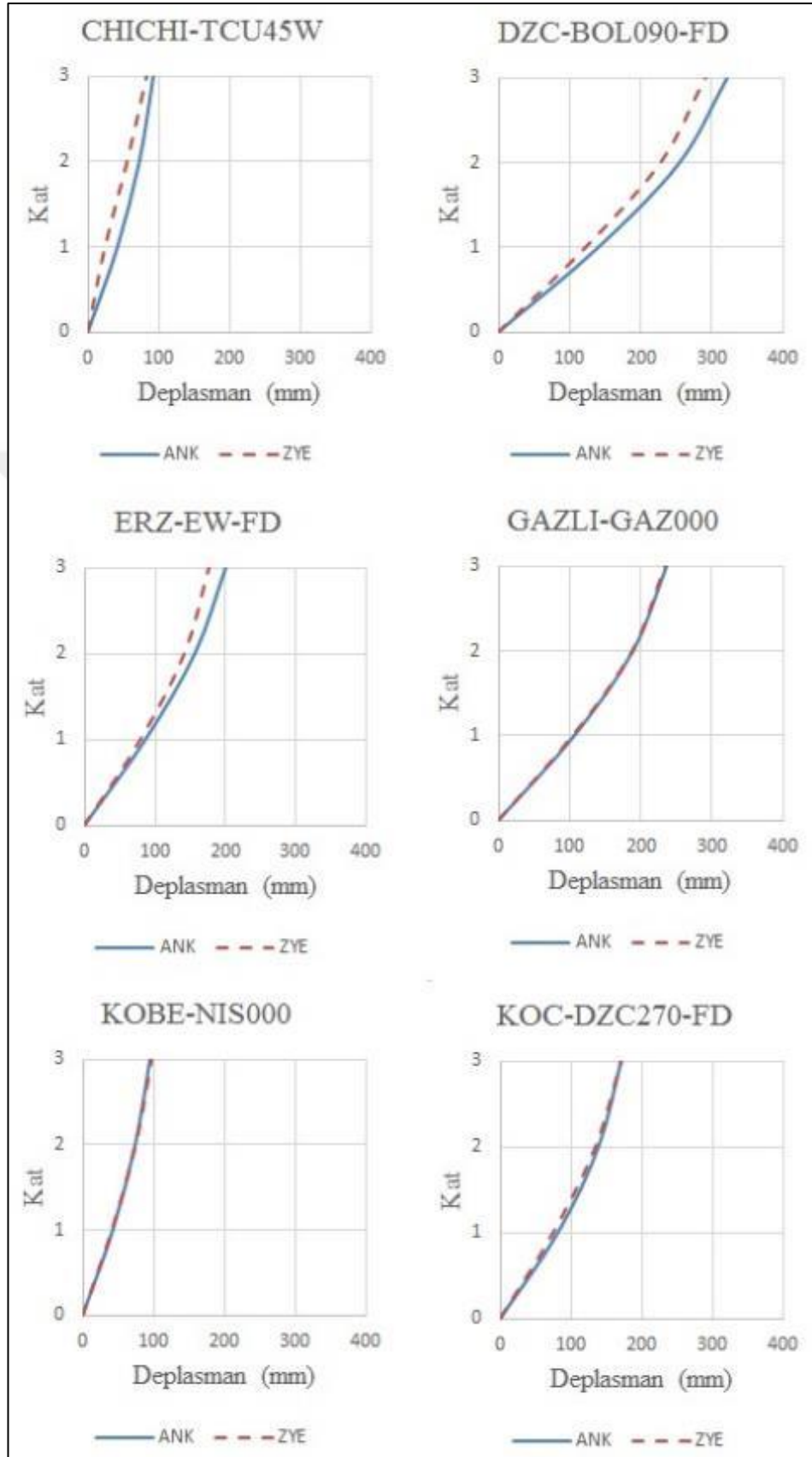


Şekil 8.6 : 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

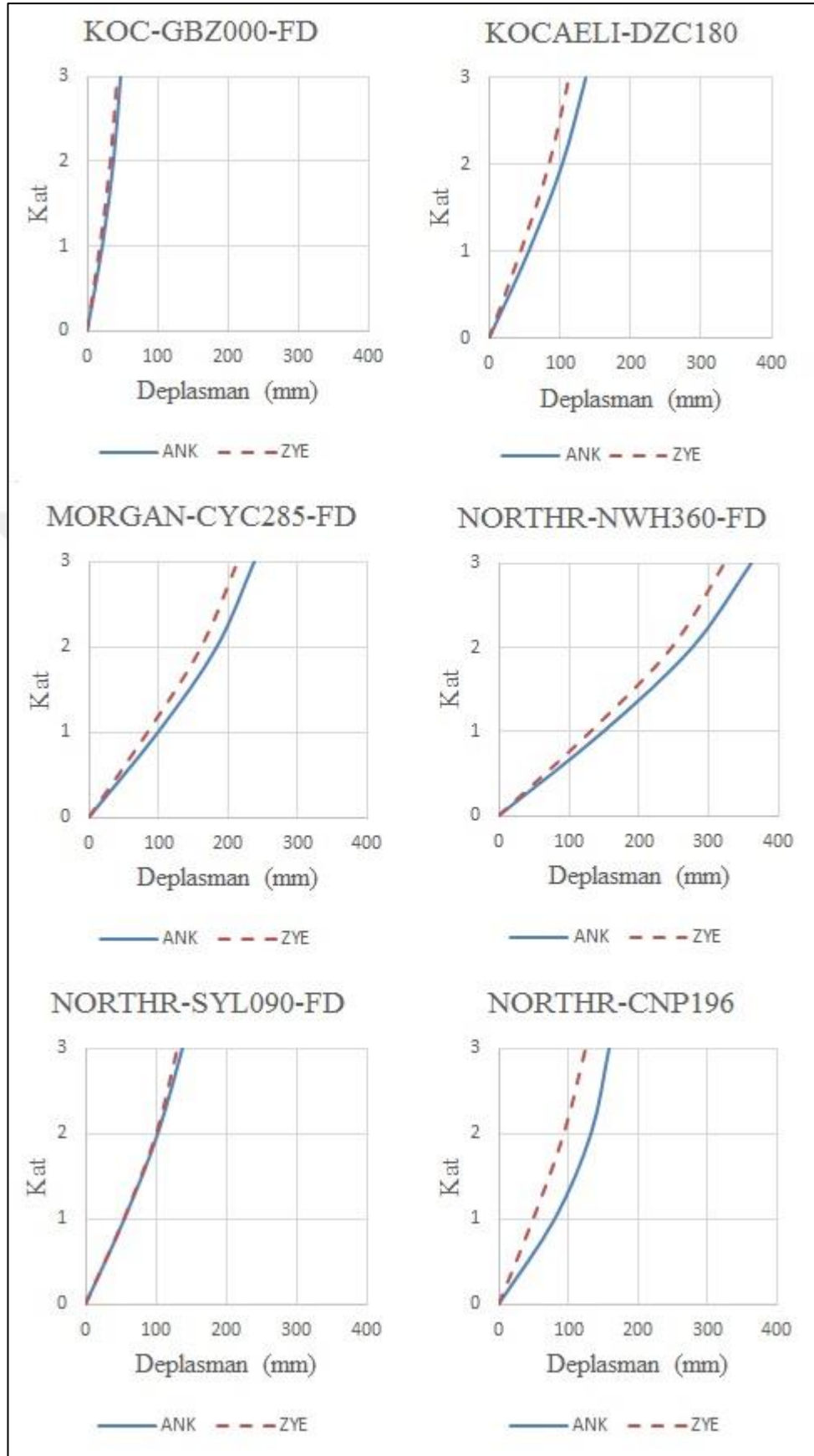


Şekil 8.6 : 5K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

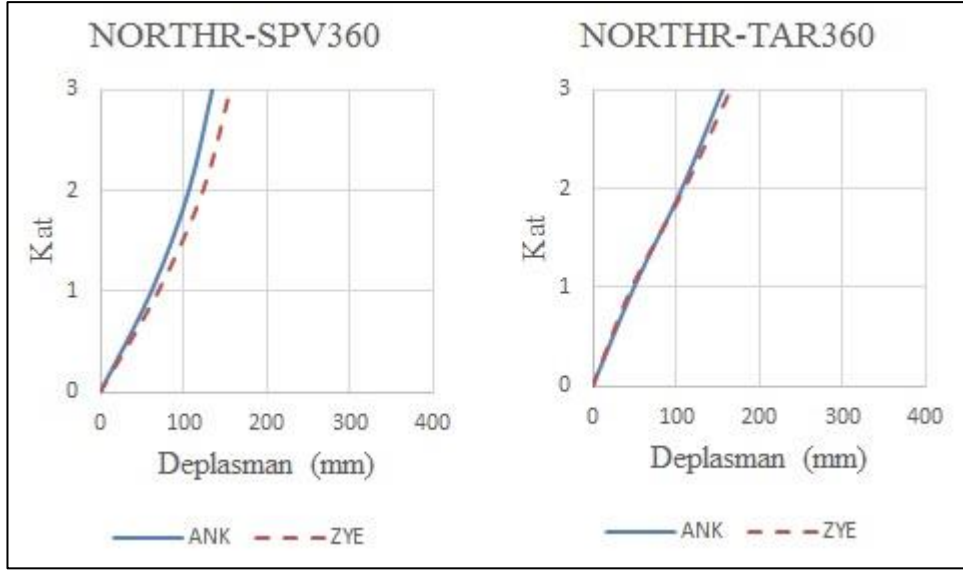
EK1.3.1 - 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.7 : 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

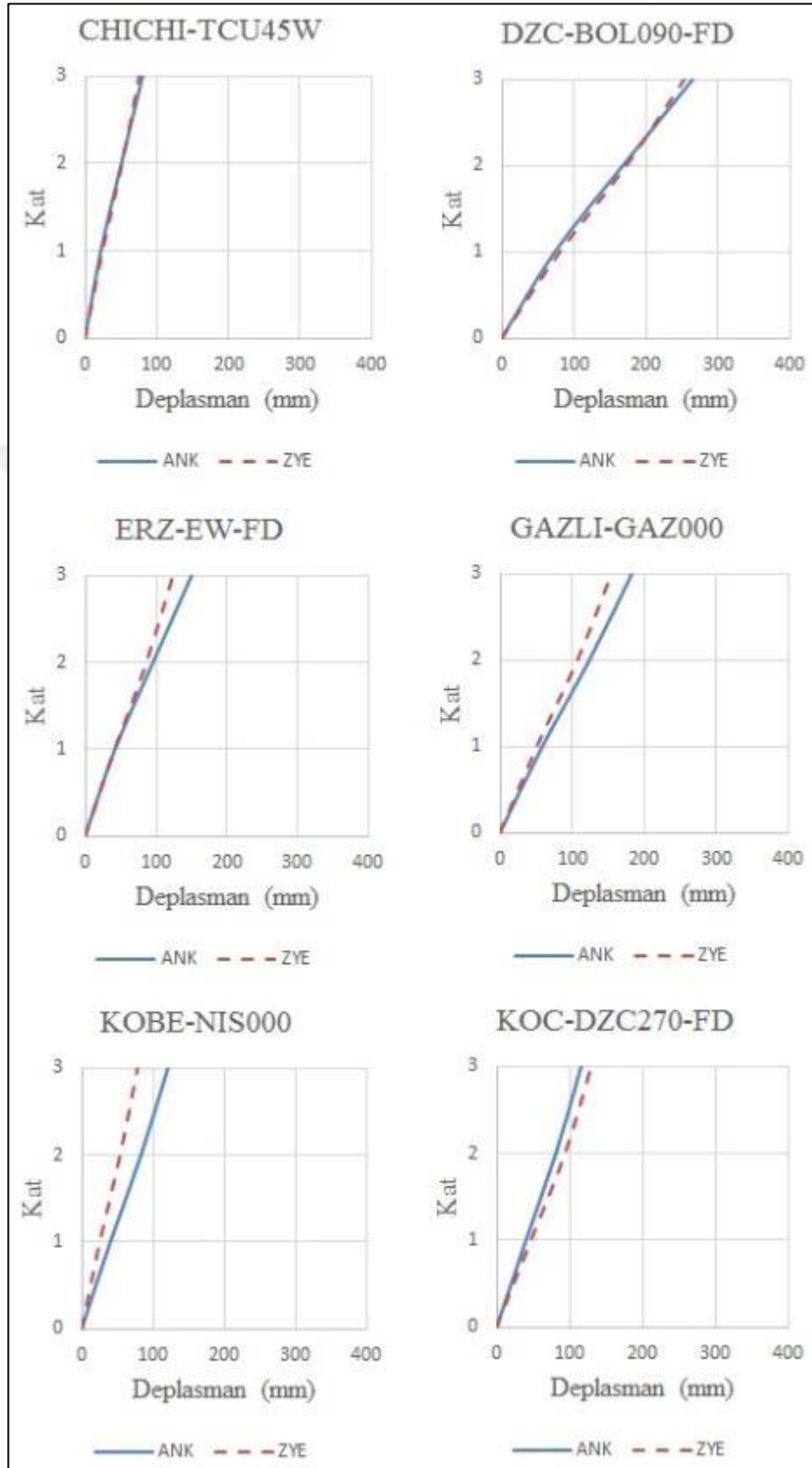


Şekil 8.7 : 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

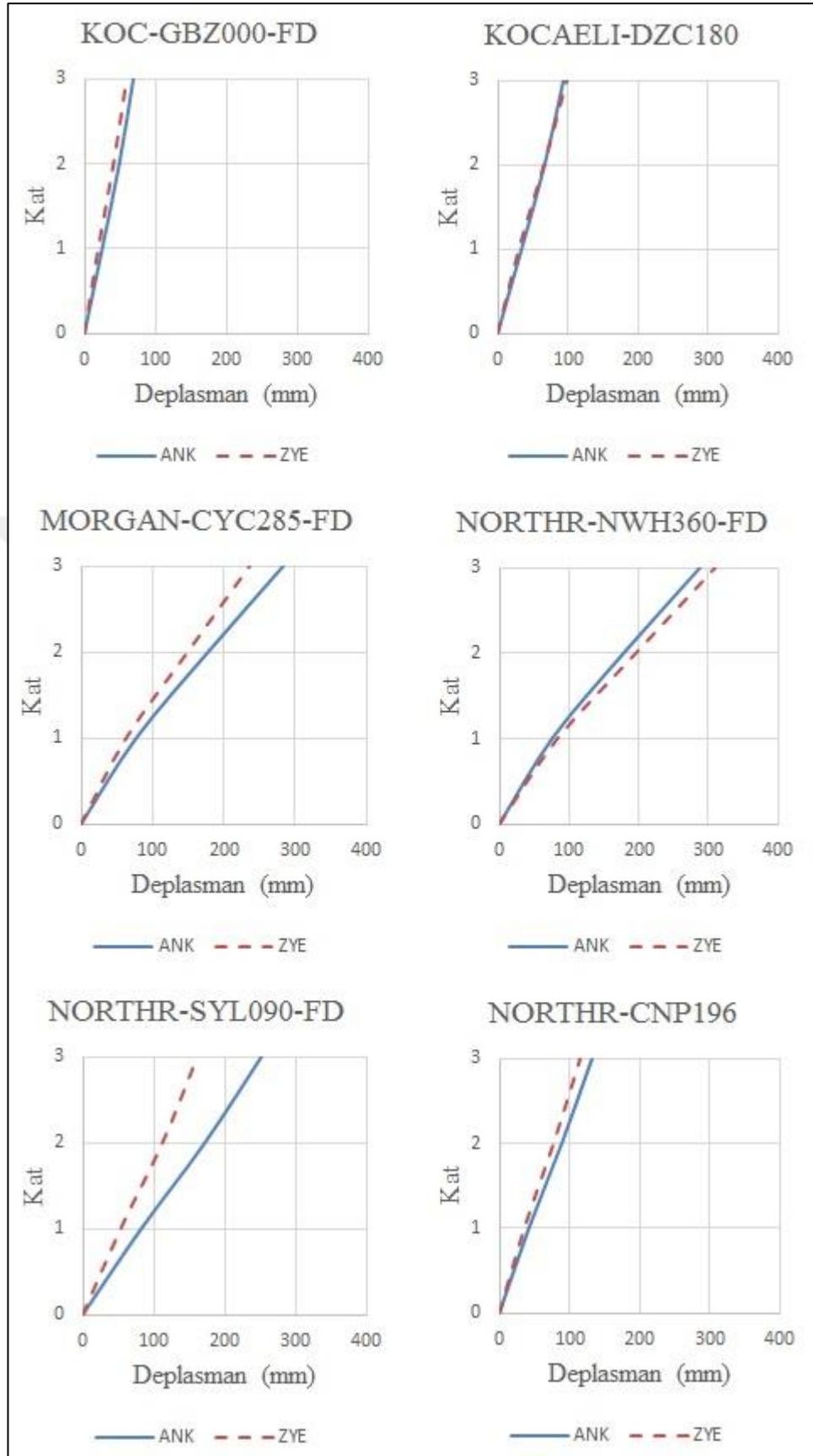


Şekil 8.7 : 3K_2-2 Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

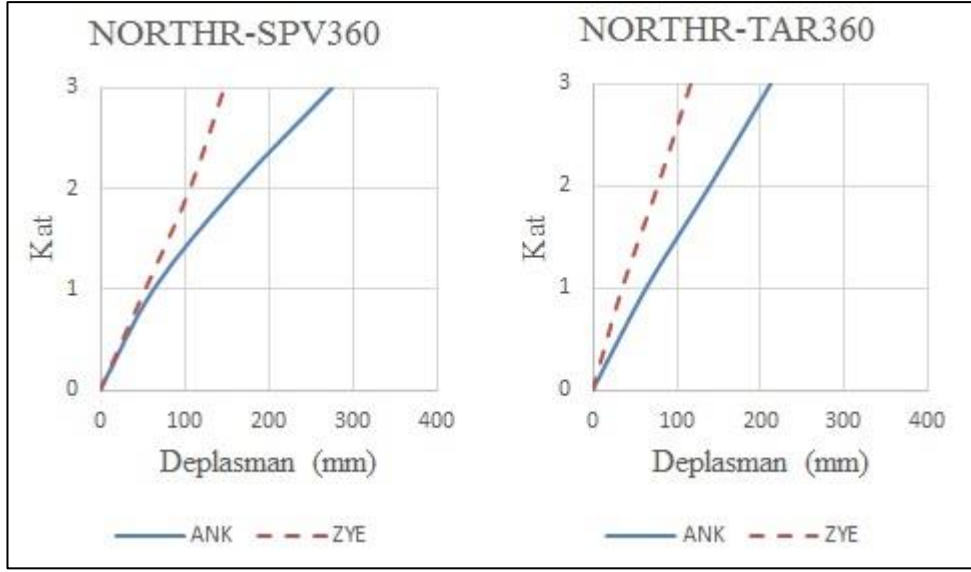
EK1.3.2 - 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.8 : 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması

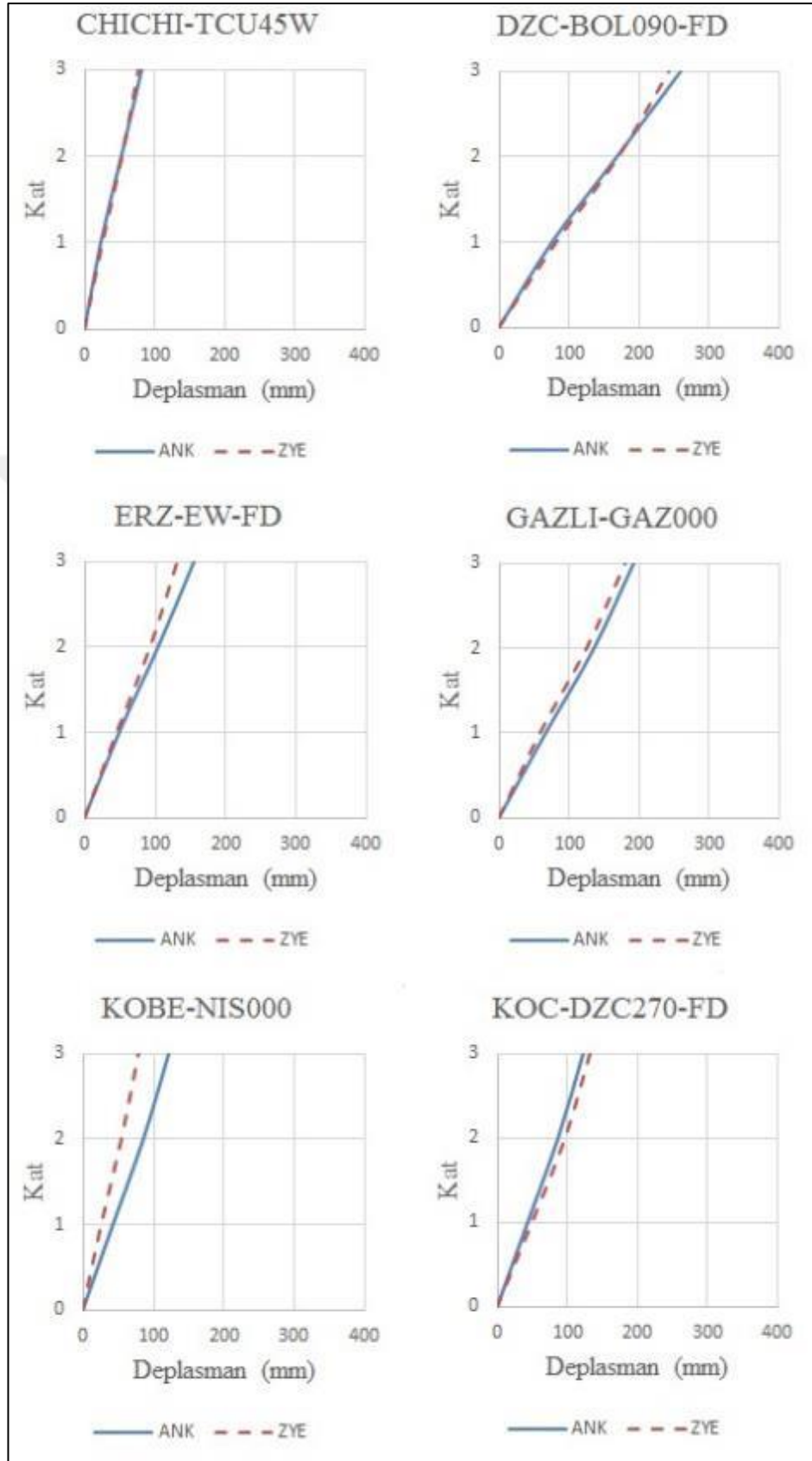


Şekil 8.8 : 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

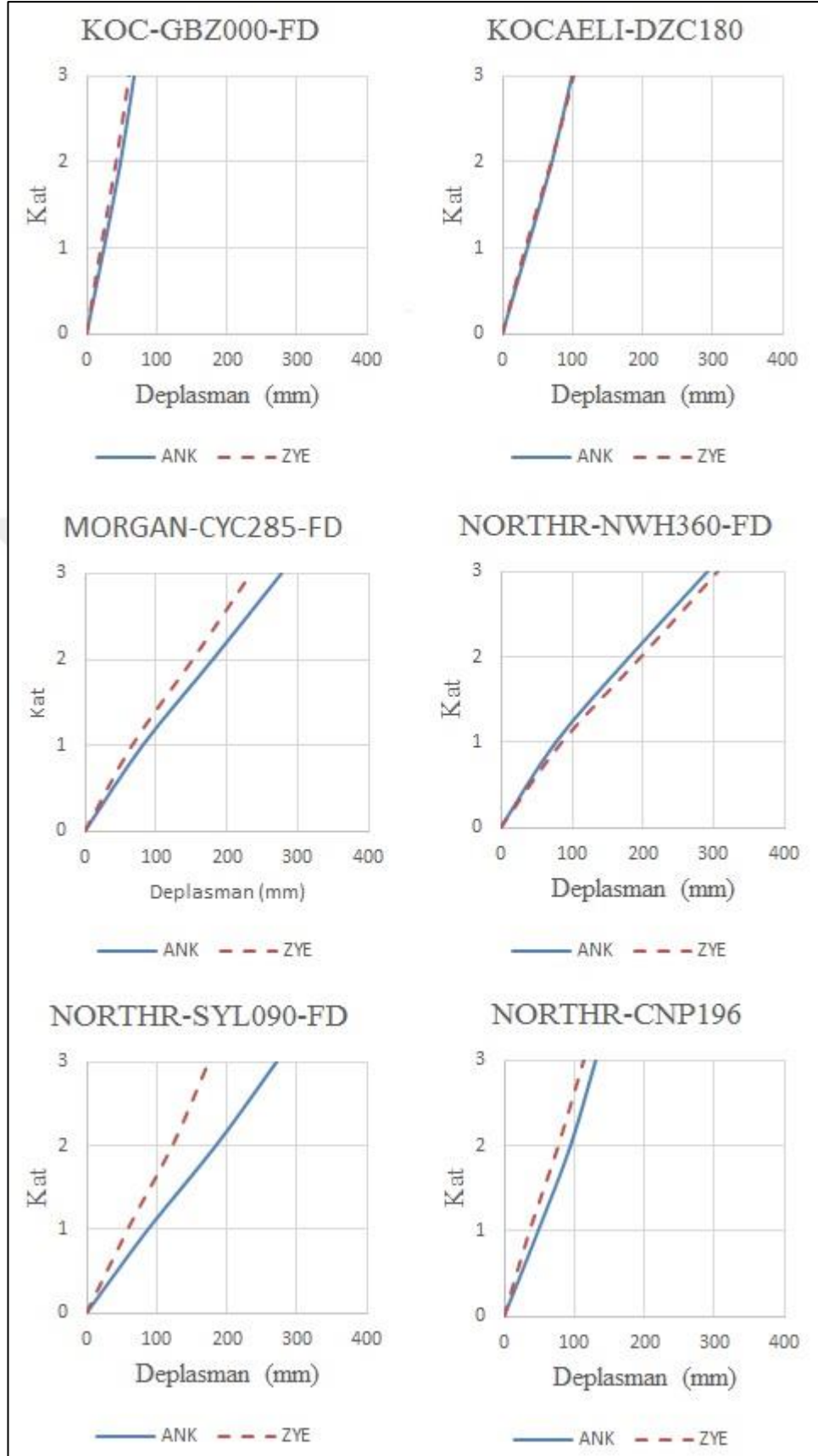


Şekil 8.8 : 3K_B-B Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

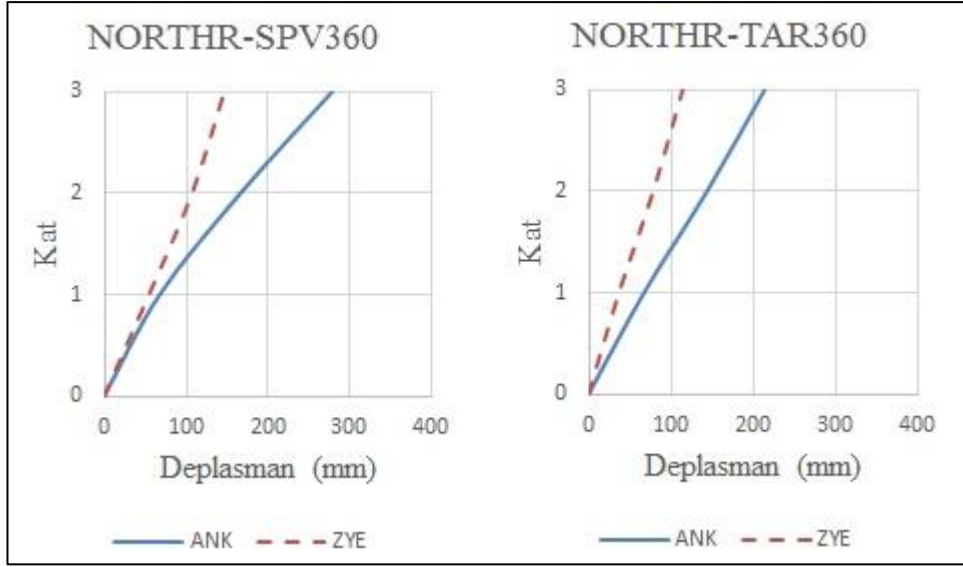
EK1.3.3 - 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.9 : 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması



