

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜNELLERDEN KAYNAKLANAN FARKLI OTURMALARIN
BİNA PERFORMANSINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah CENGİZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜNELLERDEN KAYNAKLANAN FARKLI OTURMALARIN
BİNA PERFORMANSINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Abdullah CENGİZ
(501091210)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin AYDOĞAN

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091210 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Abdullah CENGİZ** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TÜNELLERDEN KAYNAKLANAN FARKLI OTURMALARIN BİNA PERFORMANSINA ETKİSİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Metin AYDOĞAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ahmet I. SAYGUN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim EKİZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **19 Aralık 2011**
Savunma Tarihi : **26 Ocak 2012**

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında değerli vaktini ayıran, bilgi ve deneyimleriyle her zaman bana yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Metin AYDOĞAN'a ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Ocak 2012

Abdullah CENGİZ
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY.....	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
2. İNCELENECEK BİNALARIN DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIMININ YAPILMASI.....	3
2.1 Bina Geometrileri ve Malzeme Özellikleri.....	3
2.2 Deprem Karakteristikleri ve Boyutlandırmaya Esas Yükler	4
2.3 Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması	4
3. DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BETONARME BİNALARIN PERFORMANSININ ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ.....	9
3.1 Binalardan bilgi toplanması	9
3.2 Deprem Hesabında Genel İlkeler	10
3.3 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi.....	13
3.3.1 Yöntemin idealleştirilmesi	14
3.3.1 Plastik mafsallı özelliklerinin hesaplanması	15
3.3.3 Beton modelleri	15
3.3.4 Donatı çeliği modeli	17
4. TASARLANAN BİNALARIN ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE İTME ANALİZİNİN YAPILMASI.....	19
4.1 Giriş	19
4.2 Yapıların Etkin Eğilme Rijitliği Değerlerinin Bulunması.....	19
4.3 İtme Yükü Oranlarının Bulunması	21
4.4 Artımsal İtme Analizinin Programda Tanımlanması	22
5. TÜNELLERDEN KAYNAKLANAN OTURMALARIN HESABI.....	25
6. HESAPLANAN TÜNEL GEÇİŞ EKSENLERİ VE OTURMA DEĞERLERİNİN BULUNMASI.....	27
7. HESAPLANAN OTURMALARA GÖRE BİNALARDA OLUŞAN TABAN KESME KUVVETİ-TEPE YERDEĞİŞTİRMELERİ.....	29
7.1 Üç Katlı Bina Sonuçlarının Karşılaştırılması	29
7.1.1 Tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırma (Zo)	30
7.1.2 Tünel geçiş eksenlerine göre karşılaştırma (XA).....	33
7.2 Beş Katlı Bina Sonuçlarının Karşılaştırılması	39
7.2.1 Tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırılması (Zo)	40

7.2.2 Tünel geçiş eksenlerine göre karşılaştırma (XA).....	45
7.2.3 Büküm noktasının tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırılması (Zo) ..	48
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	61
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ.....	104

KISALTMALAR

TS500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TDY2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
SAP2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
ETABS	: Extended 3d Analysis of Building Systems

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Beton sınıfı ve dayanımı	3
Çizelge 2.2: Çelik sınıfı ve dayanımı	3
Çizelge 2.3: Deprem karakteristikleri	4
Çizelge 2.4: Boyutlandırmaya esas yükler	4
Çizelge 3.1: Bilgi Düzeyi Katsayıları	9
Çizelge 3.2: Performans analizi yöntemleri	13
Çizelge 3.3: Donatı çeliği şekil değiştirmeleri	17
Çizelge 4.1: Artımsal eşdeğer deprem yükü sınırları karşılaştırılması	19
Çizelge 4.2: 3 katlı bina etkili eğilme rijitlikleri	19
Çizelge 4.3: 5 katlı bina etkili eğilme rijitlikleri	20
Çizelge 4.4: 3 katlı bina itme yükü oranları	21
Çizelge 4.5: 5 katlı bina itme yükü oranları	21
Çizelge 6.1: Tünelin $Z_0=8m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	28
Çizelge 6.2: Tünelin $Z_0=10m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	28
Çizelge 6.3: Tünelin $Z_0=12m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	28
Çizelge 7.1: Tünelin $Z_0=14m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	49
Çizelge 7.2: Tünelin $Z_0=20m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	49
Çizelge 7.3: Tünelin $Z_0=22m$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri	49
Çizelge A.1: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin bulunması	70
Çizelge B.1: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin bulunması	74
Çizelge D.1: 3 katlı bina kiriş donatıları	102
Çizelge D.2: 5 katlı bina kiriş donatıları	103

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 5 katlı bina kat kalıp planı ve 1-1 aksı çerçevesi.....	5
Şekil 2.2: 3 katlı bina kat kalıp planı ve 1-1 aksı çerçevesi.....	5
Şekil 2.3: Tipik kolon boy kesiti ve enkesitler.....	6
Şekil 2.4: 5 katlı bina K1001-K1002 kiriş donatıları.....	6
Şekil 2.5: 3 katlı bina üç boyutlu modeli.....	7
Şekil 2.6: 5 katlı bina üç boyutlu modeli.....	7
Şekil 3.1: Binalardan bilgi toplanması ile ilgili izlenecek adımlar	10
Şekil 3.2: Sargılı ve sargısız beton modelleri.	16
Şekil 3.3: Donatı çeliği modeli.....	17
Şekil 4.1: 5 katlı bina S101 kolonu için beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi	22
Şekil 4.2: S420a donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme eğrisi	23
Şekil 5.1: Tünel kazısı nedeniyle meydana gelen oturmaların dağılımı.....	25
Şekil 5.2: Enine oturma eğrisi.....	26
Şekil 6.1: Tünel geçiş eksenleri.	27
Şekil 7.1: 3 katlı bina performans eğrisi.....	29
Şekil 7.2: $X_A=-14$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	30
Şekil 7.3: $X_A=0$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	30
Şekil 7.4: $X_A=-10$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	31
Şekil 7.5: $X_A=-4$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	31
Şekil 7.6: $X_A=-7$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	32
Şekil 7.7: $X_A=7$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	33
Şekil 7.8: $X_A=-21$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	33
Şekil 7.9: $X_A=14$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	34
Şekil 7.10: $X_A=-28$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	34
Şekil 7.11: $Z_o=8$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	35
Şekil 7.12: $Z_o=10$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	36
Şekil 7.13: $Z_o=12$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	36
Şekil 7.14: $Z_o=8$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	37
Şekil 7.15: $Z_o=10$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	38
Şekil 7.16: $Z_o=12$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	38
Şekil 7.17: 5 katlı bina performans eğrisi.....	39
Şekil 7.18: $X_A=-14$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	40
Şekil 7.19: $X_A=0$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	40
Şekil 7.20: $X_A=-10$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	41
Şekil 7.21: $X_A=-4$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	41
Şekil 7.22: $X_A=-7$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	42
Şekil 7.23: $X_A=7$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	43
Şekil 7.24: $X_A=-21$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	43
Şekil 7.25: $X_A=14$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	44
Şekil 7.26: $X_A=-28$ m eksenli tünel geçiş eğrileri.....	44
Şekil 7.27: $Z_o=8$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	45
Şekil 7.28: $Z_o=10$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	45
Şekil 7.29: $Z_o=12$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina altı)	46
Şekil 7.30: $Z_o=8$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	47
Şekil 7.31: $Z_o=10$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	47
Şekil 7.32: $Z_o=12$ m derinliği tünel geçiş eğrileri (bina dışı).....	48

Şekil 7.33: XA=-14m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	50
Şekil 7.34: XA=0m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	50
Şekil 7.35: XA=-10m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	51
Şekil 7.36: XA=-4m eksenî tûnel geçişi eğrileri	52
Şekil 7.37: XA=-7m eksenî tûnel geçişi eğrileri	52
Şekil 7.38: XA=7m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	53
Şekil 7.39: XA=-21m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	53
Şekil 7.40: XA=14m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	54
Şekil 7.41: XA=-28m eksenî tûnel geçişi eğrileri.....	55
Şekil A.1: Aks bilgilerinin girilmesi.....	64
Şekil A.2: Aks bilgilerinin düzenlenmesi.....	64
Şekil A.3: Malzeme bilgilerinin tanımlanması.....	65
Şekil A.4: Kolon ve kirişlerin tanımlanması.....	65
Şekil A.5: Döşemenin tanımlanması.....	66
Şekil A.6: Bina 3 boyutlu modelinin oluşturulması.....	66
Şekil A.7: Diyafram tanımlanması ve atanması.....	67
Şekil A.8: Yüklerin tanımlanması.....	67
Şekil A.9: Kütle kaynağının tanımlanması.....	68
Şekil A.10: X doğrultusundaki hakim periyodu ve mod şekli.....	68
Şekil A.11: “Kütle katılım oranları.....	69
Şekil A.12: Kat ağırlıkları.....	69
Şekil A.13: X doğrultusunda katlara etkitilen kesme kuvvetleri.....	70
Şekil A.14: G+Q+EX yük kombinasyonu.....	70
Şekil B.1: Yapının 3 boyutlu modeli.....	72
Şekil B.2: G+0,3Q yük kombinasyonu.....	73
Şekil B.3: S105 kolonu için etkin eğilme rijitliğinin atanması.....	74
Şekil B.4: EX itme yükünün tanımlanması.....	75
Şekil B.5: EX itme yükünün atanması.....	75
Şekil B.6: Düşey yük kombinasyonunun oluşturulması.....	76
Şekil B.7: Düşey yük kontrol noktası.....	76
Şekil B.8: Xitme y�k kombinasyonunun oluşturulması.....	77
Şekil B.9: İtme yükü kontrol noktası.....	78
Şekil B.10: S101 kolonu için plastik mafsall�k özellikleri kutusu.....	78
Şekil B.11: S101 kolonu için plastik mafsall�k �zellikleri.....	79
Şekil B.12: S101 kolonu karşılıklı etkileşim diyagramları tanımlanması.....	79
Şekil B.13: S101 kolonu moment-eğrilik değerlerinin girilmesi.....	80
Şekil B.14: K1001 kirişi plastik mafsall�k �zellikleri.....	81
Şekil B.15: K1001 kirişi plastik mafsall�k atanması.....	81
Şekil B.16: İtme Eğrisi.....	82
Şekil B.17: Plastik Mafsall�k Sonuçları.....	82
Şekil B.18: Oluşan kesit hasarları.....	83
Şekil C.1: 3 Katlı bina S101 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.....	84
Şekil C.2: 3 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=541,75kN).....	84
Şekil C.3: 3 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=1083,50kN).....	85
Şekil C.4: 3 Katlı bina S106 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.....	85
Şekil C.5: 3 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=614,60kN).....	86
Şekil C.6: 3 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi(P=1229,20kN).....	86
Şekil C.7: 3 Katlı bina S301 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.....	87
Şekil C.8: 3 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=488,60kN).....	87
Şekil C.9: 3 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=977,20kN).....	88

Şekil C.10: 3 Katlı bina S306 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.....	88
Şekil C.11: 3 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi($P=569,35\text{kN}$).	89
Şekil C.12: 3 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi($P=1138,70\text{kN}$). ...	89
Şekil C.13: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi	90
Şekil C.14: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=666,68\text{kN}$). ...	90
Şekil C.15: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=2666,71\text{kN}$). ..	91
Şekil C.16: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.	91
Şekil C.17: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=684,62\text{kN}$).	92
Şekil C.18: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1369,25\text{kN}$). ..	92
Şekil C.19: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi	93
Şekil C.20: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=595,84\text{kN}$).	93
Şekil C.21: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=849,21\text{kN}$).	94
Şekil C.22: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi	94
Şekil C.23: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=639,65\text{kN}$).	95
Şekil C.24: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1279,29\text{kN}$). ..	95
Şekil C.25: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi	96
Şekil C.26: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=541,76\text{kN}$).	96
Şekil C.27: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1083,53\text{kN}$). ..	97
Şekil C.28: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.	97
Şekil C.29: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=594,54\text{kN}$).	98
Şekil C.30: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1189,08\text{kN}$). ..	98
Şekil C.31: 3 Katlı bina K1001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi.....	99
Şekil C.32: 3 Katlı bina K1001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi	99
Şekil C.33: 3 Katlı bina K2001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi.	100
Şekil C.34: 3 Katlı bina K2001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi	100
Şekil C.35: 3 Katlı bina K3001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi.....	101
Şekil C.36: 3 Katlı bina K3001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi	101

SEMBOL LİSTESİ

A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolonun brüt kesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
a_i	: Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
b_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
B	: Kolonun x doğrultusundaki boyutu
D	: Tünel çapı
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliği elastisite modülü
E_{sec}	: Secant modülü
EIo	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
EIe	: Çatlamış kesit eğilme rijitliği
F_i	: i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctk}	: Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yk}	: Donatı çeliği karakteristik akma dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
G	: Sabit yük
g	: Sabit yük, yerçekimi ivmesi
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
H	: Kolonun y doğrultusundaki boyutu
H_i	: Yapının i'inci katının temel seviyesinden yüksekliği
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
I	: Bina önem katsayısı
i_x	: Kazıdan etkilenen bölge genişliği, büküm noktası
k	: Zemine bağlı olarak belirlenen sabit
k_e	: Sargılama Etkinlik Katsayısı
L_p	: Plastik mafsallık boyu
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N	: Binanın kat adedi
N_D	: Düşey yükler altında kolonda oluşan eksenel basınç kuvveti
Q	: Hareketli yük
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük

R	: Yapı davranış katsayısı
S_a	: Spektral ivme
S_d	: Spektral yerdeğiştirme
$S_v(x)$	: Tünel eksenindeki oturma
s	: Etriye aralığı
T	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
V_i	: Binanın i 'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_l	: Hacim kaybı yüzdesi,
V_t	: Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
w_i	: i 'inci katın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan ağırlığı
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
XA	: Tünel geçiş güzergahının A aksına göre koordinatı
Z	: Zemin sınıfı
Z_0	: Tünel geçiş derinliği
z	: Tünel ekseninden düşey mesafe
ε_c	: Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_s	: Donatı çeliğinin çekme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
ε_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ρ_s	: Toplam enine donatının hacimsal oranı (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$)
ρ_x, ρ_y	: İlgili doğrultulardaki enine donatı hacim oranı
η_{bi}	: i 'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
Φ_i	: i 'inci katta deprem doğrultusundaki mod şekli
$\vartheta(x)$	: Dönme

TÜNELLERDEN KAYNALANAN FARKLI OTURMALARIN BİNA PERFORMANSINA ETKİSİ

ÖZET

Ulaşım ağının gelişmesi, şehirlerin su ihtiyacının karşılanması gibi sebeplerle tünellerin açılması zemin kotunda oturmalarla sebep olmaktadır.

Ülkemizde bina performansının değerlendirilmesi yalnız depremi akıllara getirmekte, yapıda meydana gelebilecek diğer kusurların depremle birlikte yapıya ne ölçüde zarar verebileceği düşünülmemektedir.

Bu çalışmada tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin bina performansına etkisini incelemek amacıyla üç ve beş katlı çerçeve tipi iki bina altında muhtelif aralık ve derinliklerdeki tünel kazılması halleri sayısal olarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın konusu amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde inceleme konusu olan iki adet betonarme binanın tasarımı anlatılmış, binalar hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde deprem yönetmeliğinde tanımlanan performans kavramı hakkında bilgi verilmiş, deprem hesabında genel ilkelerden bahsedilmiş, artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin nasıl uygulanacağı ve kullanılan malzeme modelleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde binaların artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre analizi yapılmıştır.

Beşinci bölümde tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin hesabında izlenen yol açıklanmıştır.

Altıncı bölümde göz önüne alınan tünel geçiş eksenleri ve derinlikleri gösterilmiş, bu tünellerden kaynaklanan oturma ve dönme değerleri verilmiştir.

Yedinci bölümde göz önüne alınan tünellerin yapıda oluşturduğu oturma ve dönmelerin etkilmesi ve itme analizlerinin yapılması ile oluşan taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri çizilerek karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Sekizinci ve son bölümde sonuçlar ve öneriler özetlenmiştir.

DETERMINING SEISMIC PERFORMANCE OF BUILDINGS AFFECTED BY TUNNEL INDUCED SETTLEMENTS

SUMMARY

After the scientific revolution the world's population quintupled in the last century. Tunnels became a necessity for many reasons; find a solution to increasing traffic, to minimize the duration of transport, bringing water from long distances that need urban. The tunnel work mostly with tunnel boring machines. Elevation of the ground settlement occurs due to unavoidable reasons like excavated tunnel to pass under or near buildings.

Hundreds of thousands of people around the world die each year due to earthquakes and Turkey is also at active earthquake zone. Tens of buildings are demolished each severe earthquake and causing thousands of casualties. These reasons increase the importance of studies related to earthquake.

Determining building seismic performance thought of only earthquake effect, not other structural defects and their causes. Also seismic performance of buildings affected by tunnel induced settlement is one of the issues.

In this study, two and five storey concrete frame building's earthquake performance has been analysed in various states of the range and depth of tunnel excavation. Analyses have been performed on the structures considering induced settlements and rotations.

In the first part of this study subject is described, purpose and content of the study are explained.

In the second part, two reinforced concrete buildings is designed and provided information about the buildings. The buildings with 4m, 6m, 4m bay widths with 3 axle on x direction and 5m bay widths with 3 axle on y direction. All floors of the buildings height is 3 meters.

At five storey building, column sizes are calculated 400x600mm at first and second floors, 400x550mm at second and third floor, 400x500mm at the top storey.

At three storey building, column sizes are calculated 400x500mm at first and second floors, 400x500mm at the top storey.

Slab thickness is 120mm fixed at each floors and buildings. Also beam sizes 250x500mm fixed at each floors and buildings.

Furthermore, it is assumed that each building is in zone 3 type soil defined as Turkish Earthquake Code. Also building importance coefficient is supposed 1 that used in residential building. Effective Ground Acceleration Coefficient is assumed 0,4 as a seismic zone 1. Reinforced concrete frames are designed with 25MPa compressive strength concrete and reinforcing bars with yield strength of 420 MPa.

For structural analysis of buildings ETABS v9.0.4 has been utilized. At floor slab $g=2\text{kN/m}^2$ dead load and $q=2\text{kN/m}^2$ live load assumed. At top storey slab $g=2\text{kN/m}^2$ dead load and $q=1,5\text{kN/m}^2$ live load assumed. Interior wall loads are 7kN/m and exterior wall loads are 12 kN/m^2 assumed.

In the third part, presented information about the concept of earthquake performance described in the Turkish Earthquake Code and the general principles mentioned in the seismic analysis. Described how to use the method of incremental equivalent earthquake load method and the material models used.

The fourth part building analysis was performed according to the method of incremental equivalent earthquake load method. For nonlinear structural analysis of buildings SAP2000v.14 analysing programme has been utilized. Determining properties of plastic hinges Mander's unconfined concrete model is used in cover concrete, confined concrete model is used for confined sections. Moreover, hardening steel model is used. Current compressive strength $f_c=25\text{MPa}$ and yielding bar strength $f_{sy}=420\text{MPa}$ is used.

In the fifth part, described how to compute settlements and rotations affected by tunnels.

In the sixth part, different tunnel axis and depths are shown and computed settlements and rotations based on these tunnels are given. Volume loss percentage assumed $V_l=0.01$, ground constant $k=0.5$ and tunnel diameter $D=8\text{m}$.

Three different tunnel depth chosen; $Z_o=8\text{m}$, 10m , 12m . There are five axis of the tunnel passes under the building; $XA=-14\text{m}$, -10m , -7m , -4m , 0m . Also four axis of the tunnel passage outside the building; $XA=-21\text{m}$, -28m , 7m , 14m .

Rotation and settlement values calculated and effected at lower ends of building support columns for these various tunnel states.

In the seventh part, pushover analysis results and base shear-top storey lateral displacement curves compared and discussed. Buildings are symmetric in x and y directions, so + x direction alone is sufficient to pushover analysis. It means + x direction pushover analysis at the $XA=-14\text{m}$ tunnel excavation situation is the same as -x direction pushover analysis at the $XA=0\text{m}$ tunnel excavation situation. Similarly, + x direction pushover analysis at the $XA=-10\text{m}$ tunnel excavation situation is the same as -x direction pushover analysis at the $XA=-4\text{m}$ tunnel excavation situation also $XA=+7\text{m}$ and $XA=-21\text{m}$, $XA=+14\text{m}$ and $XA=-28\text{m}$ tunnel excavation line.

For 3 storey building displacement demand is calculated $0,1638\text{m}$ base on probability of 10 % exceedance of the design earthquake within a period of 50 years.

Significant performance losses seen in the situation of $Z_o=8\text{m}$, 10m , 12m tunnel depth on passing under $XA=0\text{m}$ and $XA=-14\text{m}$ axes. The same is seen at $XA=-4\text{m}$ and $XA=-10\text{m}$ tunnel passing lines. Passing $Z_o=8\text{m}$ depth and $XA=-7\text{m}$ tunnel axes are demolished constructions at dead loads without any earthquake effect.

For 5 storey building displacement demand is calculated $0,2965\text{m}$ base on probability of 10 % exceedance of the design earthquake within a period of 50 years.

Significant performance losses seen in the situation of $Z_o=8\text{m}, 10\text{m}, 12\text{m}$ tunnel depth on passing under the building. Most tunnel excavation lines are demolished constructions at dead loads without any earthquake effect with depth of $Z_o=10\text{m}$ and 12m . Also inflection point effects are examined as an important situation.

The eight and final part conclusions and recommendations summarized.

Determining seismic performance of building affected by tunnel induced settlements can be examined in more realistic with analysing the structure-soil interaction and idealizing the ground by the finite element.

For the situation of tunnel excavation under the determined three and five-storey buildings, performance level was not safe for the depth of tunnel less than approximately 1.5 times of the building height. For the situation of tunnel excavation out of determined three and five-storey buildings projection, performance level was safe for the depth of approximately the building height with the same value of distance from corner axle. Columns of the building at the bending point situation determined to be an important factor.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Bilimsel devrim ile başlayan tıbbi gelişmelerle dünya nüfusunun son yüzyılda beş katına çıkmış olması, sanayi devrimi ile birlikte tarımsal nüfusun kentlere akmasıyla birlikte modern hayatın sürekli değişen ihtiyaçlarından biri de şehir içi ve şehirler arası ulaşımında geçen sürelerin en aza indirilmesidir. Gelişen teknoloji ile birlikte hava, deniz ve kara ulaşımında yeni ulaştırma metodlarına geçilmesi, her değişimin içinde barındırdığı olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir. Kara ulaşımında artan trafiğe çözüm bulmak, ulaşımında geçen süreleri en aza indirmek, şehirlerin ihtiyacı olan suların uzak mesafelerden getirilmesi gibi birçok nedenden dolayı tünellerin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Çoğunlukla tünel açma makineleri ile yapılan tünel çalışmaları ve tünel güzergahının binaların altından veya yakınından geçmesi gibi kaçınılmaz sebeplerden dolayı zemin kotunda oturmalar meydana gelmektedir.

Dünyada her yıl meydana gelen depremlerden dolayı yüzbinlerce kişi hayatını kaybetmektedir. Ülkemizin de aktif bir deprem kuşağında bulunması, her şiddetli depremde onlarca binanın yıkılması ve binlerce can kayıplarının yaşanması, depremle ilgili çalışmaların önemini artırmaktadır. Tünellerden kaynaklanan zemin oturmalarının yapıların deprem performansına etkilerinin ne ölçüde olduğu da araştırılması gereken konulardan bir tanesidir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin bina performansına etkisinin incelenmesidir. Deprem Yönetmeliği'ne göre modellenen üç ve beş katlı çerçeve tipi iki bina altında muhtelif aralık ve derinliklerdeki tünel kazılması halleri doğrusal elastik olmayan bir yöntemle hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Çalışmada izlenen yol aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- a) İncelemelere esas oluşturacak üç ve beş katlı iki adet yapının Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımının yapılması
- b) Mevcut binaların değerlendirilmesi ve performansının belirlenmesi kurallarının Deprem Yönetmeliği'ne göre gözden geçirilmesi
- c) Doğrusal elastik olmayan bir yöntemle ilgili kuralların tasarlanan binalara uygulanması ve deprem performansının belirlenmesi
- d) Tünellerden kaynaklanan oturmaların üst yapıya etkisinin hesaplanması ile ilgili yaklaşımın gözden geçirilmesi
- e) Farklı tünel güzergahı geçiş durumlarına göre binalarda oluşacak oturma değerlerinin hesaplanması
- f) Farklı oturma değerlerinin incelenen binalara etkilerek performanslarının belirlenmesi ve karşılaştırılması

2. İNCELENECEK BİNALARIN DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIMININ YAPILMASI

2.1 Bina Geometrileri ve Malzeme Özellikleri

İki adet betonarme konut tipi bina tasarlanacaktır. Tasarım yapılırken mevcut binalara mümkün olduğunca yakın davranış göstermesi bakımından kolon boyutlarının katlarda değişmesine ve kiriş donatılarının farklı seçilmesine dikkat edilmiştir.

Binalar x ve y doğrultularında 4'er akstan oluşmaktadır. Binalar hem x hem y ekseninde simetrik olacak şekilde; x doğrultusunda sırasıyla 4m-6m-4m aks aralığında, y doğrultusunda sabit 5m aks aralığında tasarlanmıştır. Binaların tüm katlarında yükseklik 3m'dir. Kolonlar 40cm x 60cm, 40cm x 55cm, 40cm x 50cm, 40cm x 45cm olarak seçilmiştir. Tüm kirişler 25cm x 50cm olarak tasarlanmıştır. Kolonlarda katlar arası ve kolon kiriş birleşiminde eksantrisite bulunmamaktadır. Döşeme kalınlığı 12cm olarak hesaplanmıştır.

Beton sınıfı C25, donatı çeliği S420a olarak seçilmiştir.

Çizelge 2.1: Beton sınıfı ve dayanımı.

BETON SINIFI	KARAKTERİSTİK BASINÇ DAYANIMI (f_{ck})	KARAKTERİSTİK EKSENEL ÇEKME DAYANIMI (f_{ctk})	28 GÜNLÜK ELASTİSİTE MODÜLÜ (E_c)
C25	25 MPa	1,80 MPa	30000 MPa

Çizelge 2.2: Çelik sınıfı ve dayanımı.

ÇELİK SINIFI	MİNİMUM AKMA DAYANIMI (f_{yk})	MİNİMUM KOPMA DAYANIMI (f_{su})	ELASTİSİTE MODÜLÜ (E_s)
S420a	420 MPa	500 MPa	200000 MPa

2.2 Deprem Karakteristikleri ve Boyutlandırmaya Esas Yükler

Binalar birinci derece deprem bölgesinde , Z3 zemin sınıfı üzerinde, konut tipi ve süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve olarak tasarlanmıştır. Boyutlandırmada betonarme elemanların kendi ağırlıkları dışında binalara etkiyen yükler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.3: Deprem karakteristikleri.

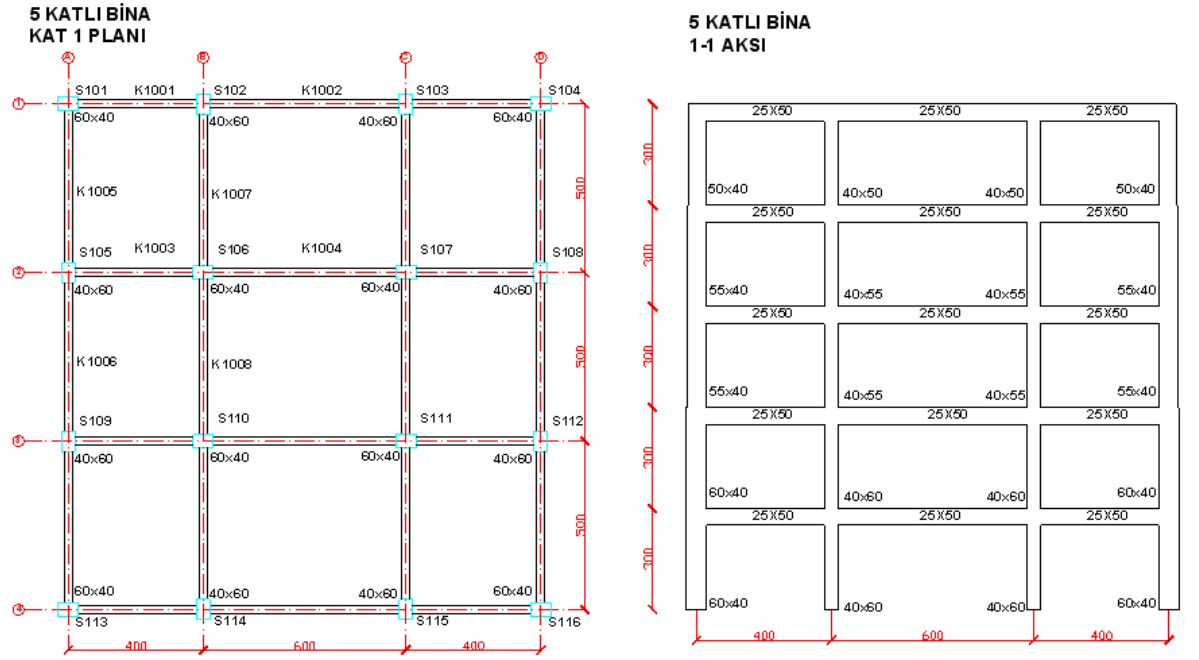
Etkin yer ivmesi katsayısı (A_o)	0,40
Bina önem katsayısı (I)	1,00
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	8
Yerel zemin sınıfı (Z)	3
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	0,30

Çizelge 2.4: Boyutlandırmaya esas yükler.