Şekil 8.9 : 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

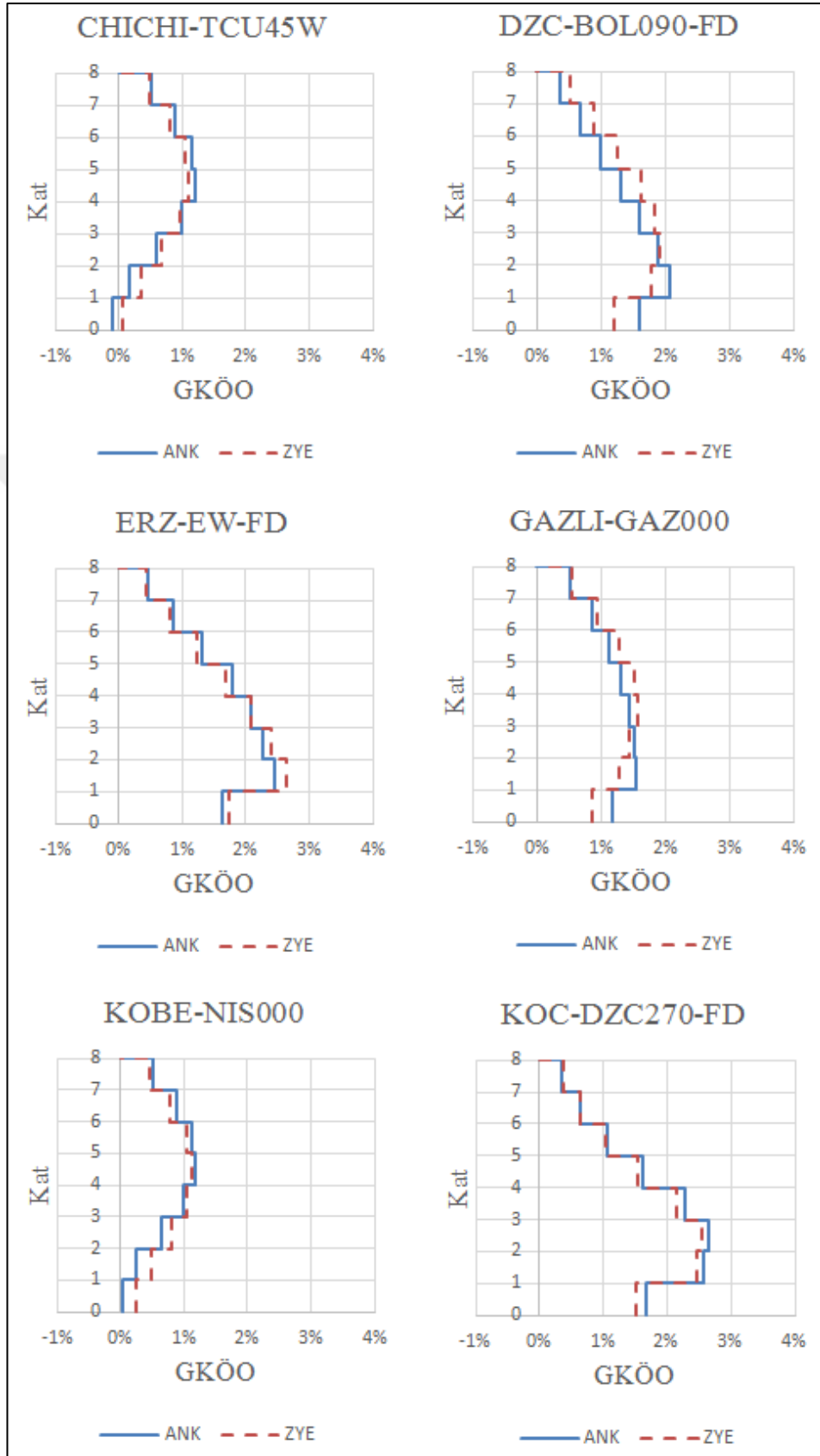


Şekil 8.9 : 3K_C-C Kat Deplasmanlarının Karşılaştırılması (Devamı)

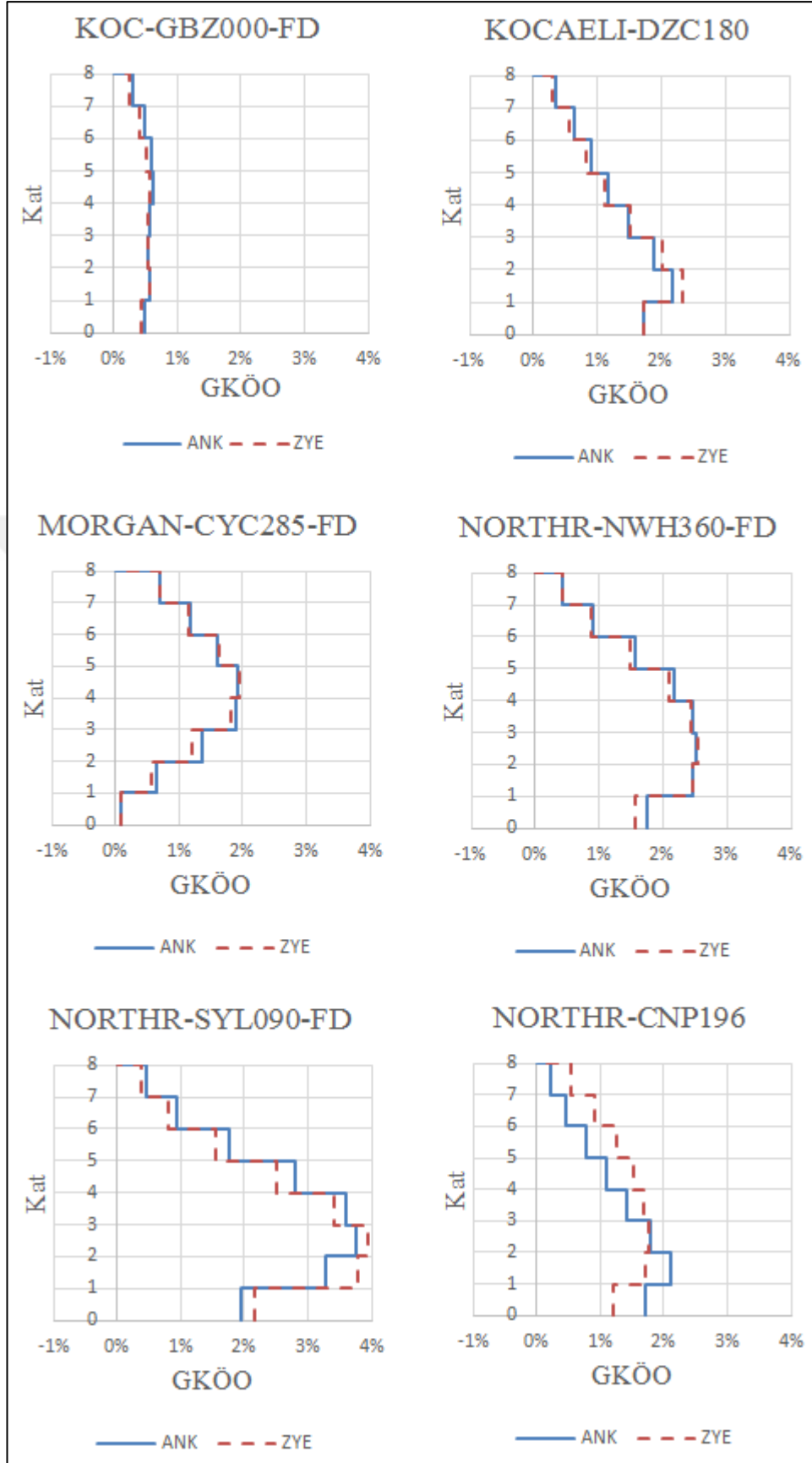
EK.2 GKÖO Karşılaştırılması



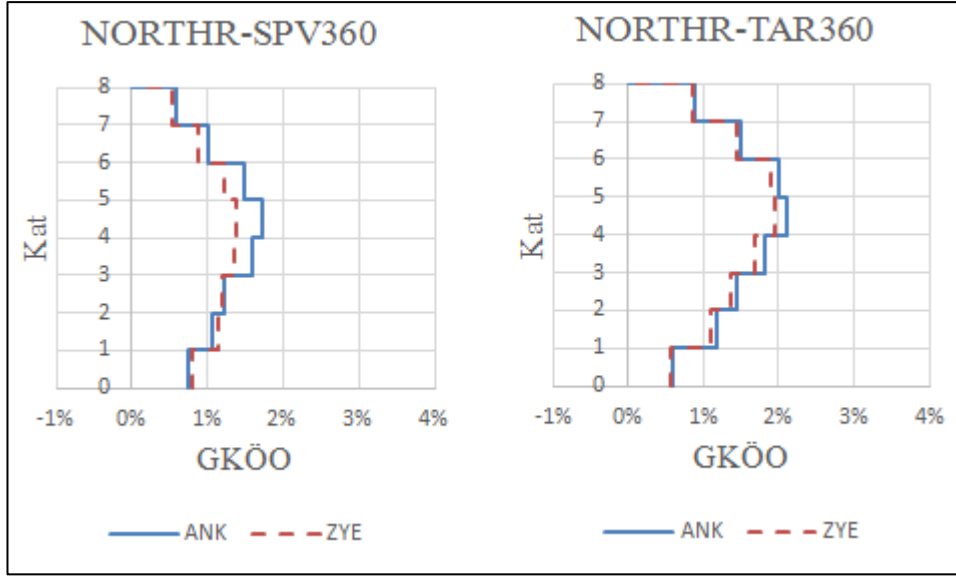
EK2.1.1 - 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.10 : 8K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması

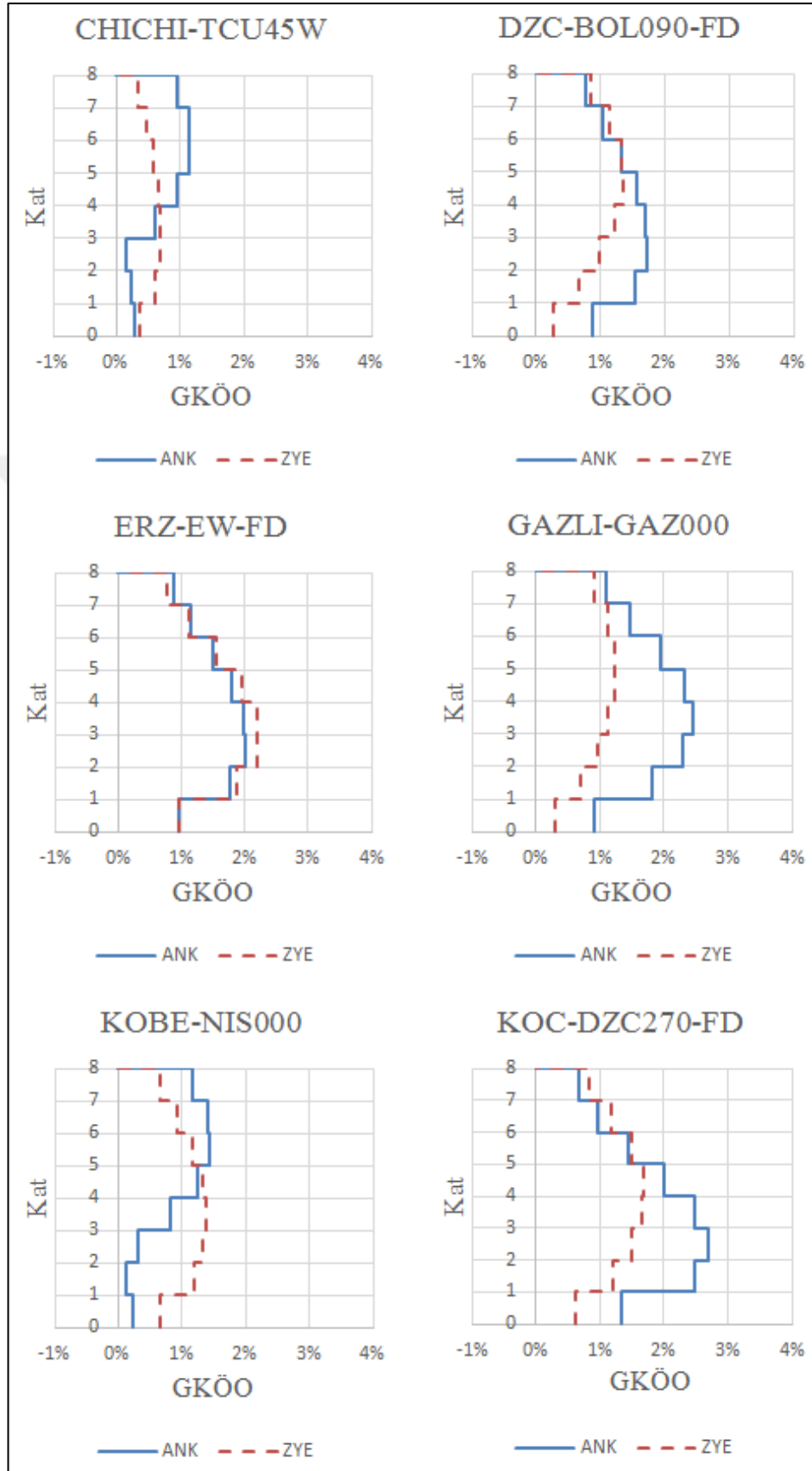


Şekil 8.10 : 8K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

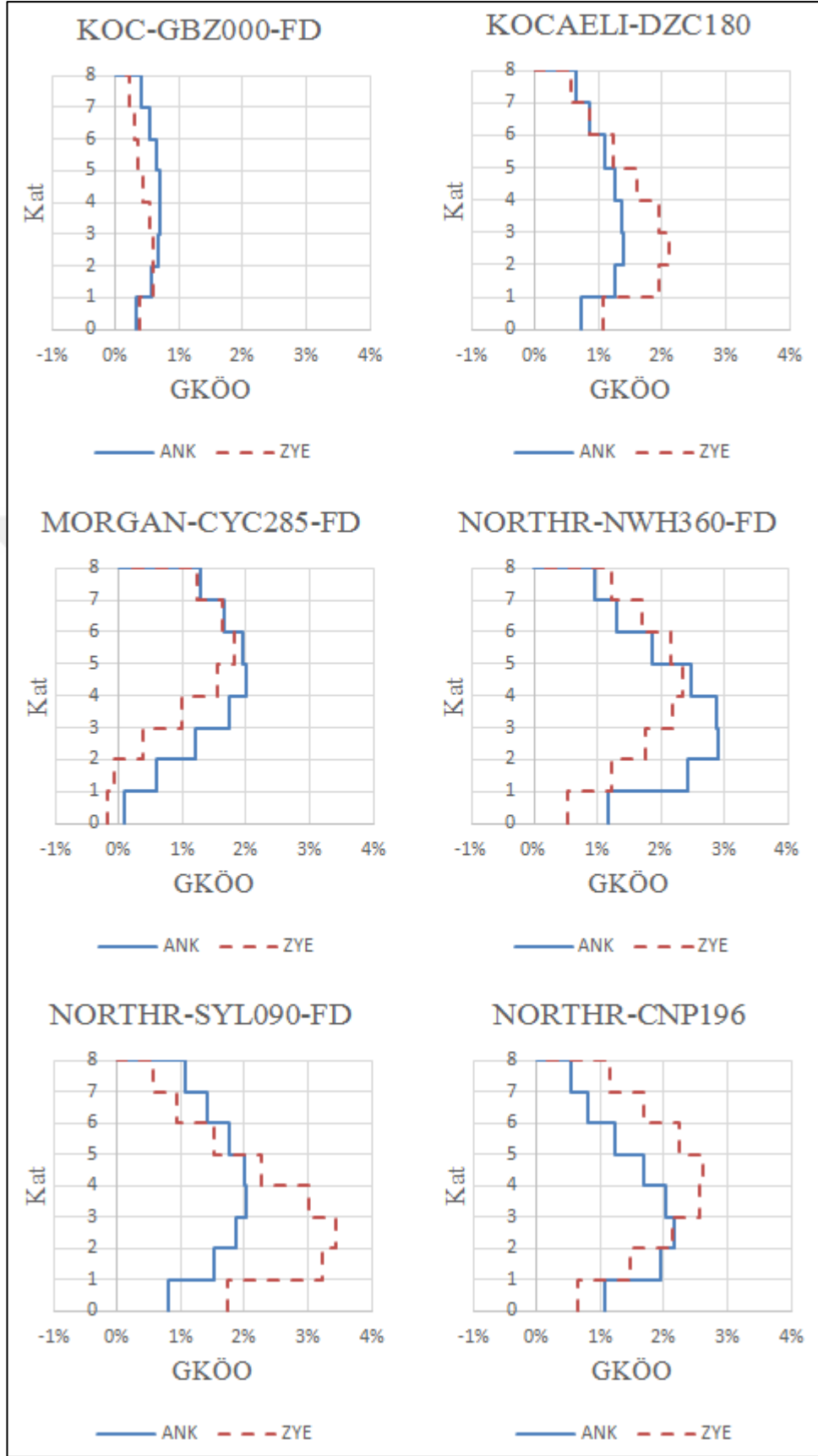


Şekil 8.10 : 8K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

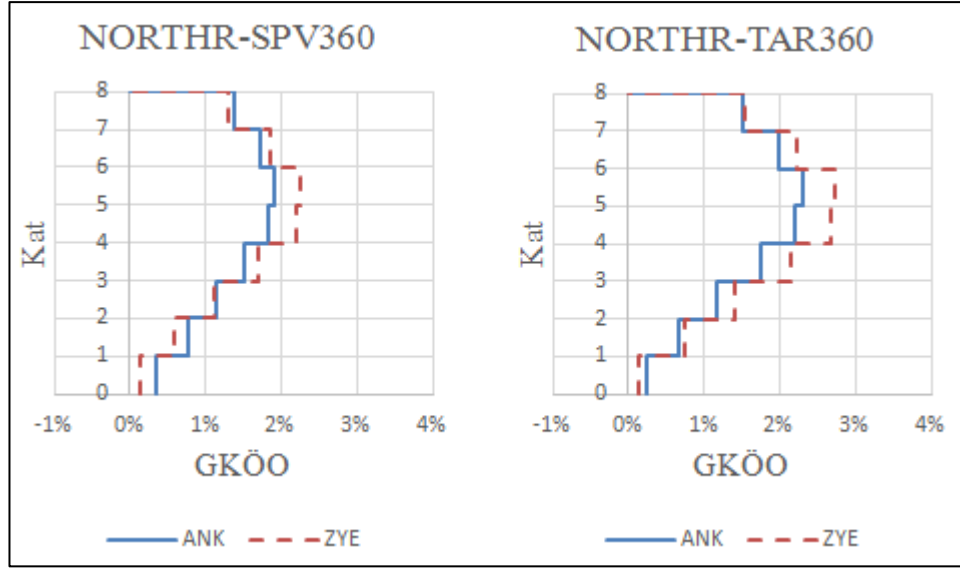
EK2.1.2 - 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.11 : 8K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması

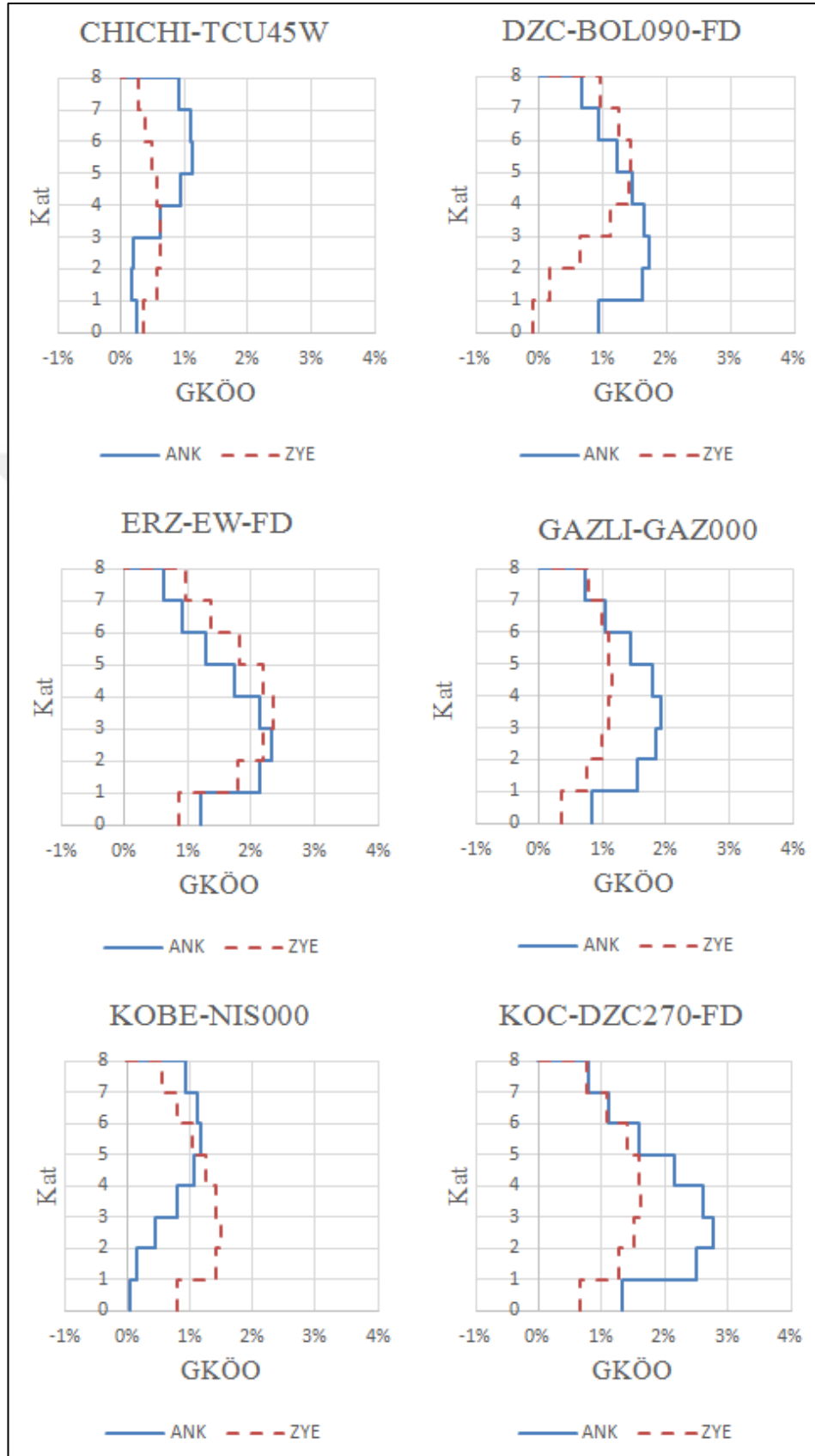


Şekil 8.11 : 8K_B-B GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

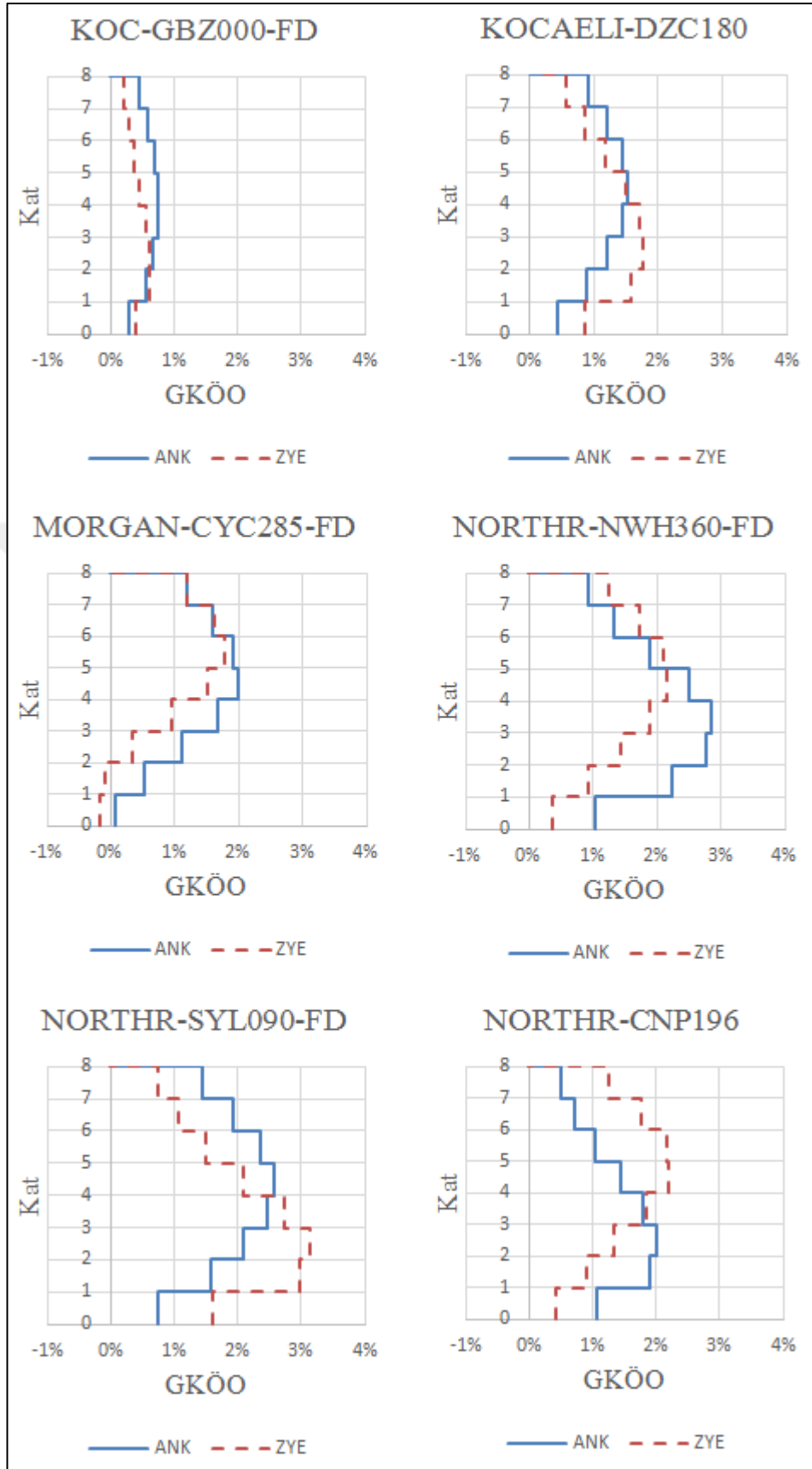


Şekil 8.11 : 8K_B-B GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

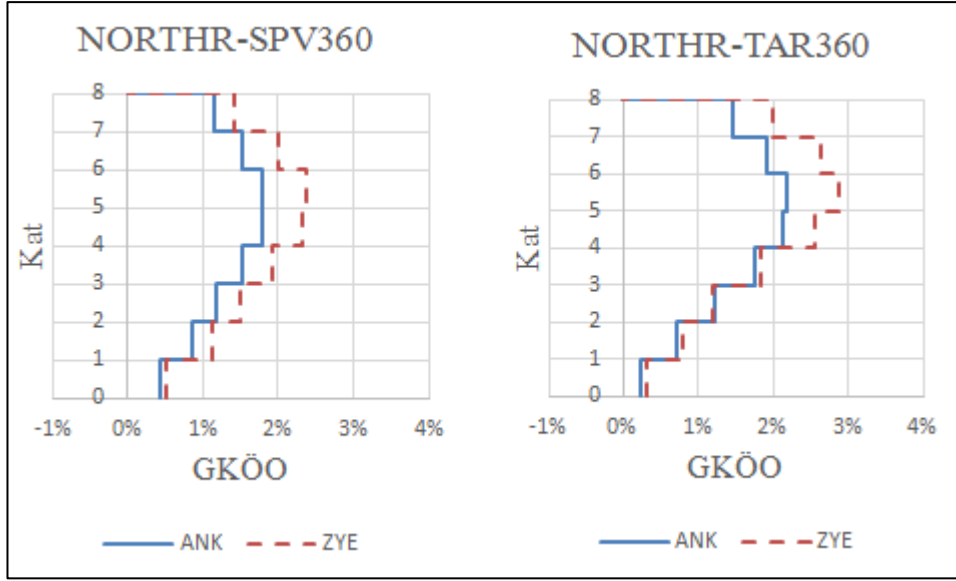
EK2.1.3 - 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.12 : 8K_C-C GKÖÖ Karşılaştırılması

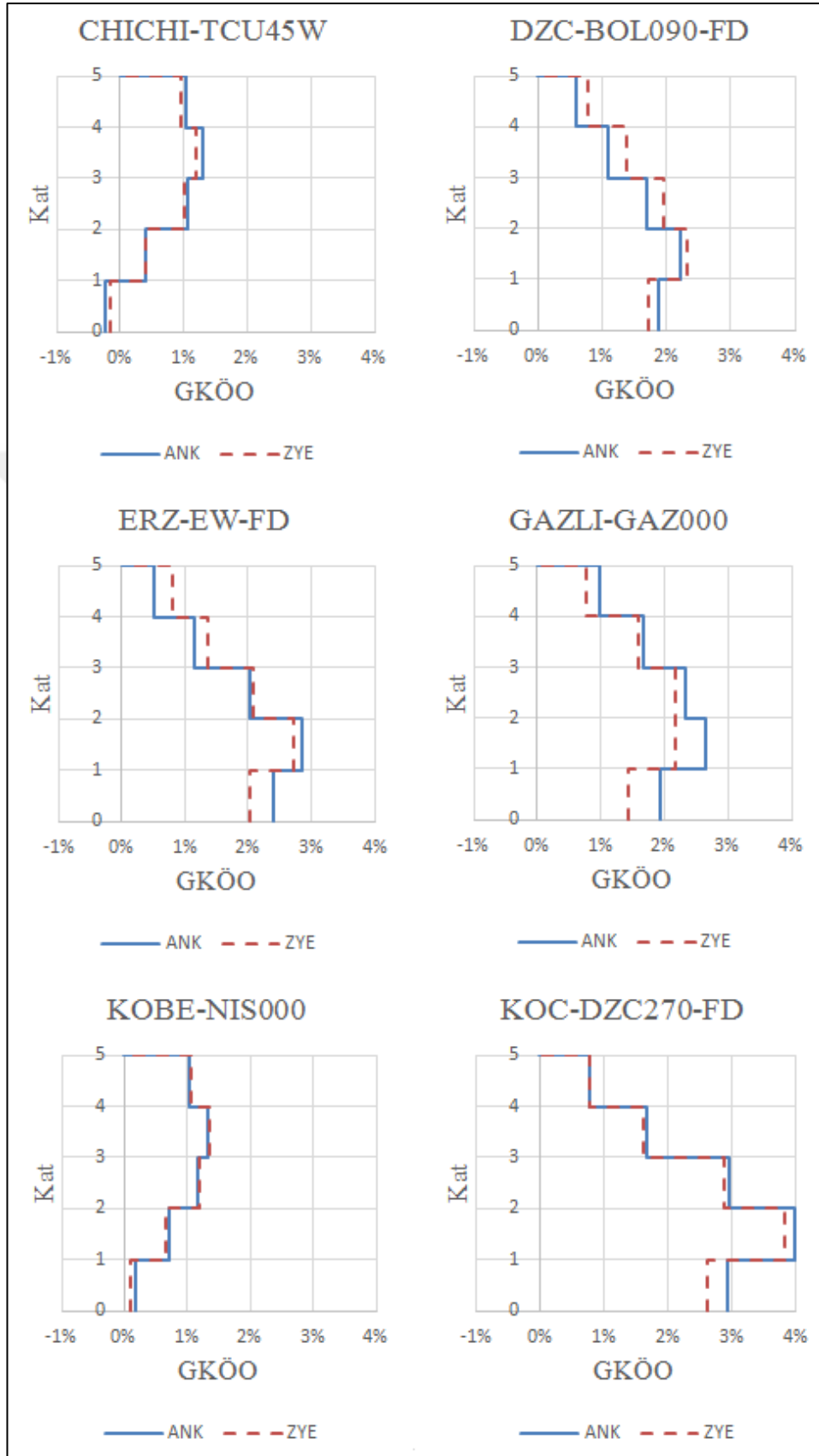


Şekil 8.12 : 8K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

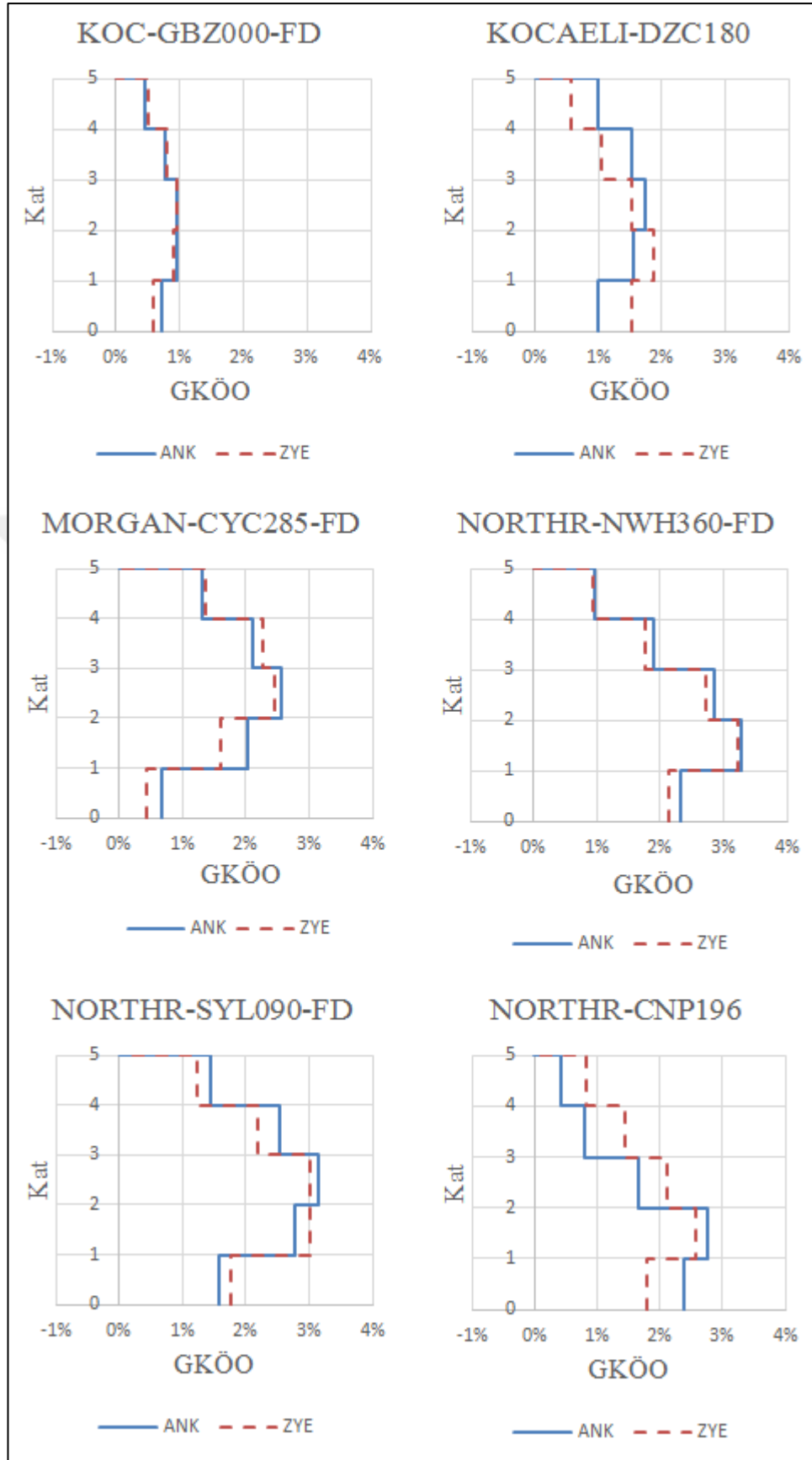


Şekil 8.12 : 8K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

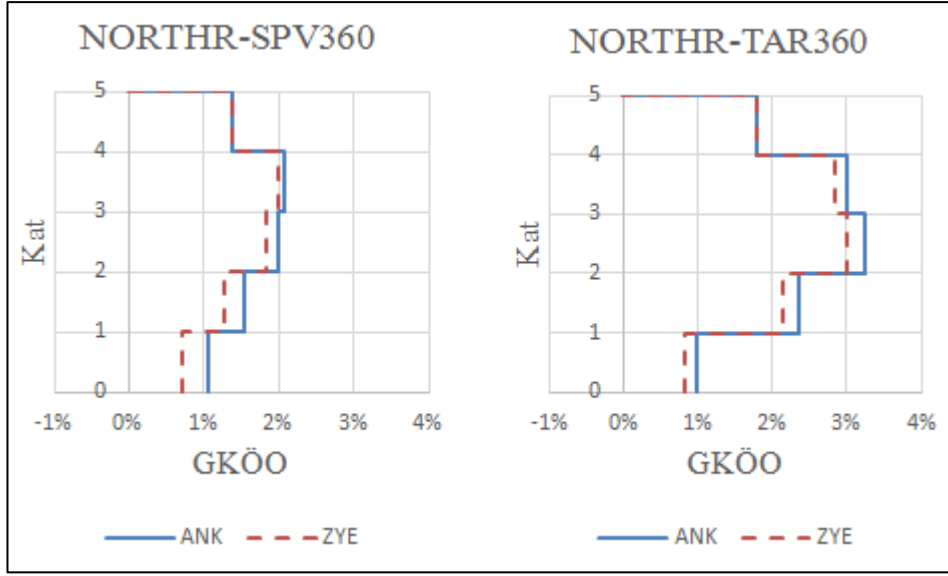
EK2.2.1 - 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.13 : 5K_2-2 GKÖÖ Karşılaştırılması

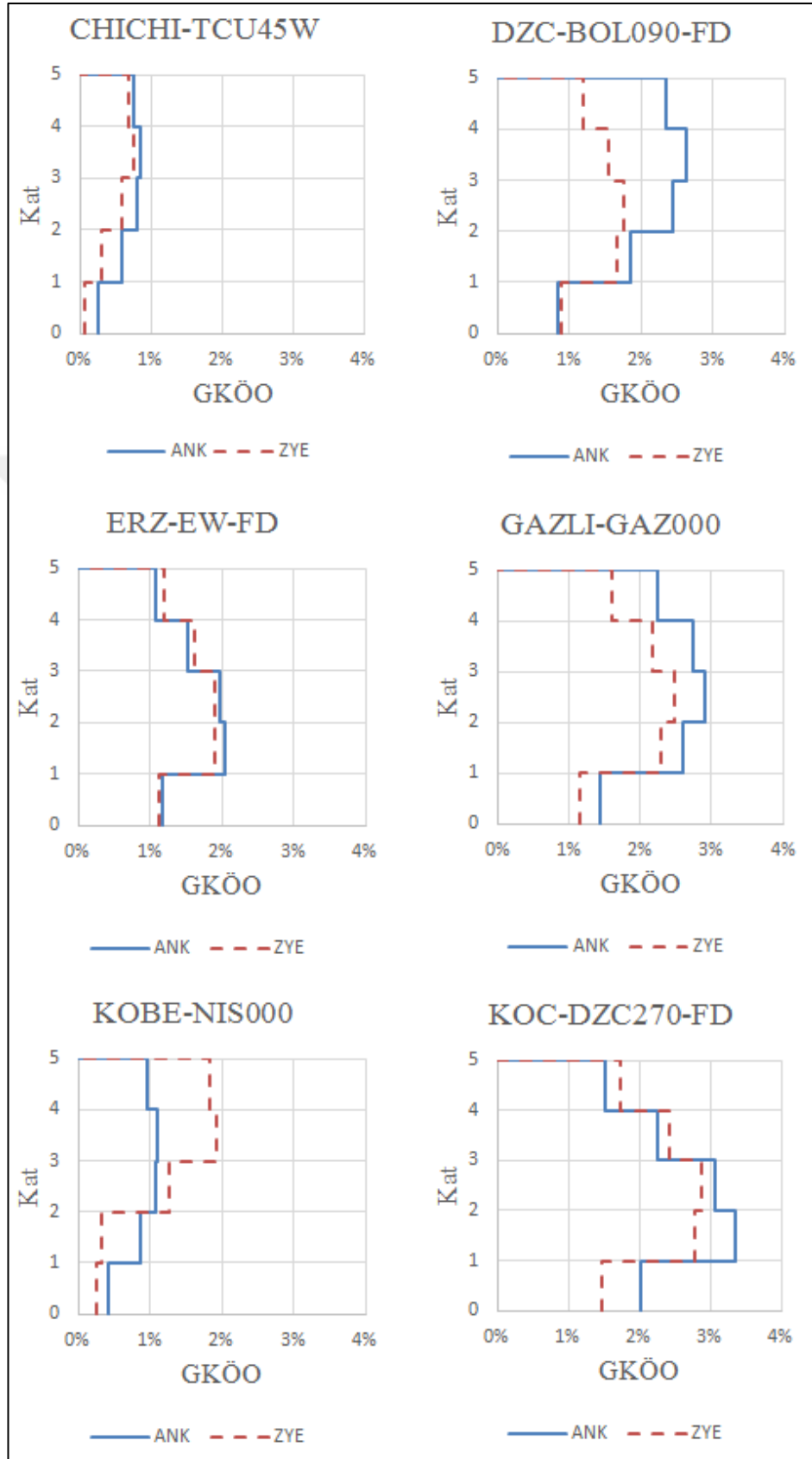


Şekil 8.13 : 5K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

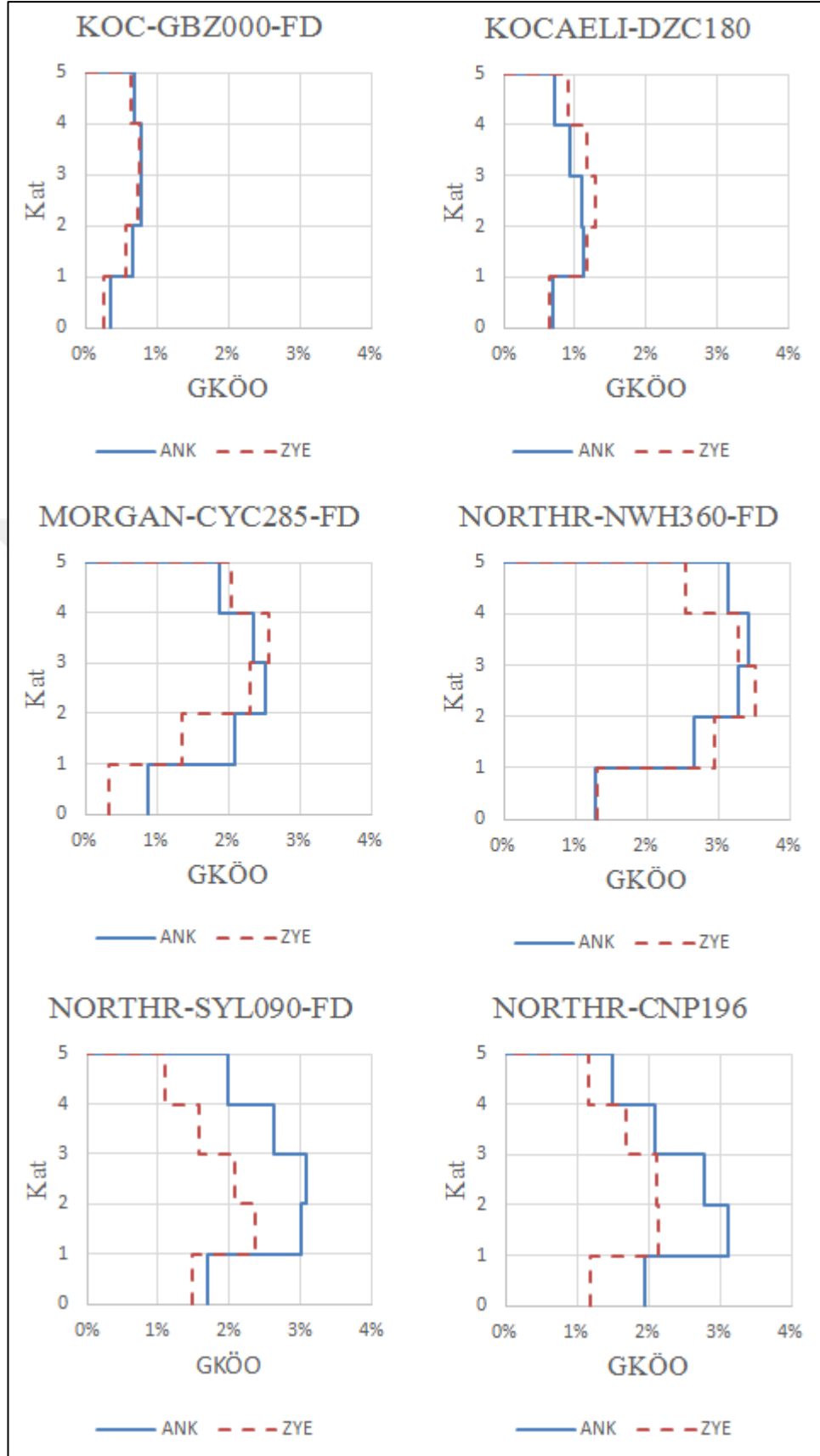


Şekil 8.13 : 5K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

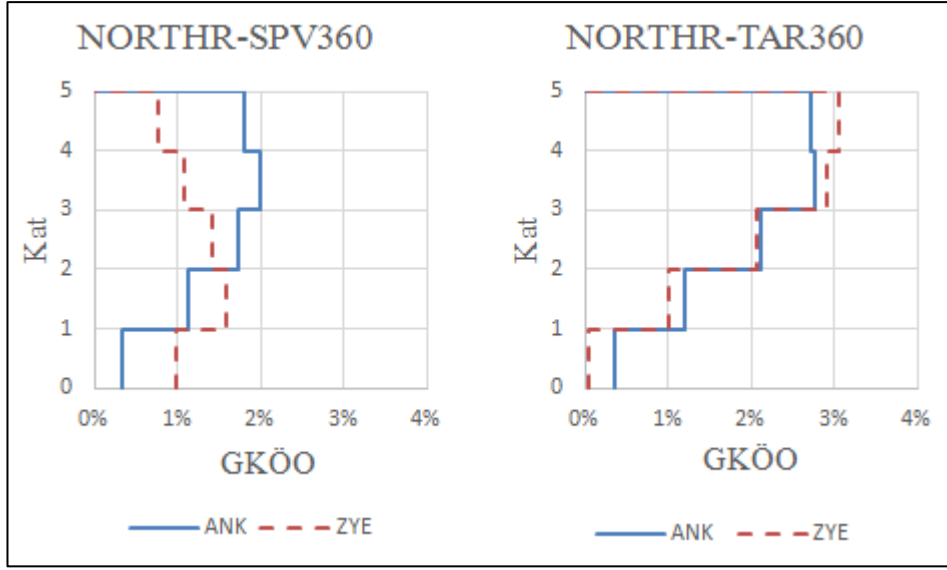
EK2.2.2 - 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.14 : 5K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması