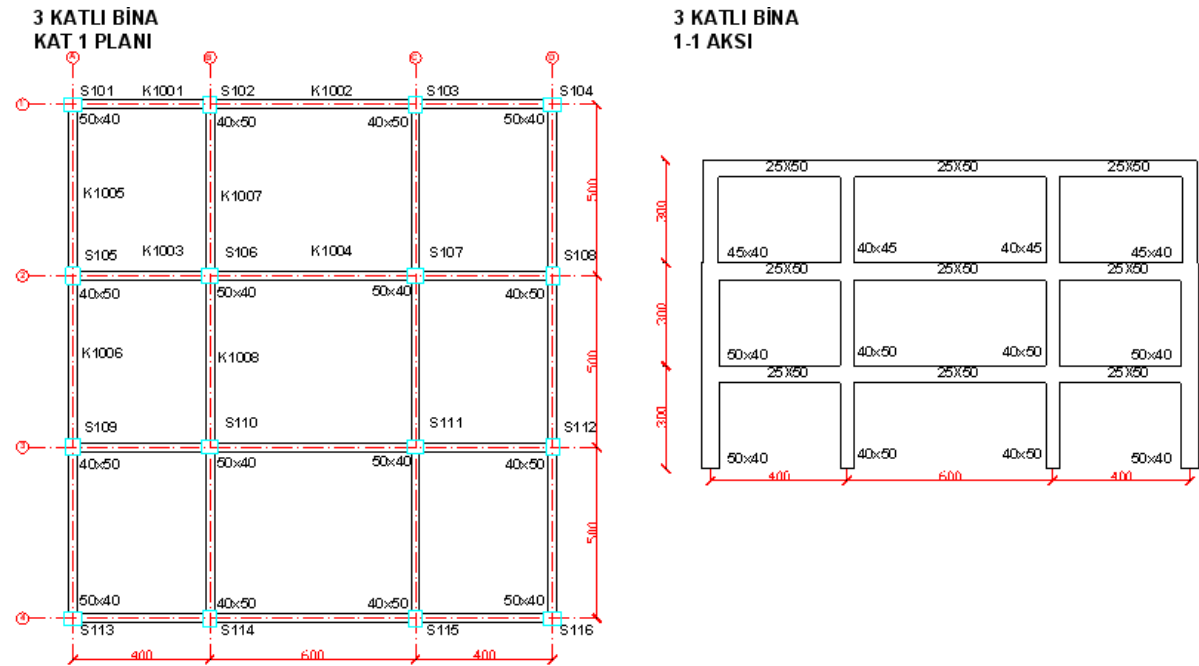
	G	Q
Normal Kat Döşemeleri	2,00 kN/m ²	2,00 kN/m ²
Çatı Katı Döşemeleri	2,00 kN/m ²	1,50 kN/m ²
Normal Kat İç Duvarları	7,00 kN/m	-
Normal Kat Dış Duvarları	12,00 kN/m	-

2.3 Taşıyıcı Sistemin Boyutlandırılması

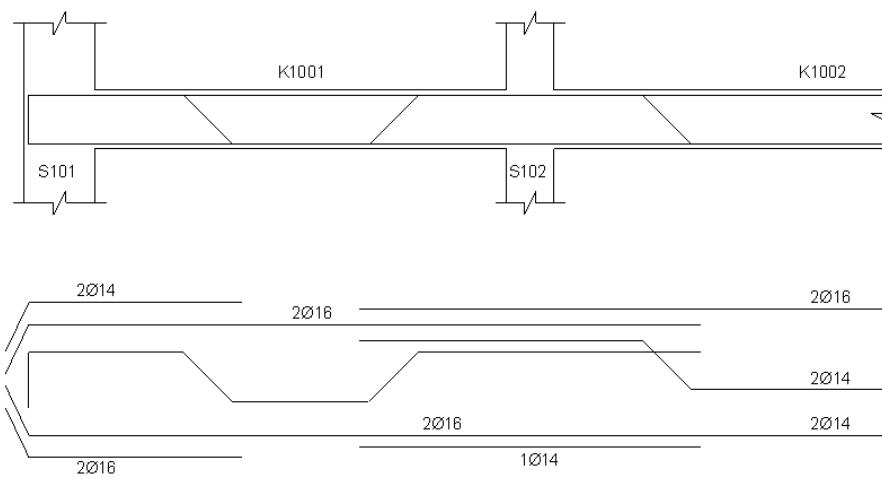
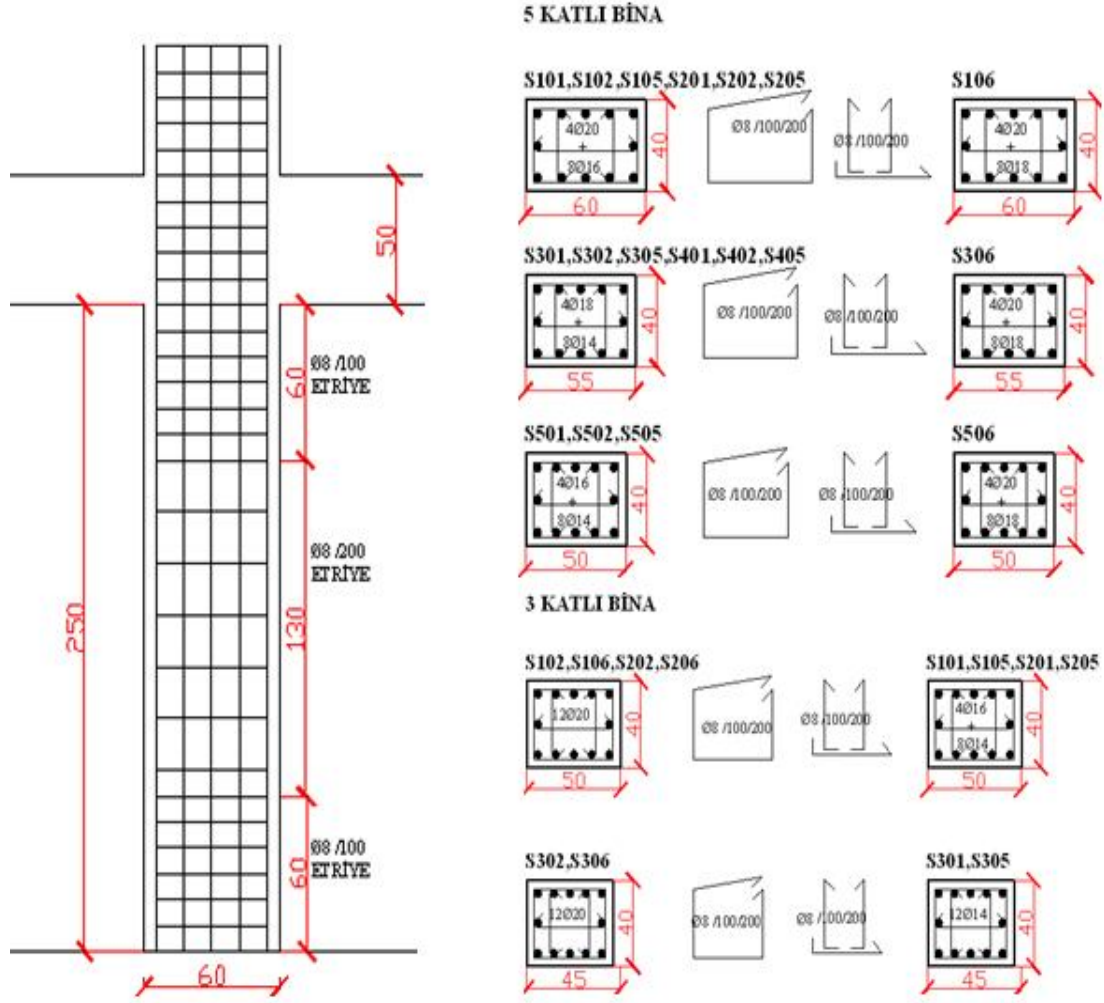
Binalar yukarıda verilen yüklere göre ETABS v9.0.4 [1] programı kullanılarak boyutlandırılmıştır. Analizler eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmıştır. Sistemin programa tanıtılması ile ilgili ayrıntılar Ek-A'da verilmiştir. Boyutlandırma ve donatı seçiminde TDY2007 [2] ve TS500'de [3] belirtilen koşulların sağlanıp sağlanmadığının tahkiki yapılmıştır. Ayrıca kiriş donatıları Ek-D'de verilmiştir.

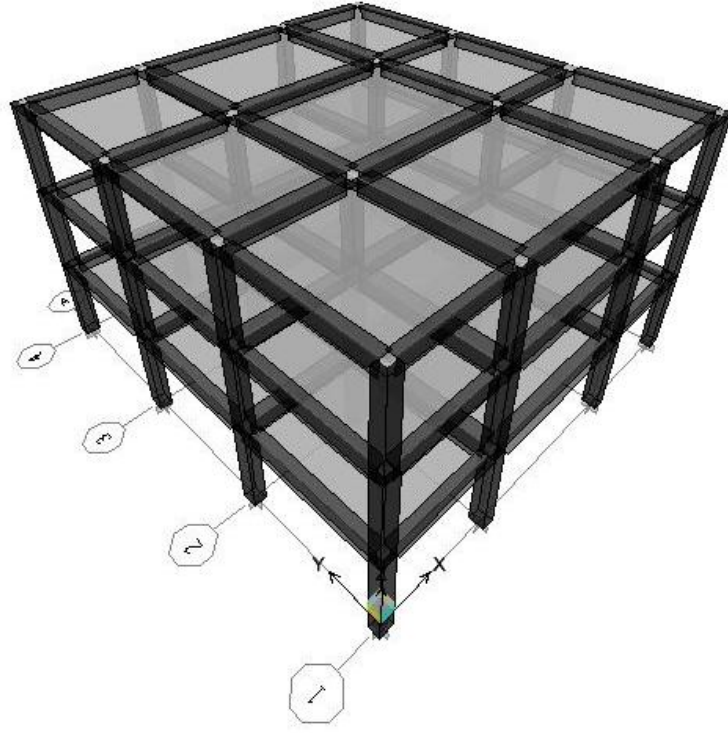


Şekil 2.1: 5 katlı bina kat kalıp planı ve 1-1 aksı çerçevesi.

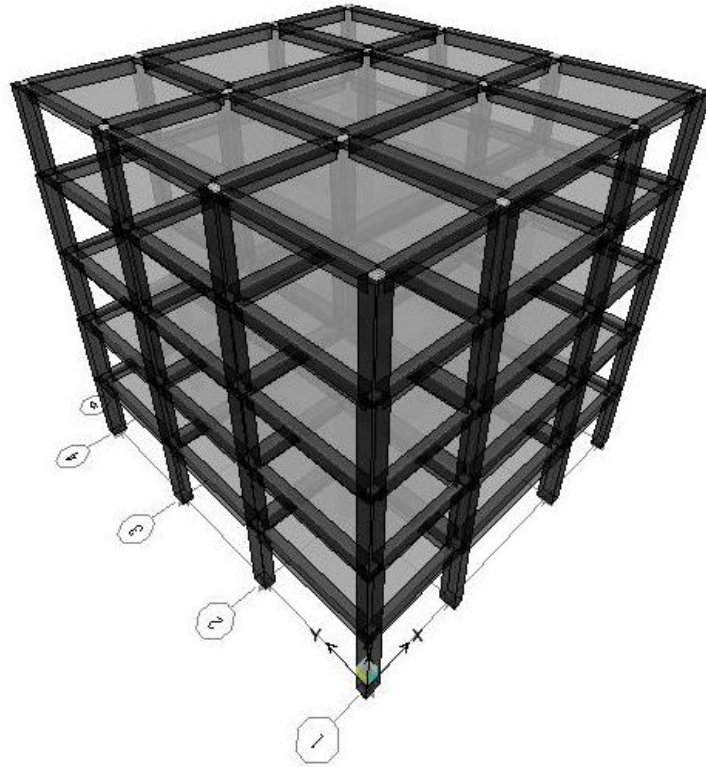


Şekil 2.2: 3 katlı bina kat kalıp planı ve 1-1 aksı çerçevesi.





Şekil 2.5: 3 katlı bina üç boyutlu modeli.



Şekil 2.6: 5 katlı bina üç boyutlu modeli.

3. DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BETONARME BİNALARIN PERFORMANSININ ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

3.1 Binalardan bilgi toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinde ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak numunelere uygulanacak deneylerle elde edilir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolü işlemleri yapılır.

Yapılan incelemeler sonucu mevcut bilgilere göre bilgi düzeyi katsayıları tanımlanır. Bilgi düzeyleri sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere üç türdür.

Sınırlı bilgi düzeyi deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar ile İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar için uygulanmaz.

Çizelge 3.1: Bilgi Düzeyi Katsayıları.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

BETONARME BİNALARDA BİLGİ DÜZEYLERİ			
BETONARME PROJESİ VAR MI?			
EVET EVET HAYIR HAYIR			
	KAPSAMLI BİLGİ DÜZEYİ	ORTA BİLGİ DÜZEYİ	SINIRLI BİLGİ DÜZEYİ
DONATI TESPİTİ	BETONARME PROJENİN MEVCUT BİNA İLE KARŞILAŞTIRMASI YAPILIR.	BETONARME PROJELER VAR İSE DONATI TESPİTİ İÇİN SINIRLI BİLGİ DÜZEYİ, MELZEME ÖZELLİKLERİ İÇİN ORTA BİLGİ DÜZEYİ ADIMLARI İZLENİR.	YAPILDIĞI TARİHTEKİ MİN. DONATI (g1) KOŞULLARINI SAĞLADIĞI KABUL EDİLİR.
	HER KATTA ENAZ İKİŞER KOLON-KİRİŞTE OLMAK ÜZERE PERDE VE KOLONLARIN %20'Sİ, KİRİŞLERİN %10'UNUN PASPAYI SIYRILIR.	HER KATTA ENAZ İKİŞER KOLON-KİRİŞTE OLMAK ÜZERE PERDE VE KOLONLARIN %20'Sİ, KİRİŞLERİN %10'UNUN PASPAYI SIYRILIR.	HER KATTA ENAZ BİRER KOLON-KİRİŞTE OLMAK ÜZERE PERDE VE KOLONLARIN %10'U, KİRİŞLERİN %5'İNİN PASPAYI SIYRILIR.
	PASPAYI SIYRILMAYAN ELEMANLARIN %20'SİNİN DONATI TESPİT CİHAZI OKUMALARI YAPILIR.	PASPAYI SIYRILMAYAN ELEMANLARIN %20'SİNİN DONATI TESPİT CİHAZI OKUMALARI YAPILIR.	PASPAYI SIYRILMAYAN ELEMANLARIN %20'SİNİN DONATI TESPİT CİHAZI OKUMALARI YAPILIR.
	TESPİT EDİLEN DONATI ORANI (g2), MİN. DONATI ORANINA (g1) BÖLÜNEREK DONATI GERÇEKLEŞME KATSAYISI BULUNUR. (1'DEN KÜÇÜK OLACAK)	TESPİT EDİLEN DONATI ORANI (g2), MİN. DONATI ORANINA (g1) BÖLÜNEREK DONATI GERÇEKLEŞME KATSAYISI BULUNUR. (1'DEN KÜÇÜK OLACAK)	TESPİT EDİLEN DONATI ORANI (g2), MİN. DONATI ORANINA (g1) BÖLÜNEREK DONATI GERÇEKLEŞME KATSAYISI BULUNUR. (1'DEN KÜÇÜK OLACAK)
MELZEME ÖZELLİKLERİ	HER KATTA KOLON VE PERDELERDEN ENAZ 3 BİNADA TOPLAM 9'DAN AZ OLMAMAK ÜZERE HER 200 m ² 'DE BİR KAROT ALINARAK DENEY YAPILIR.	HER KATTA KOLON VE PERDELERDEN ENAZ 3 BİNADA TOPLAM 9'DAN AZ OLMAMAK ÜZERE HER 400 m ² 'DE BİR KAROT ALINARAK DENEY YAPILIR.	HER KATTA KOLON VE PERDELERDEN ENAZ 2 KAROT ALINARAK DENEY YAPILIR.
	BULUNAN ORT-STD SAPMA DEĞERLERİ MEVCUT BETON DAYANIMINI VERİR.	BULUNAN ORT-STD SAPMA DEĞERLERİ MEVCUT BETON DAYANIMINI VERİR.	BULUNAN EN KÜÇÜK DEĞER MEVCUT BETON DAYANIMINI VERİR.
	BİNADAN HER ÇELİK SINIFI İÇİN (S220,S420 VS.) BİRER ÖRNEK DENEYE TABİ TUTULURAK PROJEDE BELİRTİLEN ÖZELLİKLERİNE UYGUNLUĞU BELİRLENİR.	SIYRILAN ELEMANLARIN GÖZ İLE KONTROLÜNDEN YAPILACAK TESPİT İLE ÇELİĞİN SINIFI BELİRLENİR. AKMA DAYANIMI MEVCUT ÇELİK DAYANIMI OLARAK BELİRLENİR.	SIYRILAN ELEMANLARIN GÖZ İLE KONTROLÜNDEN YAPILACAK TESPİT İLE ÇELİĞİN SINIFI BELİRLENİR. AKMA DAYANIMI MEVCUT ÇELİK DAYANIMI OLARAK BELİRLENİR.
	DENEY SONUCU PROJEDE BELİRTİLEN DEĞERİ SAĞLIYORSA PROJE DEĞERİ ALINIR. DEĞİLSE 3 ÖRNEK DAHA ALINARAK DENEYE TABİ TUTULUR. EN EL VERİŞSİZ DEĞER MEVCUT ÇELİK DAYANIMIDIR.		

Şekil 3.1: Binalardan bilgi toplanması ile ilgili izlenecek adımlar.

3.2 Deprem Hesabında Genel İlkeler

Deprem yönetmeliğine göre betonarme binaların performansının belirlenmesi doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerle yapılmaktadır. Her iki yöntem için de uyulması gereken genel ilkeler aşağıda özetlenmiştir;

- Deprem etkisinin tanımında elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında tanımlanan bina önem katsayısı tüm yapılar için $I=1,0$ alınacaktır.

- b) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler deprem hesabında gözönüne alınan kütlelerle uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.
- c) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- d) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- e) Deprem hesabında gözönüne alınacak kat ağırlıkları aşağıdaki dormüllerle hesaplanacaktır.

$$W = \sum_i^N w_i \quad (3.1)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (3.2)$$

- f) Döşemelerin yatayda rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- g) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
- h) Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- i) Bir veya iki eksenli etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar;
 - i.1) Analizde beton ve donatı çeliğinin dayanımı bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınarak tanımlanacaktır.
 - i.2) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi 0.01 alınabilir.
 - i.3) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenebilir.

- j) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir
- k) Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça etkin eğilme rijitlikleri için ;

Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$

Kolon ve perdelerde: $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda:

$$(EI)_e = 0.40 (EI)_0$$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda:

$$(EI)_e = 0.80 (EI)_0$$

N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, $(EI)_e$ değerleri kullanılarak yeniden yapılacaktır.

- l) Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
- m) Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.
- n) Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

3.3 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Deprem Yönetmeliğinde doğrusal elastik hesap yöntemleri kapsamında eşdeğer deprem yüğü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kapsamında ise artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi tanımlanmıştır.

Çizelge 3.2: Performans analizi yöntemleri.

DEPREM YÖNETMELİĞİNDE TANIMLANAN PERFORMANS ANALİZİ YÖNTEMLERİ	
DOĞRUSAL ELASTİK	EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ
	MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ
DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN	ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ
	ARTIMSAL MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ
	ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi, artımsal mod birleştirme yönteminin aksine her bina için uygulanamamaktadır. Yöntemin uygulanabilmesi için binadaki kat sayısı bodrum hariç olmak üzere en fazla 8 olacaktır. Bununla birlikte herhangi bir ek dışmerkezlilik gözönüne alınmadan yapılan hesapla bulunan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunun sağlanması gerekmektedir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

3.3.1 Yöntemin idealleştirilmesi

- a) Deprem Yönetmeliğinde belirtilen esaslara göre plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesi'nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5 h$).
- b) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.
- c) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak, mevcut malzeme dayanımları ile beton maksimum basınç şekil değiştirme 0.003 ve donatı çeliği maksimum birim şekil değiştirme 0.01 olması koşullarına göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.
- d) İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir. Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır.

Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır.

3.3.2 Plastik mafsal özelliklerinin hesaplanması

Plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinde kabuk betonu için sargısız beton, etriyelerle sarılmış çekirdek betonu için ise sargılı beton modeli kullanılır. Pekleşme etkisinin gözönüne alındığı donatı çeliği modeli ile de çeliğin akma ve kopma değerleri ile şekildeğiştirme eğrisi elde edilir. Betonarme kolon ve kirişlerin moment eğrilik ilişkilerinin tanımlanmasında kesitlere tanımlanan sargısız beton, sargılı beton ve donatı çeliği modelleri ile her kesitin ayrı ayrı moment eğrilik ilişkileri elde edilir.

3.3.3 Beton modelleri

Deprem Yönetmeliğinde doğrusal elastik olmayan yöntemler ile performans değerlendirmesinde, başkaca bir modelin seçilmediği durumlarda kullanılmak üzere, sargılı ve sargısız beton için iki farklı gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı tanımlanmıştır. [4]

Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (3.3)$$

Bu bağıntıdaki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (3.4)$$

Buradaki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için aşağıda verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.5)$$

Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacımsal oranlarını, k_e ise aşağıda tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı'nı göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (3.6)$$

Burada a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arası kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

Normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co}[1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (3.7)$$

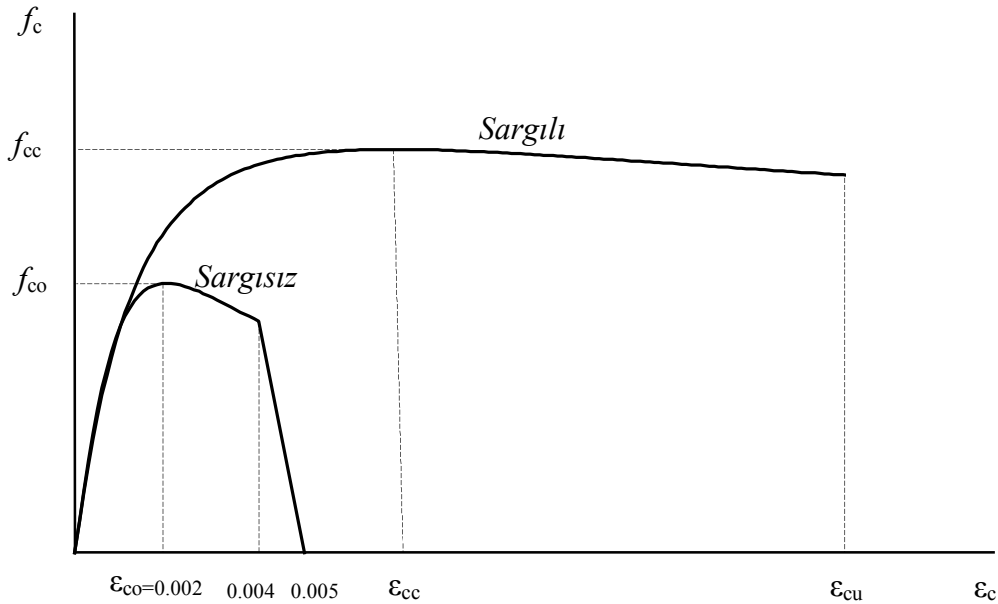
$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (3.8)$$

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_{cu} aşağıda verilmiştir:

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (3.9)$$

Burada ρ_s toplam enine donatının hacımsal oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ϵ_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekildeğiştirmesini göstermektedir.

Sargılı beton için verilen $f_c = \frac{f_{cc} x r}{r - 1 + x r}$ denklemi $\epsilon_c = 0.004$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak $\lambda_c = 1$ olacağından $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$ alınacaktır. $\epsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme – şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır.



Şekil 3.2: Sargılı ve sargısız beton modelleri.

3.3.4 Donatı çeliği modeli

Doğrusal elastik olmayan yöntemlerle performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, donatı çeliği için aşağıdaki gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır.

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy} \quad (3.10)$$

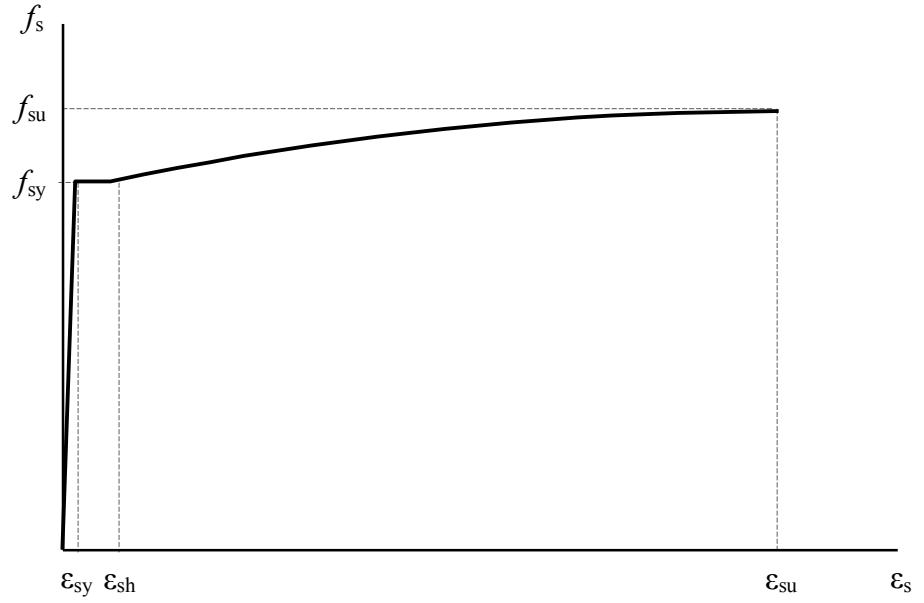
$$f_s = f_{sy} \quad \varepsilon_s < \varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_{sh} \quad (3.11)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad \varepsilon_s < \varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_{sh} \quad (3.12)$$

Donatı çeliğinin elastiklik modülü $E_s = 2.10^5$ MPa'dır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler aşağıdaki tablodan alınabilir.

Çizelge 3.3: Donatı çeliği şekil değiştirmeleri.

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550



Şekil 3.3: Donatı çeliği modeli.

4. TASARLANAN BİNALARIN ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE İTME ANALİZİNİN YAPILMASI

4.1 Giriş

Tasarlanan 5 katlı ve 3 katlı binalara artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanacaktır. Öncelikle artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanıp uygulanamayacağının tahkiki yapılmalıdır.

Çizelge 4.1: Artımsal eşdeğer deprem yükü sınırları karşılaştırılması.

	3 Katlı Bina	5 Katlı Bina	Yönetmelik Sınırı
Kat Sayısı	3	5	8
η_{bi}	1,00	1,00	1,40
Etkin Kütle Katılım Oranı	86,12%	81,70%	70,00%

4.2 Yapıların Etkin Eğilme Rijitliği Değerlerinin Bulunması

Yönetmelikte belirtilen koşullara göre bulunan etkin eğilme rijitlik oranları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2: 3 katlı bina etkili eğilme rijitlikleri.

3 KATLI BİNA							
KAT	KOLON	ND	B	H	Ac	ND/Acfcm	(EI)e
KAT3	S301	50,83 kN	0,45 m	0,40 m	0,180 m ²	0,011	0,40
	S302	104,79 kN	0,40 m	0,45 m	0,180 m ²	0,023	0,40
	S305	85,89 kN	0,40 m	0,45 m	0,180 m ²	0,019	0,40
	S306	188,97 kN	0,45 m	0,40 m	0,180 m ²	0,042	0,40
KAT2	S201	156,22 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,031	0,40
	S202	292,90 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,059	0,40
	S205	251,59 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,050	0,40
	S206	449,63 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,090	0,40
KAT1	S101	259,70 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,052	0,40
	S102	481,25 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,096	0,40
	S105	415,82 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,083	0,40
	S106	713,44 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,143	0,43

Çizelge 4.3: 5 katlı bina etkili eğilme rijitlikleri.

5 KATLI BİNA							
KAT	KOLON	N _D	B	H	A _c	N _D /A _c f _{cm}	(EI) _e
KAT5	S501	56,54 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,011	0,40
	S502	105,74 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,021	0,40
	S505	90,29 kN	0,40 m	0,50 m	0,200 m ²	0,018	0,40
	S506	184,15 kN	0,50 m	0,40 m	0,200 m ²	0,037	0,40
KAT4	S401	169,28 kN	0,55 m	0,40 m	0,220 m ²	0,031	0,40
	S402	294,13 kN	0,40 m	0,55 m	0,220 m ²	0,053	0,40
	S405	261,53 kN	0,40 m	0,55 m	0,220 m ²	0,048	0,40
	S406	437,88 kN	0,55 m	0,40 m	0,220 m ²	0,080	0,40
KAT3	S301	281,35 kN	0,55 m	0,40 m	0,220 m ²	0,051	0,40
	S302	482,42 kN	0,40 m	0,55 m	0,220 m ²	0,088	0,40
	S305	431,74 kN	0,40 m	0,55 m	0,220 m ²	0,078	0,40
	S306	693,40 kN	0,55 m	0,40 m	0,220 m ²	0,126	0,42
KAT2	S201	393,66 kN	0,60 m	0,40 m	0,240 m ²	0,066	0,40
	S202	672,60 kN	0,40 m	0,60 m	0,240 m ²	0,112	0,41
	S205	602,57 kN	0,40 m	0,60 m	0,240 m ²	0,100	0,40
	S206	952,18 kN	0,60 m	0,40 m	0,240 m ²	0,159	0,44
KAT1	S101	502,61 kN	0,60 m	0,40 m	0,240 m ²	0,084	0,40
	S102	863,72 kN	0,40 m	0,60 m	0,240 m ²	0,144	0,43
	S105	771,63 kN	0,40 m	0,60 m	0,240 m ²	0,129	0,42
	S106	1215,15 kN	0,60 m	0,40 m	0,240 m ²	0,203	0,48

4.3 İtme Yüğü Oranlarının Bulunması

Artımsal eşdeğer deprem yüğü ile hesapta binaya etkitilecek x doğrultusundaki itme yüğü oranları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4: 3 katlı bina itme yüğü oranları.