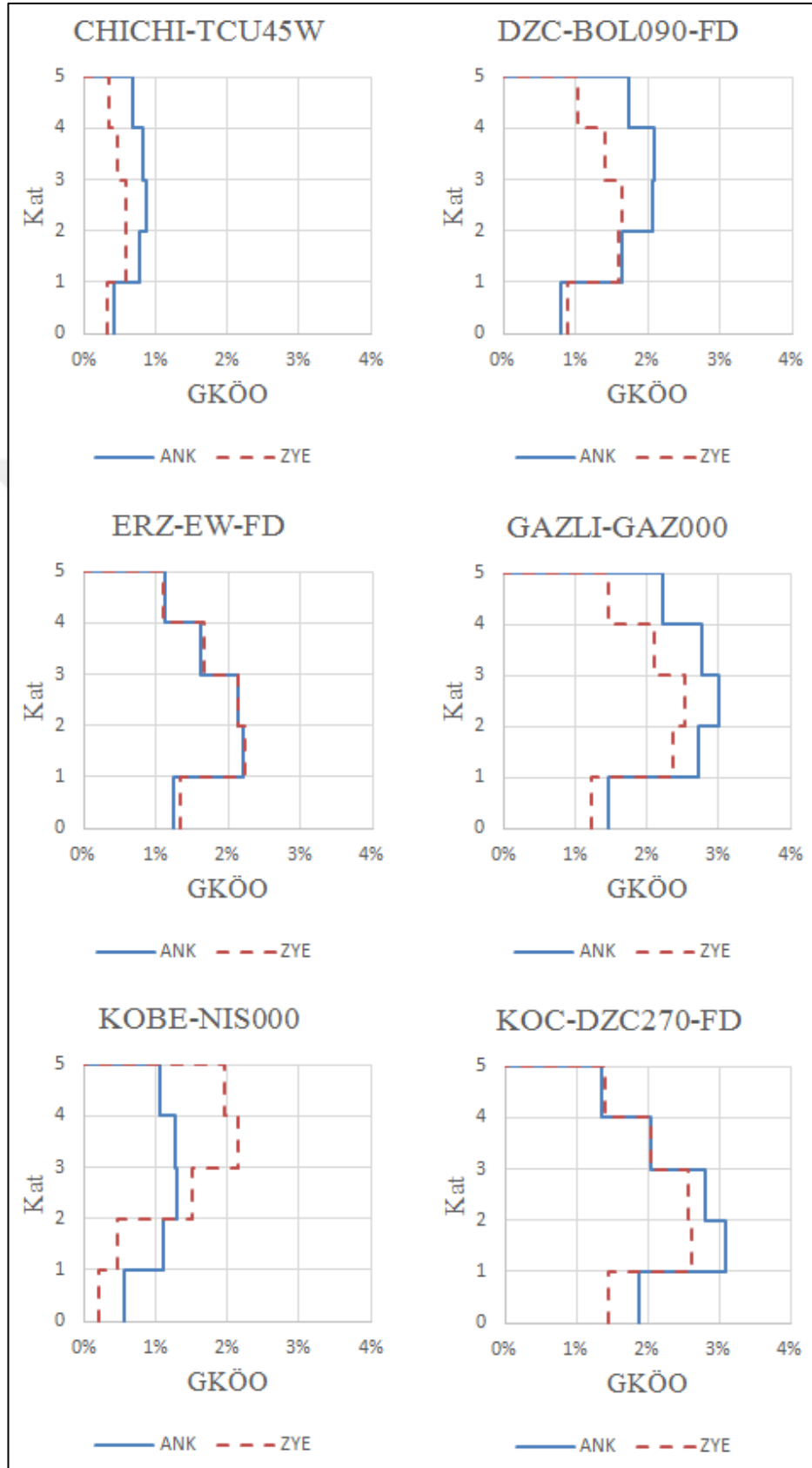


Şekil 8.14 : 5K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması (Devamı)

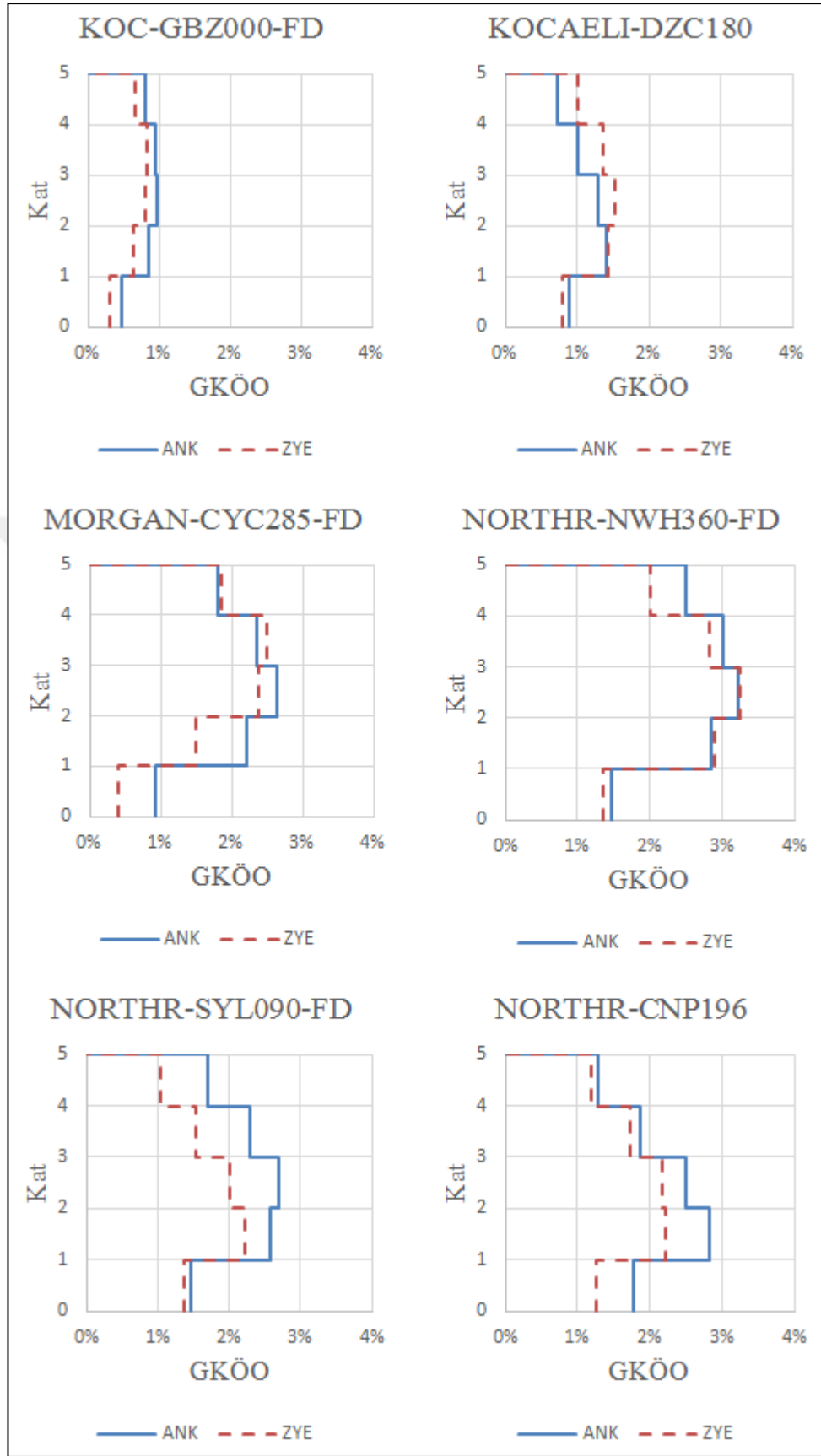


Şekil 8.14 : 5K_B-B GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

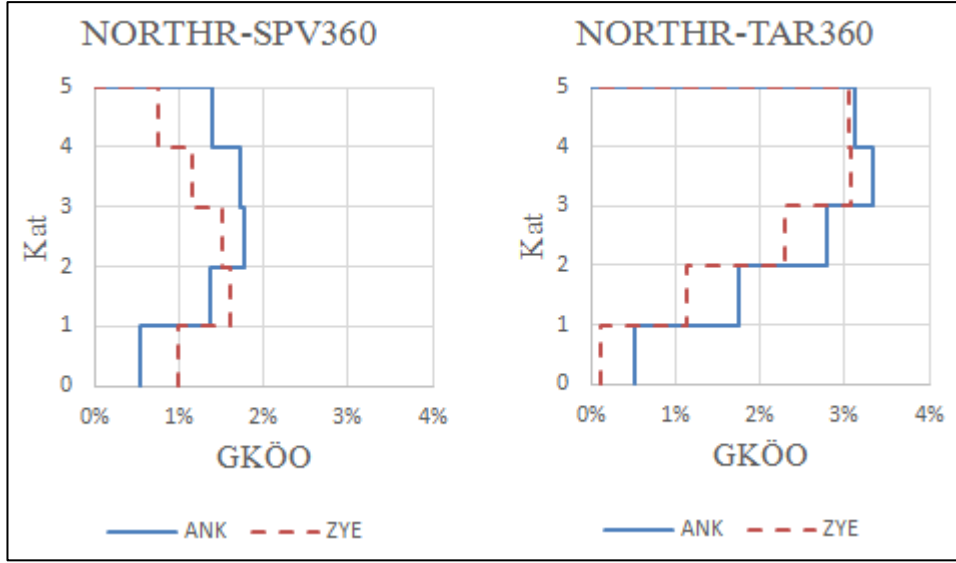
EK2.2.3 - 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.15 : 5K_C-C GKÖÖ Karşılaştırılması

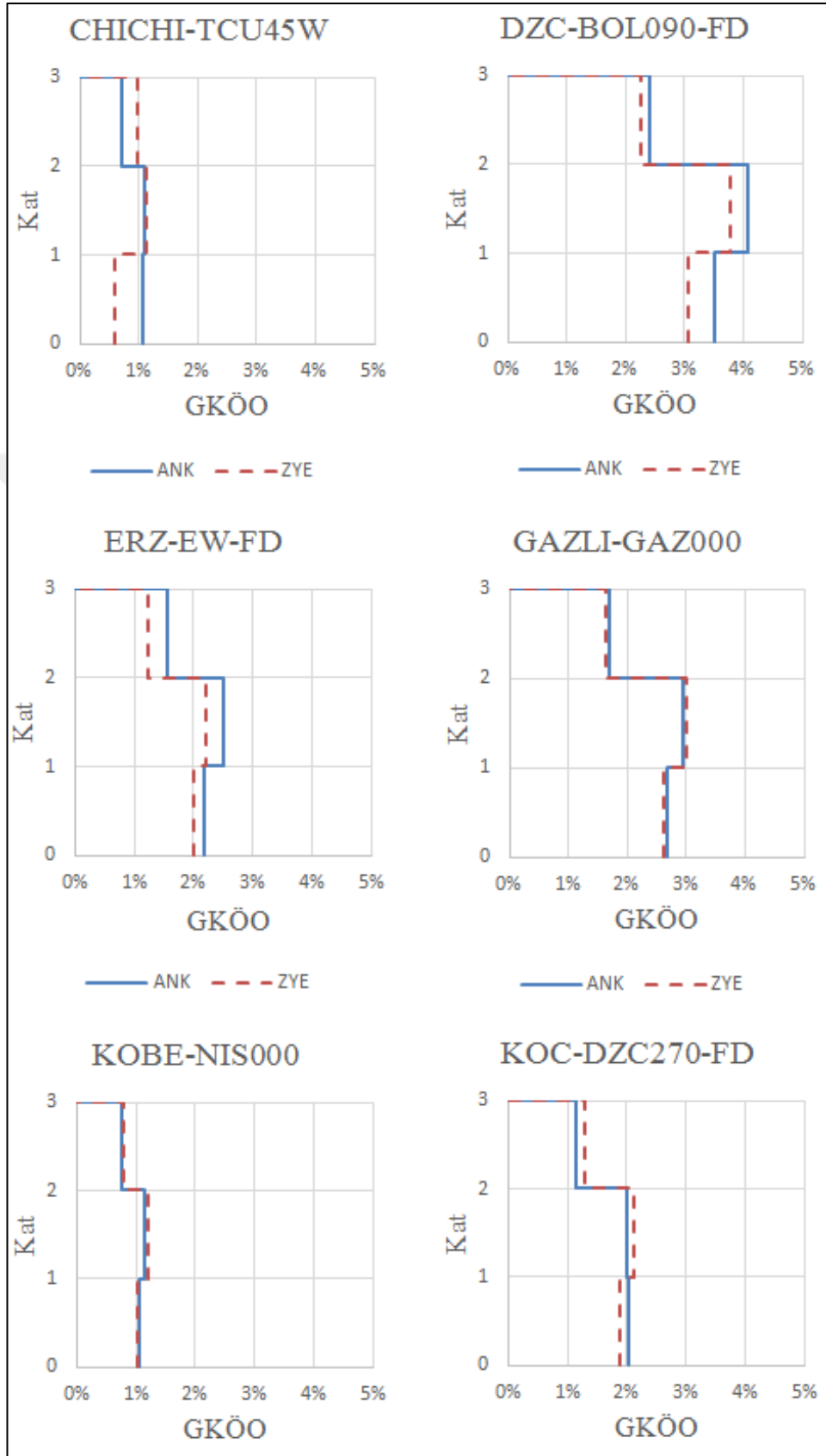


Şekil 8.15 : 5K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

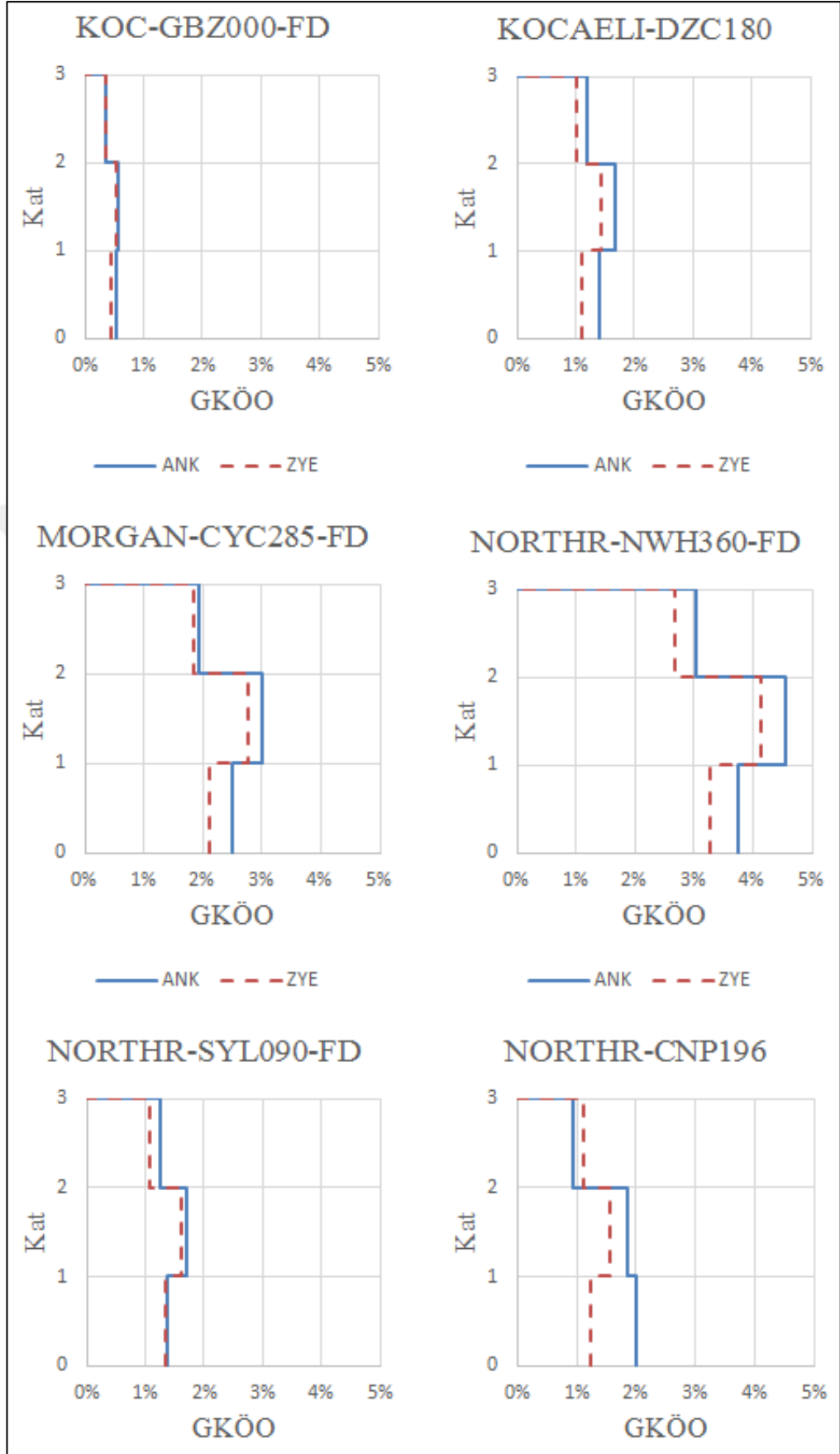


Şekil 8.15 : 5K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

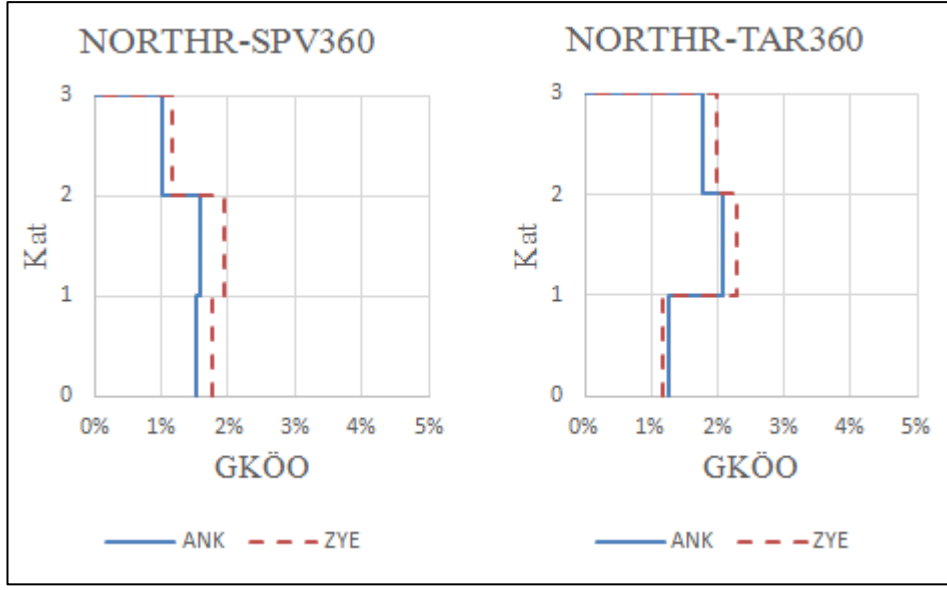
EK2.3.1 - 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.16 : 3K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması

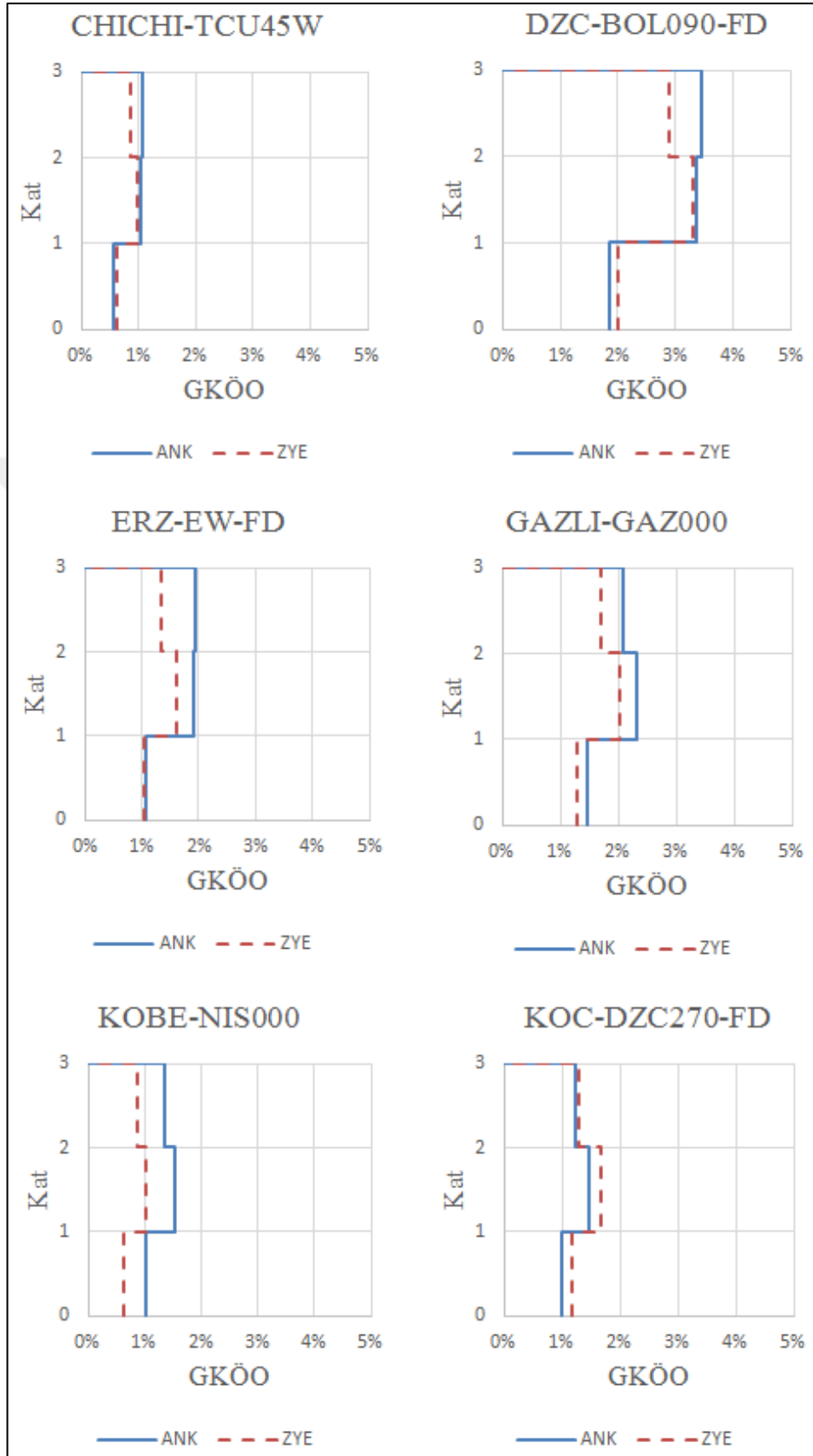


Şekil 8.16 : 3K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

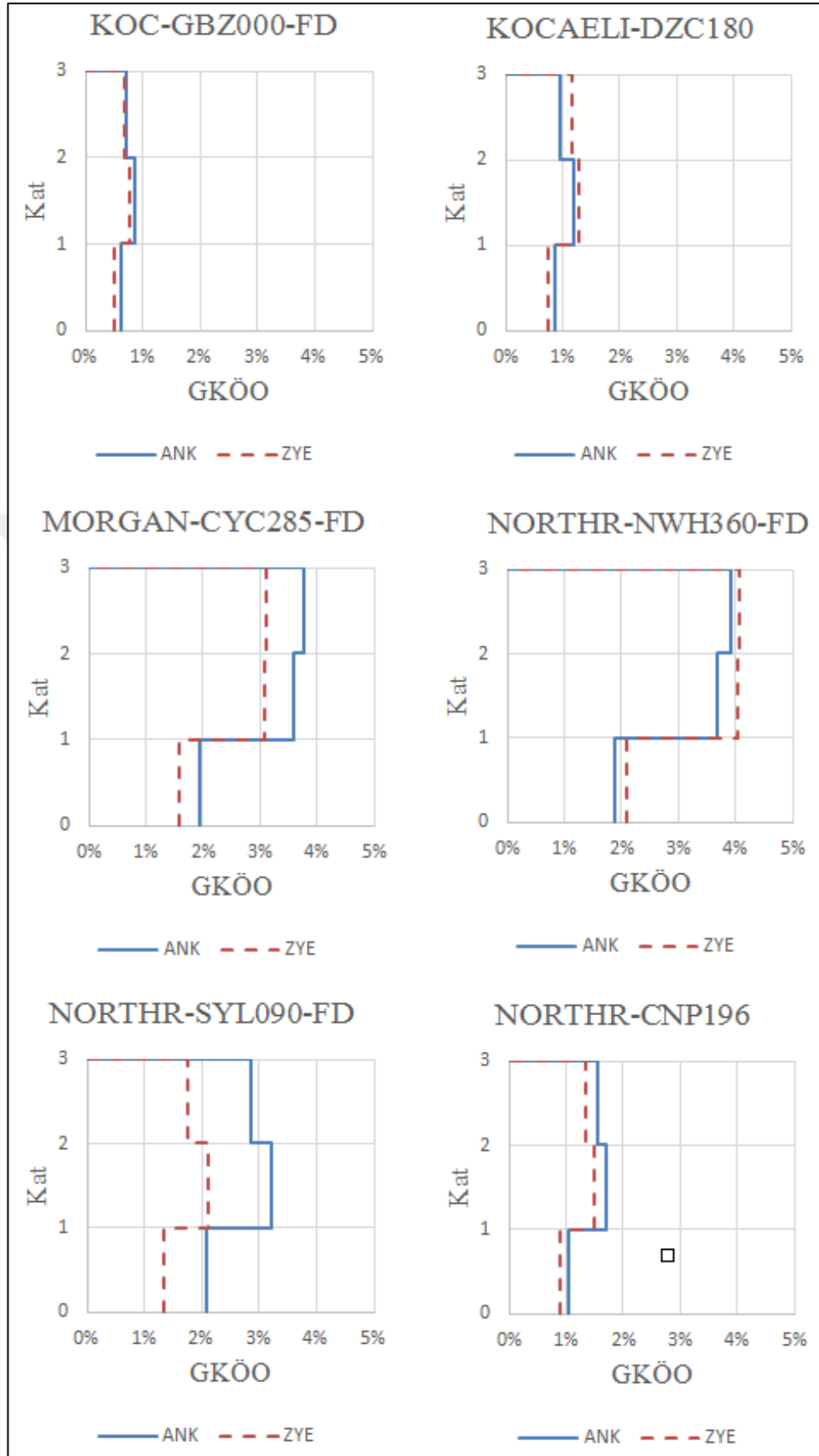


Şekil 8.16 : 3K_2-2 GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

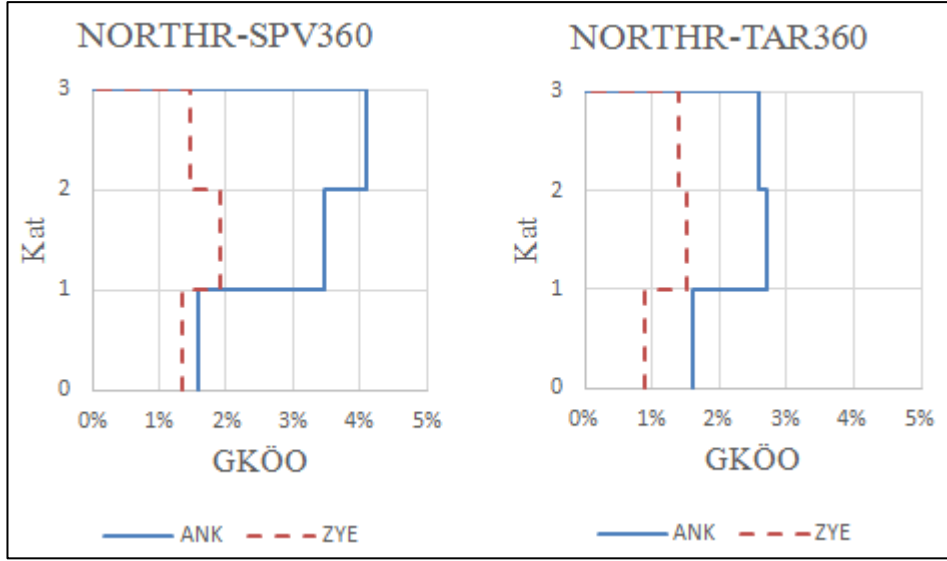
EK2.3.2 - 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.17 : 3K_B-B GKÖÖ Karşılaştırılması

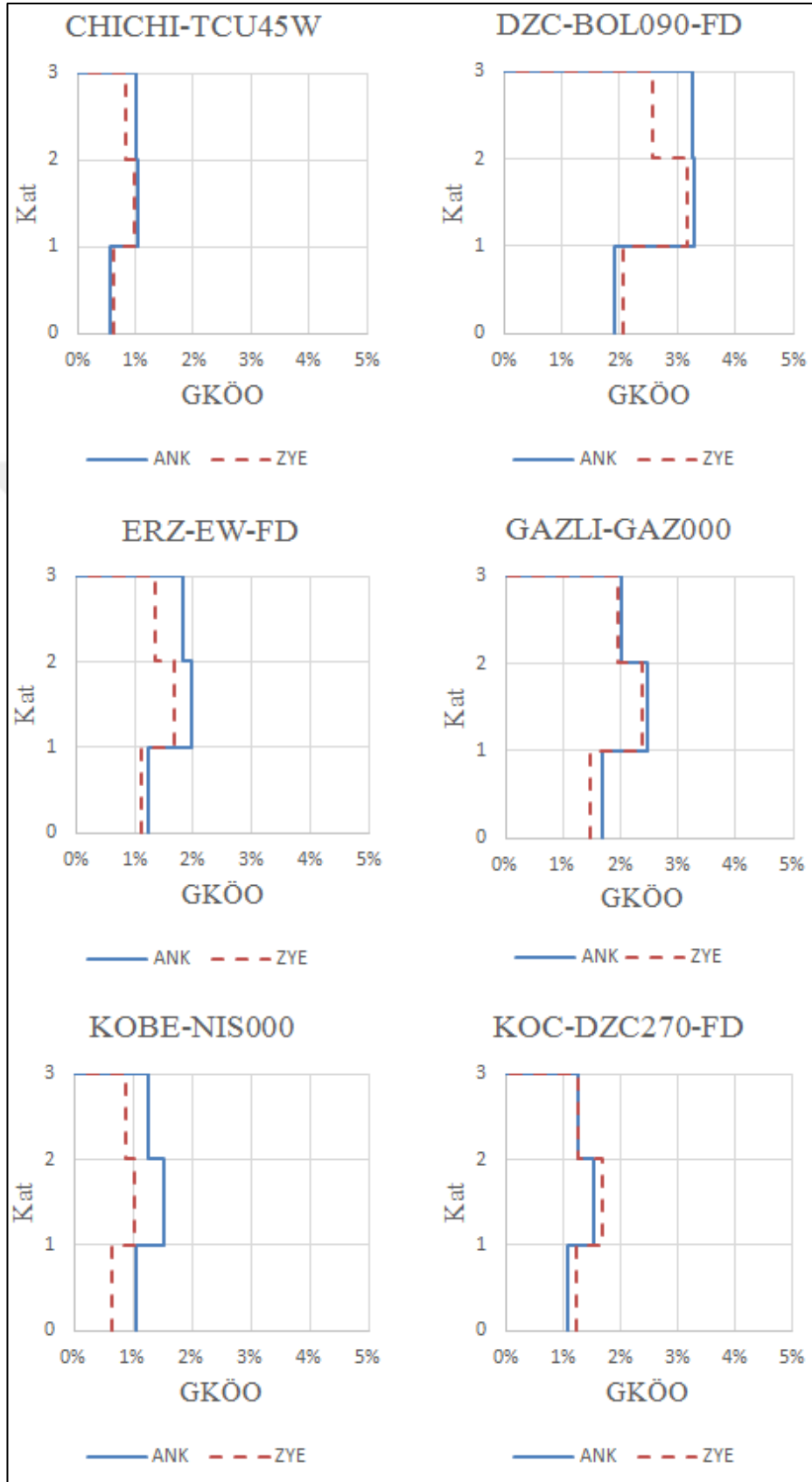


Şekil 8.17 : 3K_B-B GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

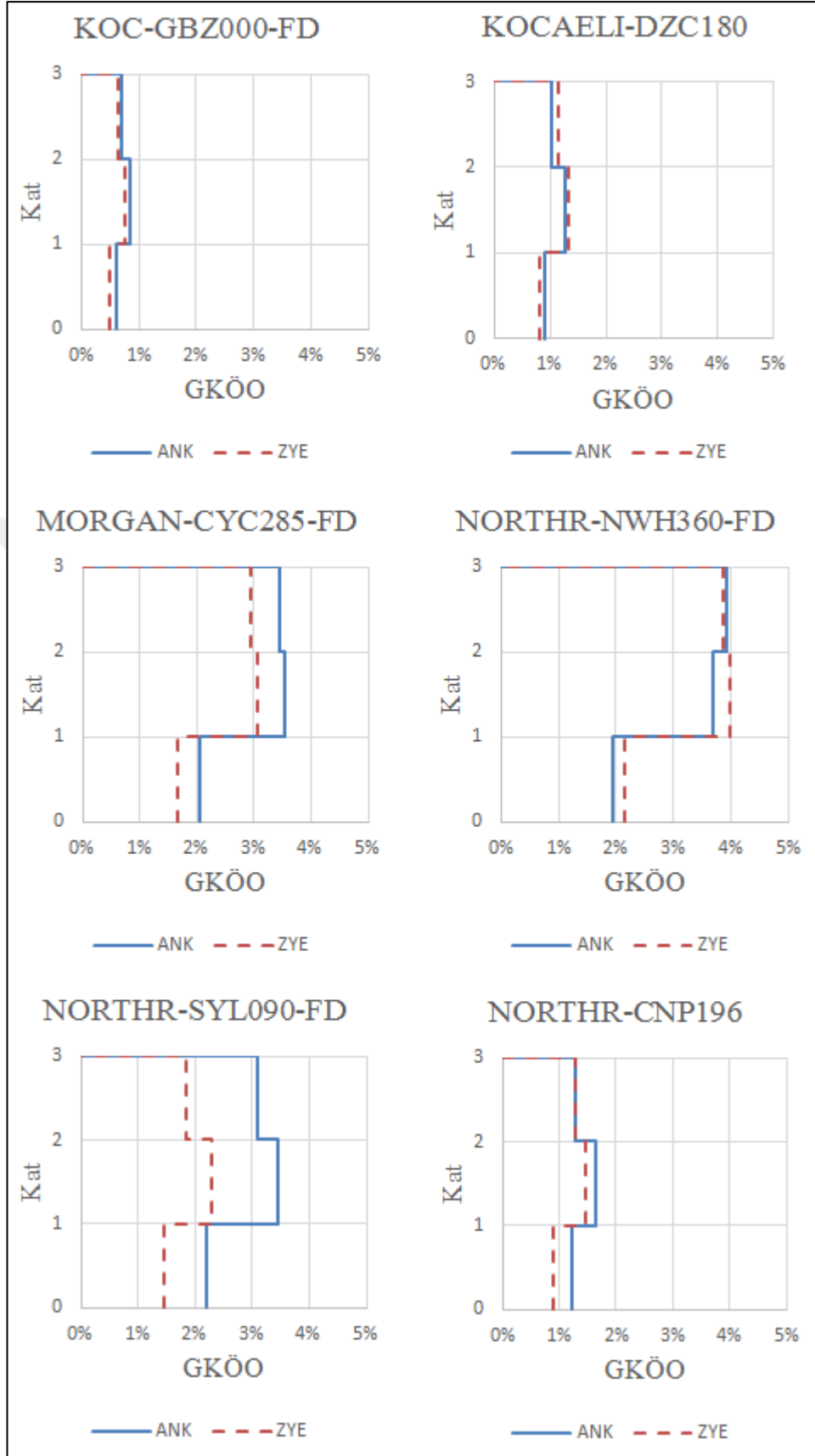


Şekil 8.17 : 3K_B-B GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

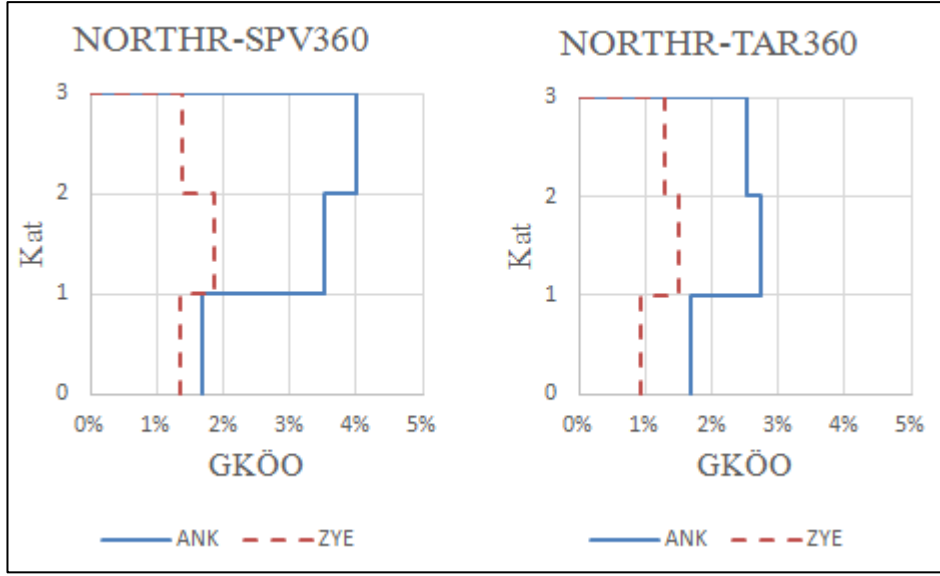
EK2.3.3 - 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.18 : 3K_C-C GKÖO Karşılaştırılması



Şekil 8.18 : 3K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

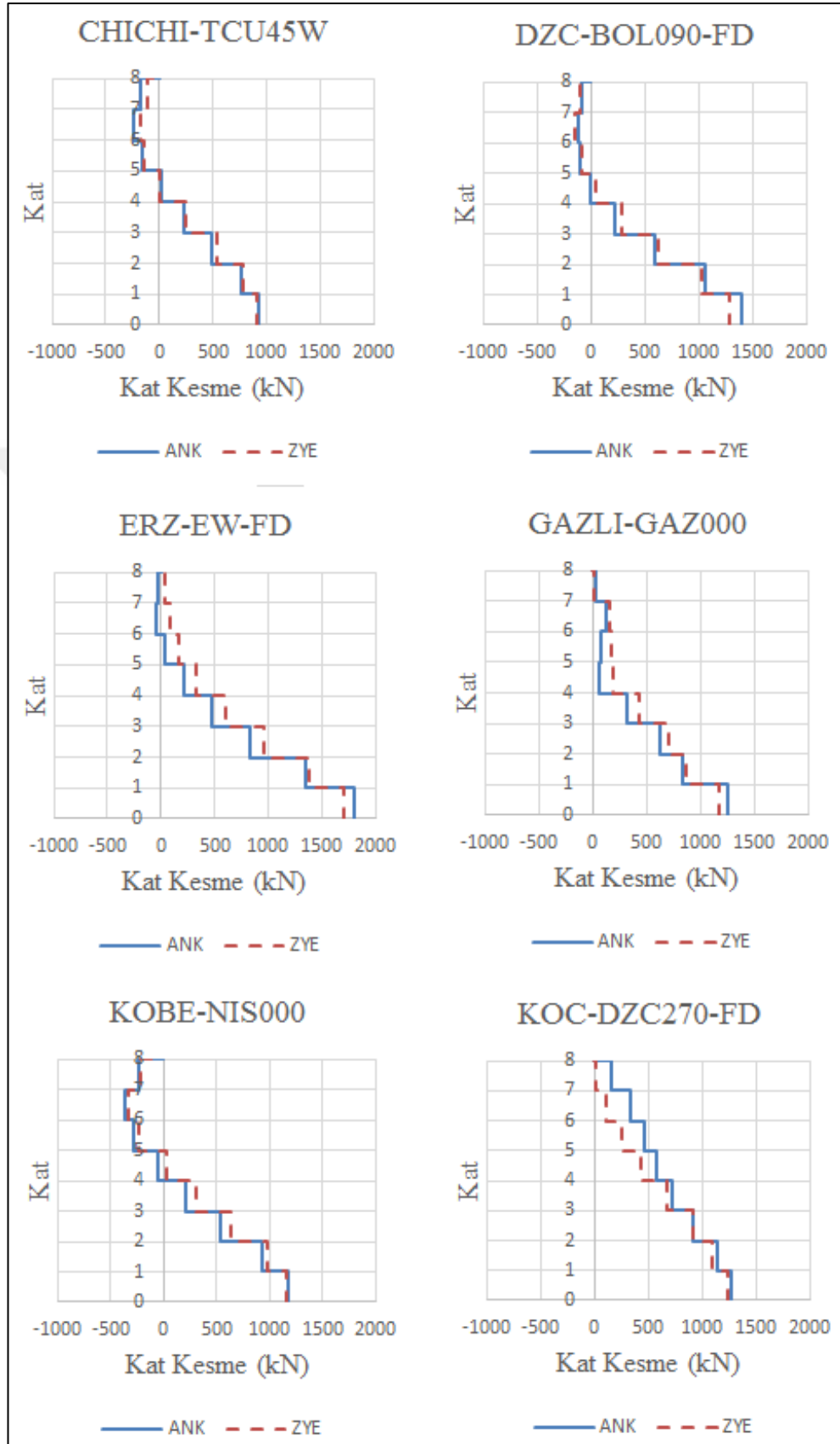


Şekil 8.18 : 3K_C-C GKÖO Karşılaştırılması (Devamı)

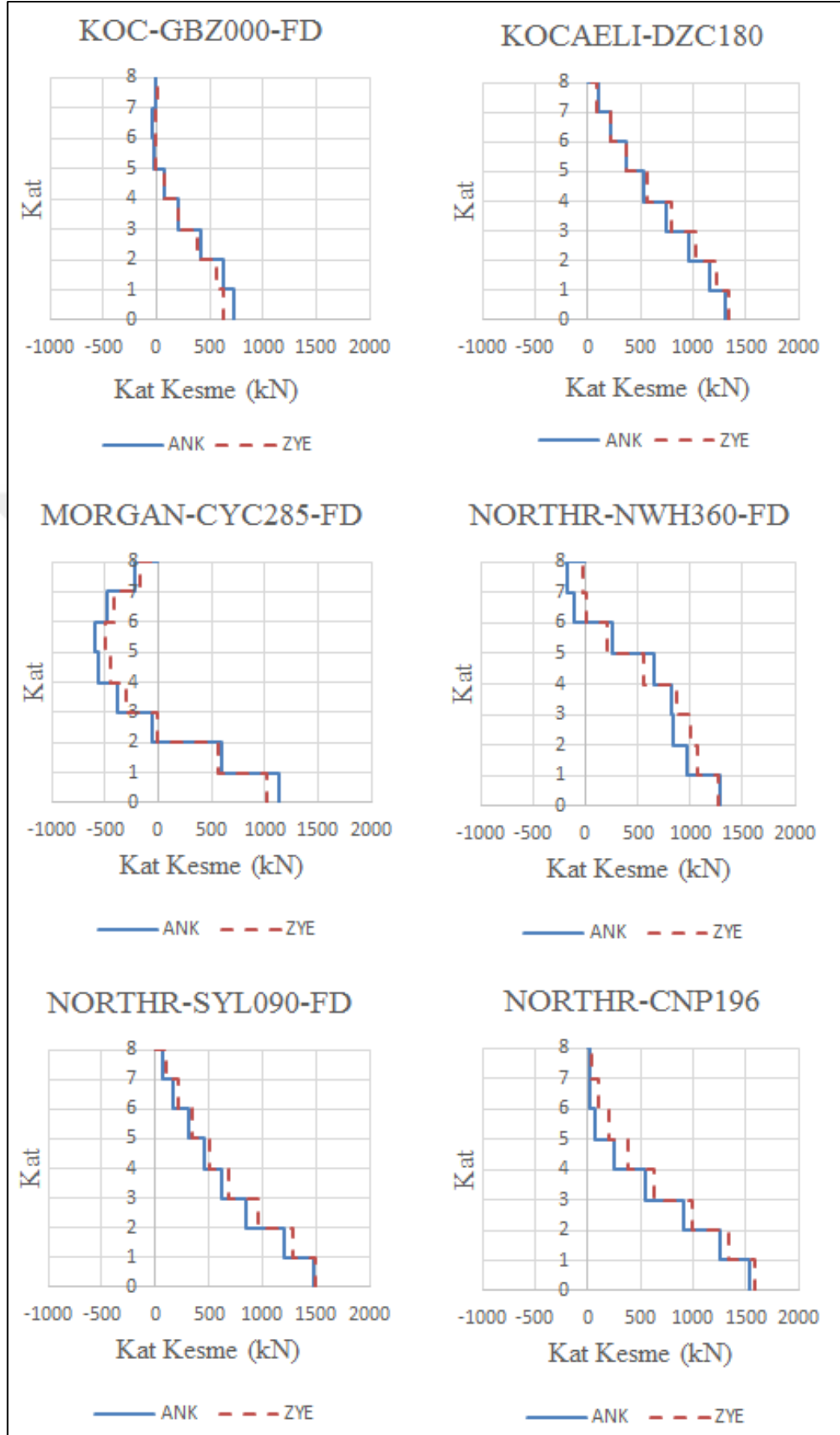
EK.3 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



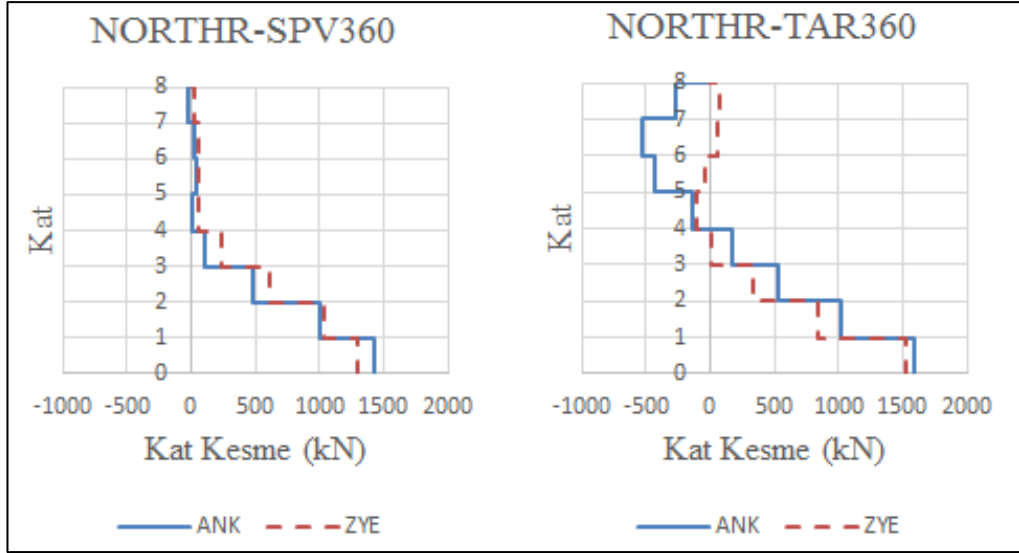
EK3.1.1 - 8 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.19 : 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