3 KATLI BİNA						
KAT	YÜK TÜRÜ	YÜKLER	KAT AĞIRLIĞI (W=g+nq)	MOD GENLİĞİ (Φ)	A=(Wx Φ)	İTME YÜKÜ ORANLARI (A/ΣA)
KAT3	G	1627,45 kN	1721,95 kN	0,04276	73,63	0,361
	Q	315,00 kN				
KAT2	G	2753,45 kN	2879,45 kN	0,03155	90,85	0,445
	Q	420,00 kN				
KAT1	G	2753,45 kN	2879,45 kN	0,01371	39,48	0,194
	Q	420,00 kN				
TOPLAM			7480,85 kN	ΣA=	203,95	1,00

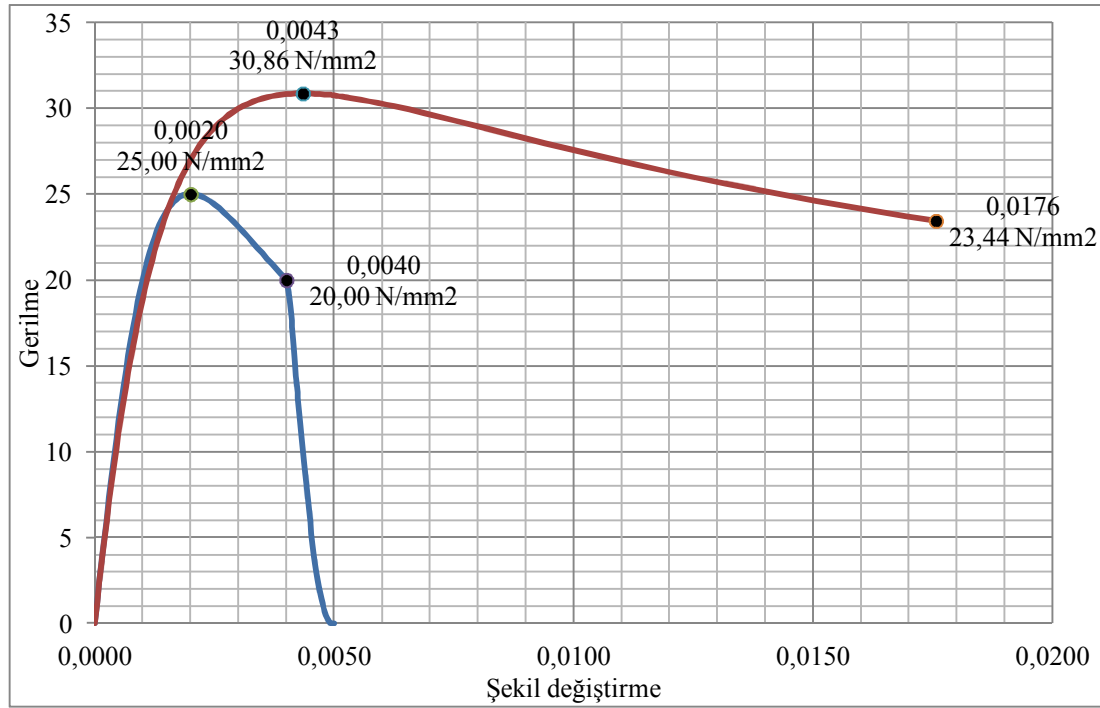
Çizelge 4.5: 5 katlı bina itme yüğü oranları.

5 KATLI BİNA						
KAT	YÜK TÜRÜ	YÜKLER	KAT AĞIRLIĞI (W=g+nq)	MOD GENLİĞİ (Φ)	A=(Wx Φ)	İTME YÜKÜ ORANLARI (A/ΣA)
KAT5	G	1652,38 kN	1746,88 kN	0,03301	57,66	0,215
	Q	315,00 kN				
KAT4	G	2778,38 kN	2904,38 kN	0,02950	85,68	0,319
	Q	420,00 kN				
KAT3	G	2778,38 kN	2904,38 kN	0,02315	67,24	0,250
	Q	420,00 kN				
KAT2	G	2802,39 kN	2928,39 kN	0,01441	42,20	0,157
	Q	420,00 kN				
KAT1	G	2802,39 kN	2928,39 kN	0,00538	15,75	0,059
	Q	420,00 kN				
TOPLAM			13412,42 kN	ΣA=	268,53	1,00

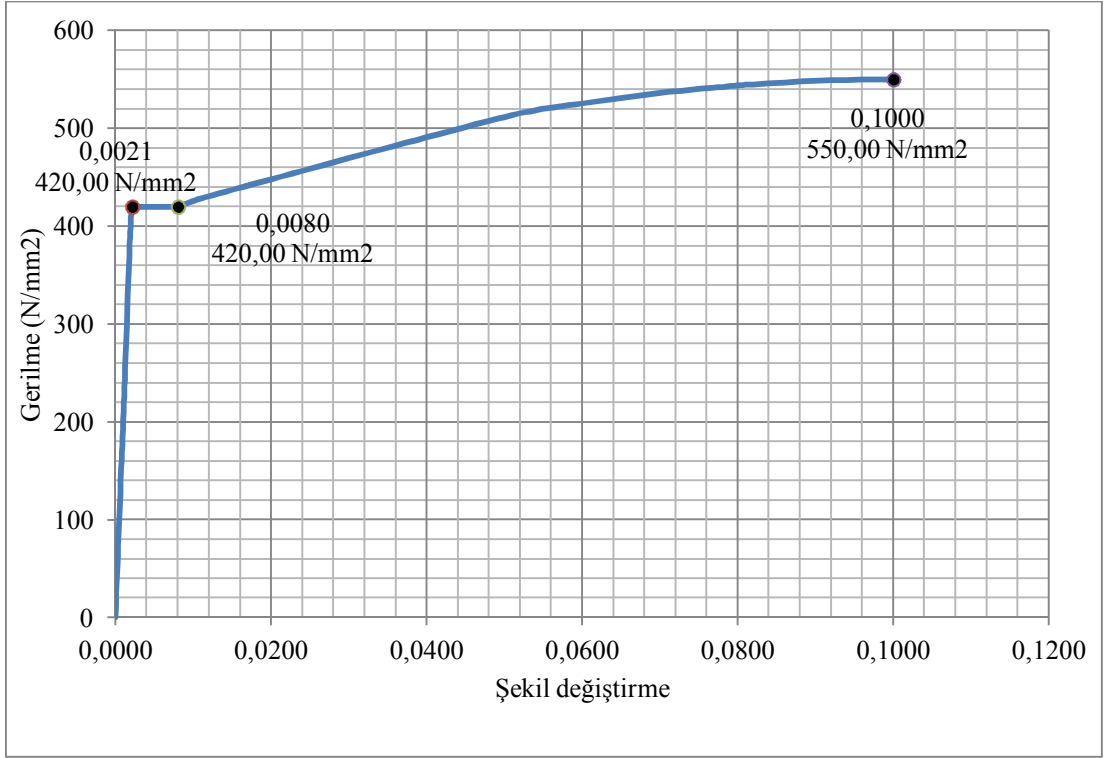
4.4 Artımsal İtme Analizinin Programda Tanımlanması

Artımsal itme analizi SAP2000 v.14 [5] yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Programa girilen plastik mafsal moment eğrilik değerleri ile kolon karşılıklı etkileşim diyagramları excel tabanlı hesaplama programı yapılarak ardışık yaklaşımla elde edilmiştir. Artımsal itme analizinin programda tanımlanması ile ilgili açıklamalar Ek B’de, kolon ve kirişlerin moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesi ile ilgili açıklamalar Ek C’de verilmiştir.

Moment eğrilik değerlerinin bulunmasında etriye dışında kalan kabuk betonu için sargısız donatı modeli, etriye içinde ise sargılı donatı modeli kullanılmıştır. Donatı çeliği için pekleşme etkisi göz önüne alınmıştır. Sargılı ve sargısız beton ile donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme bağıntıları için Deprem Yönetmeliği Ek 7B’de verilen Mander’in malzeme modeli kullanılmıştır. [4]



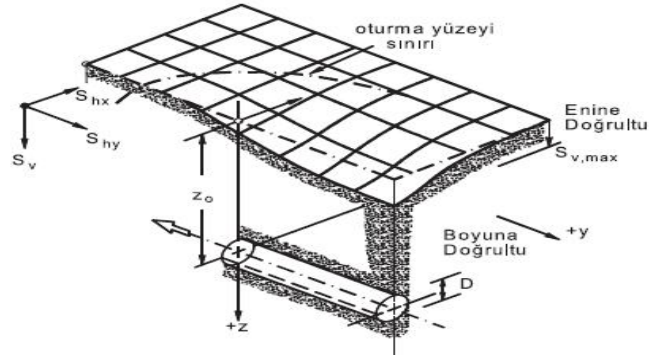
Şekil 4.1: 5 katlı bina S101 kolonu için beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi.



Şekil 4.2: Tasarlanan binalardaki S420a donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme eğrisi.

5. TÜNELLERDEN KAYNAKLANAN OTURMALARIN HESABI

Tünel kazısı nedeniyle meydana gelecek oturmalar tünel güzergahı boyunca sabit kabul edilebilir. Bununla birlikte tünel eksenine dik doğrultudaki oturmalar tünelin derinliğine göre farklılık göstermektedir. Bu oturmaların hesabı için Gauss hata fonksiyonu ön görülmektedir. [6]



Şekil 5.1: Tünel kazısı nedeniyle meydana gelen oturmaların dağılımı.

Enine doğrultudaki oturmaların hesabı;

$$S_v(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{V_l D^2}{4i_x} e^{\frac{-x^2}{2i_x^2}} \quad (5.1)$$

Denklemde $x=0$ yerine konduğunda $S_{v,maks}$ tünel eksenindeki en büyük oturma;

$$S_{v,maks} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{V_l D^2}{4i_x} \quad (5.2)$$

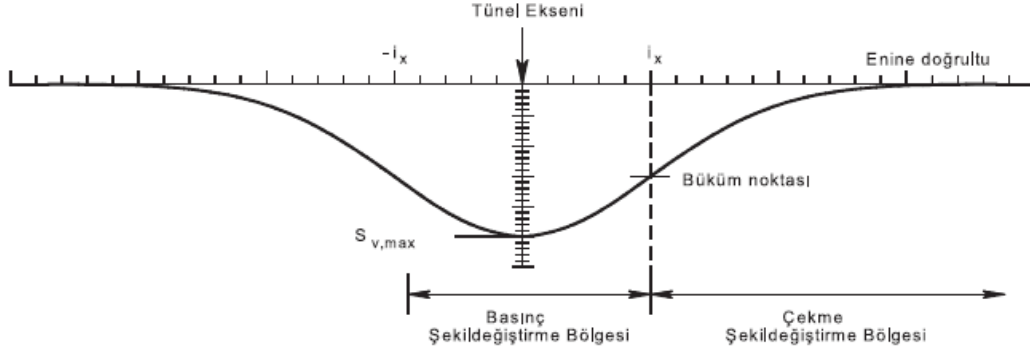
olarak bulunmaktadır. Burada V_l hacim kaybı yüzdesi, D tünel çapı, i_x kazıdan etkilenen bölge genişliğini ifade eden parametredir.

Dönme değeri ise oturmanın x 'e göre türevi alınarak bulunabilir.

$$\vartheta(x) = \frac{-x}{i_x^2} S_{v,maks} e^{\frac{-x^2}{2i_x^2}} \quad (5.3)$$

$$i_x(z) = kz \quad (5.4)$$

Denk.(5.4)'de k zemine bağılı olarak belirlenen sabit, z tünel ekseninden düşey mesafeyi belirtmektedir. Tünel eksenini yüseyinde $z=z_0$ için i_x değeri k katsayısı ile tünel eksenini- zemin arasındaki mesafenin çarpımıdır.

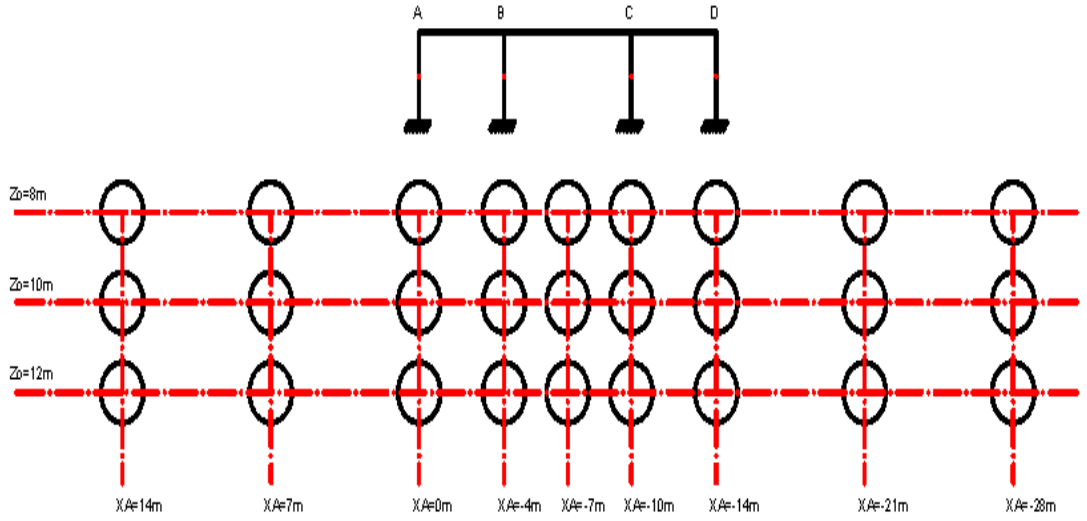


Şekil 5.2: Enine oturma eğrisi.

Yukarıda açıklanan hesap yöntemi ile tünellerin yapıdan mesafesine bağılı olarak kolon altlarında meydana gelen oturmalar hesaplanabilmektedir. Bu oturma değerlerinin tünel derinliği z ile orantılı olacağı açıktır. Tünel derinliğinin düşük olması, tünelin yapıdan mesafesinin az olması ya da yapının tam altında bulunması koşullarının beraber gerçekleşmesi durumunda binalar için risk oluşturabilmektedir.

6. HESAPLANAN TÜNEL GEÇİŞ EKSENLERİ VE OTURMA DEĞERLERİNİN BULUNMASI

Tünellerden kaynaklanan oturmaların ve dönmelerin bulunması için excell tabanlı bir program hazırlanmıştır. Hesaplamada hacim kaybı yüzdesi $V_l = 0.01$, zemin sabiti $k = 0.5$, tünel çapı $D = 8\text{m}$ sabit olarak alınmıştır. 3 farklı tünel derinliği ($Z_0 = 8\text{m}$, 10m , 12m), 5 tünel geçişi aksı bina altında ($X_A = -14\text{m}$, -10m , -7m , -4m , 0m) ve 4 tünel geçişi aksı bina dışında ($X_A = -21\text{m}$, -28m , 7m , 14m) olmak üzere 9 farklı uzaklık değerinden bulunan oturma ve dönmeler, 3 katlı ve 5 katlı olarak tasarlanan 2 betonarme yapıya etkilmiştir. Her bina için 27 farklı oturma ve dönme değeri Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'te hesaplanmıştır.



Şekil 6.1: Tünel geçiş eksenleri.

Çizelge 6.1: Tünelin $Z_0=8\text{m}$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000002	0,000002	-0,000110	0,000096
-21 m	0,000000	0,000000	-0,000006	0,000006	-0,001143	0,000786	-0,010842	0,004743
-14 m	-0,000110	0,000096	-0,002203	0,001377	-0,030407	0,007602	-0,050133	0,000000
-10 m	-0,002203	0,001377	-0,016276	0,006103	-0,050133	0,000000	-0,030407	-0,007602
-7 m	-0,010842	0,004743	-0,037842	0,007095	-0,037842	-0,007095	-0,010842	-0,004743
-4 m	-0,030407	0,007602	-0,050133	0,000000	-0,016276	-0,006103	-0,002203	-0,001377
0 m	-0,050133	0,000000	-0,030407	-0,007602	-0,002203	-0,001377	-0,000110	-0,000096
7 m	-0,010842	-0,004743	-0,001143	-0,000786	-0,000006	-0,000006	0,000000	0,000000
14 m	-0,000110	-0,000096	-0,000002	-0,000002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Çizelge 6.2: Tünelin $Z_0=10\text{m}$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000062	0,000044	-0,000796	0,000446
-21 m	-0,000006	0,000005	-0,000124	0,000084	-0,003566	0,001569	-0,015052	0,004215
-14 m	-0,000796	0,000446	-0,005428	0,002171	-0,029123	0,004660	-0,040106	0,000000
-10 m	-0,005428	0,002171	-0,019522	0,004685	-0,040106	0,000000	-0,029123	-0,004660
-7 m	-0,015052	0,004215	-0,033499	0,004020	-0,033499	-0,004020	-0,015052	-0,004215
-4 m	-0,029123	0,004660	-0,040106	0,000000	-0,019522	-0,004685	-0,005428	-0,002171
0 m	-0,040106	0,000000	-0,029123	-0,004660	-0,005428	-0,002171	-0,000796	-0,000446
7 m	-0,015052	-0,004215	-0,003566	-0,001569	-0,000124	-0,000084	-0,000006	-0,000005
14 m	-0,000796	-0,000446	-0,000062	-0,000044	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

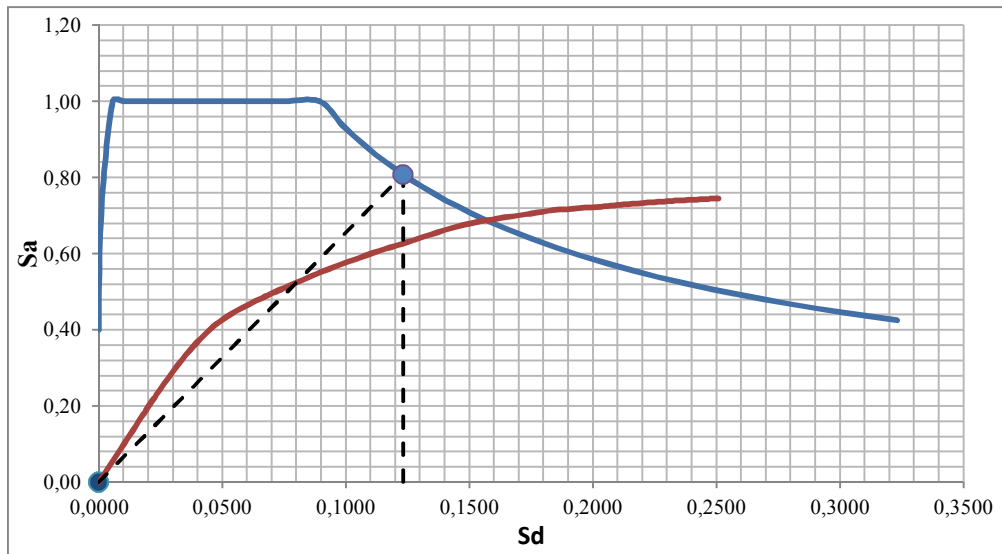
Çizelge 6.3: Tünelin $Z_0=12\text{m}$ kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	-0,000001	0,000000	-0,000011	0,000007	-0,000371	0,000186	-0,002197	0,000854
-21 m	-0,000073	0,000043	-0,000604	0,000285	-0,006225	0,001902	-0,016923	0,003291
-14 m	-0,002197	0,000854	-0,008334	0,002315	-0,026762	0,002974	-0,033422	0,000000
-10 m	-0,008334	0,002315	-0,020271	0,003379	-0,033422	0,000000	-0,026762	-0,002974
-7 m	-0,016923	0,003291	-0,029495	0,002458	-0,029495	-0,002458	-0,016923	-0,003291
-4 m	-0,026762	0,002974	-0,033422	0,000000	-0,020271	-0,003379	-0,008334	-0,002315
0 m	-0,033422	0,000000	-0,026762	-0,002974	-0,008334	-0,002315	-0,002197	-0,000854
7 m	-0,016923	-0,003291	-0,006225	-0,001902	-0,000604	-0,000285	-0,000073	-0,000043
14 m	-0,002197	-0,000854	-0,000371	-0,000186	-0,000011	-0,000007	-0,000001	0,000000

7. HESAPLANAN OTURMALARA GÖRE BİNALARDA OLUŞAN TABAN KESME KUVVETİ-TEPE YERDEĞİŞTİRMELERİ

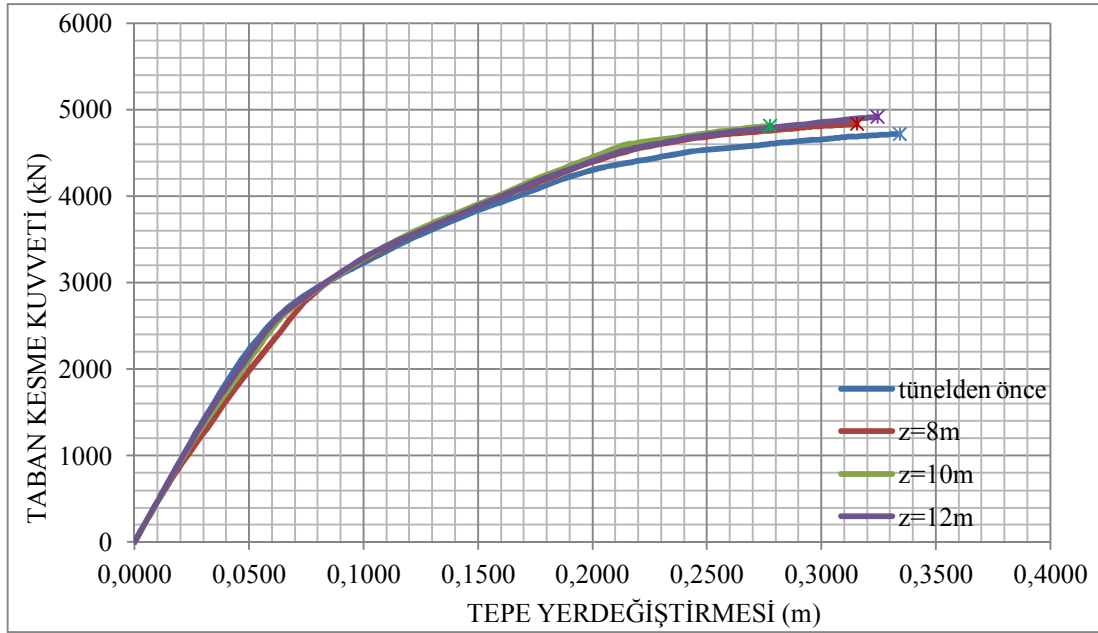
7.1 Üç Katlı Bina Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tünel geçişlerinin bina performansını ne ölçüde etkilediğinin belirlenebilmesi için oturma ve dönmelerin olmadığı tünel geçişi öncesi durum referans olarak alınmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem sonucu yapının yerdeğiştirme istemi 0,1638m olarak hesaplanmıştır. Referans olarak seçilen bu depreme karşı gelen kesme kuvveti istemlerine göre tünel geçişlerinin doğurduğu sonuçlar irdelenecektir.

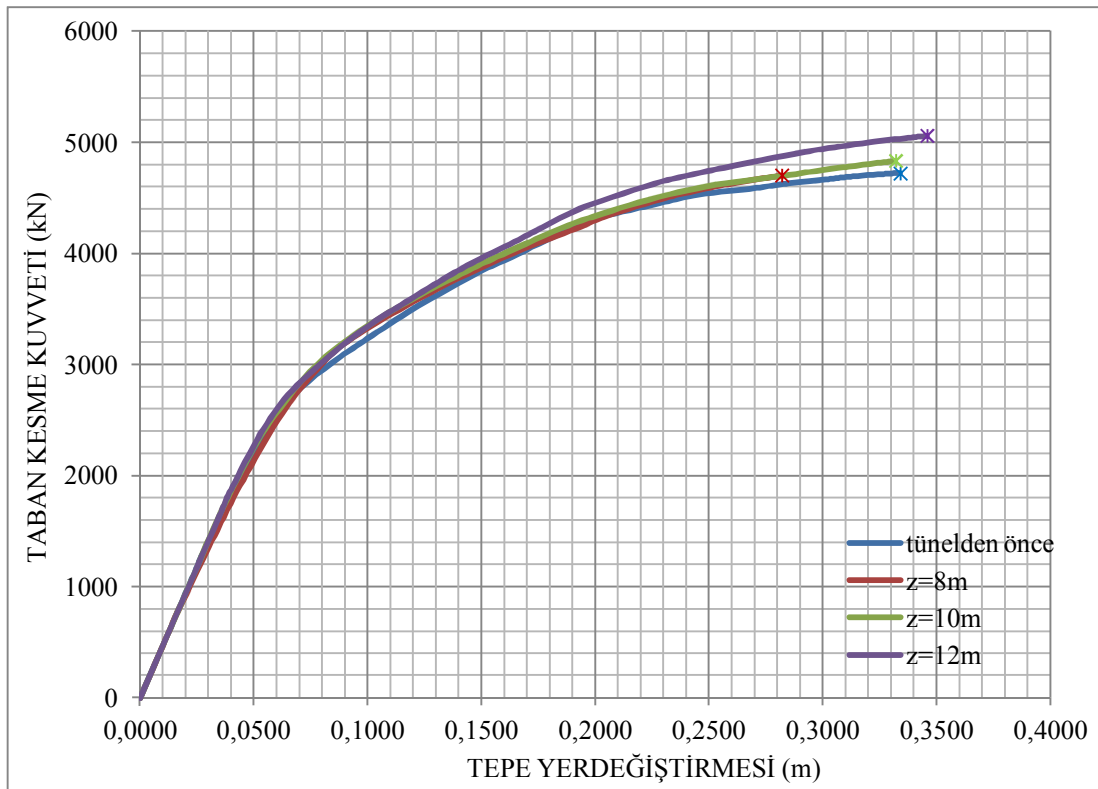


Şekil 7.1: 3 katlı bina performans eğrisi
(50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem).

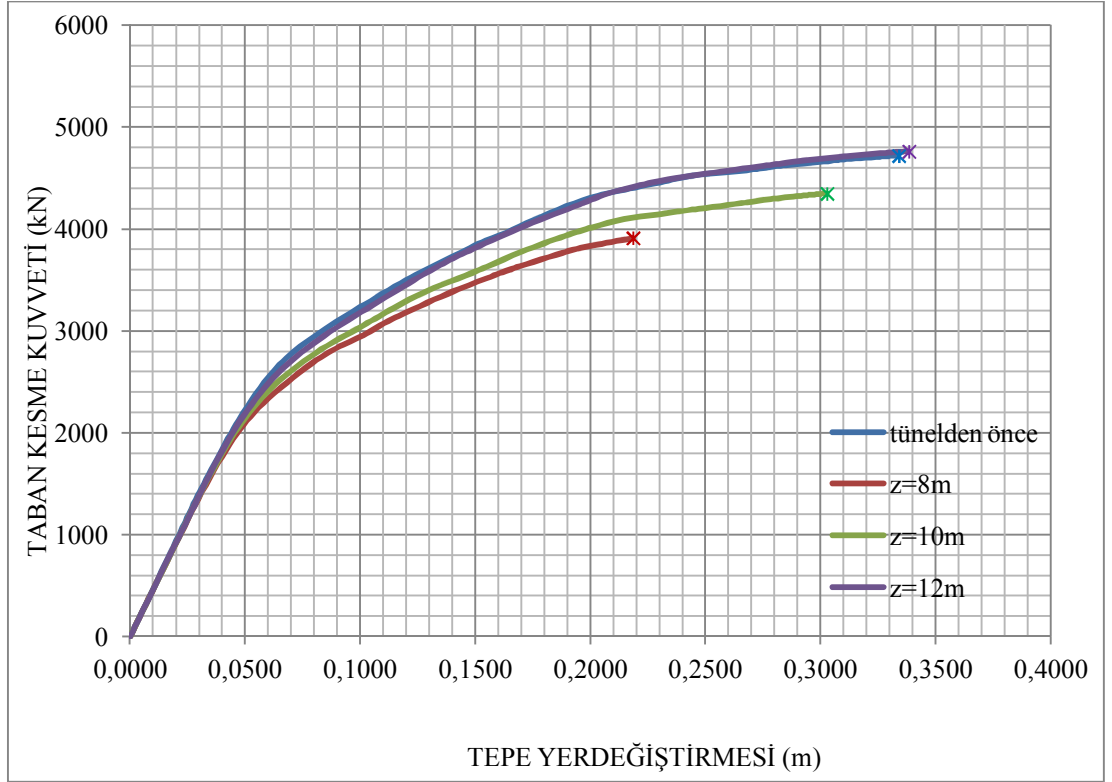
7.1.1 Tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırma (Zo)



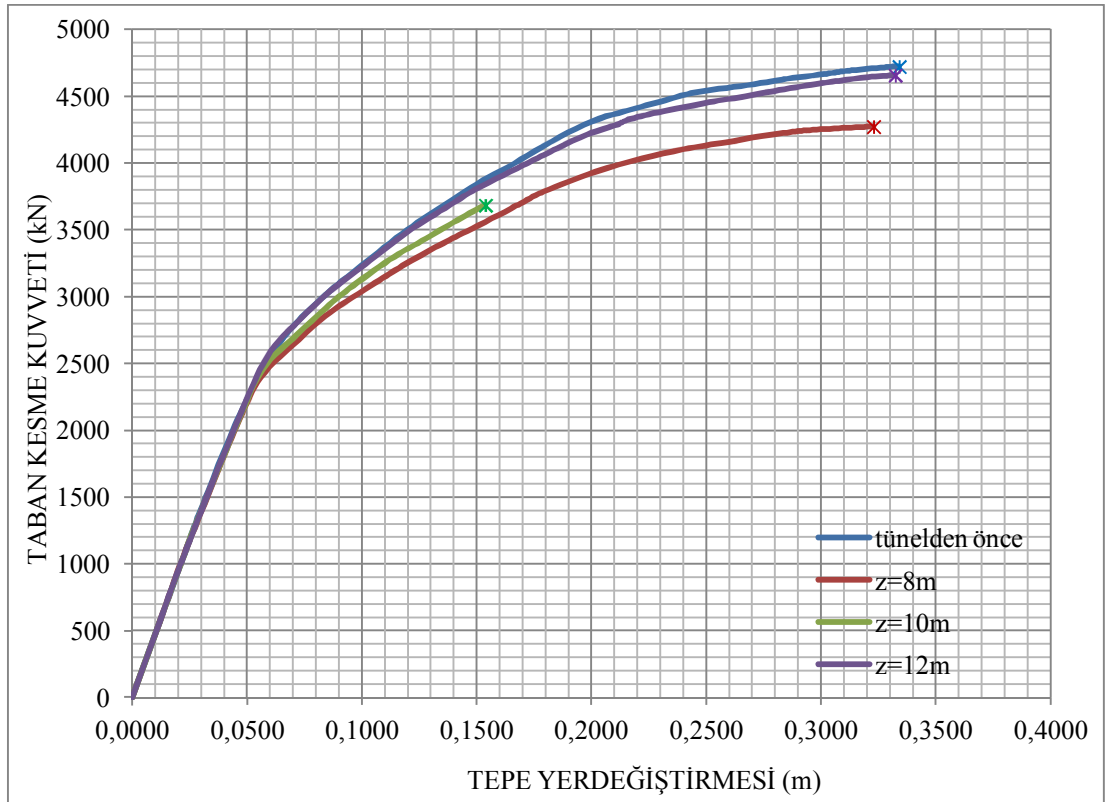
Şekil 7.2: XA=-14m eksenli tünel geçişi eğrileri.



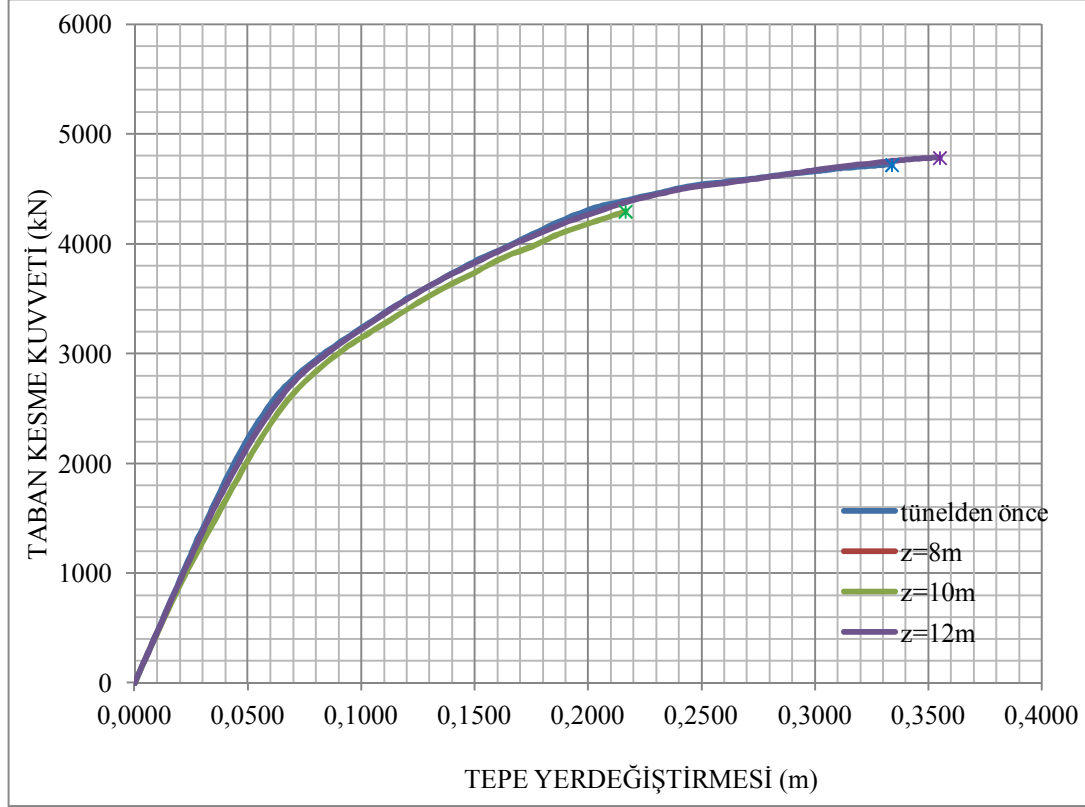
Şekil 7.3: XA=0m eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.4: XA=-10m eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.5: XA=-4m eksenli tünel geçişi eğrileri.



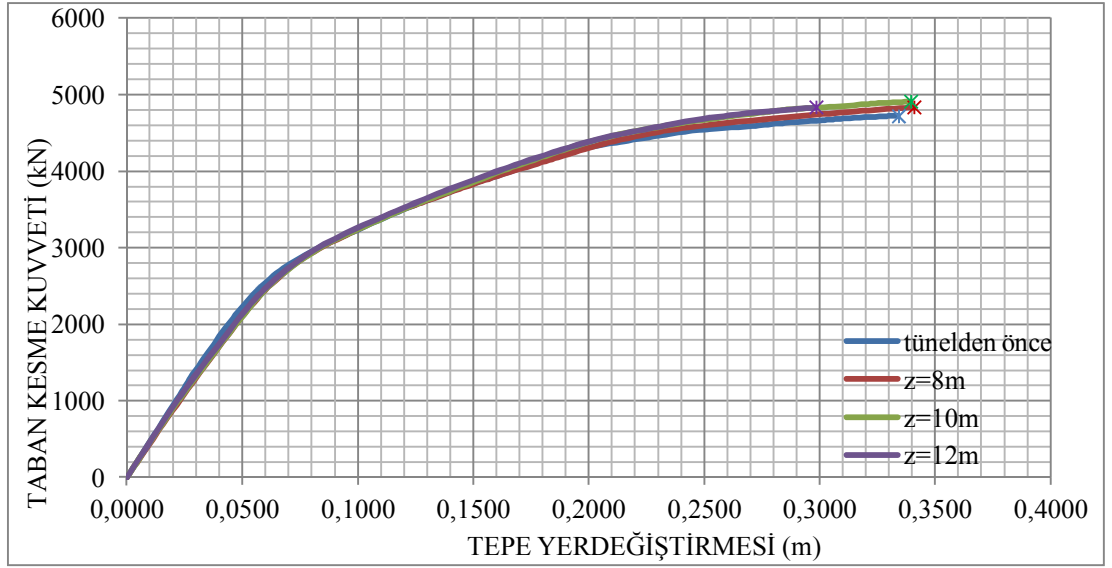
Şekil 7.6: XA=-7m eksenli tünel geçişi eğrileri.

Binaların X ve Y doğrultularında simetrik olmasından dolayı yalnız +x yönünde itme analizi yapmak yeterlidir. Yalnız tünel geçişlerinde oturma ve dönme değerlerinin kolon altlarında simetrik olmayacağı gözönüne alınarak yukarıda verilen şekiller aritmetik sıra ile değil anlamlı olacak şekilde dizilmiştir. Aynı grafik üzerinde birçok eğrinin bulunmasının yol açacağı karışıklık da böylece önlenmiştir. Yukarıda verilen grafikler 3 katlı binanın kolon aksları ile aynı eksenlerden tünel geçişlerini ve binanın tam ortasından tünel geçişini farklı derinliklere göre göstermektedir.

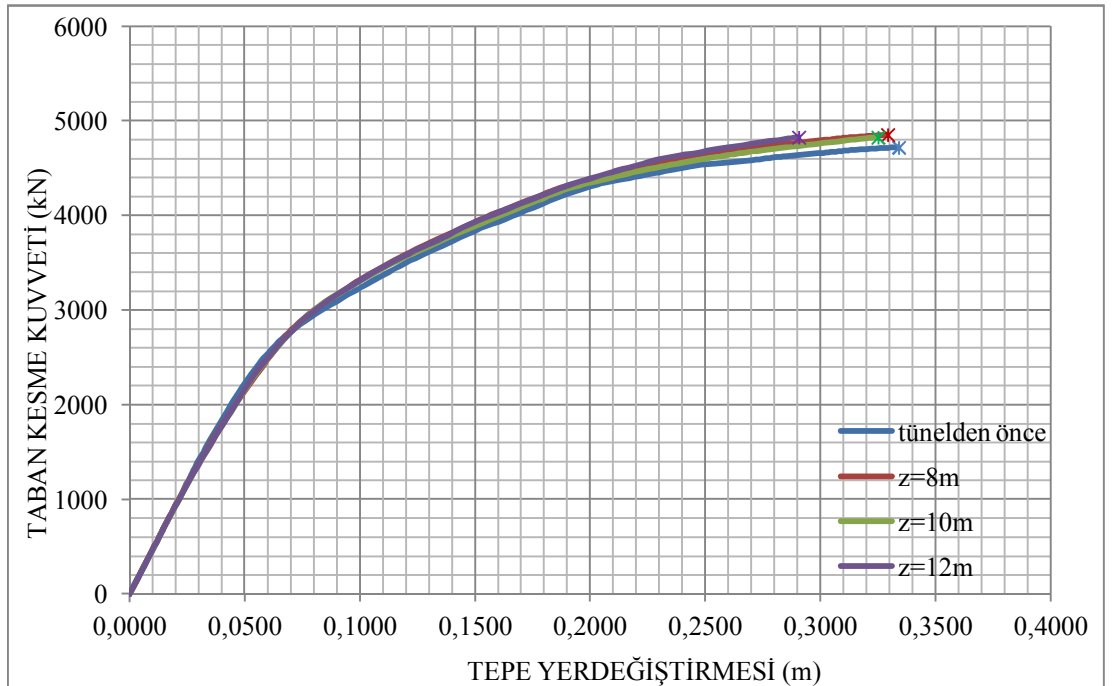
Yalnız +x yönünde itme analizi yapılmasından dolayı XA=-14m ve XA=0m eğrisi beraber değerlendirilmelidir. Benzer şekilde XA=-10m ve XA=-4m eğrileri de beraber değerlendirilecektir. XA=-14m'deki Zo=8m kotundaki bir eğrinin +x itme analizi sonucu ile XA=0m'deki Zo=8m kotundaki bir eğrinin -x itme analizi sonuçlarının aynı olacağı açıktır.

Eğriler incelendiğinde XA=0m ile XA=-14m tünel geçişlerinde yapıda önemli performans kayıpları görülmüş, bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti XA=0m'de Zo=8m kotunda 0,28m'ye kadar düşmüş, XA=-14m'de Zo=10m kotunda ise 0,27m'ye kadar azalmıştır. Aynı durum XA=-10m ve XA=-4m tünel geçişlerinde de gözlenmiştir. XA=-10m tünel geçişinde Zo=8m kotunda bina tepe yerdeğiştirme

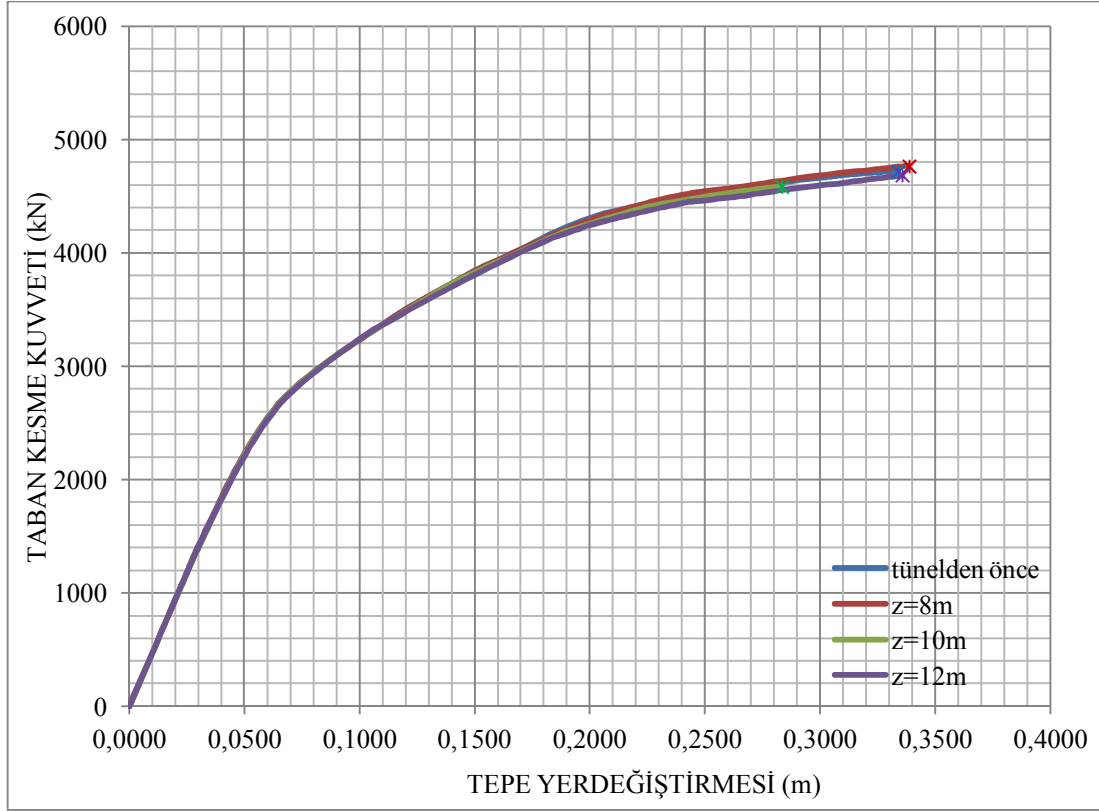
kabiliyeti 0,21m'ye düşerken $XA=-4m$ 'de bina yerdeğiştirme istemi olan 0,1638m'den de aşağıya 0,15m'ye kadar düşmüştür. $XA=-7m$ tünel geçişinde $Zo=8m$ kotunda bina düşey yükler altında mekanizma durumuna gelirken $Zo=10m$ kotunda bina tepe yerdeğiştirmesi kabiliyeti 0,21m'ye düşmüştür. Bina altından tünel geçişi güzergahları karşılaştırıldığında tüm koşullar için $Zo=12m$ derinliği önemli bir değişikliğe yol açmazken, $Zo=8m$ ve $Zo=10m$ derinliğinden tünel geçişi tüm güzergahlarda bina için çok büyük riskler doğurmaktadır.



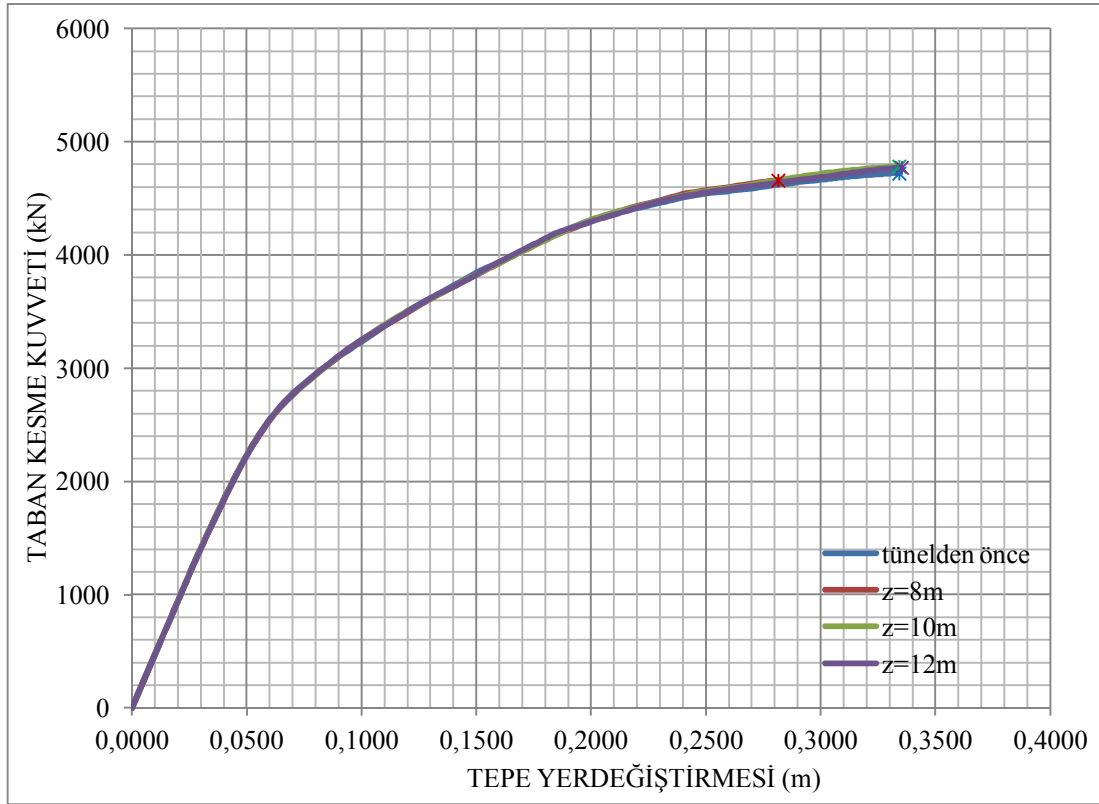
Şekil 7.7: $XA=7m$ eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.8: $XA=-21m$ eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.9: XA=14m eksenini tüneli geçişi eğrileri.

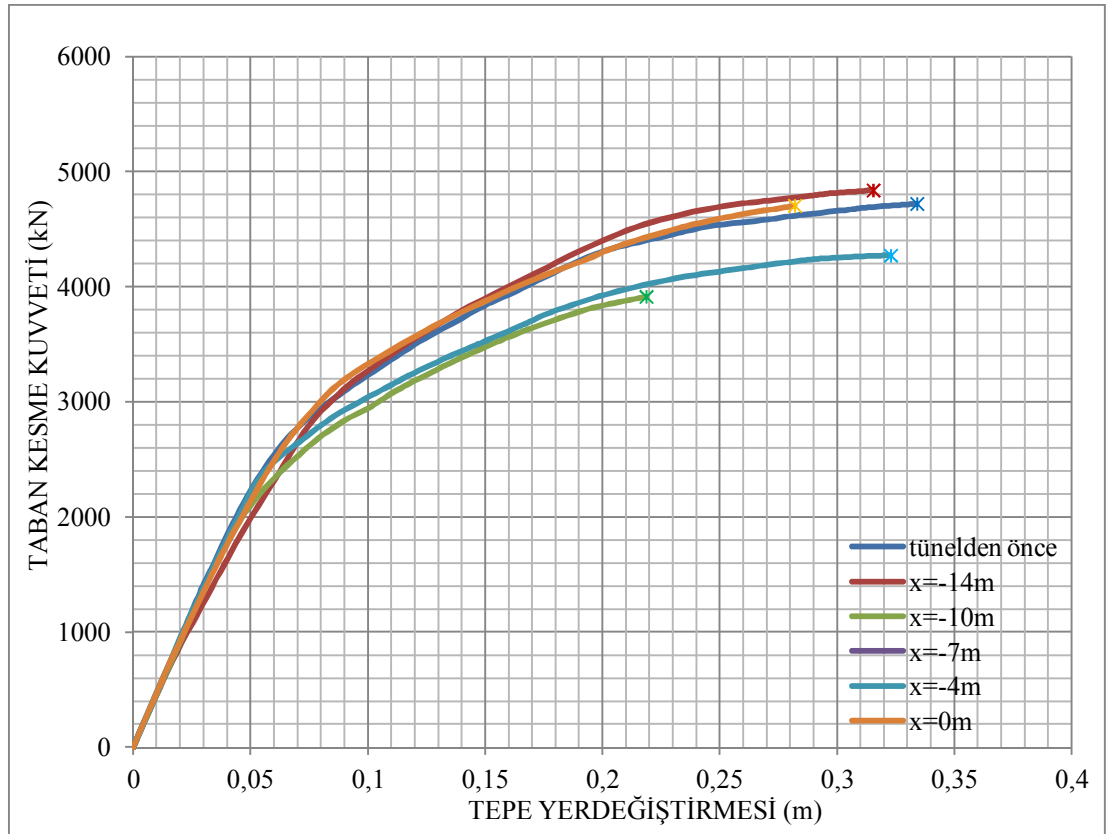


Şekil 7.10: XA=-28m eksenini tüneli geçişi eğrileri.

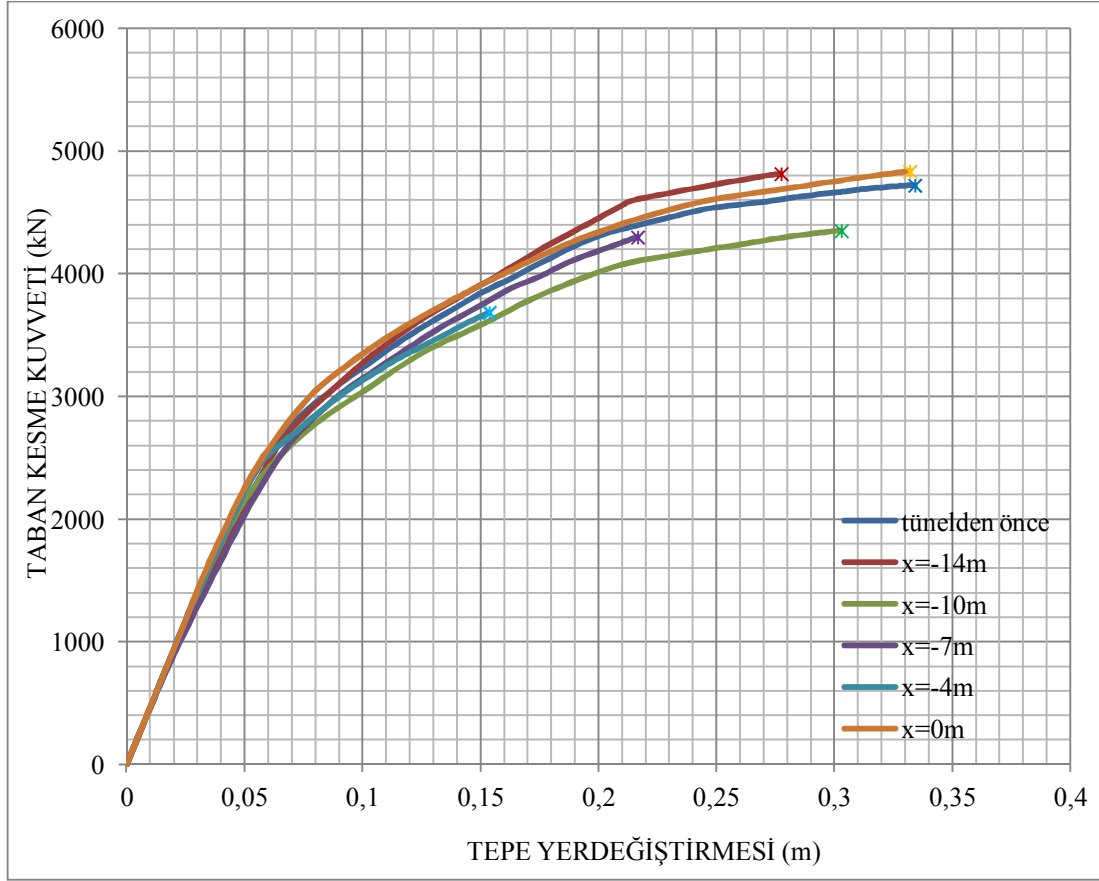
$XA=7\text{m}$ ve $XA=-21\text{m}$ tünel geçiş durumlarına bakıldığında $Zo=8\text{m}$ ve $Zo=10\text{m}$ tünel geçiş derinliğinde herhangi bir azalma görülmezken $Zo=12\text{m}$ derinliğinde her iki güzergahta da bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,29\text{m}$ 'ye düşmektedir. $XA=14\text{m}$ eğrisinde $Zo=10\text{m}$ kotu için bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,28\text{m}$ 'ye düşerken $XA=-28\text{m}$ tünel geçişinde $Zo=8\text{m}$ kotunda da $0,28\text{m}$ 'ye inmektedir.

Bina altı ve bina dışı tünel geçiş güzergahları karşılaştırıldığında bina altından tünel geçişinin her durumda bina dışına oranla riskli olacağı görülmüştür. Bina dışında ise binadan uzaklaştıkça etkinin doğrusal olarak azalmadığı görülmüştür. Büküm noktası etkisi 7.2.3 bölümünde incelenecektir.

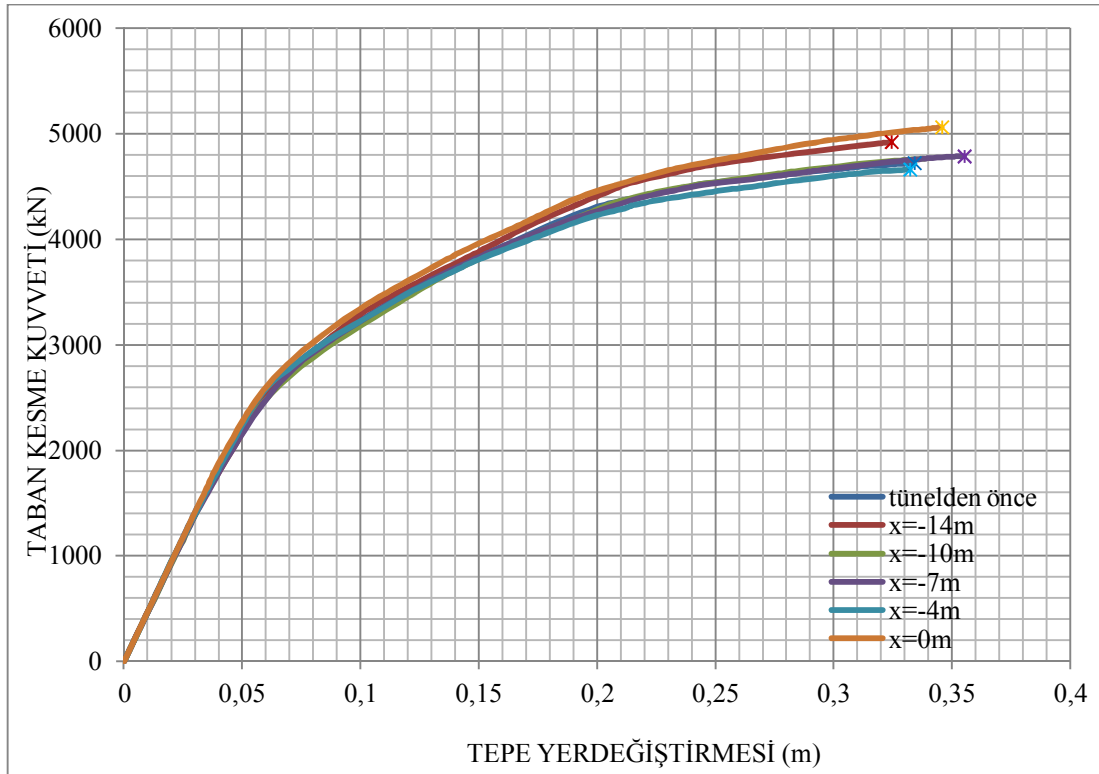
7.1.2 Tünel geçiş eksenlerine göre karşılaştırma (XA)



Şekil 7.11: $Zo=8\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).



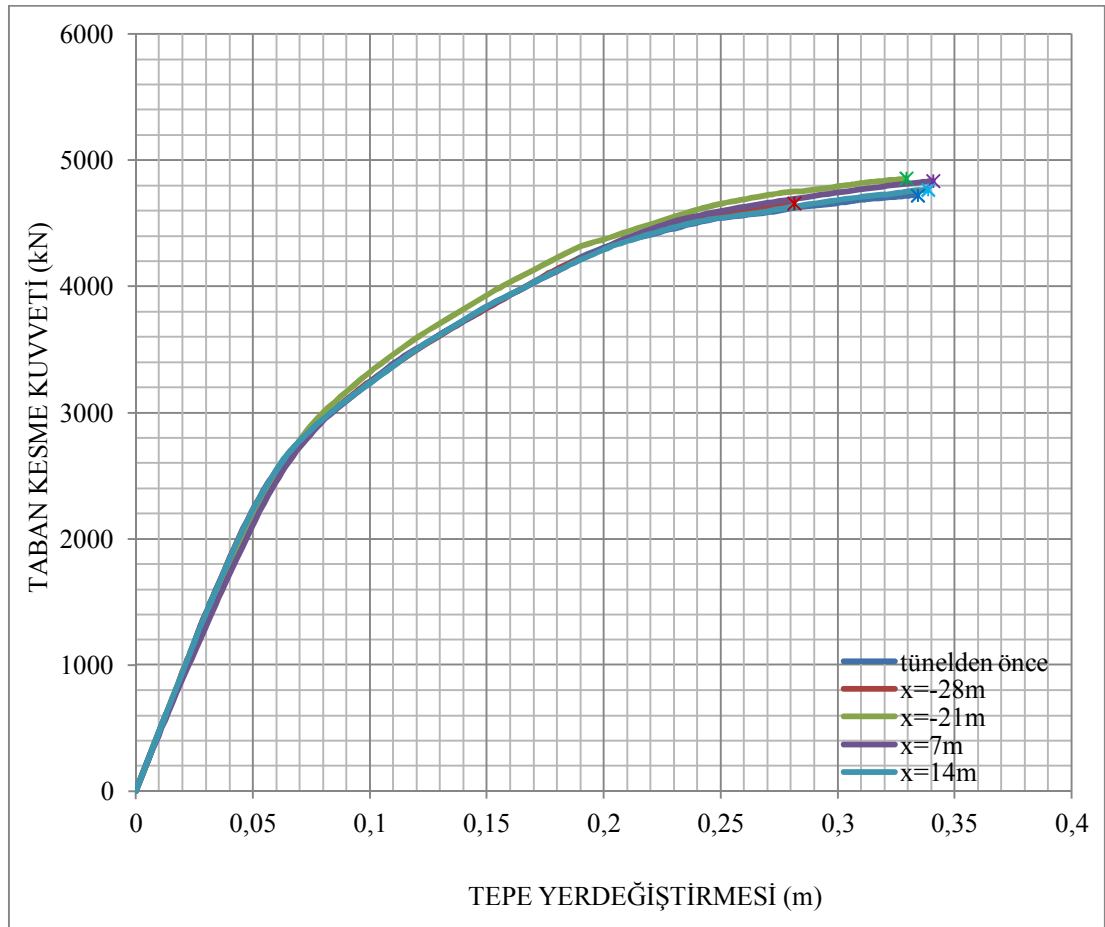
Şekil 7.12: $Z_o=10m$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).



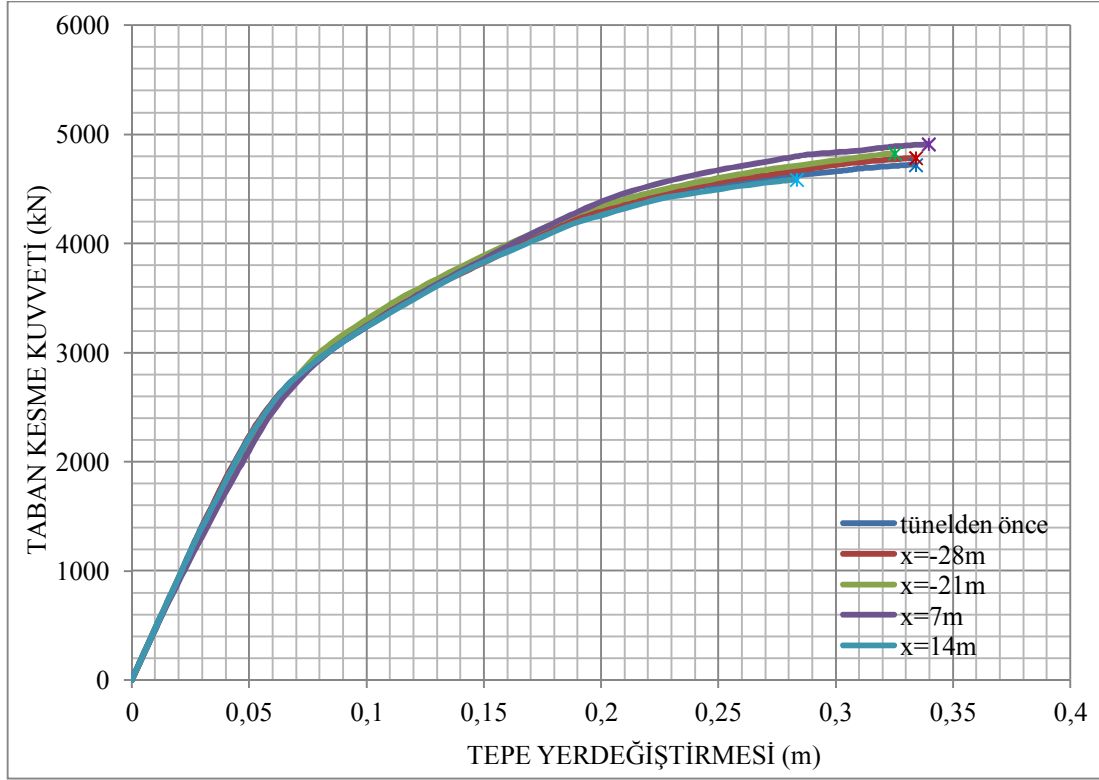
Şekil 7.13: $Z_o=12m$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).