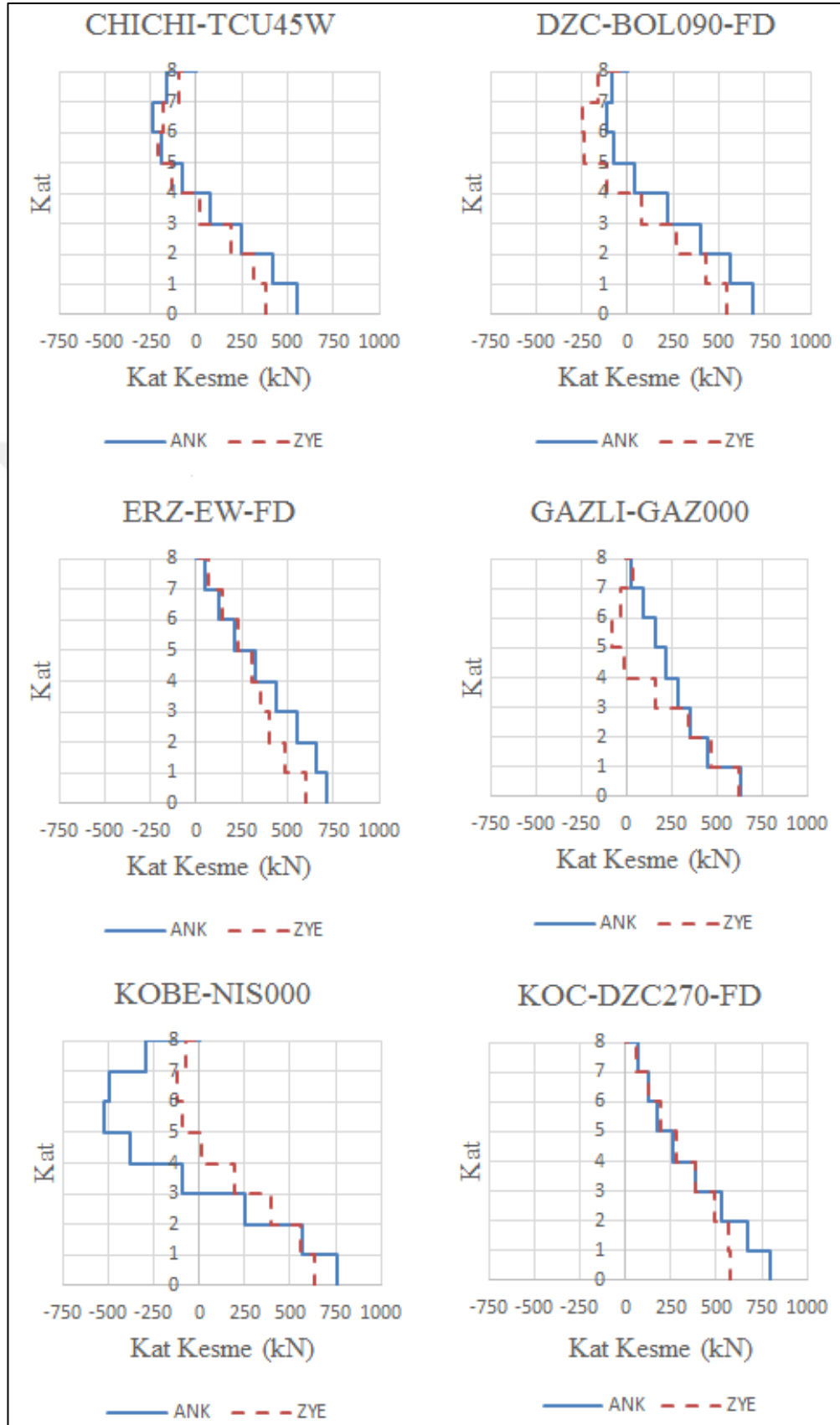


Şekil 8.19 : 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

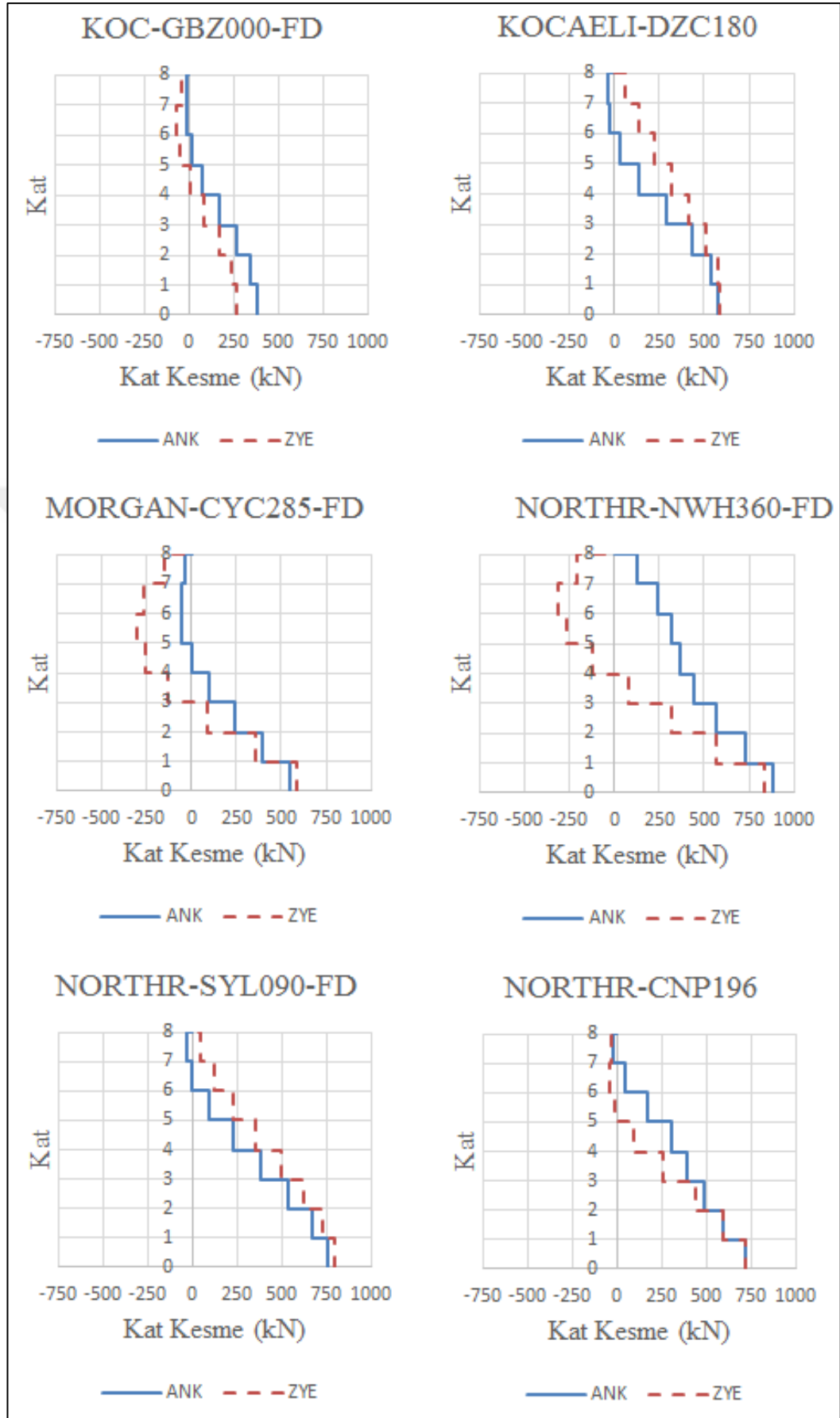


Şekil 8.19 : 8K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

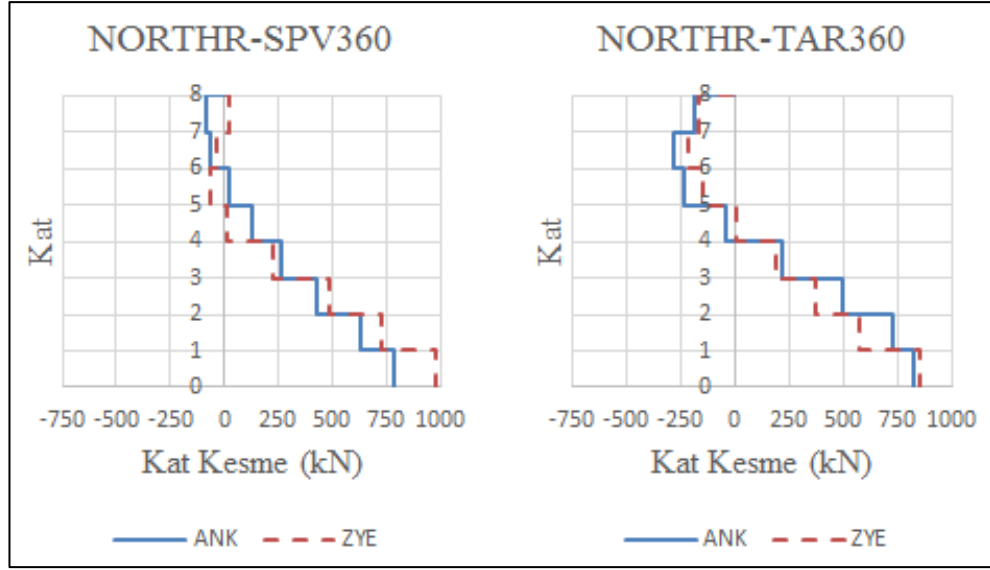
EK3.1.2 - 8 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.20 : 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

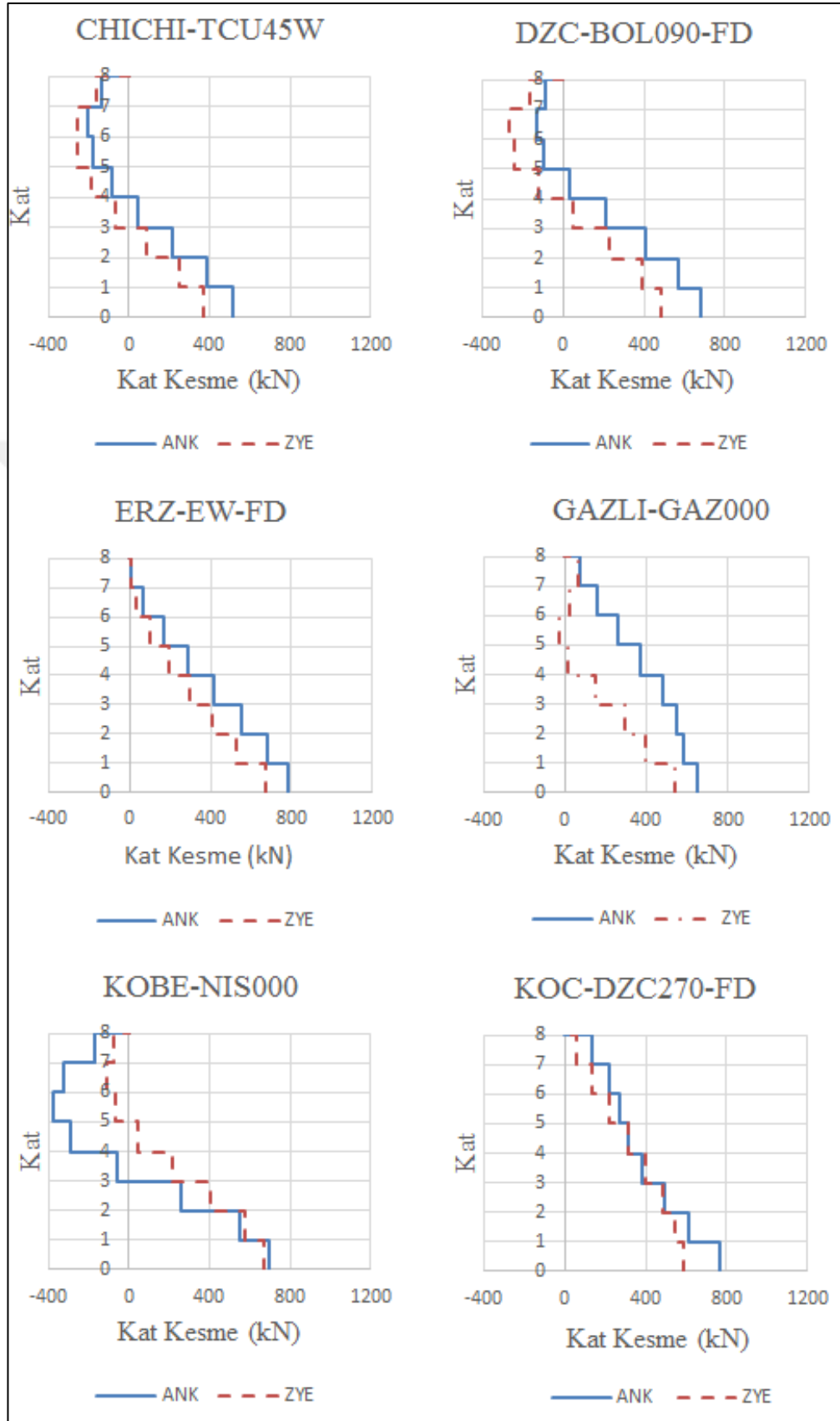


Şekil 8.20 : 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

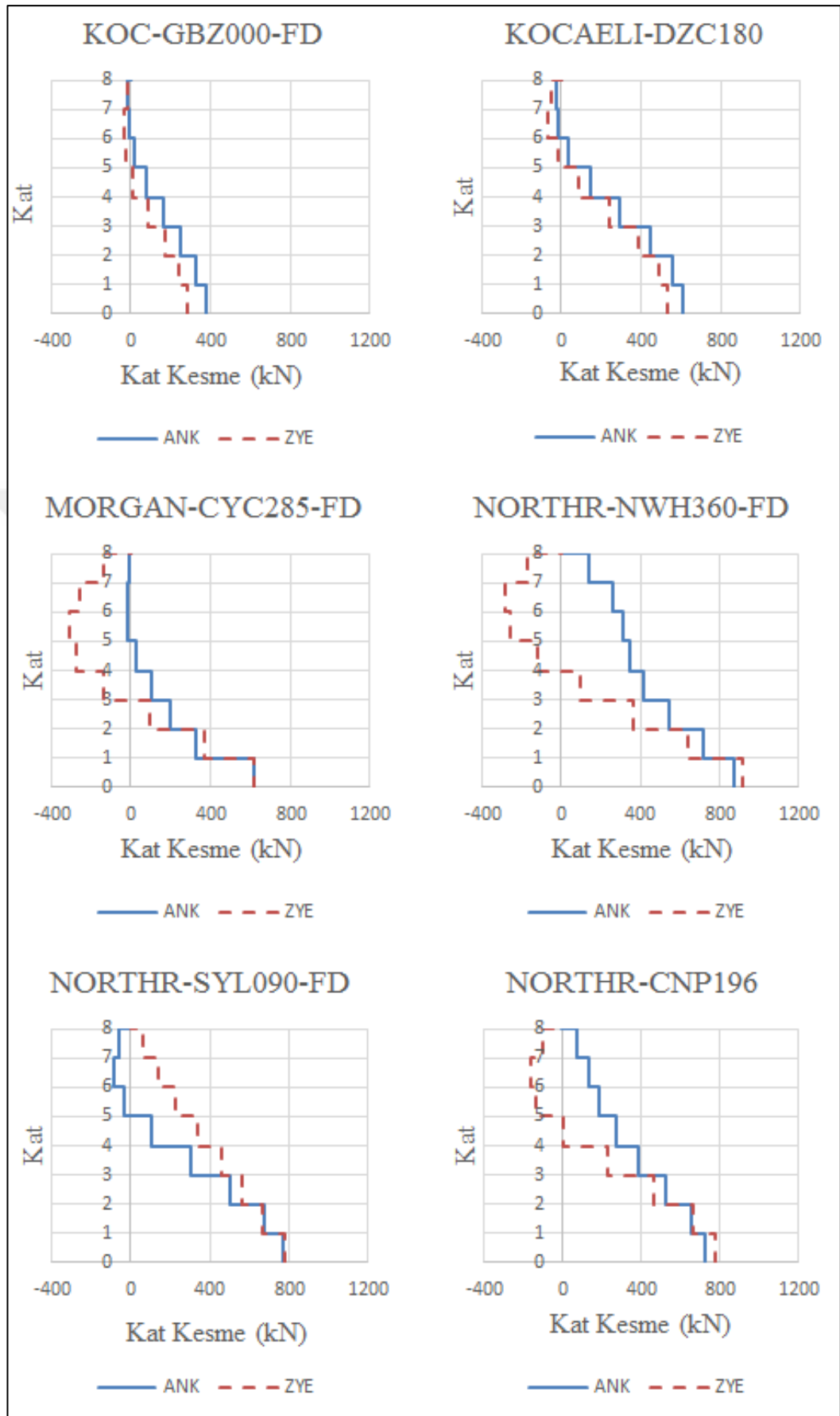


Şekil 8.20 : 8K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

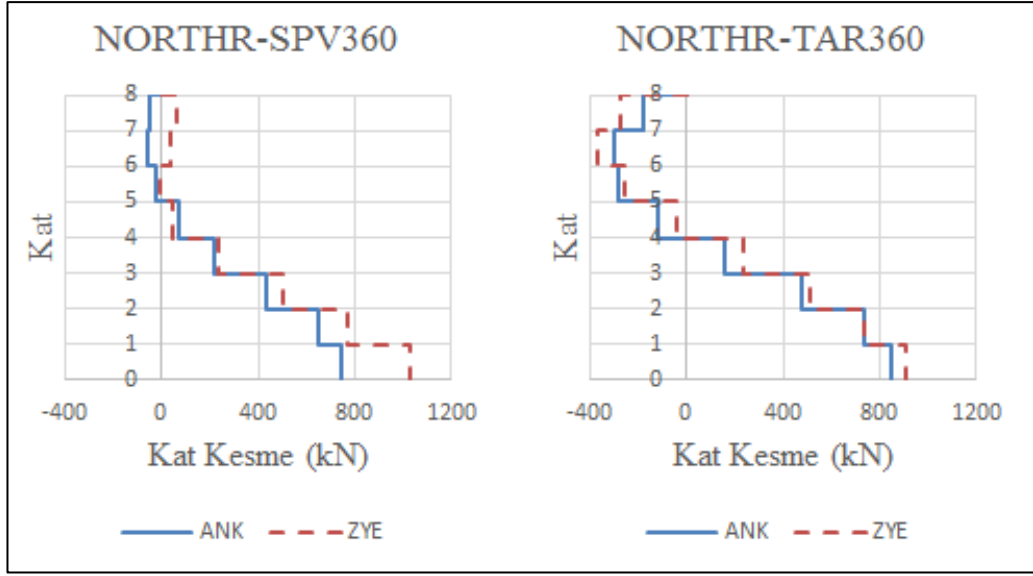
EK3.1.3 - 8 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.21 : 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

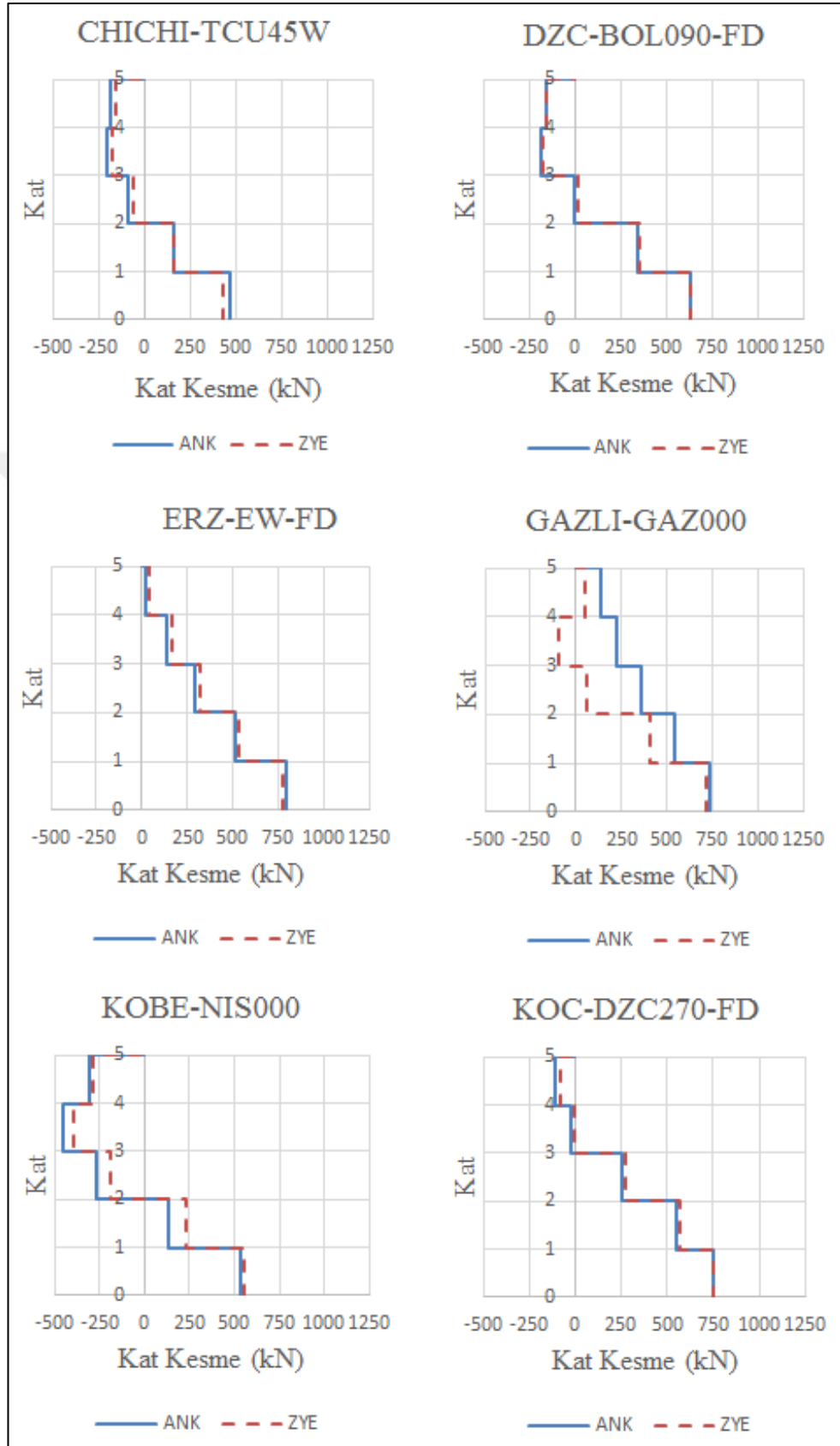


Şekil 8.21 : 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

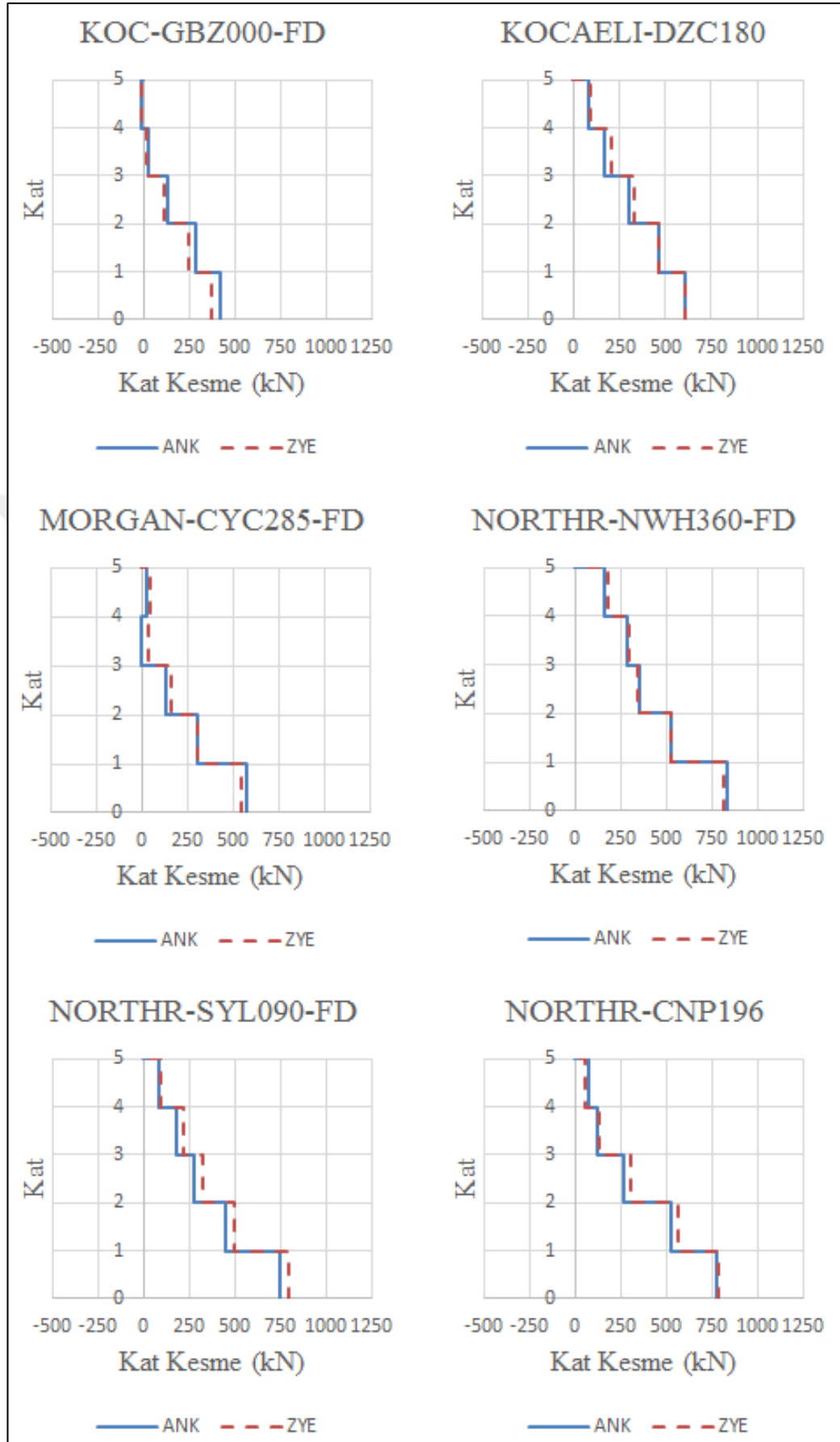


Şekil 8.21 : 8K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

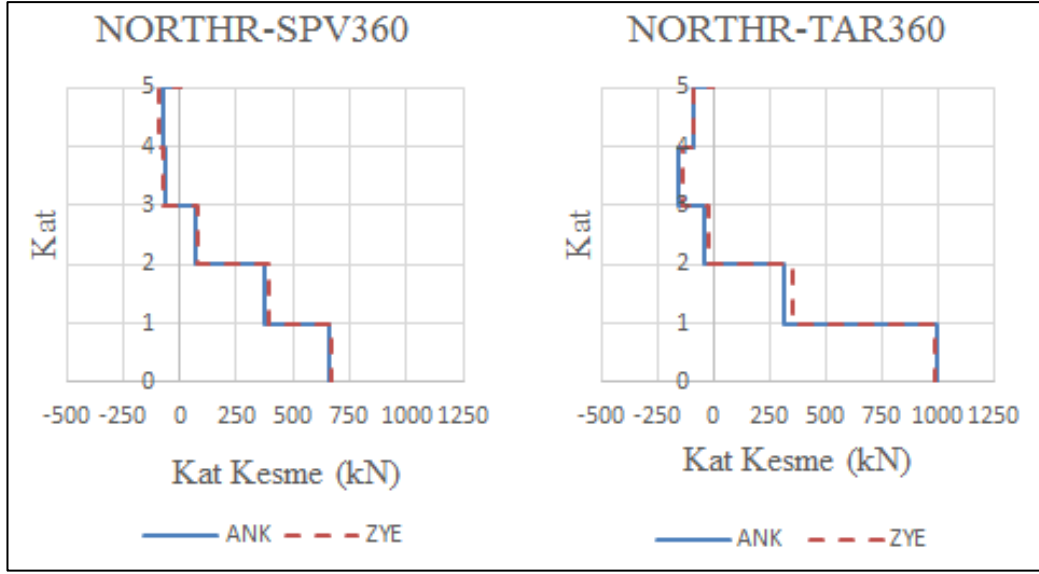
EK3.2.1 - 5 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.22 : 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