Eksenlere göre karşılaştırma eğrilerinde tünel geçişinin bina altındaki etkisi daha açık görülmektedir. Binanın A ve D aksları altına tekabül eden $XA=-14m$ ve $XA=0m$ eğrileri beraber değerlendirildiğinde binanın tepe deplasman kabiliyetindeki azalmanın depremin sadece bir yönü için meydana geldiği görülebilir. B ve C aksları ($XA=-10m$ ve $XA=-4m$)tünel geçişlerinde ise $Zo=8m$ ve $Zo=10m$ tünel derinliğinde depremin bir yönü için bina yerdeğiştirme istemi olan $0,1638m$ değerinin karşılanamadığı $Zo=12m$ derinliğinde ise bu etkinin neredeyse ortadan kalktığı görülmüştür. Binanın tam ortasından geçen $XA=-7m$ tünel geçiş güzergahı ise $Zo=8m$ tünel geçiş derinliğinde binayı düşey yükler altında mekanizma durumuna getirirken, $Zo=10m$ derinliğinde bina tepe yerdeğiştirme isteminin biraz üzerinde $0,21m$ yerdeğiştirme kabiliyeti sağlarken $Zo= 12m$ derinliğinde herhangi bir performans düşüşüne yol açmamıştır.

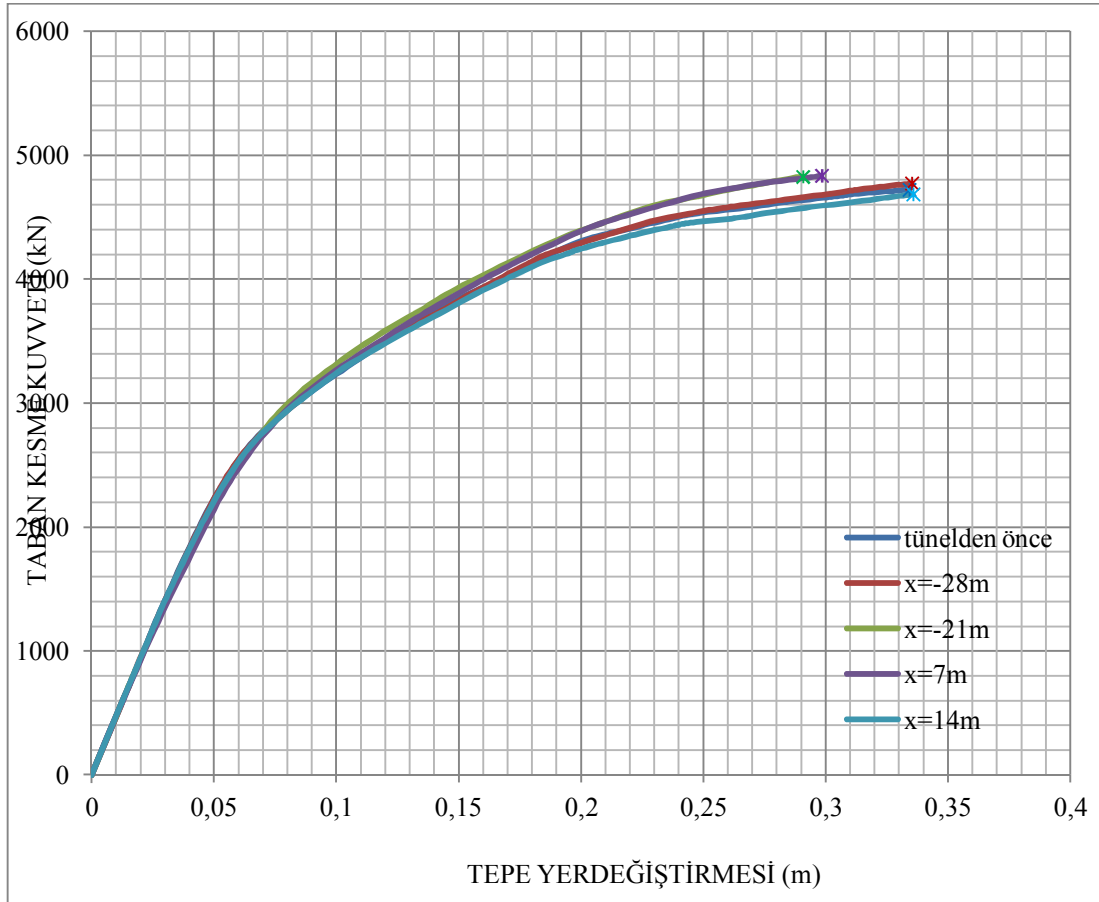
Bina dışından tünel geçişi bina altından tünel geçişine göre önemli değişikliklere yol açmamıştır.



Şekil 7.14: $Zo=8m$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).



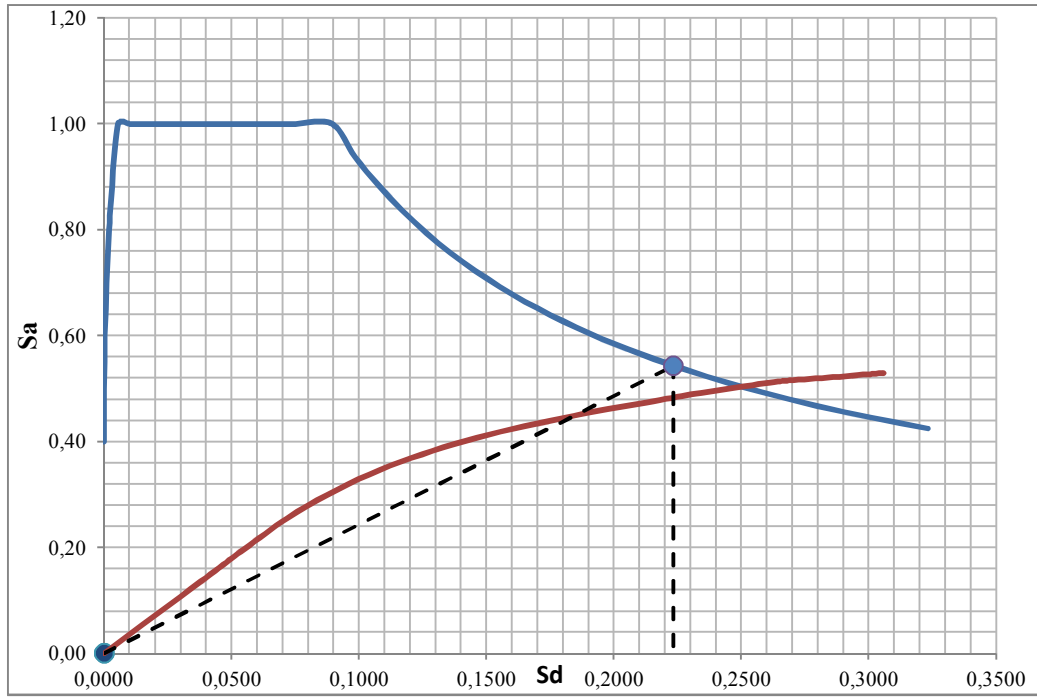
Şekil 7.15: $Z_o=10\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).



Şekil 7.16: $Z_o=12\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).

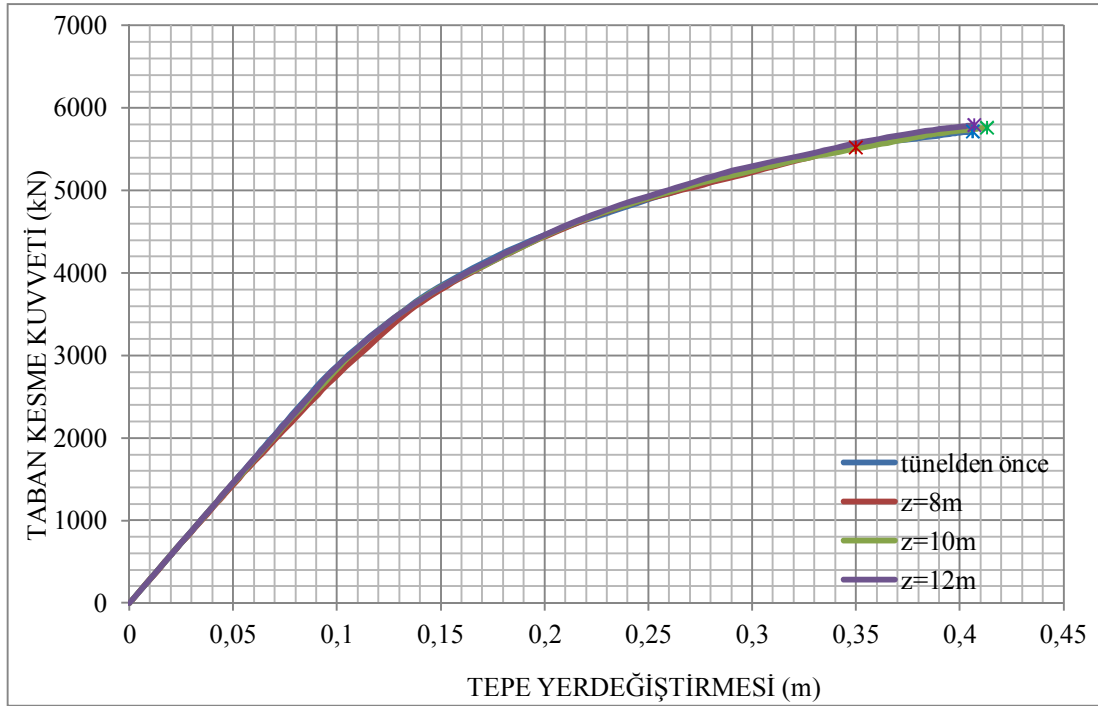
7.2 Beş Katlı Bina Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tünel geçişlerinin bina performansını ne ölçüde etkilediğinin belirlenebilmesi için oturma ve dönmelerin olmadığı tünel geçişi öncesi durum referans olarak alınmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için yer değiştirme istemi 0,2965m olarak hesaplanmıştır. Referans olarak seçilen bu deprem ve karşı gelen kesme kuvveti istemlerine göre tünel geçişlerinin doğurduğu sonuçlar irdelenecektir.

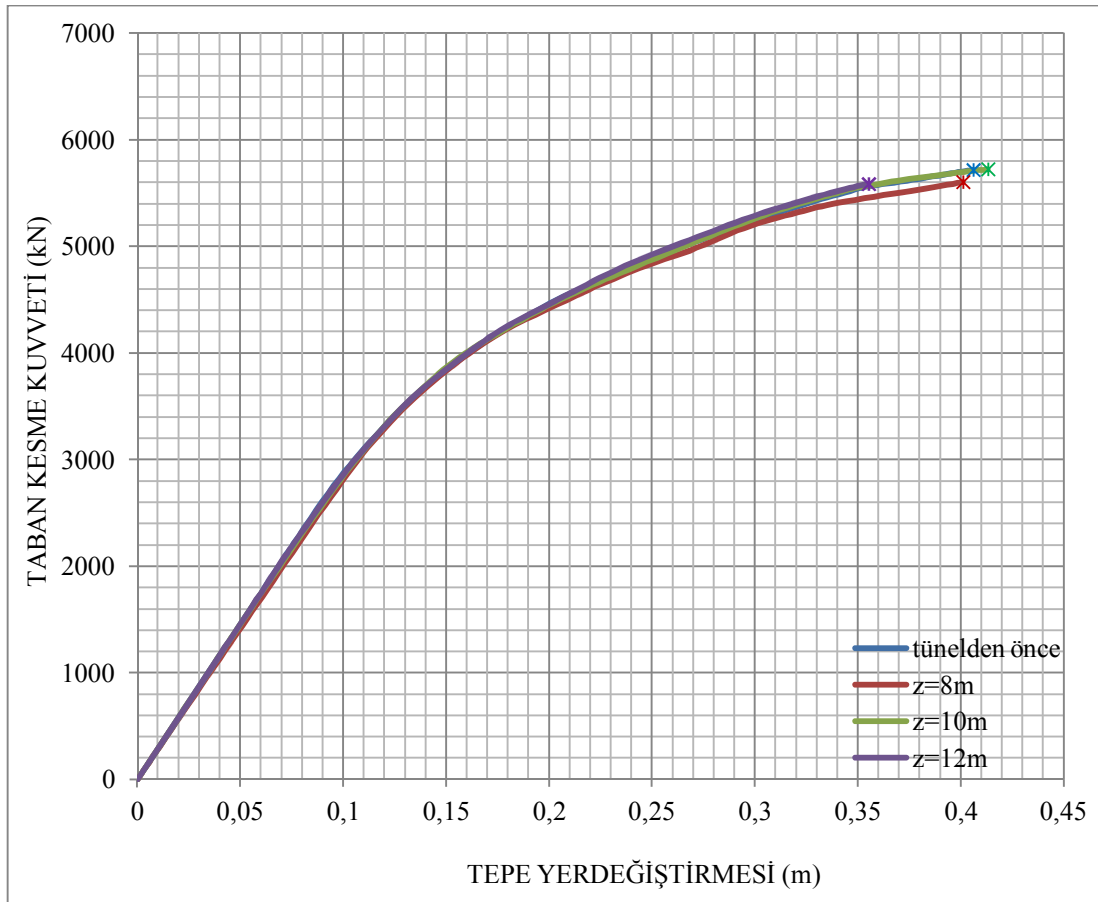


Şekil 7.17: 5 katlı bina performans eğrisi
(50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem).

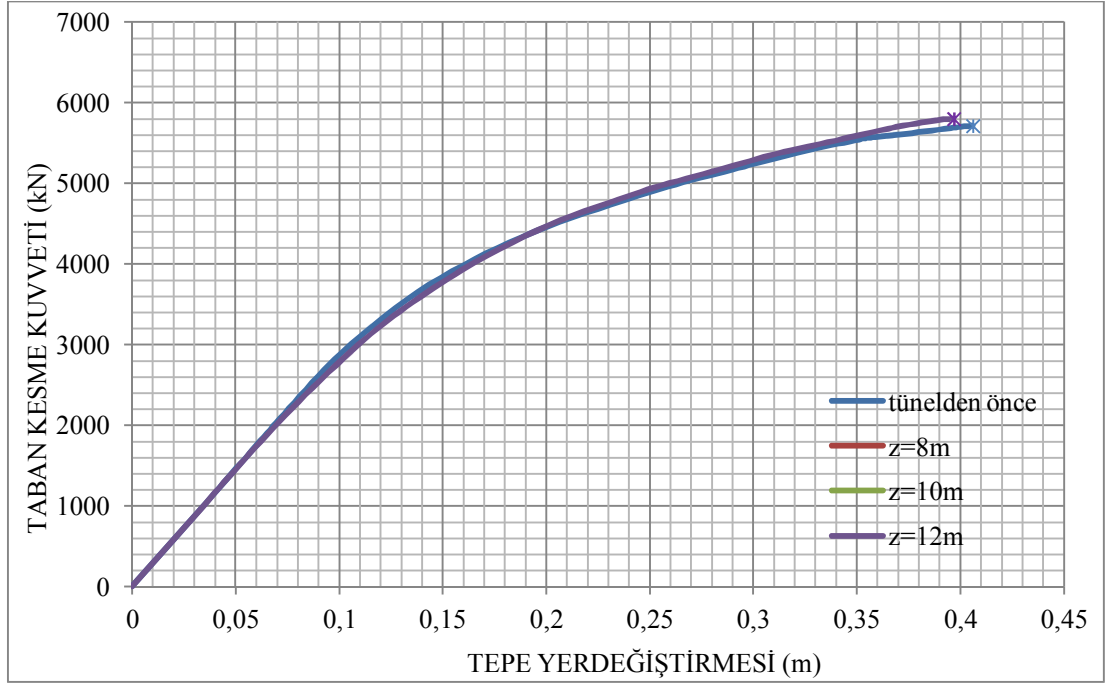
7.2.1 Tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırılması (Z_0)



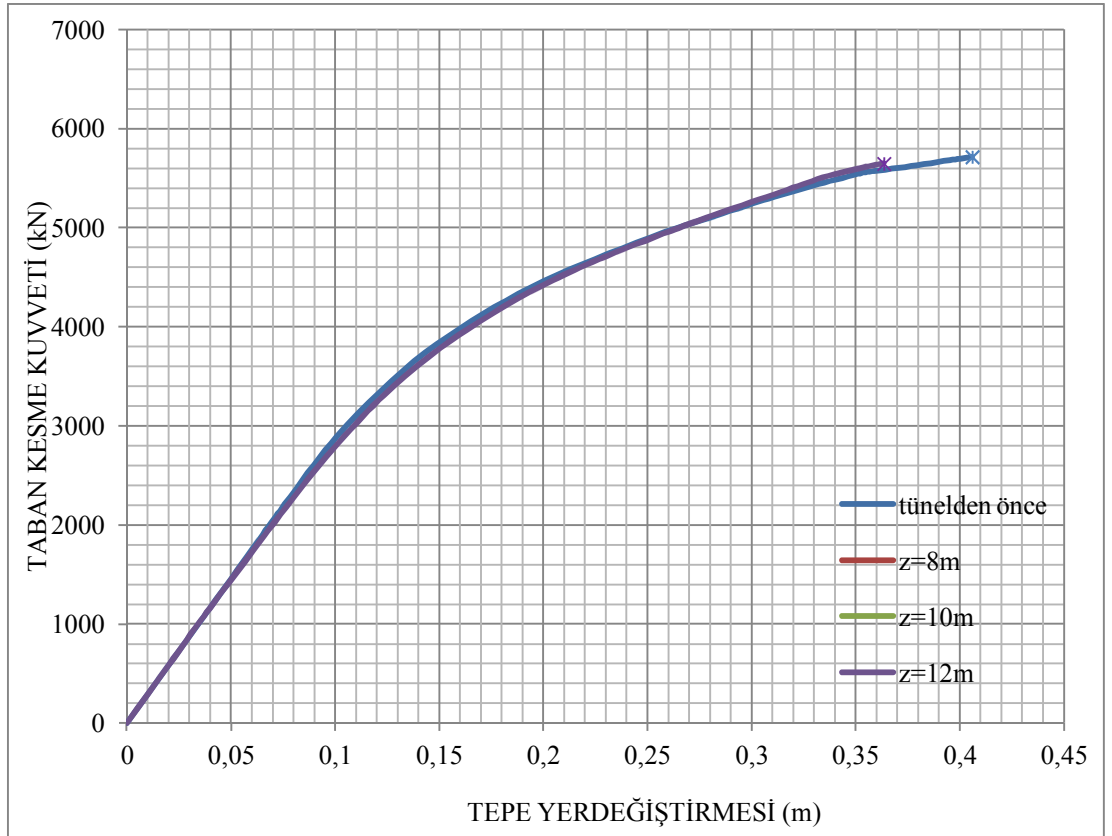
Şekil 7.18: $XA=-14m$ eksenli tünel geçişi eğrileri.



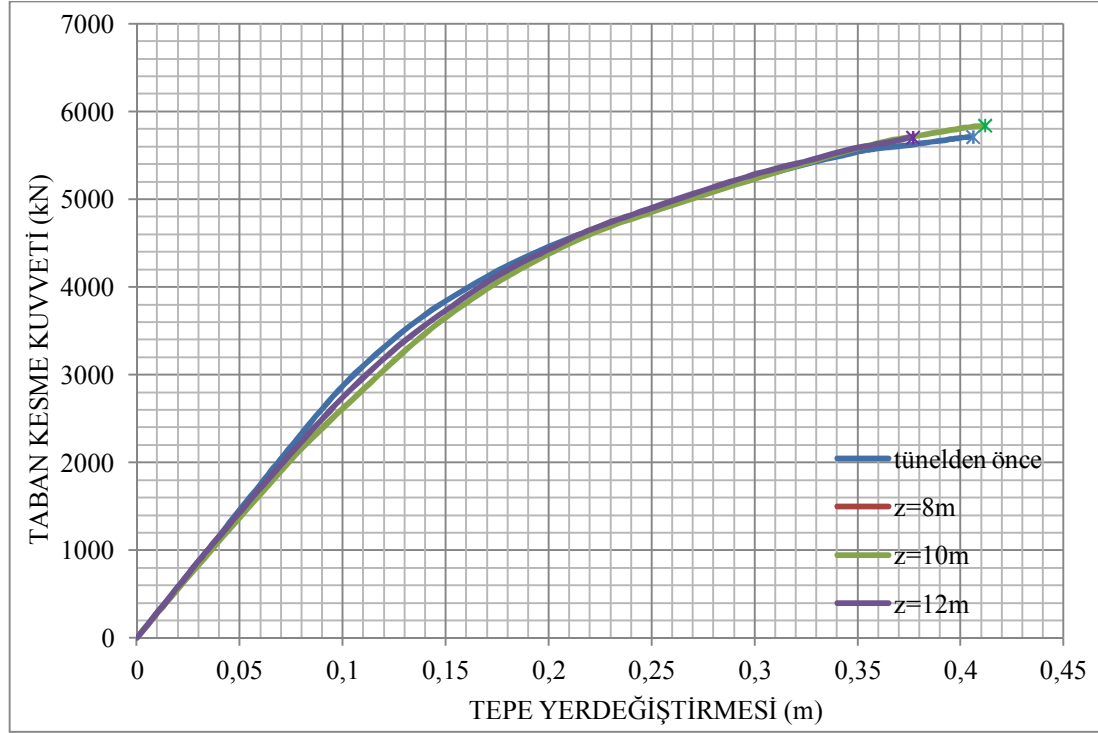
Şekil 7.19: $XA=0m$ eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.20: XA=-10m eksenli tünel geçişi eğrileri.



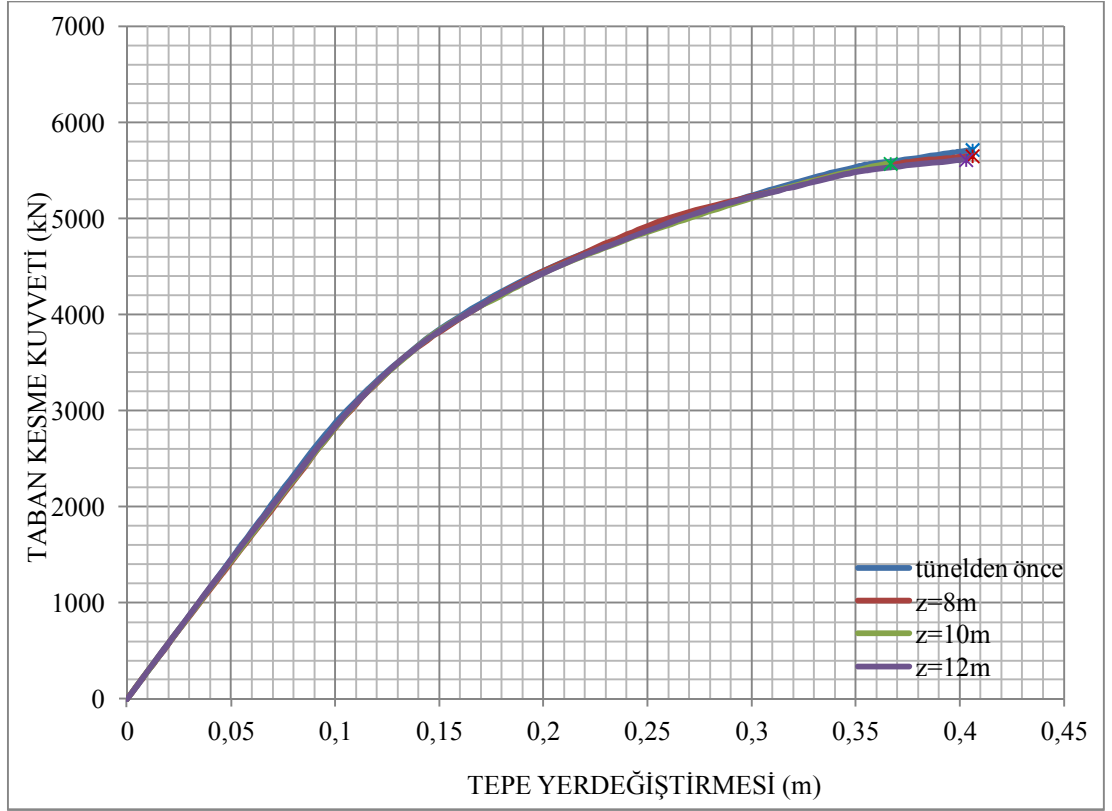
Şekil 7.21: XA=-4m eksenli tünel geçişi eğrileri.



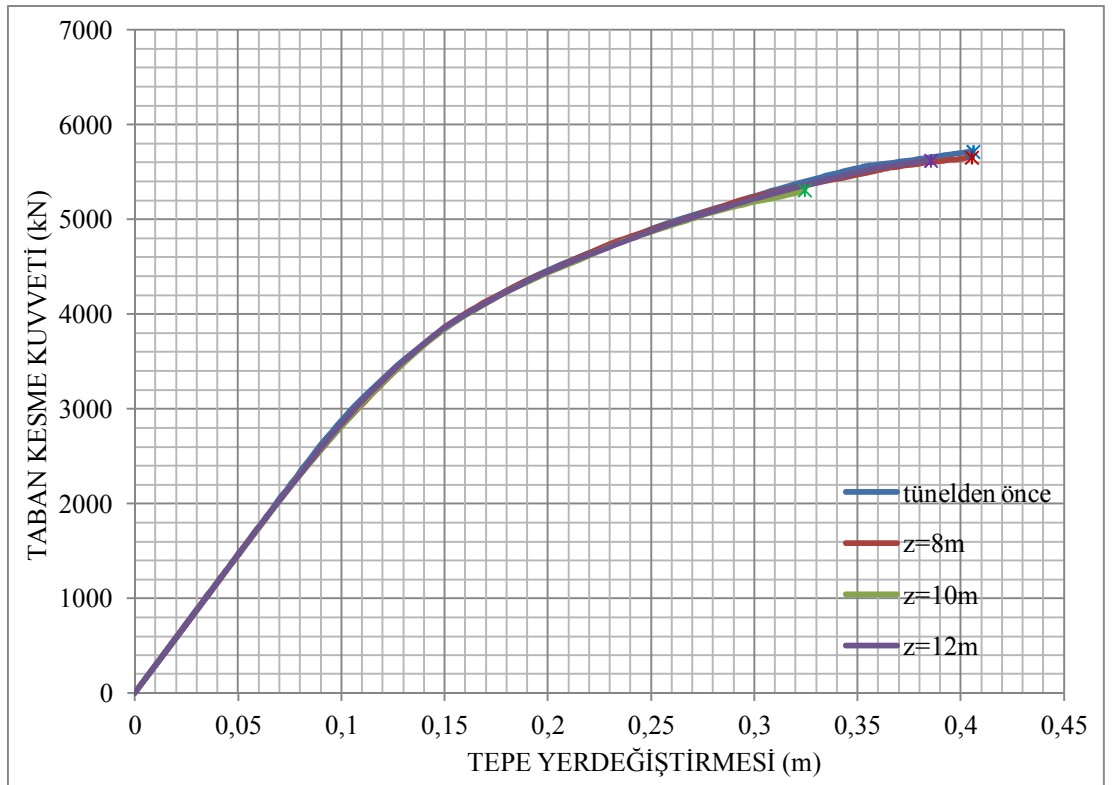
Şekil 7.22: XA=-7m eksenli tünel geçişi eğrileri.

5 katlı yapıda 3 katlı yapıya nazaran tünel geçişi bina performansına ciddi olarak etki etmekte, bina altı tünel geçişlerinde bir çok durumda zati yükler altında mekanizma durumuna gelmektedir. XA=-14m'de Zo=8m tünel geçiş derinliğinde bina tepe deplasman kabiliyeti 0,35m'ye düşerken, XA=0m'de de Zo=12m tünel geçiş derinliğinde 0,35m'ye inmiştir. XA=-10m ve XA=-4m tünel geçiş güzergahlarında Zo=8m ve Zo=10m derinliklerinde bina düşey yükler altında mekanizma durumuna gelirken Zo=12m derinliğinde her iki güzergah için de tepe yerdeğiştirme kabiliyeti 0,36m'ye düşmüştür. Bina ortasından yani XA=-7m tünel geçiş güzergahında Zo=8m tünel derinliği için bina mekanizma durumuna gelirken Zo=10m ve Zo=12m geçiş derinlikleri önemli sonuçlar doğurmamıştır.

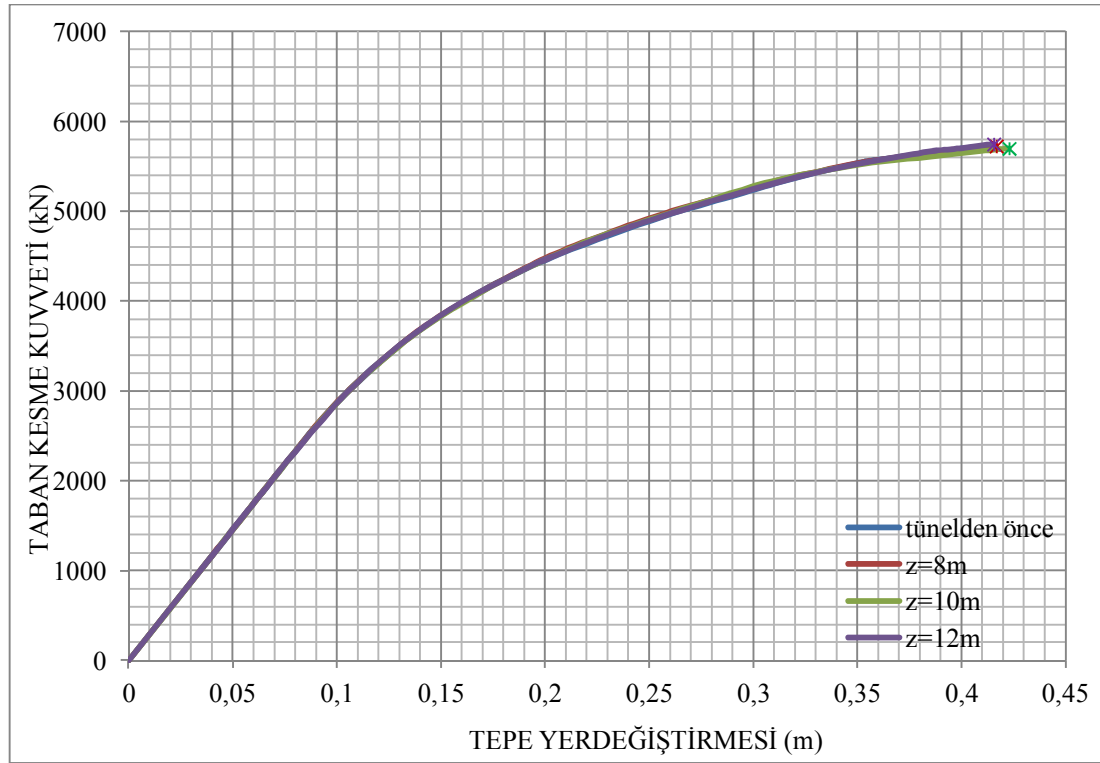
Bina altından tünel geçişi için A ve D aksları altına tekabül eden XA=-14m ve XA=0m durumları hariç diğer güzergahlar için Zo=8m derinlikte deprem etkisine gerek kalmaksızın mekanizma durumu oluşurken, Zo=10m derinliği B ve C aksları altından geçiş güzergahı olan XA=-4m ve XA=-10m durumlarında düşey yükler altında mekanizma durumu oluşturmuştur.