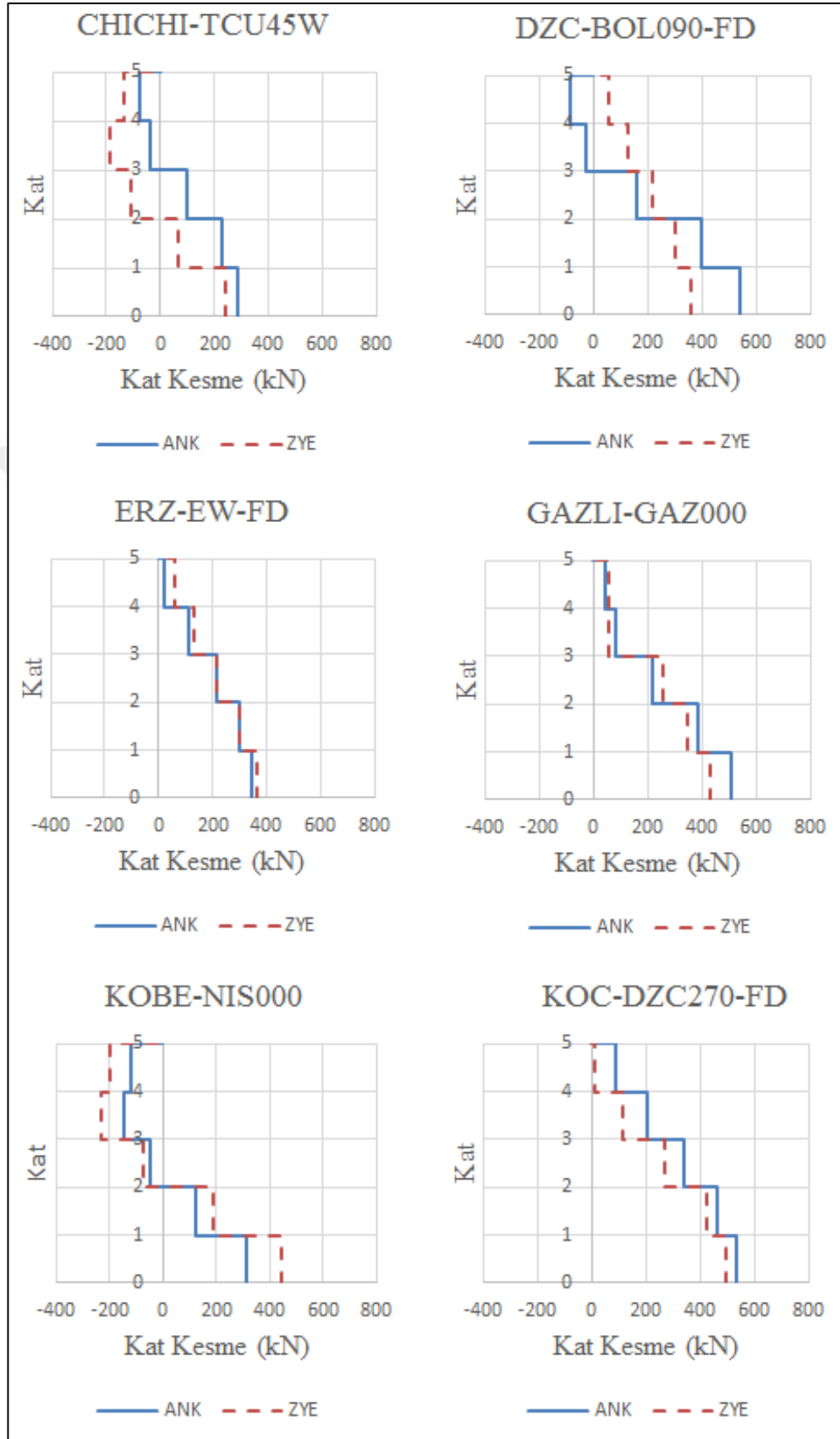


Şekil 8.22 : 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

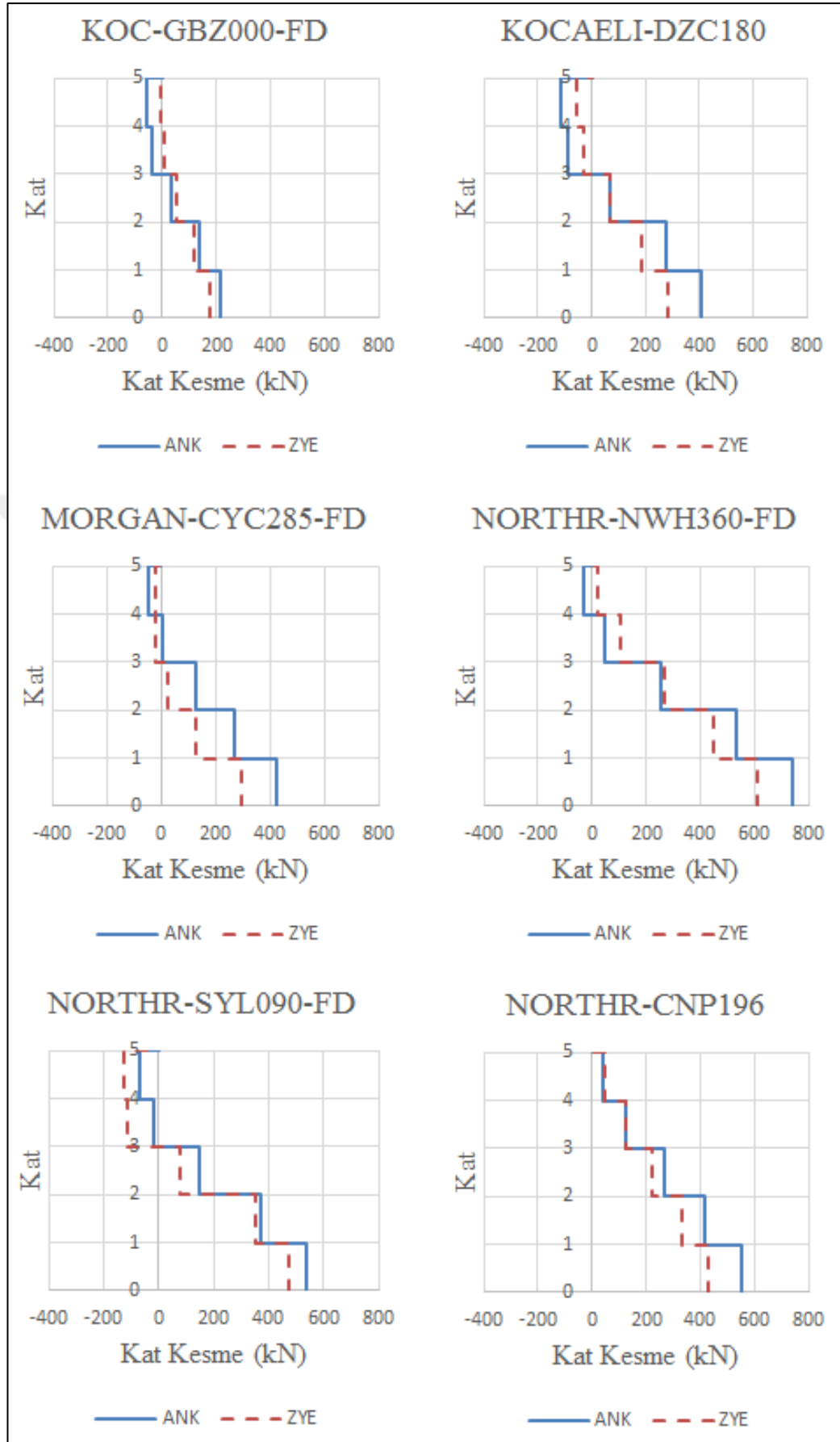


Şekil 8.22 : 5K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

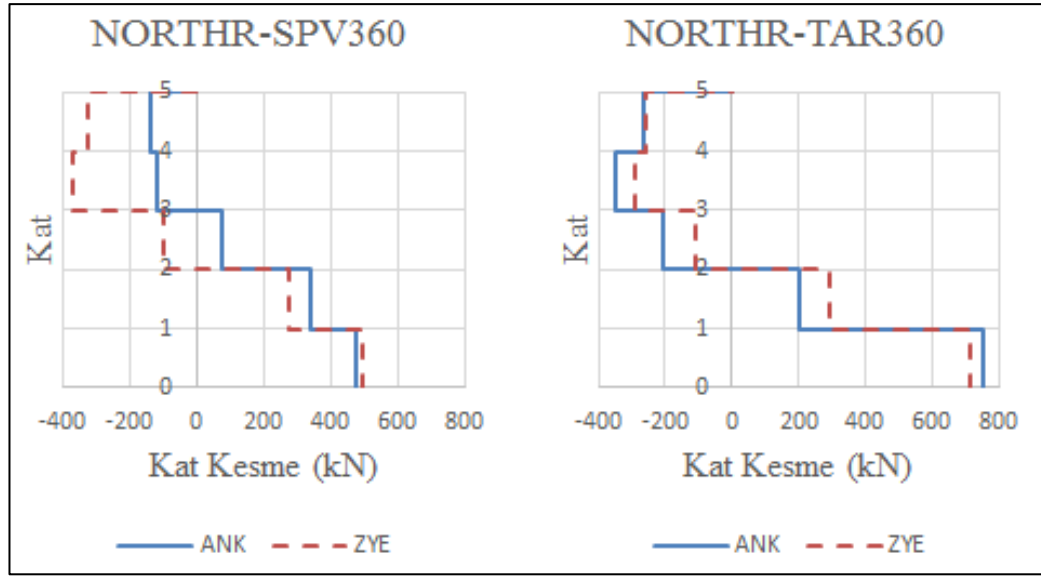
EK3.2.2 - 5 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.23 : 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

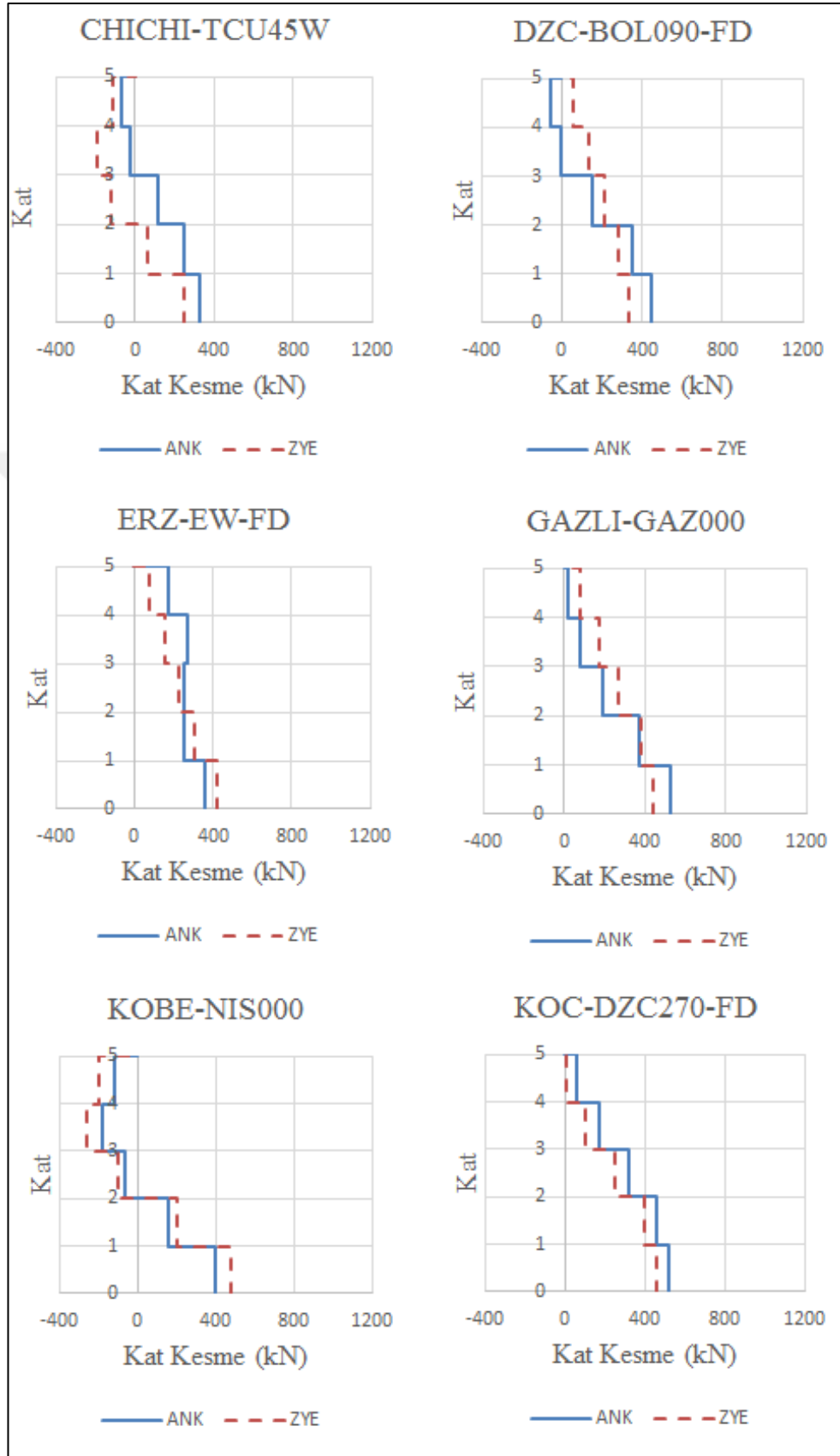


Şekil 8.23 : 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

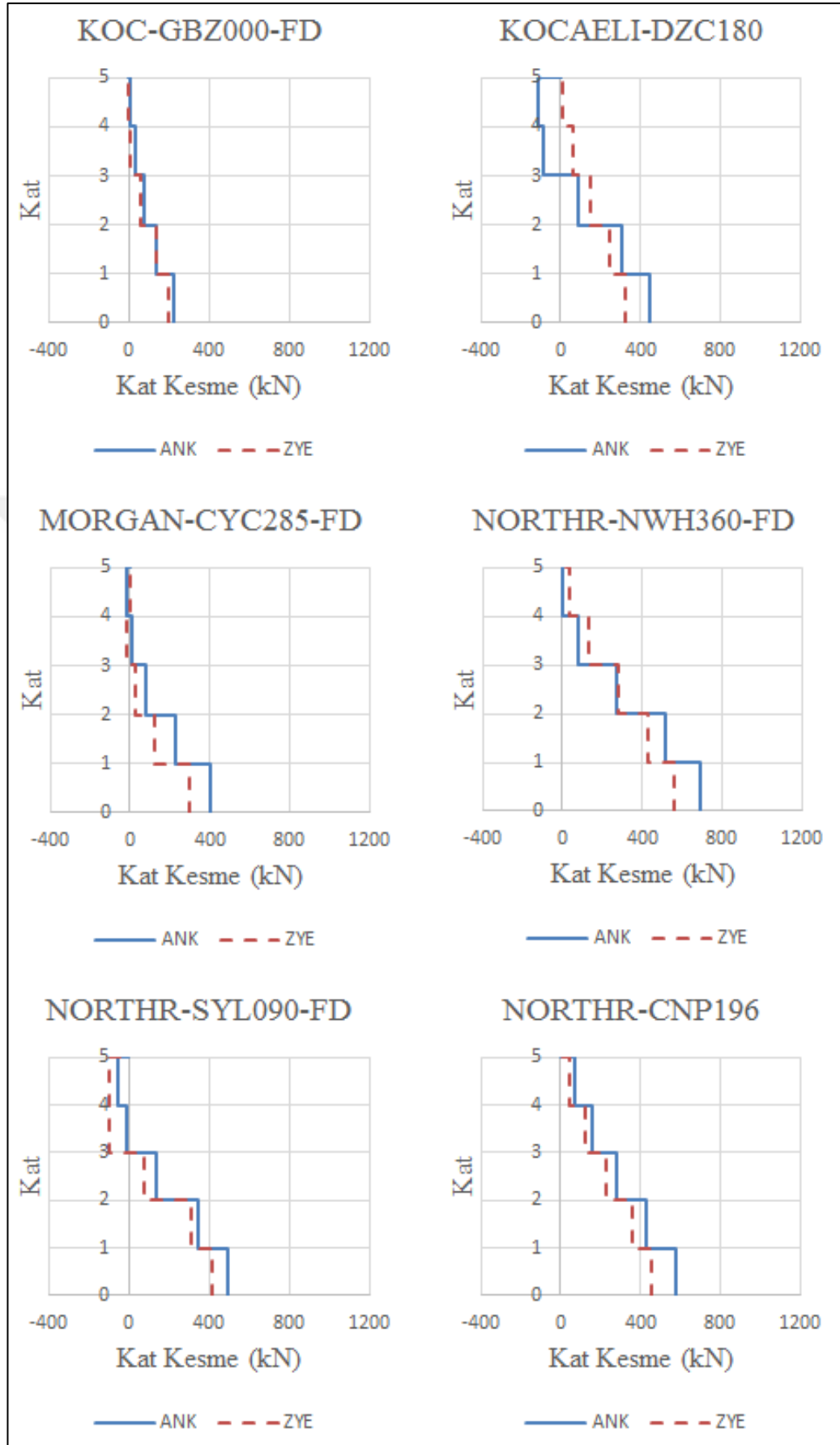


Şekil 8.23 : 5K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

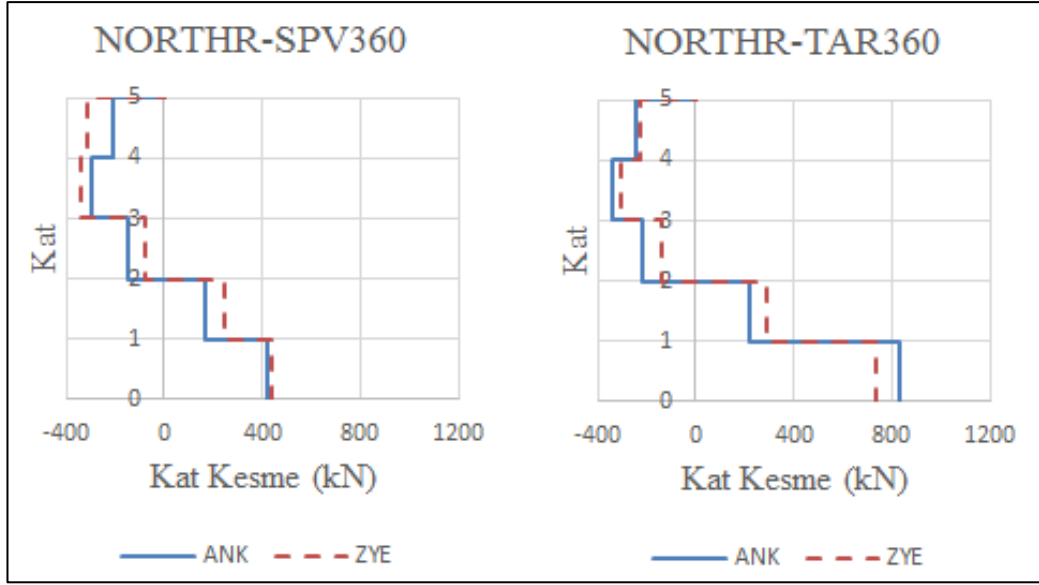
EK3.2.3 - 5 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.24 : 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