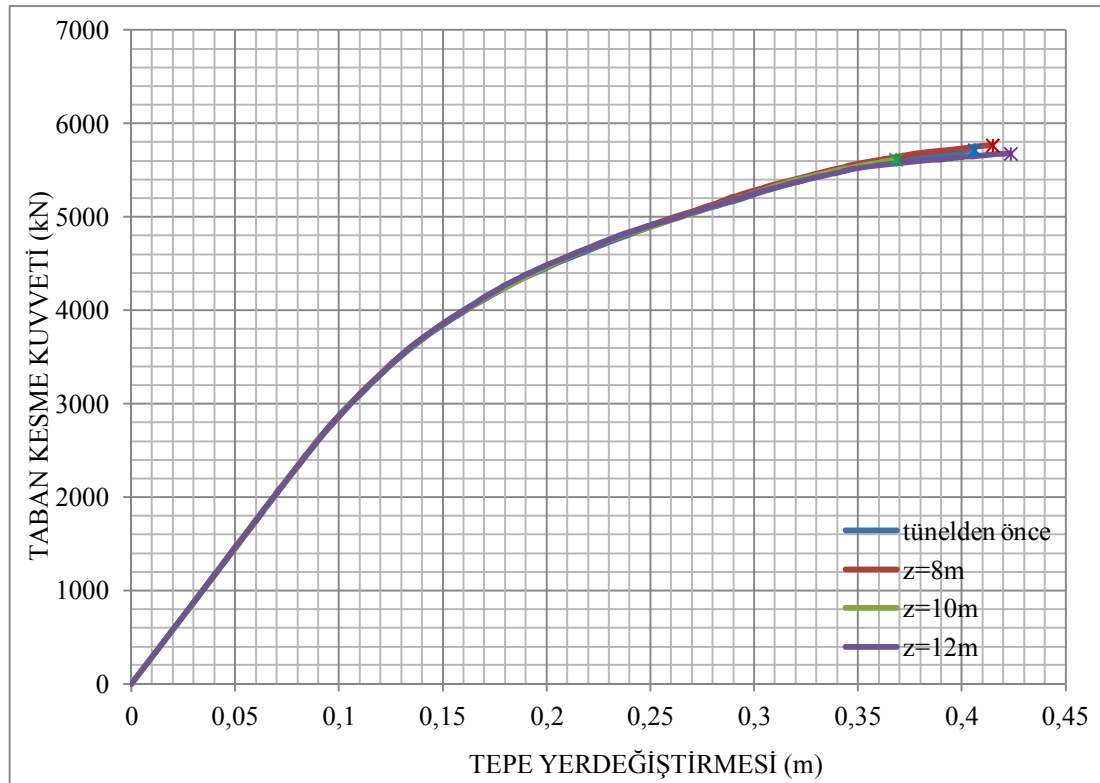
Şekil 7.23: XA=7m eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.24: XA=-21m eksenli tünel geçişi eğrileri.



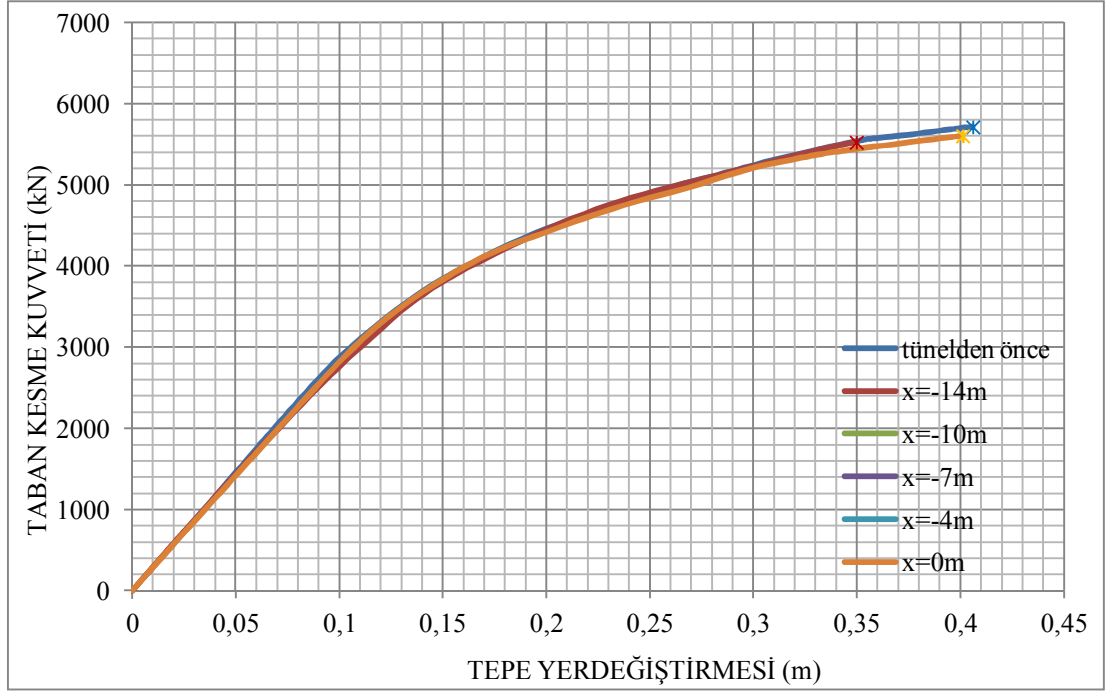
Şekil 7.25: XA=14m eksenli tünel geçişi eğrileri.



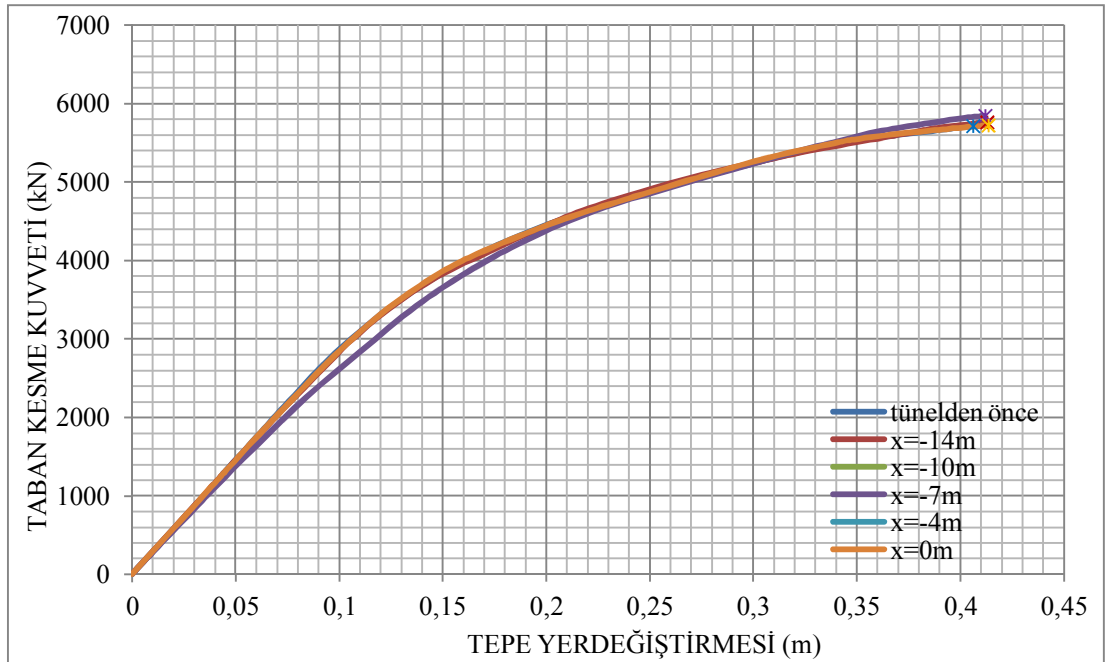
Şekil 7.26: XA=-28m eksenli tünel geçişi eğrileri.

$XA=7m$ ve $XA=-21m$ eğrileri karşılaştırıldığında $Zo=10m$ tünel geçiş derinliği için bina yerdeğiştirme kabiliyetinin $0,36m$ ve $0,32m$ olduğu görülmüştür. Diğer güzergahlar ve derinlikler için önemli azalmalar görülmemiştir.

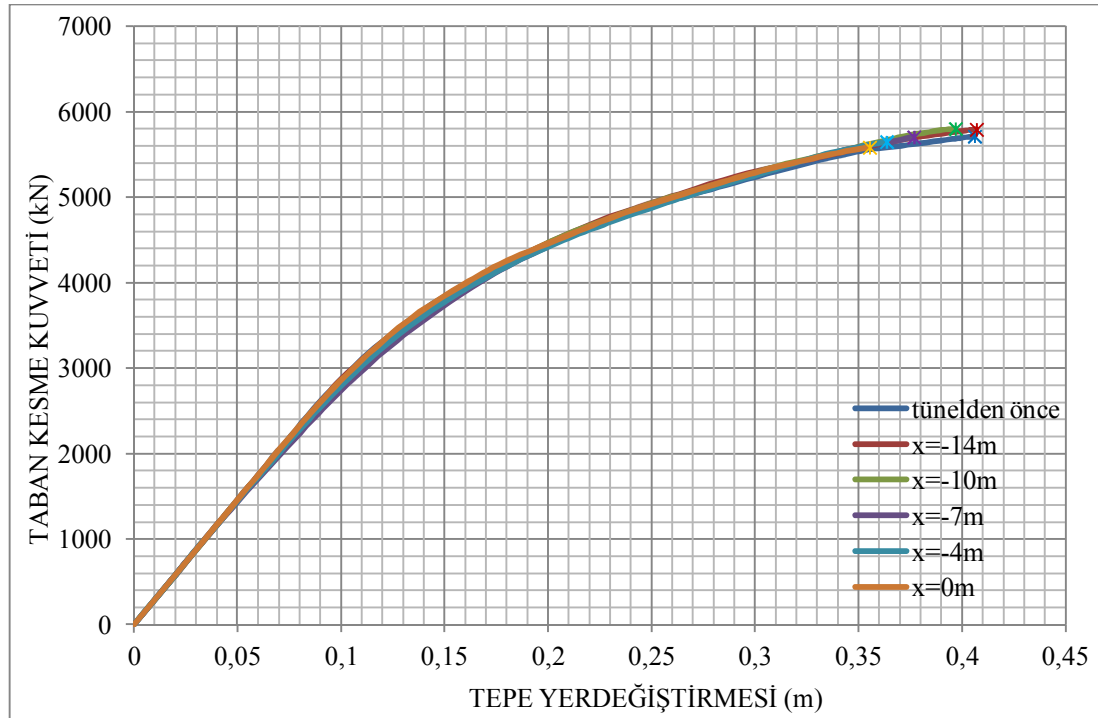
7.2.2 Tünel geçiş eksenlerine göre karşılaştırılması (XA)



Şekil 7.27: $Zo=8m$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).

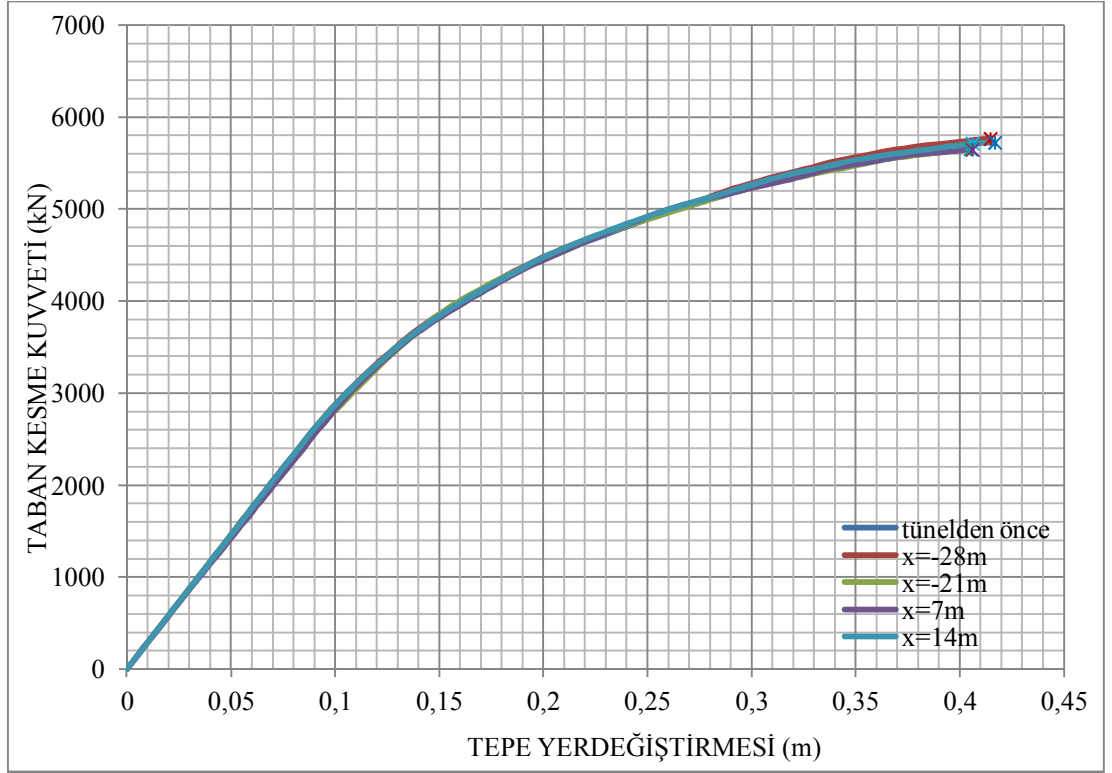


Şekil 7.28: $Zo=10m$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).

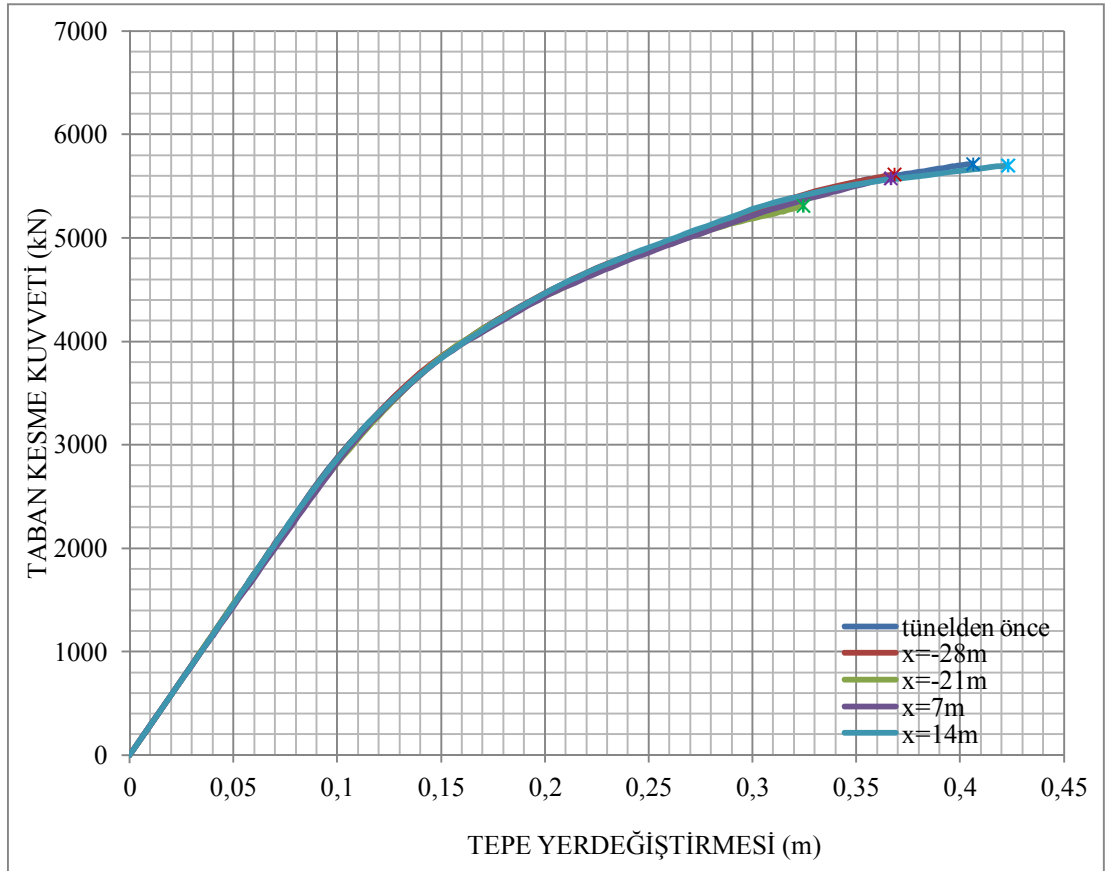


Şekil 7.29: $Z_o=12\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina altı).

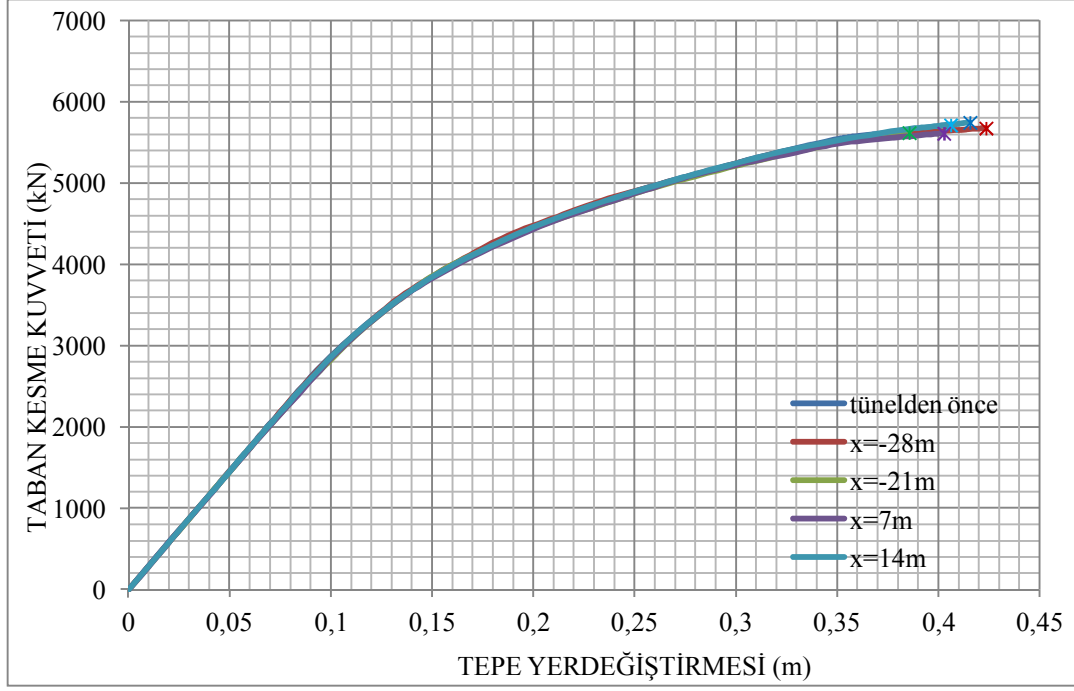
Bina altından tünel geçiş eksenleri karşılaştırıldığında $Z_o=8\text{m}$ derinliği için köşe akslar altından tünel geçiş durumu hariç ($XA=-14\text{m}$ ve $XA=0\text{m}$) her güzergahın sakıncalı olduğu, $XA=-14\text{m}$ ve $XA=0\text{m}$ durumlarında da depremin bir yönü için binanın yer değiştirme kabiliyetinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. $Z_o=10\text{m}$ derinliği için ise $Z_o=8\text{m}$ derinliği ile aynı durumun devam ettiği yalnız $XA=-7\text{m}$ güzergahının düşey yükler altında mekanizma durumuna gelmekten kurtulduğu görülmüştür. $Z_o=12\text{m}$ derinliği ise depremin bir yönü için tepe yer değiştirme kabiliyetinde azalmaya neden olmuştur.



Şekil 7.30: $Z_o=8\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).



Şekil 7.31: $Z_o=10\text{m}$ derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).



Şekil 7.32: Zo=12m derinliği tünel geçişi eğrileri (bina dışı).

Bina dışından tünel eksen geçiş eğrileri incelendiğinde Zo=8m ve Zo=12m derinliğinde XA=7m, XA=-21m ile XA=14m ve XA=-28 güzergahlarında ise herhangi sakıncalı duruma rastlanmamıştır. Zo=10m derinliğinde ise XA=7m ve XA=-21m tünel geçiş güzergahında depremin her iki yönü için de binanın tepe yerdeğiştirme kabiliyeti, tepe yerdeğiştirme istemine yakın sonuçlar doğurmuştur.

7.2.3 Büküm noktası etkisinin tünel geçiş derinliğine göre karşılaştırılması (Zo)

Tünel geçişinin bina akslarını büküm noktasına getirdiği durumların incelenmesi için önceki güzergahlarla aynı fakat derinlikleri Zo=14m, Zo=20m ve Zo=22m tünel geçiş derinlikleri seçilmiştir. Örneğin XA=7m tünel geçiş güzergahı ve Zo=14m derinliğinde A aksı kolonları büküm noktasına karşı gelmektedir. Aynı durum XA=-21m'de Zo=14m tünel derinliğinde D aksı için de geçerlidir. XA=7m tünel geçiş güzergahı ve Zo=22m derinliğinden tünel geçişi de B aksı kolonlarını büküm noktası koordinatına getirmektedir. Aynı durum yine XA=-21m'de Zo=22m tünel derinliğinde C aksı kolonları için geçerlidir. Zo=20m tünel derinliği ise XA=-4m ve XA=-10m tünel geçiş güzergahlarında A ve D aksı kolonlarının büküm noktasına karşı geldiği durumları incelemek için seçilmiştir. Çizelge 7.1, Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3 bu durumların oturma ve dönme değerlerini vermektedir.

Çizelge 7.1:Tünelin Zo=14m kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

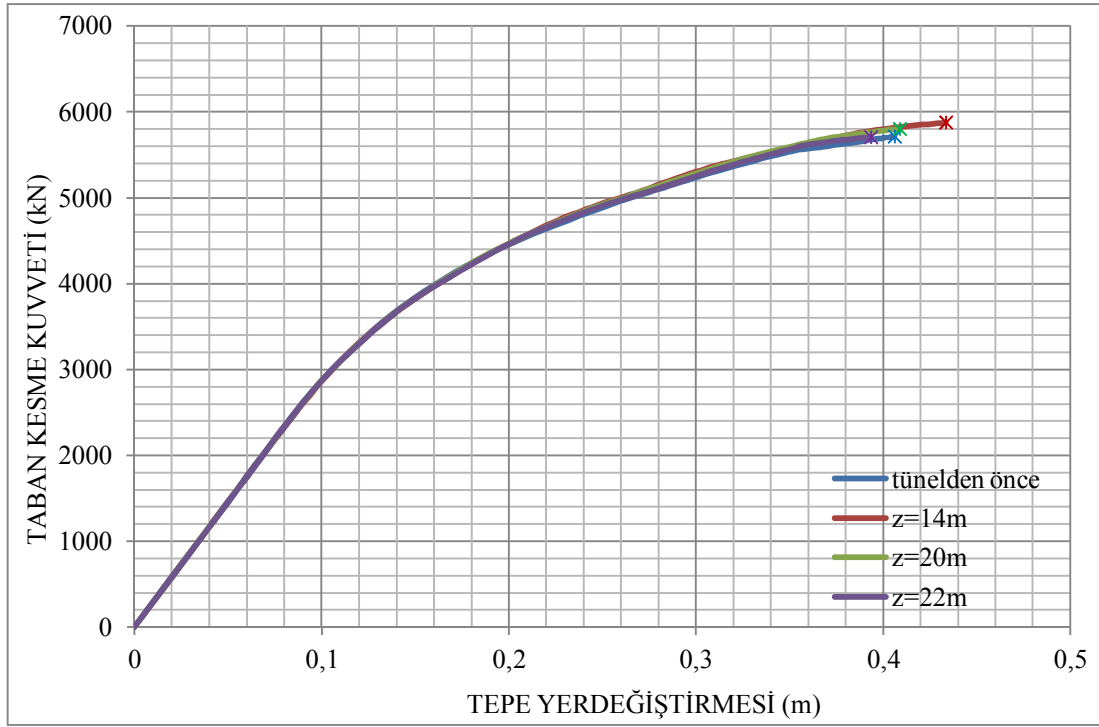
XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	-0,000010	0,000005	-0,000080	0,000039	-0,001050	0,000386	-0,003877	0,001108
-21 m	-0,000318	0,000136	-0,001501	0,000521	-0,008334	0,001871	-0,017375	0,002482
-14 m	-0,003877	0,001108	-0,010326	0,002107	-0,024332	0,001986	-0,028647	0,000000
-10 m	-0,010326	0,002107	-0,019840	0,002429	-0,028647	0,000000	-0,024332	-0,001986
-7 m	-0,017375	0,002482	-0,026134	0,001600	-0,026134	-0,001600	-0,017375	-0,002482
-4 m	-0,024332	0,001986	-0,028647	0,000000	-0,019840	-0,002429	-0,010326	-0,002107
0 m	-0,028647	0,000000	-0,024332	-0,001986	-0,010326	-0,002107	-0,003877	-0,001108
7 m	-0,017375	-0,002482	-0,008334	-0,001871	-0,001501	-0,000521	-0,000318	-0,000136
14 m	-0,003877	-0,001108	-0,001050	-0,000386	-0,000080	-0,000039	-0,000010	-0,000005

Çizelge 7.2:Tünelin Zo=20m kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

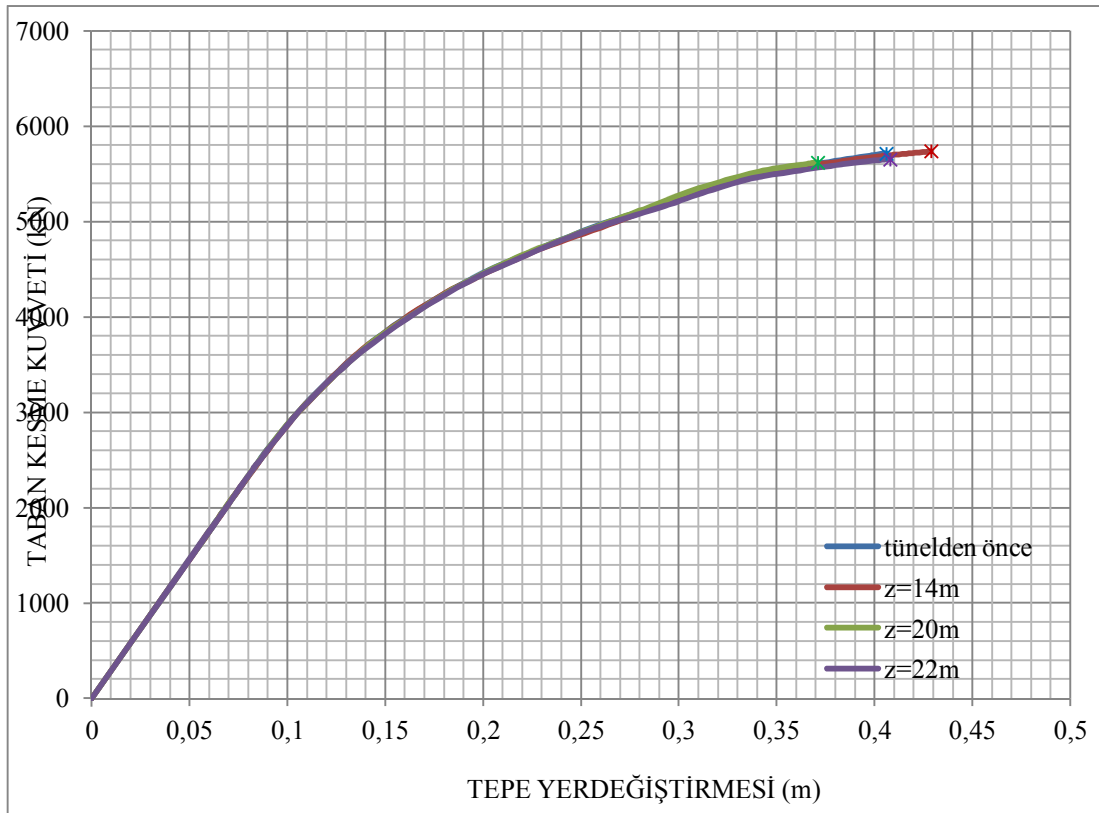
XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	-0,000398	0,000111	-0,001126	0,000270	-0,003968	0,000714	-0,007526	0,001054
-21 m	-0,002211	0,000464	-0,004727	0,000804	-0,010950	0,001205	-0,015696	0,001099
-14 m	-0,007526	0,001054	-0,012163	0,001216	-0,018511	0,000740	-0,020053	0,000000
-10 m	-0,012163	0,001216	-0,016750	0,001005	-0,020053	0,000000	-0,018511	-0,000740
-7 m	-0,015696	0,001099	-0,019171	0,000575	-0,019171	-0,000575	-0,015696	-0,001099
-4 m	-0,018511	0,000740	-0,020053	0,000000	-0,016750	-0,001005	-0,012163	-0,001216
0 m	-0,020053	0,000000	-0,018511	-0,000740	-0,012163	-0,001216	-0,007526	-0,001054
7 m	-0,015696	-0,001099	-0,010950	-0,001205	-0,004727	-0,000804	-0,002211	-0,000464
14 m	-0,007526	-0,001054	-0,003968	-0,000714	-0,001126	-0,000270	-0,000398	-0,000111

Çizelge 7.3:Tünelin Zo=22m kotundan geçmesi hali oturma ve dönme değerleri.