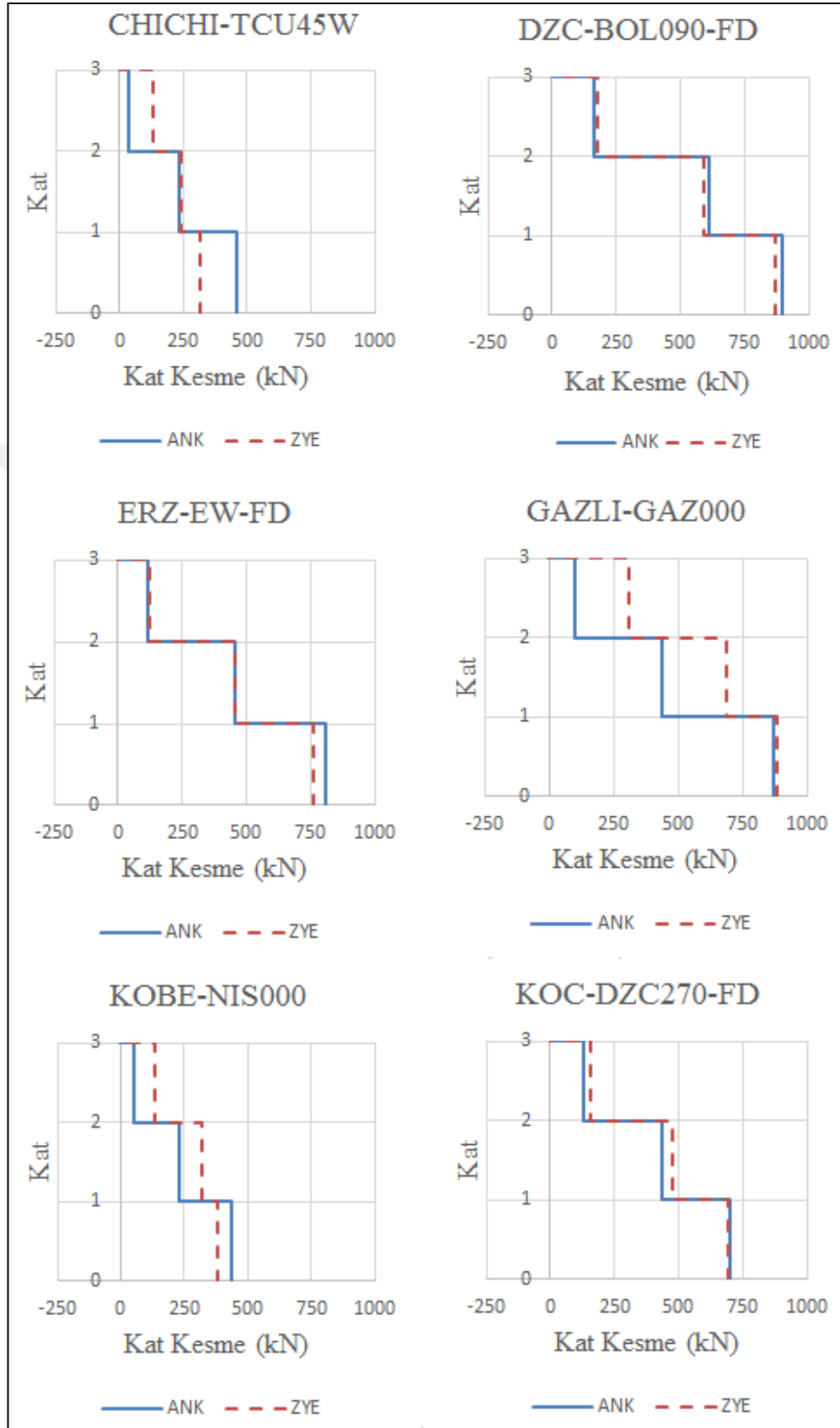


Şekil 8.24 : 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

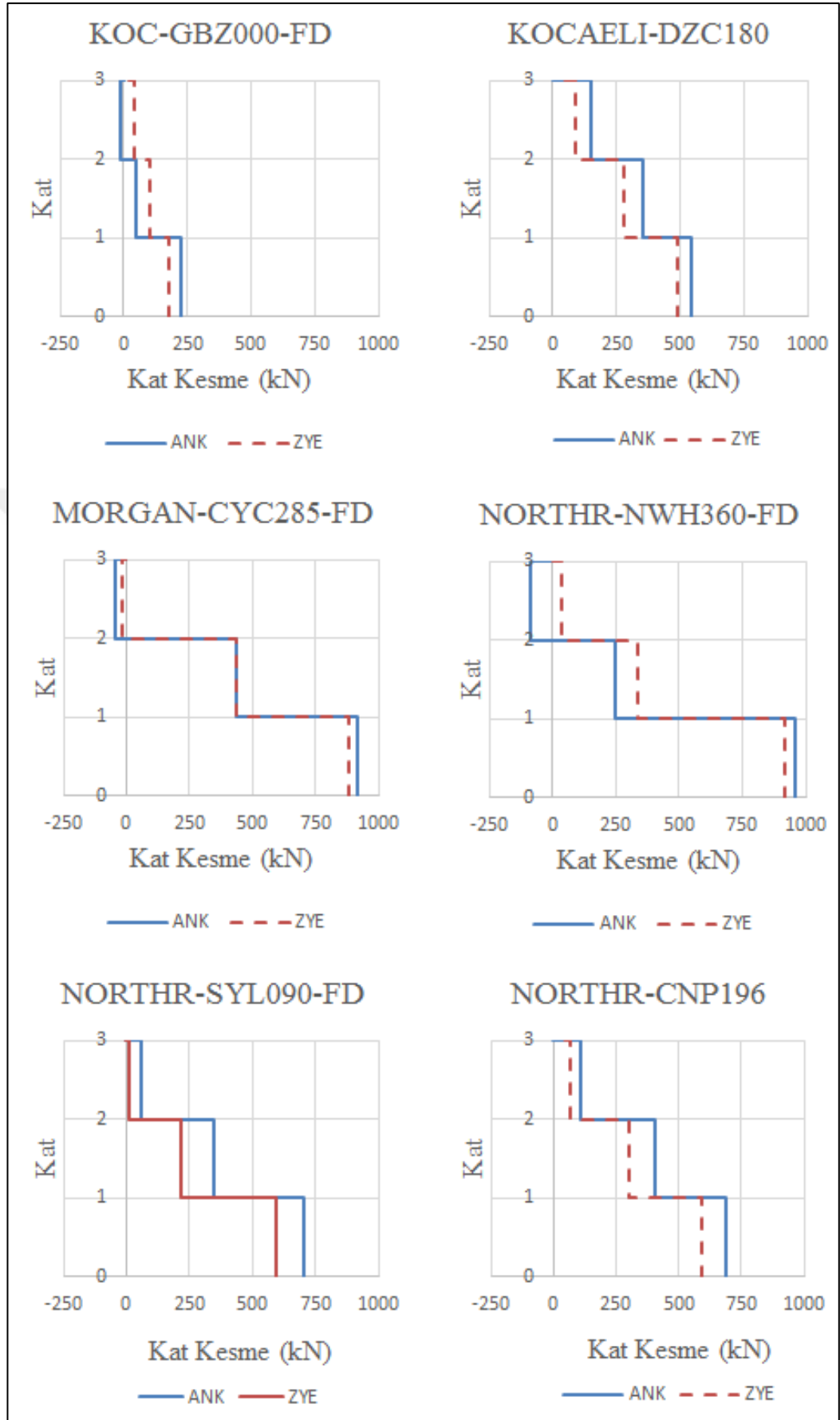


Şekil 8.24 : 5K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

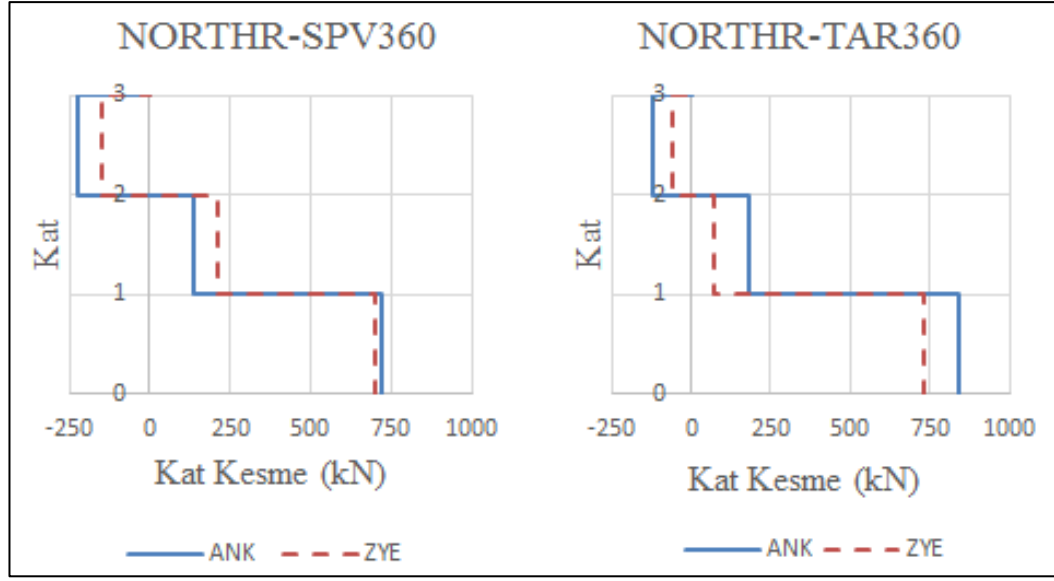
EK3.3.1 - 3 Katlı 2-2 Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.25 : 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

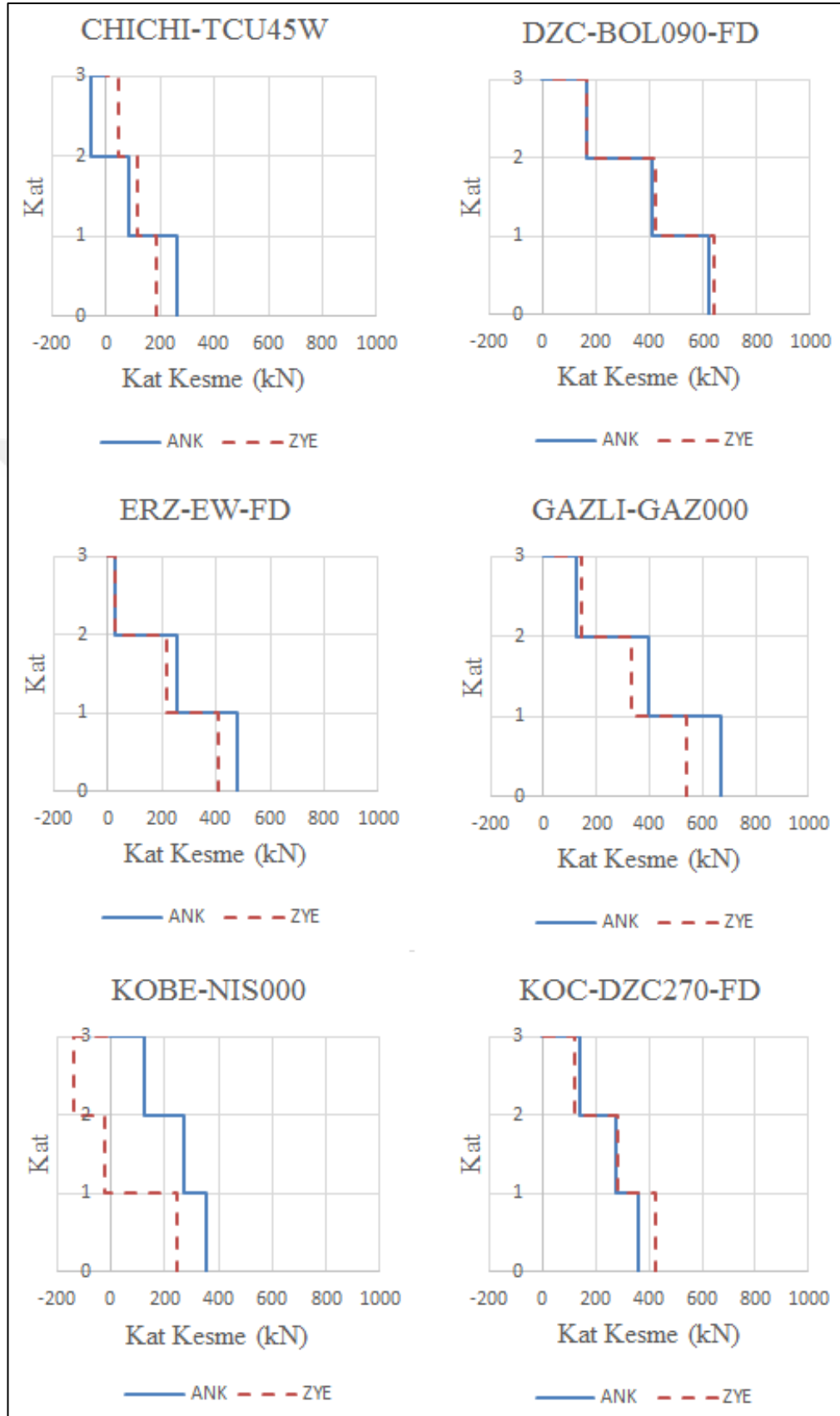


Şekil 8.25 : 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

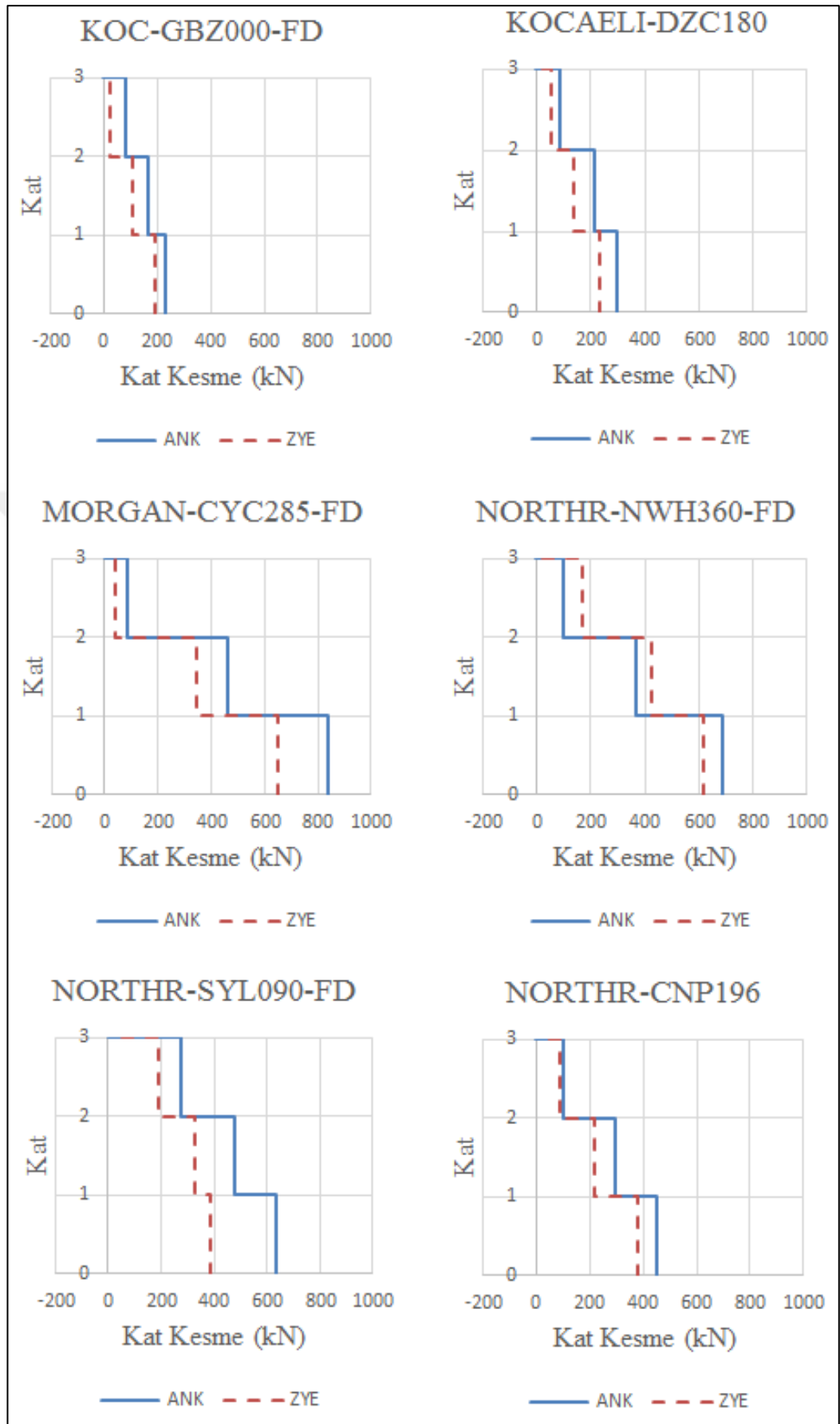


Şekil 8.25 : 3K_2-2 Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

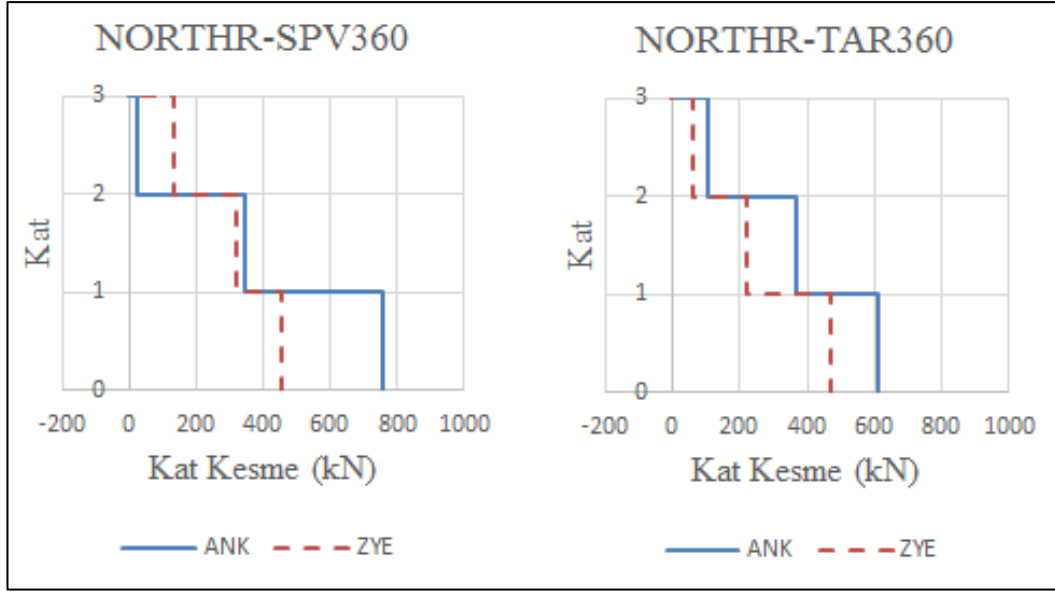
EK3.3.2 - 3 Katlı B-B Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.26 : 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

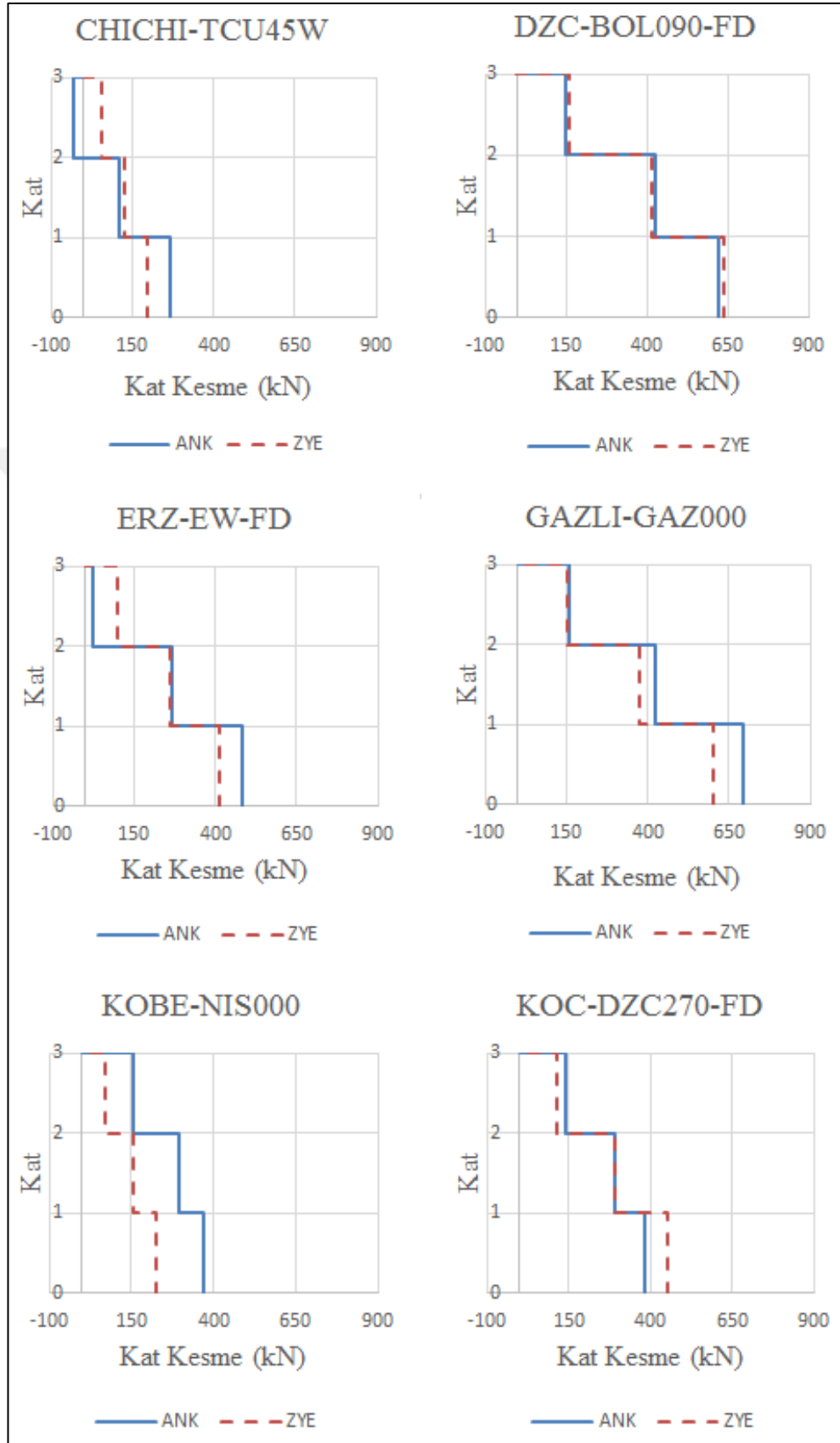


Şekil 8.26 : 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

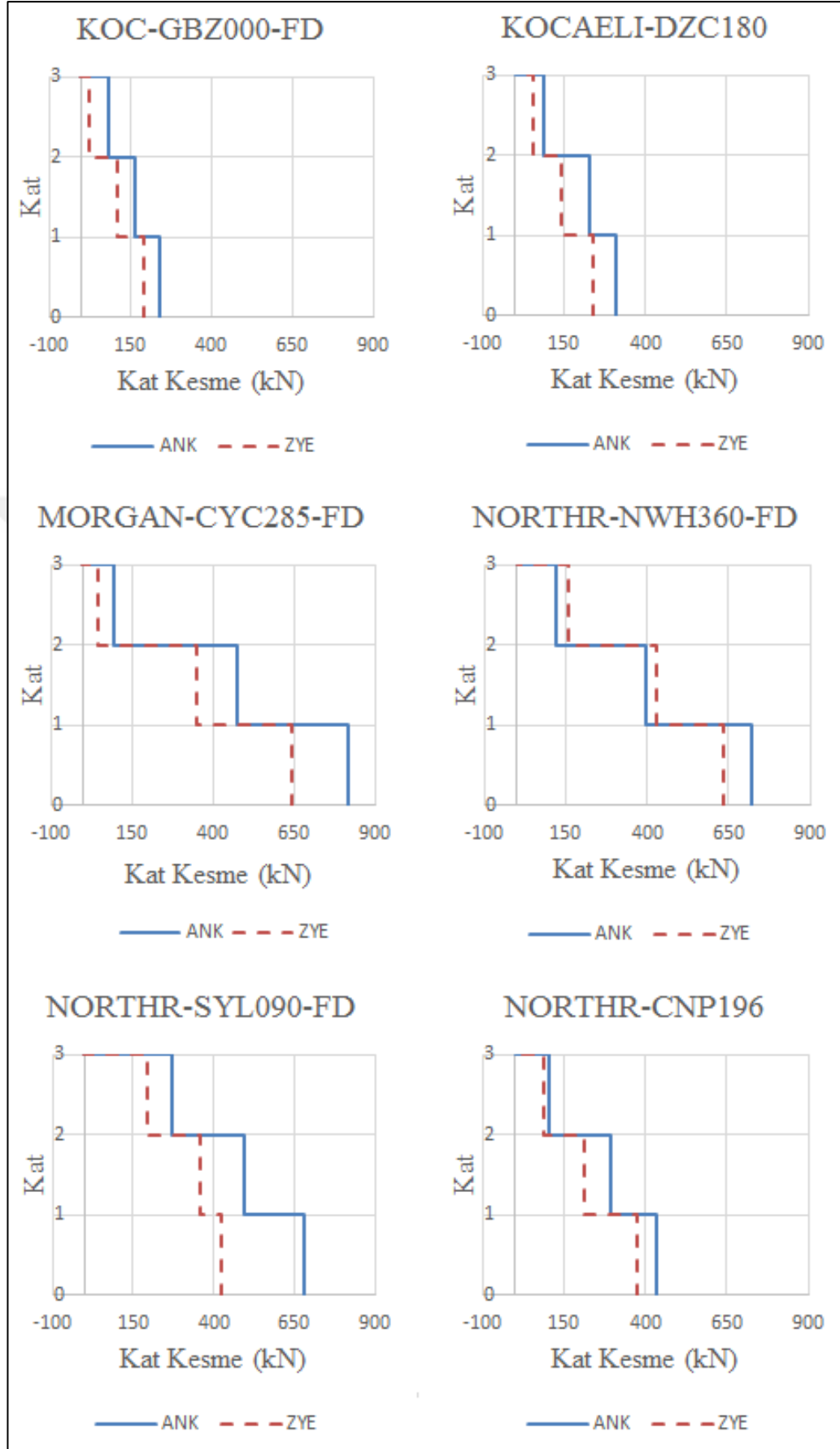


Şekil 8.26 : 3K_B-B Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)

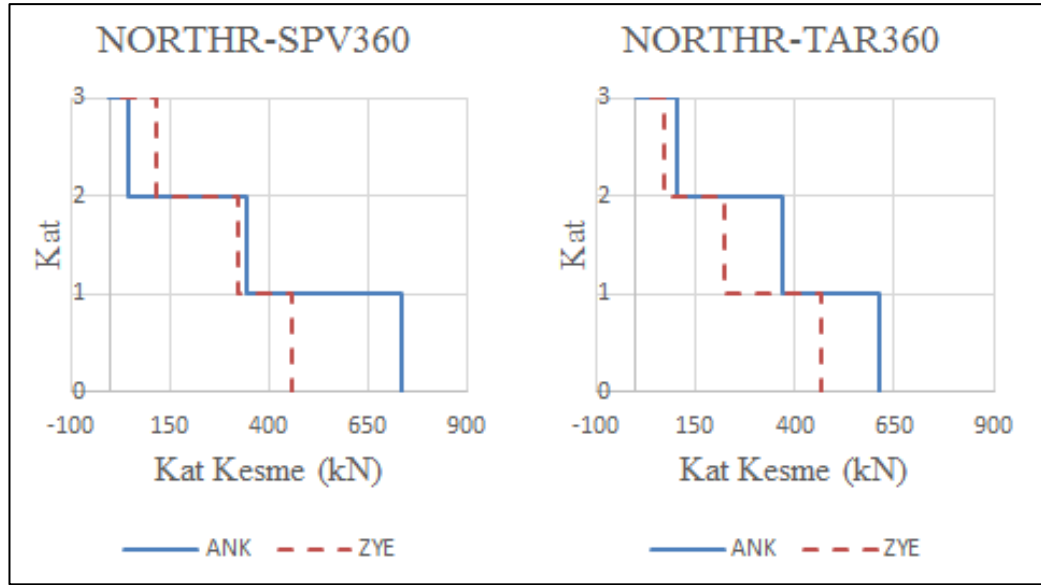
EK3.3.3 - 3 Katlı C-C Aks Sistem Kesiti



Şekil 8.27 : 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 8.27 : 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)



Şekil 8.27 : 3K_C-C Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması (Devamı)