XA	Sv (A)	ϕ (A)	Sv (B)	ϕ (B)	Sv (C)	ϕ (C)	Sv (D)	ϕ (D)
-28 m	-0,000714	0,000165	-0,001687	0,000335	-0,004779	0,000711	-0,008110	0,000938
-21 m	-0,002947	0,000511	-0,005523	0,000776	-0,011057	0,001005	-0,014889	0,000861
-14 m	-0,008110	0,000938	-0,012059	0,000997	-0,017064	0,000564	-0,018230	0,000000
-10 m	-0,012059	0,000997	-0,015710	0,000779	-0,018230	0,000000	-0,017064	-0,000564
-7 m	-0,014889	0,000861	-0,017564	0,000435	-0,017564	-0,000435	-0,014889	-0,000861
-4 m	-0,017064	0,000564	-0,018230	0,000000	-0,015710	-0,000779	-0,012059	-0,000997
0 m	-0,018230	0,000000	-0,017064	-0,000564	-0,012059	-0,000997	-0,008110	-0,000938
7 m	-0,014889	-0,000861	-0,011057	-0,001005	-0,005523	-0,000776	-0,002947	-0,000511
14 m	-0,008110	-0,000938	-0,004779	-0,000711	-0,001687	-0,000335	-0,000714	-0,000165



Şekil 7.33: XA=-14m eksenli tünel geçişi eğrileri.

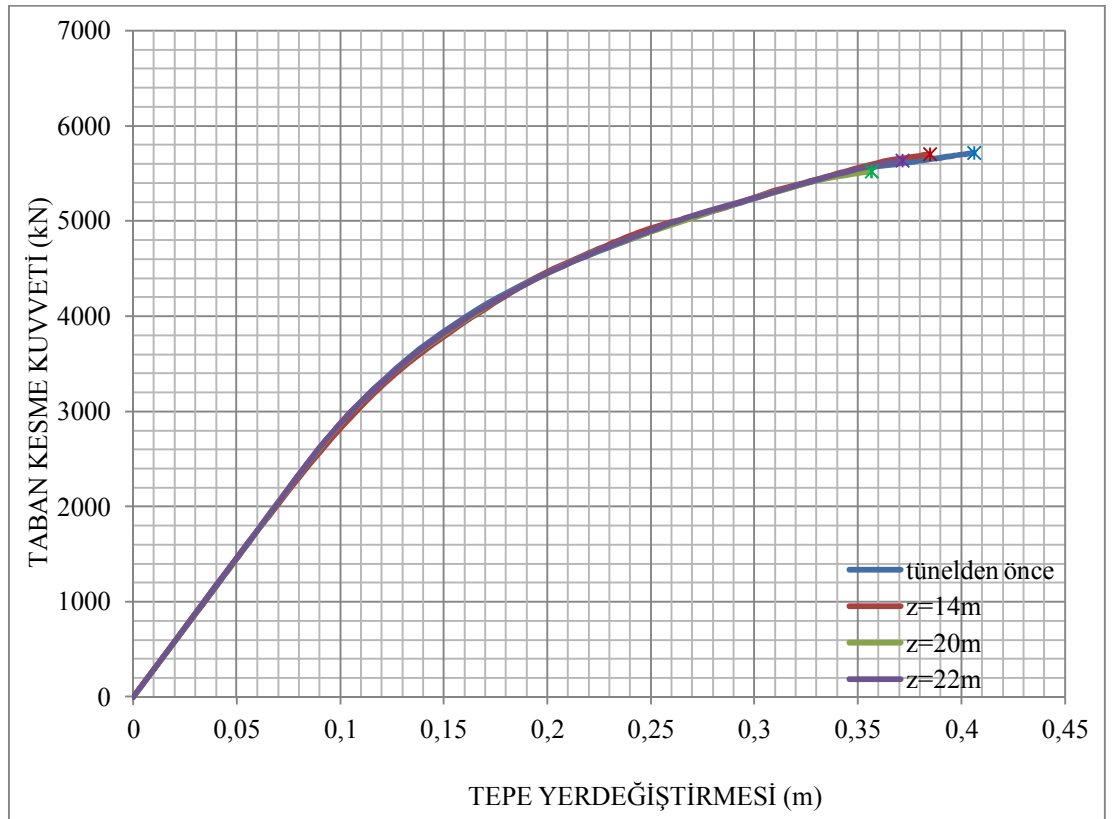


Şekil 7.34: XA=0m eksenli tünel geçişi eğrileri.

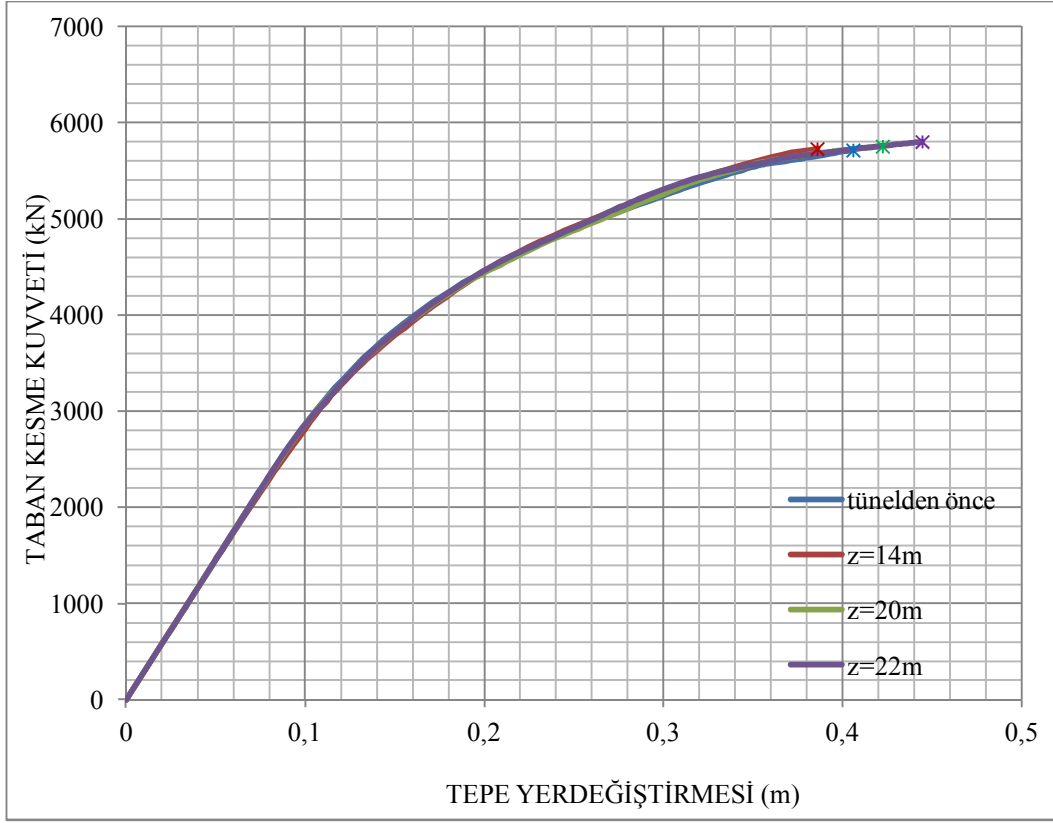
$XA=-14m$ ve $XA=0m$ tünel geçiş eksenleri incelendiğinde en elverişsiz durumun $Zo=20m$ derinliğinden tünelin geçtiği durum olduğu görülmüştür. Bu durumda bina $0,37m$ kadar deplasman yaptıktan sonra mekanizma durumuna gelmiştir. A ve D aksları altından ($XA=0m$ ve $XA=-14m$) $Zo=20m$ 'den tünel geçmesi durumunda C ve D akslarının büküm noktasına karşı gelmesidir (Tünel derinliğinin (z) zemin katsayısı (k) ile çarpımı sonucu bulunacak mesafe büküm noktasını (ix) verir).

Şekil 7.35 ve Şekil 7.36'da depremin bir yönü için $Z=20m$ derinliğinden tünel geçişi durumunda binanın $0,36m$ deplasman yaptıktan sonra mekanizma durumuna geldiği tespit edilmiştir. Bu derinlikten tünel geçişi de köşe kolonları büküm noktasına getirir.

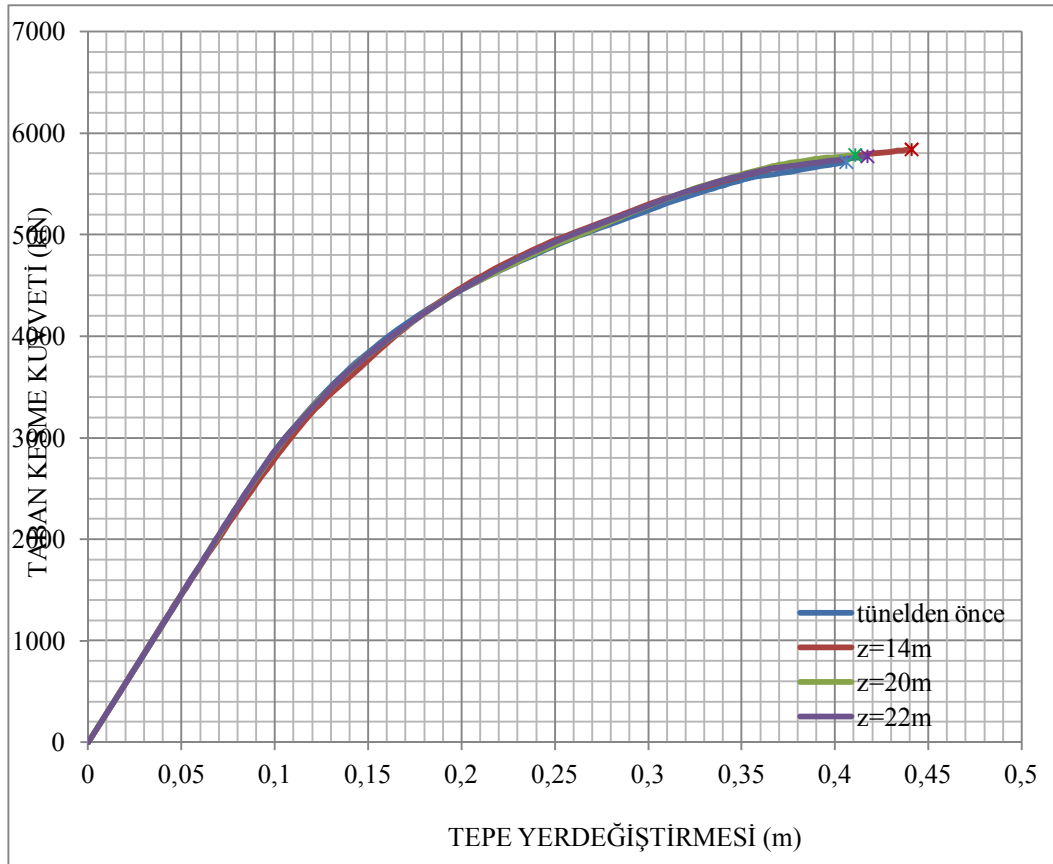
Şekil 7.39'da $XA=-7m$ güzergahından tünel geçiş durumu verilmiştir. Bu durumda $Zo=14m$ tünel geçiş derinliği hem A hem de D aksını büküm noktası yapmaktadır. Burada herhangi bir performans kaybı gözlenmemiştir.



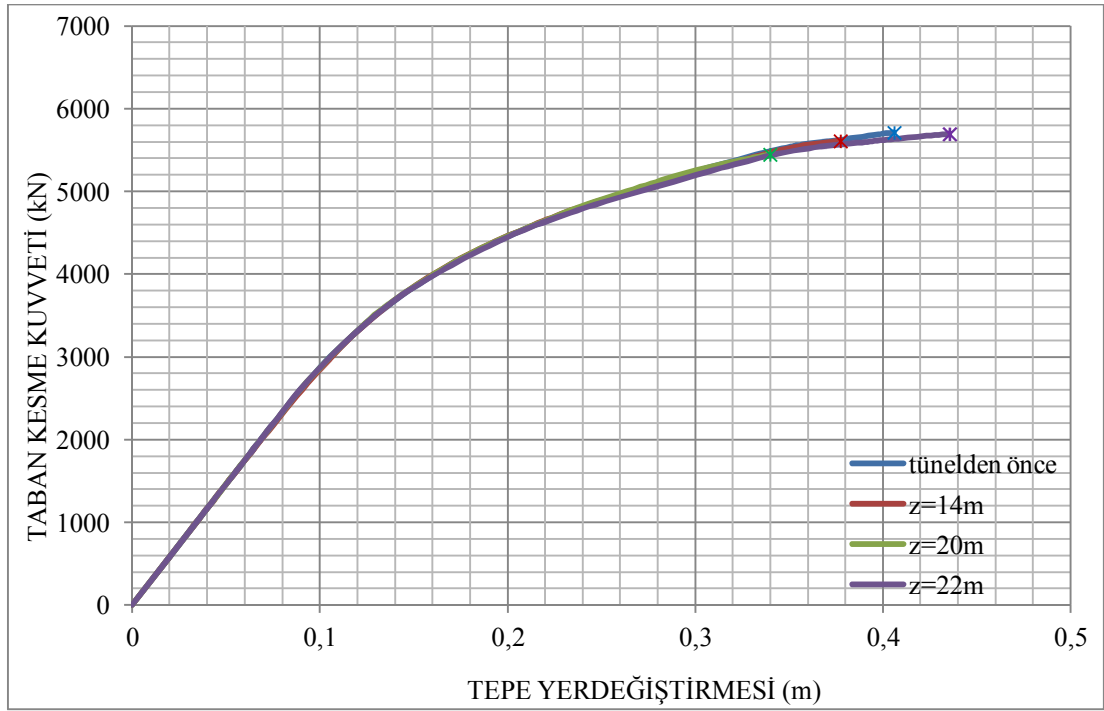
Şekil 7.35: $XA=-10m$ eksenli tünel geçişi eğrileri.



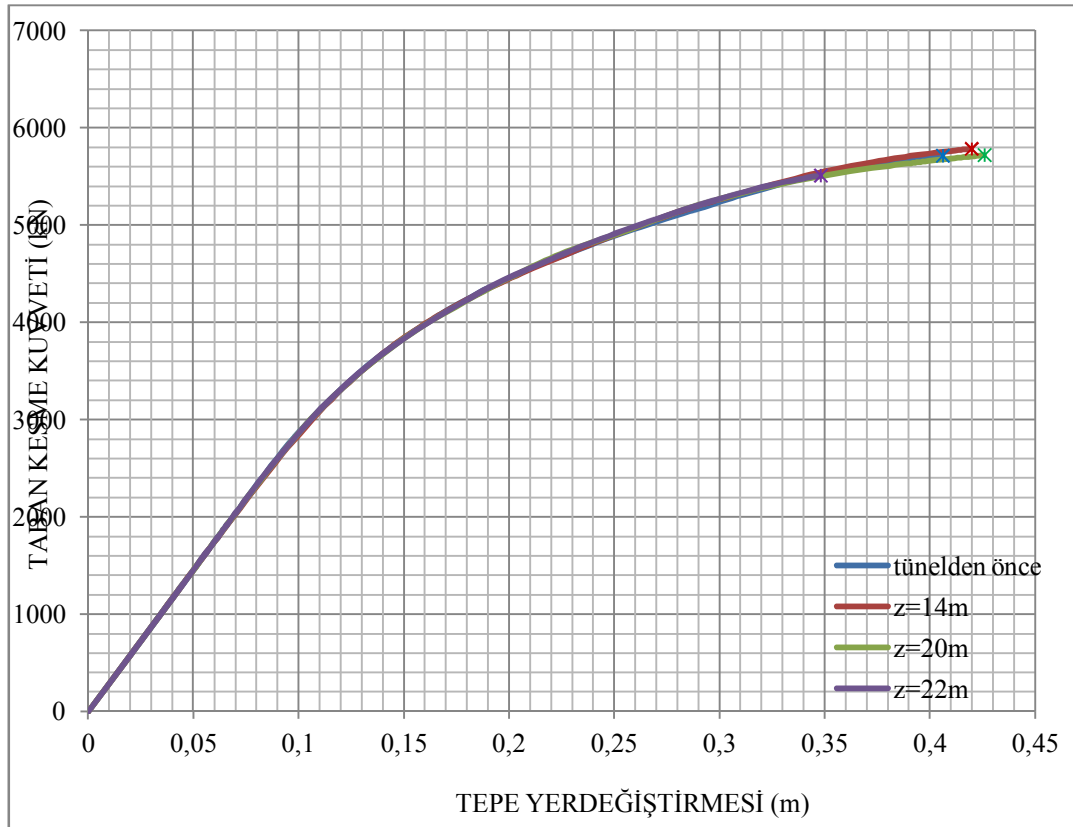
Şekil 7.36: XA=-4m eksenli tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.37: XA=-7m eksenli tünel geçişi eğrileri.



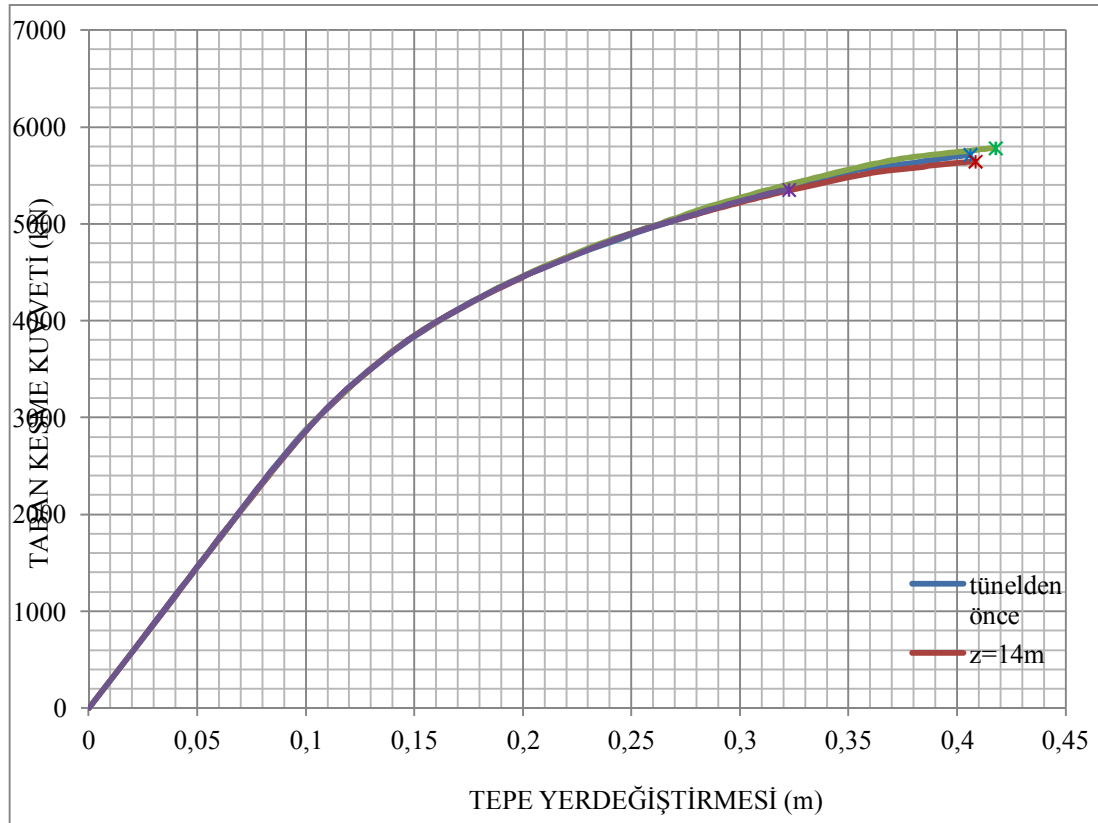
Şekil 7.38: XA=7m eksenli tünel geçişi eğrileri.



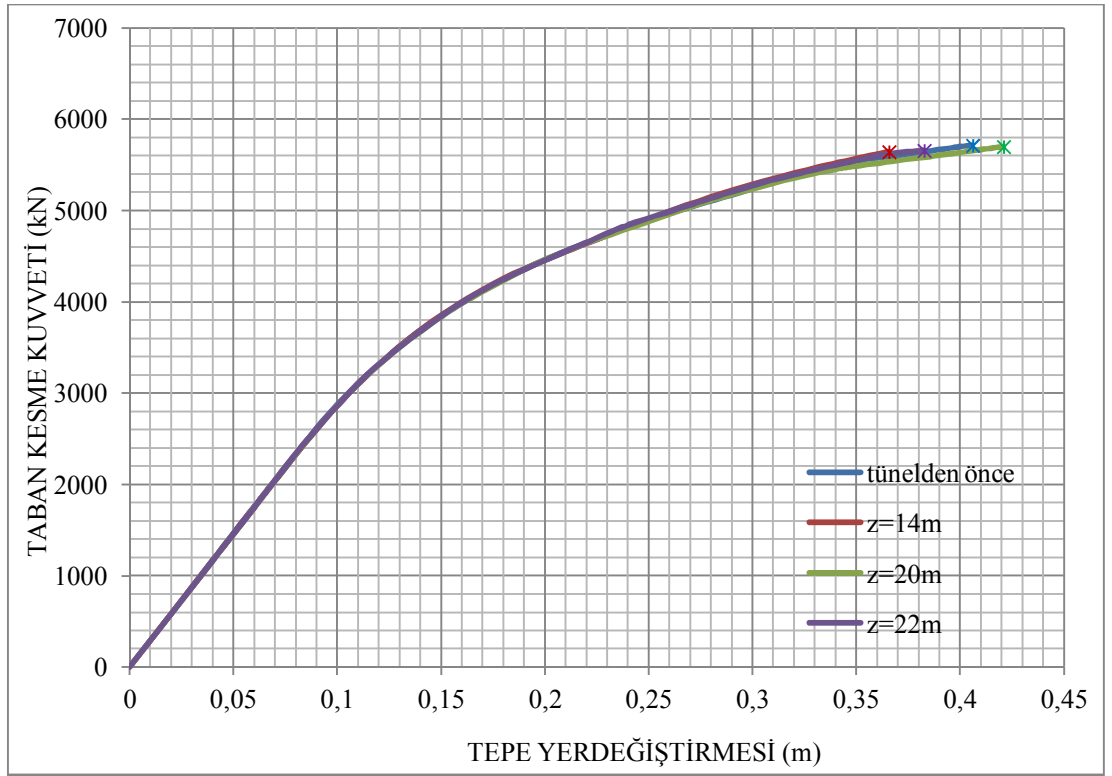
Şekil 7.39: XA=-21m eksenli tünel geçişi eğrileri.

$XA=7m$ ve $XA=-21m$ tünel geçiş güzergahı incelendiğinde $XA=-21m$ güzergahı için $Zo=22m$ tünel geçiş derinliğinde binanın $0,34m$ deplasman yaparak mekanizma durumuna geldiği saptanmıştır. Aynı durumun $-x$ yönünde itme analizi için $XA=7m$ tünel geçiş güzergahı için de gerçekleşeceği açıktır. Bu durumun sebebi $XA=-21m$ tünel geçiş güzergahı ve $Zo=22m$ tünel geçiş derinliğinde C aksı altındaki kolonlarının büküm noktasına karşı gelmesidir. Aynı durum $-x$ depremi için $XA=7m$ tünel geçiş güzergahı ve $Zo=22m$ derinliğinde B aksı kolonları için de geçerli olacaktır. Yine $XA=7m$ geçiş güzergahı için $Zo=14m$ derinliğinden tünel geçiş durumu $0,37m$ yerdeğiştirme sonucunda binayı mekanizma durumuna getirmiştir. Bu güzergah ve derinlik A aksını büküm noktası yapan değerdir.

şekil 7.40 ve şekil 7.41’de görüldüğü gibi bina davranışı bina altında herhangi bir aksın büküm noktası olma durumundan uzaklaştığı derecede iyileşmektedir.



şekil 7.40: $XA=14m$ aksini tünel geçişi eğrileri.



Şekil 7.41: XA=-28m ekseni tünел geçişı eğrileri.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin bina performansına etkisini incelemek amacıyla üç ve beş katlı çerçeve tipi iki bina altında muhtelif aralık ve derinliklerdeki tünel kazılması halleri sayısal olarak analiz edilmiştir.

Tünel geçiş güzergahı için bina altında; kolon aksları altı ve simetri eksenini kullanılmış, bina dışında ise köşe kolonlardan mesafesi 7m ve 14m olacak şekilde iki güzergah belirlenmiştir. Tünel geçiş derinliği için 8m, 10m ve 12m derinlikleri kullanılmıştır. Belirlenen bu tünel geçiş durumları için oturma ve dönme değerleri hesaplanarak zemin kotunda bina kolon alt uçlarına mesnet çökmesi ve dönmesi olarak etkiltilmiştir. Ayrıca beş katlı bina için kolon akslarını büküm noktası kolon akslarına gelecek şekilde 14m, 20m, 22m tünel geçiş derinliklerine göre değerlendirme yapılmıştır.

Tünel geçişlerinin bina performansını ne ölçüde etkilediğinin belirlenebilmesi için oturma ve dönmelerin olmadığı tünel geçişi öncesi durum referans olarak alınmıştır. Üç ve beş katlı binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem spektrumunda yerdeğiştirme istemleri hesaplanmıştır. Yer değiştirme istemleri üç katlı bina için 0,1638m, beş katlı bina için 0,2965m bulunmuştur. Tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin bina performansına etkisinin incelenmesinde hesaplanan bu yerdeğiştirme istemleri ile taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri kullanılmıştır.

Binalar X ve Y doğrultularında simetrik olduğundan yalnız +x yönünde itme analizi yapılmıştır. Aynı şekil üzerinde birçok eğrinin değerlendirilmesi karışıklığa yol açacağından, tünel geçişlerinde oturma ve dönme değerlerinin kolon altlarında simetrik olmayacağı gözönüne alınıp, taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri $XA=-28m$ ve $XA=14m$ gibi ikili gruplar halinde değerlendirilmiştir. Böylelikle tünel geçişi için -x yönünde itme analizi sonuçları da karşılaştırılmıştır. İtme eğrileri tünel geçiş derinliğine göre ve x doğrultusundaki konumuna göre gruplandırılarak değerlendirilmiştir.

Üç katlı binada tünelin bina altından geçmesi durumu için taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri incelendiğinde $XA=0m$ ile $XA=-14m$ tünel geçişlerinde yapıda önemli performans kayıpları görülmüş, bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $XA=0m$ 'de $Zo=8m$ kotunda $0,28m$ 'ye kadar düşmüş, $XA=-14m$ 'de $Zo=10m$ kotunda ise $0,27m$ 'ye kadar azalmıştır. Aynı durum $XA=-10m$ ve $XA=-4m$ tünel geçişlerinde de gözlenmiştir. $XA=-10m$ tünel geçişinde $Zo=8m$ kotunda bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,21m$ 'ye düşerken $XA=-4m$ 'de bina yerdeğiştirme istemi olan $0,1638m$ 'den de aşağıya $0,15m$ 'ye kadar düşmüştür. $XA=-7m$ tünel geçişinde $Zo=8m$ kotunda bina düşey yükler altında mekanizma durumuna gelirken $Zo=10m$ kotunda bina tepe yerdeğiştirmesi kabiliyeti $0,21m$ 'ye düşmüştür. Bina altından tünel geçişi güzergahları karşılaştırıldığında. Tüm koşullar için $Zo=12m$ derinliğı önemli bir değışikliğe yol açmazken, $Zo=8m$ ve $Zo=10m$ derinliğinden tünel geçişi tüm güzergahlarda bina için çok büyük riskler doğurmaktadır. Eksenlere göre karşılaştırma eğrilerinde tünel geçişinin bina altındaki etkisi daha açık görölmektedir. Binanın A ve D aksları altına tekabül eden $XA=-14m$ ve $XA=0m$ eğrileri beraber değışlendirildiğinde binanın tepe deplasman kabiliyetindeki azalmanın depremin sadece bir yönü için meydana geldiğı görölebilir. B ve C aksları ($XA=-10m$ ve $XA=-4m$)tünel geçişlerinde ise $Zo=8m$ ve $Zo=10m$ tünel derinliğinde depremin bir yönü için bina yerdeğiştirme istemi olan $0,1638m$ değışinin karşılanamadığı $Zo=12m$ derinliğinde ise bu etkinin neredeyse ortadan kalktığı görölmüştür. Binanın tam ortasından geçen $XA=-7m$ tünel geçiş güzergahı ise $Zo=8m$ tünel geçiş derinliğinde binayı düşey yükler altında mekanizma durumuna getirirken, $Zo=10m$ derinliğinde bina tepe yerdeğiştirme isteminin biraz üzerinde $0,21m$ yerdeğiştirme kabiliyeti sağlarken $Zo=12m$ derinliğinde herhangi bir performans düşüşüne yol açmamıştır.

Beş katlı binada tünelin bina altından geçmesi durumu için taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri incelendiğinde tünel geçişi bina performansına ciddi olarak etki ettiğı görölmekte, bina altı tünel geçişlerinde bir çok durumda zati yükler altında mekanizma durumuna gelmektedir. $XA=-14m$ 'de $Zo=8m$ tünel geçiş derinliğinde bina tepe deplasman kabiliyeti $0,35m$ 'ye düşerken, $XA=0m$ 'de de $Zo=12m$ tünel geçiş derinliğinde $0,35m$ 'ye inmiştir. $XA=-10m$ ve $XA=-4m$ tünel geçiş güzergahlarında $Zo=8m$ ve $Zo=10m$ derinliklerinde bina düşey yükler altında mekanizma durumuna gelirken $Zo=12m$ derinliğinde her iki güzergah için de tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,36m$ 'ye düşmüştür. Bina ortasından yani $XA=-7m$ tünel

geçiş güzergahında $Z_o=8m$ tünel derinliği için bina mekanizma durumuna gelirken $Z_o=10m$ ve $Z_o=12m$ geçiş derinlikleri önemli sonuçlar doğurmamıştır. Bina altından tünel geçişi için A ve D aksları altına tekabül eden $XA=-14m$ ve $XA=0m$ durumları hariç diğer güzergahlar için $Z_o=8m$ derinlikte deprem etkisine gerek kalmaksızın mekanizma durumu oluşurken, $Z_o=10m$ derinliği B ve C aksları altından geçiş güzergahı olan $XA=-4m$ ve $XA=-10m$ durumlarında düşey yükler altında mekanizma durumu oluşturmuştur. Tünel geçiş eksenlerine göre karşılaştırıldığında $Z_o=8m$ derinliği için köşe akslar altından tünel geçiş durumu hariç ($XA=-14m$ ve $XA=0m$) her güzergahın sakıncalı olduğu, $XA=-14m$ ve $XA=0m$ durumlarında da depremin bir yönü için binanın yer değiştirme kabiliyetinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. $Z_o=10m$ derinliği için ise $Z_o=8m$ derinliği ile aynı durumun devam ettiği yalnız $XA=-7m$ güzergahının düşey yükler altında mekanizma durumuna gelmekten kurtulduğu görülmüştür. $Z_o=12m$ derinliği ise depremin bir yönü için tepe yerdeğiştirme kabiliyetinde azalmaya neden olmuştur.

Üç katlı bina ve beş katlı binada bina altından tünel geçiş durumları değerlendirildiğinde oturma dönmelerin binaları düşey yükler altında mekanizma durumuna getirebileceği görülmüştür. Derinlik arttıkça bu etkinin oturma ve dönme değerlerinin azalmasına bağlı olarak daha düşük değerler almaktadır.

Üç katlı binada tünelin bina dışından geçmesi durumu için taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri incelendiğinde $XA=7m$ ve $XA=-21m$ tünel geçiş durumlarına bakıldığında $Z_o=8m$ ve $Z_o=10m$ tünel geçiş derinliğinde herhangi bir azalma görülmezken $Z_o=12m$ derinliğinde her iki güzergahta da bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,29m$ 'ye düşmektedir. $XA=14m$ eğrisinde $Z_o=10m$ kotu için bina tepe yerdeğiştirme kabiliyeti $0,28m$ 'ye düşerken $XA=-28m$ tünel geçişinde $Z_o=8m$ kotunda da $0,28m$ 'ye inmektedir.

Beş katlı binada tünelin bina dışından geçmesi durumu için taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrileri incelendiğinde $XA=7m$ ve $XA=-21m$ eğrileri karşılaştırıldığında $Z_o=10m$ tünel geçiş derinliği için bina yerdeğiştirme kabiliyetinin $0,36m$ ve $0,32m$ olduğu görülmüştür. Diğer güzergahlar ve derinlikler için önemli azalmalar görülmemiştir.

Üç katlı bina ve beş katlı bina altı ile bina dışı tünel geçiş güzergahları karşılaştırıldığında, bina altından tünel geçişinin her durumda bina dışına oranla

riskli olacağı görülmüştür. Bina dışında ise binadan uzaklaştıkça etkinin büküm noktası mesafesi aşılanaya kadar doğrusal olarak azalmadığı görülmüştür.

Beş katlı binada tünel geçişinin bina akslarını büküm noktasına getirdiği durumlar incelenmiştir. $XA=-14m$ ve $XA=0m$ tünel geçiş eksenleri değerlendirildiğinde en elverişsiz durumun $Zo=20m$ derinliğinden tünelin geçtiği durum olduğu görülmüştür. Bu durumda bina $0,37m$ kadar deplasman yaptıktan sonra mekanizma durumuna gelmiştir. $XA=7m$ ve $XA=-21m$ tünel geçiş güzergahı incelendiğinde $XA=-21m$ güzergahı için $Zo=22m$ tünel geçiş derinliğinde binanın $0,34m$ deplasman yaparak mekanizma durumuna geldiği saptanmıştır. $XA=7m$ geçiş güzergahı için $Zo=14m$ derinliğinden tünel geçişi durumu $0,37m$ yerdeğiştirme sonucunda binayı mekanizma durumuna getirmiştir.

Büküm noktası etkisi incelendiğinde bina davranışının bina altında herhangi bir aksın büküm noktası olma durumundan uzaklaştığı derecede iyileştiği görülmüştür.

İncelenen üç ve beş katlı binalarda tünelin bina izdüşümü içinde kaldığı hallerde, tünel derinliğinin bina yüksekliğinin yaklaşık $1,5$ katından az olduğu durumlar için performans seviyesinin güvenli olmadığı görülmüştür . Tünelin bina izdüşümü dışından geçmesi halinde yaklaşık olarak bina yüksekliği kadar derinlikle birlikte, kenar akslardan bina yüksekliği kadar dışındaki mesafenin performans açısından güvenli olacağı sayısal olarak tespit edilmiştir. Bina kolonlarının büküm noktasında bulunması durumunun önemli bir etken olduğu belirlenmiştir.

Tünellerden kaynaklanan oturma ve dönmelerin bina performansına etkisi yapı-zemin etkileşimini içerecek şekilde, yapı ve zemin birlikte sonlu elemanlarla idealleştirmek suretiyle daha gerçekçi olarak incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **ETABS c9.0.4** Extended 3d Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc. 200. Berkeley, California.
- [2] **TDY2007** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
- [3] **TS500** Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [4] **Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R.**, 1988. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Division (ASCE), 114(8), 1804-1826
- [5] **SAP2000 V.14** , 2000. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc. 200. Berkeley, California.
- [6] **Aydoğan, M., Saygun I. A., Darılmaz K.**, 2010. Tünellerden Kaynaklanan Oturmaların Üst Yapıya Etkisinin Hesabı için Bir Yaklaşım, Betonarme Yapılar Semineri 2010, İMO yayın, Ekim 2010, 176-189
- [7] **Özmen, G., Orakdöğen E., Darılmaz K.**, 2005. Örneklerle Etabs, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [8] **Özmen, G., Orakdöğen E., Darılmaz K.**, 2005. Örneklerle Sap2000-V8, Birsen Yayınevi, İstanbul

EKLER

EK A : Binaların Etabs programı ile tasarımının yapılması.

EK B : Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin SAP2000’de uygulanması.

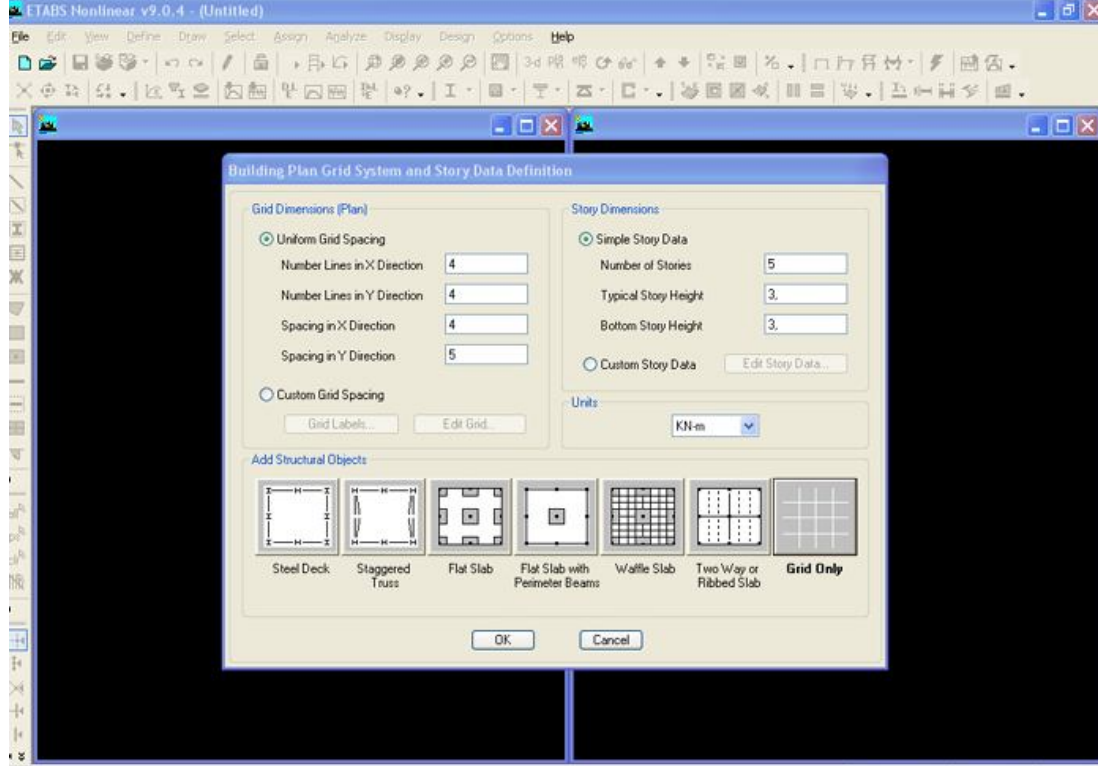
EK C : Kolonların karşılıklı etkileşim diyagramları, kolonların ve kirişlerin moment-eğrilik ilişkileri

EK D : Kiriş Donatıları.

EK A

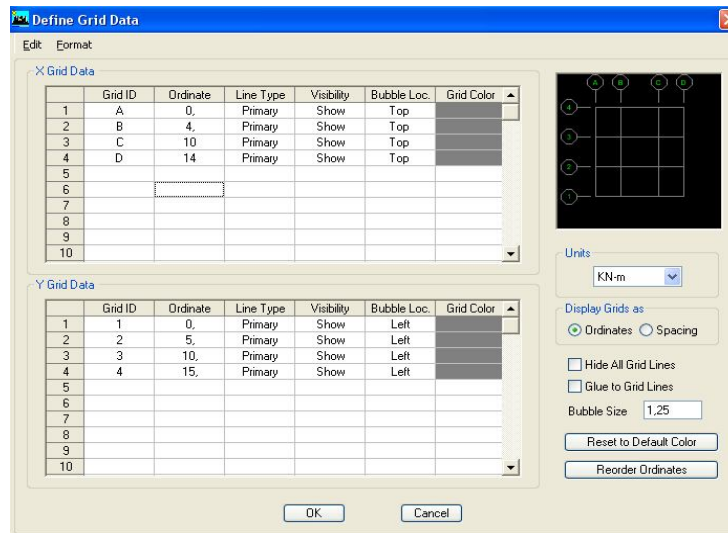
Etabs programı betonarme türü yapılar için sıklıkla kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi, zaman tanım alanında hesap yöntemlerinin kullanılabildiği, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yapılabilen paket programdır. [7]

1-) “File-New model-Default.edb” yolu izlenerek yapının aks bilgileri aşağıdaki gibi girilir.



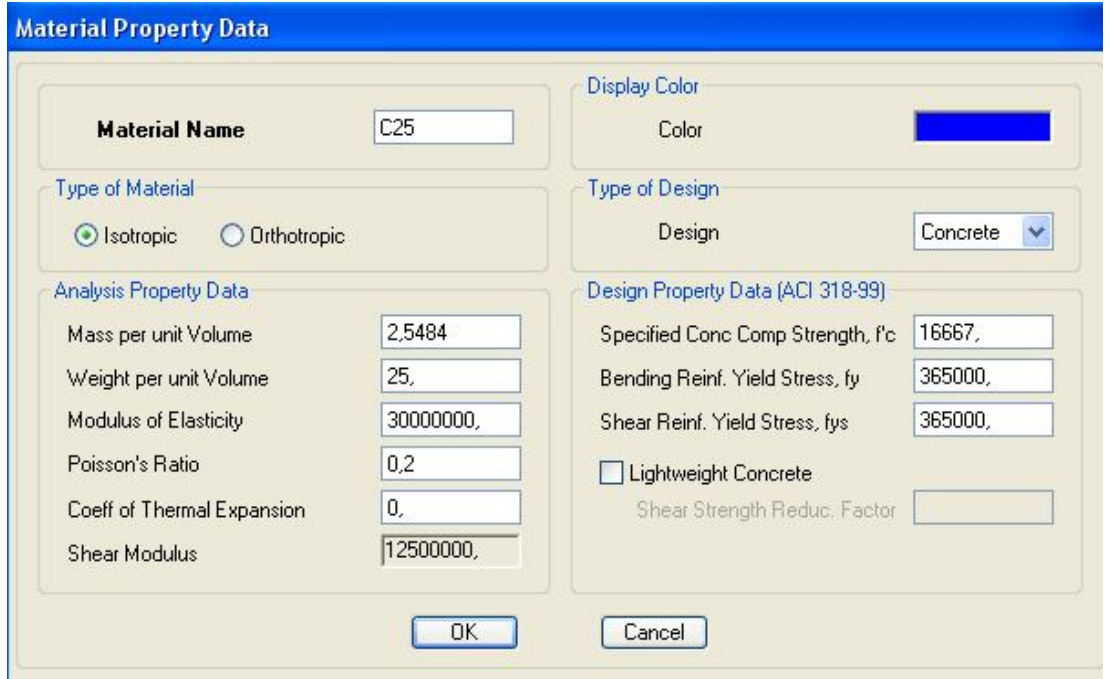
Şekil A.1: Aks bilgilerinin girilmesi.

2-) “Edit-Edit grid data” yolu izlenerek aks bilgileri düzenlenir.



Şekil A.2: Aks bilgilerinin düzenlenmesi.

3-) “Define-Material Properties-Ad new material” yolu izlenerek malzeme özellikleri belirlenir.



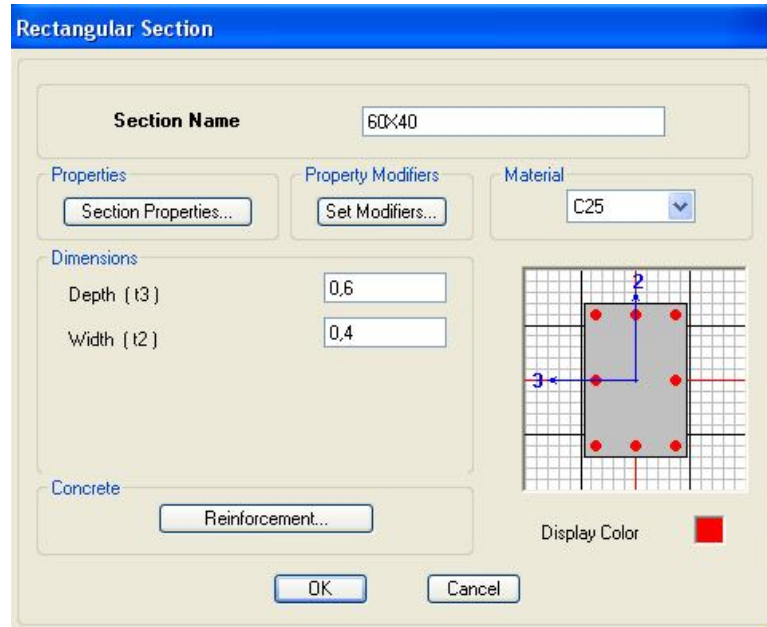
The dialog box is titled "Material Property Data". It contains several sections for defining material properties:

- Material Name:** A text field containing "C25".
- Display Color:** A color selection button showing a blue square.
- Type of Material:** Two radio buttons: "Isotropic" (selected) and "Orthotropic".
- Type of Design:** A dropdown menu showing "Concrete".
- Design:** A dropdown menu showing "Concrete".
- Analysis Property Data:** A section with several input fields:
 - Mass per unit Volume: 2,5484
 - Weight per unit Volume: 25,
 - Modulus of Elasticity: 30000000,
 - Poisson's Ratio: 0,2
 - Coeff of Thermal Expansion: 0,
 - Shear Modulus: 12500000,
- Design Property Data (ACI 318-99):** A section with several input fields:
 - Specified Conc Comp Strength, f'c: 16667,
 - Bending Reinf. Yield Stress, fy: 365000,
 - Shear Reinf. Yield Stress, fys: 365000,
 - ☐ Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduc. Factor: (empty field)

At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Şekil A.3: Malzeme bilgilerinin tanımlanması.

4-) “Define-Frame sections” yolu izlenerek kolon ve kiriş bpyutları girilir. Kiriş için istenirse T kesit girilebilir.



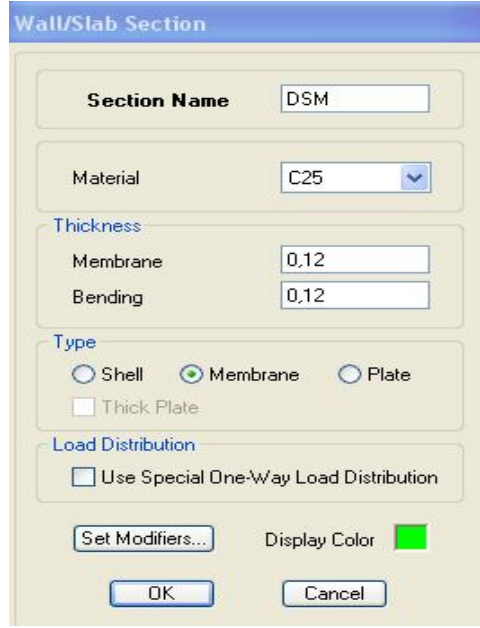
The dialog box is titled "Rectangular Section". It contains several sections for defining frame sections:

- Section Name:** A text field containing "60X40".
- Properties:** A button labeled "Section Properties...".
- Property Modifiers:** A button labeled "Set Modifiers...".
- Material:** A dropdown menu showing "C25".
- Dimensions:** Two input fields:
 - Depth (t3): 0,6
 - Width (t2): 0,4
- Concrete:** A button labeled "Reinforcement...".
- Display Color:** A color selection button showing a red square.

At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Şekil A.4: Kolon ve kirişlerin tanımlanması.

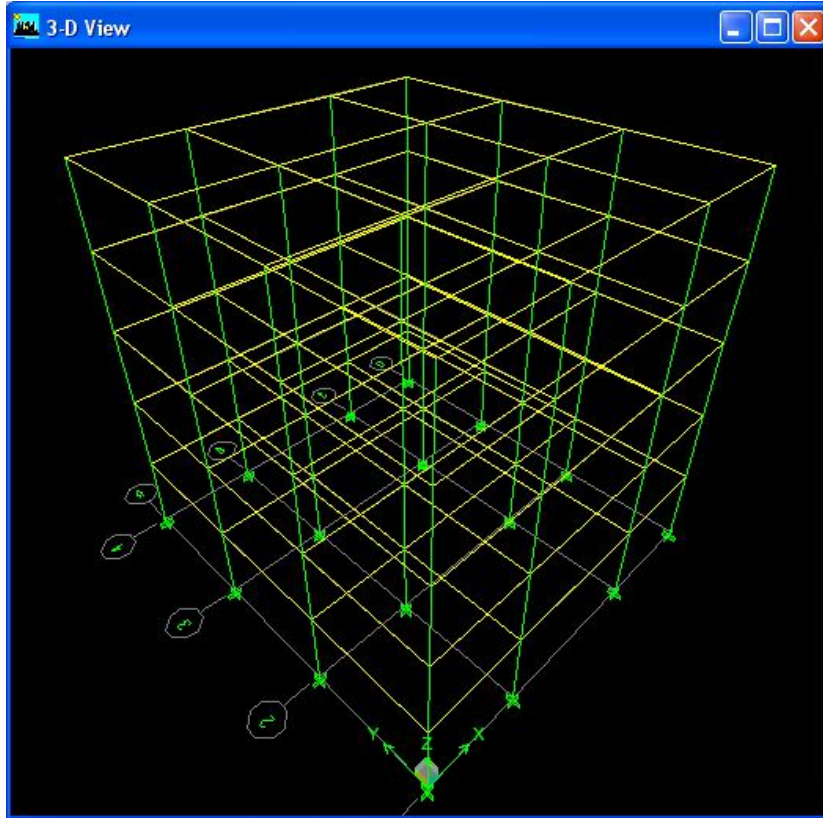
5-) “Define-Wall/Slab/Deck section-Add new slab” yolu izlenilerek döşeme tanımlanır.



The image shows a software dialog box titled "Wall/Slab Section". It contains several input fields and options for defining a section. The "Section Name" field is set to "DSM". The "Material" dropdown menu is set to "C25". Under the "Thickness" section, both "Membrane" and "Bending" are set to "0,12". In the "Type" section, the "Membrane" radio button is selected, while "Shell", "Plate", and "Thick Plate" are unselected. The "Load Distribution" section has a checkbox for "Use Special One-Way Load Distribution" which is unchecked. At the bottom, there is a "Set Modifiers..." button, a "Display Color" field with a green color swatch, and "OK" and "Cancel" buttons.

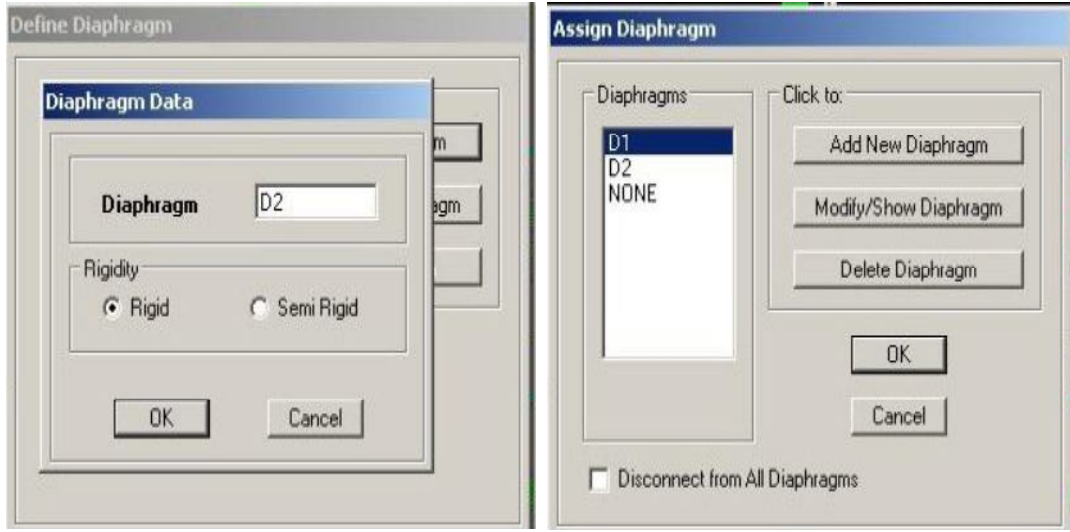
Şekil A.5: Döşemenin tanımlanması.

5-) “Draw lines” komutu ile taşıyı sistem oluşturulur. “Draw rectangular area” komutu ile ilgili yerlere döşemeler atanır. Binanın 3 boyutlu modeli oluşturulur.



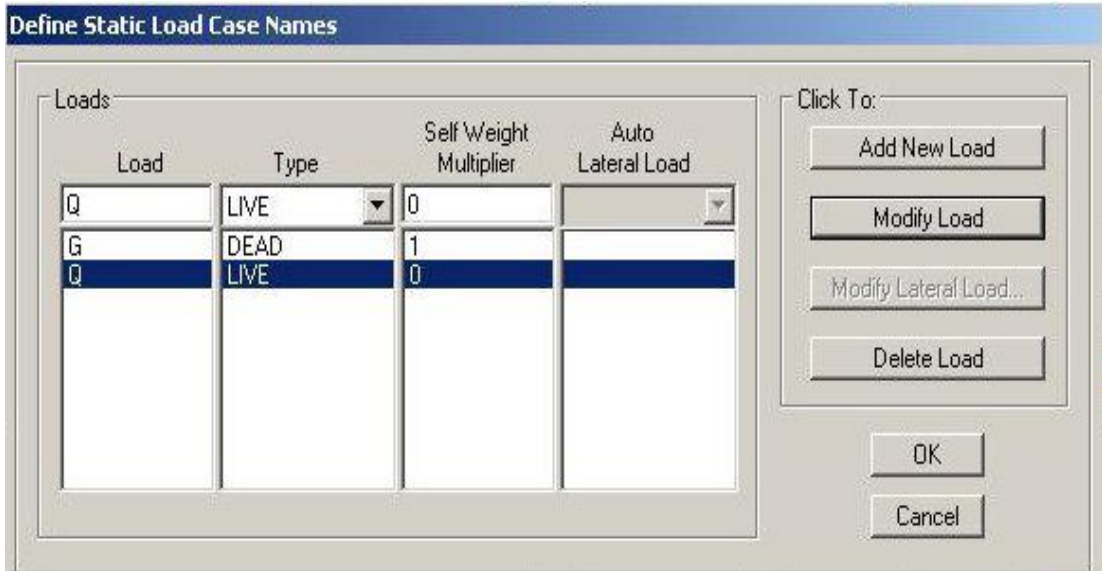
Şekil A.6: Bina 3 boyutlu modelinin oluşturulması.

6-) “Define-diaphragm” ile diyafram tanımlanır ve “assign diaphragm” ile kat döşemeleri seçilerek kat diyaframları atanabilir.



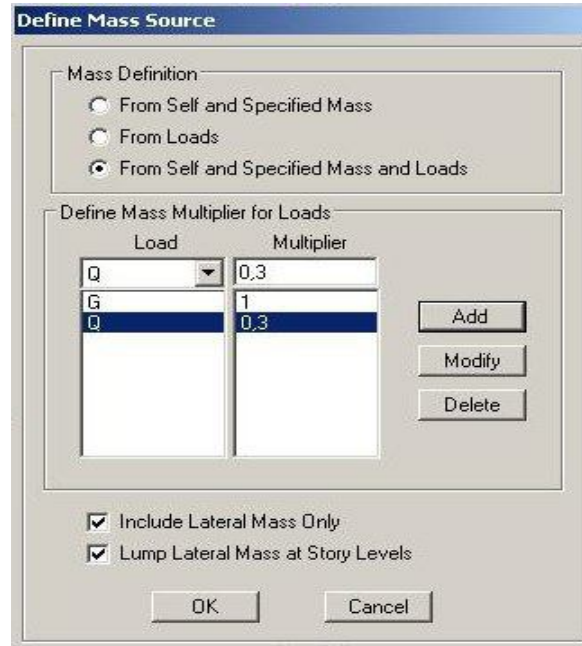
Şekil A.7: Diyafram tanımlanması ve atanması.

7-) “Define static load cases seçeneği” ile dış yük adları tanımlanır. G ve Q yükleri döşemelere “assign uniform load” yolu ile atanır.



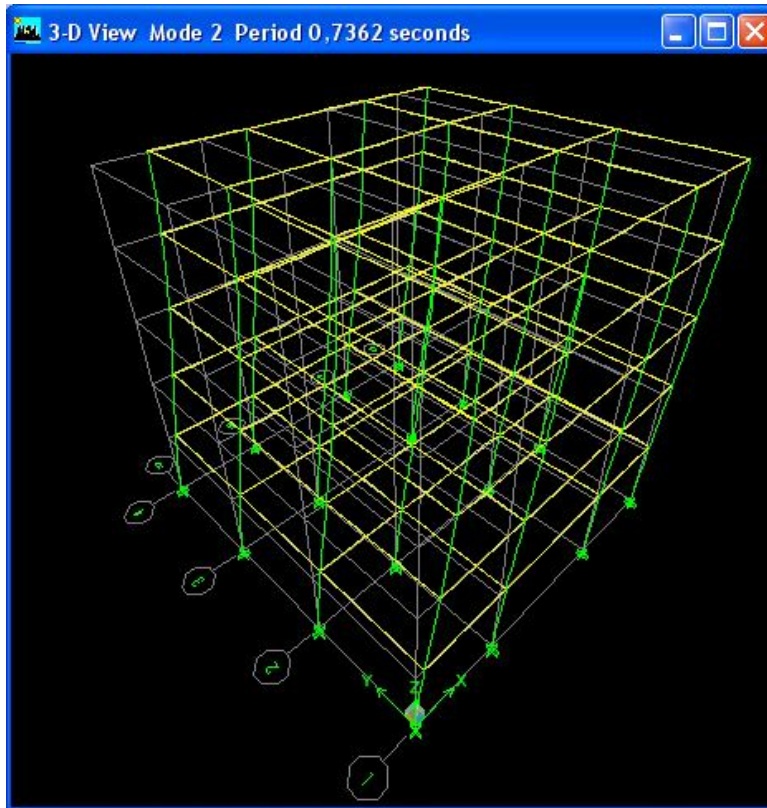
Şekil A.8: Yüklerin tanımlanması.

8-) “Define-Mass” source seçeneği ile kütle kaynağı tanımlanır.



Şekil A.9: Kütle kaynağının tanımlanması.

9-) “Run Analysis” seçeneği binanın periyodu ve mod şekilleri elde edilir. “Display-Show tables” seçeneği ile analiz çıktı sonuçları tablo halinde görülebilir.



Şekil A.10: X doğrultusundaki hakim periyodu ve mod şekli.

Modal Participating Mass Ratios

EditView

Modal Participating Mass Ratios

	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
▶	1	0,747833	0,0000	81,7608	0,0000	0,0000	81,7608	0,0000	99,4666
	2	0,736225	81,7045	0,0000	0,0000	81,7045	81,7608	0,0000	0,0000
	3	0,668257	0,0000	0,0000	0,0000	81,7045	81,7608	0,0000	0,0000
	4	0,240630	0,0000	10,9408	0,0000	81,7045	92,7017	0,0000	0,1577
	5	0,237397	11,1149	0,0000	0,0000	92,8193	92,7017	0,0000	0,0000
	6	0,215579	0,0000	0,0000	0,0000	92,8193	92,7017	0,0000	0,0000
	7	0,137013	0,0000	4,1911	0,0000	92,8193	96,8928	0,0000	0,3564
	8	0,135418	4,1412	0,0000	0,0000	96,9606	96,8928	0,0000	0,0000
	9	0,123398	0,0000	0,0000	0,0000	96,9606	96,8928	0,0000	0,0000
	10	0,093845	0,0000	2,0394	0,0000	96,9606	98,9322	0,0000	0,0029
	11	0,093251	1,9949	0,0000	0,0000	98,9554	98,9322	0,0000	0,0000
	12	0,085188	0,0000	0,0000	0,0000	98,9554	98,9322	0,0000	0,0000

◀▶

◀◀▶▶

OK

Şekil A.11: Kütle katılım oranları.

Story Shears

EditView

Story Shears

	Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
▶	STORY5	G	Top	1412,38	0,00	0,00	0,000	10592,881	-9886,689
	STORY5	G	Bottom	1652,38	0,00	0,00	0,000	12392,881	-11566,689
	STORY5	Q	Top	315,00	0,00	0,00	0,000	2362,500	-2205,000
	STORY5	Q	Bottom	315,00	0,00	0,00	0,000	2362,500	-2205,000
	STORY4	G	Top	4166,77	0,00	0,00	0,000	31250,763	-29167,378
	STORY4	G	Bottom	4430,77	0,00	0,00	0,000	33230,763	-31015,378
	STORY4	Q	Top	735,00	0,00	0,00	0,000	5512,500	-5145,000
	STORY4	Q	Bottom	735,00	0,00	0,00	0,000	5512,500	-5145,000
	STORY3	G	Top	6945,15	0,00	0,00	0,000	52088,644	-48616,068
	STORY3	G	Bottom	7209,15	0,00	0,00	0,000	54068,644	-50464,068
	STORY3	Q	Top	1155,00	0,00	0,00	0,000	8662,500	-8085,000
	STORY3	Q	Bottom	1155,00	0,00	0,00	0,000	8662,500	-8085,000
	STORY2	G	Top	9723,54	0,00	0,00	0,000	72926,525	-68064,757
	STORY2	G	Bottom	10011,54	0,00	0,00	0,000	75086,525	-70080,757
	STORY2	Q	Top	1575,00	0,00	0,00	0,000	11812,500	-11025,000
	STORY2	Q	Bottom	1575,00	0,00	0,00	0,000	11812,500	-11025,000
	STORY1	G	Top	12525,92	0,00	0,00	0,000	93944,406	-87681,446
	STORY1	G	Bottom	12813,92	0,00	0,00	0,000	96104,406	-89697,446
	STORY1	Q	Top	1995,00	0,00	0,00	0,000	14962,500	-13965,000
	STORY1	Q	Bottom	1995,00	0,00	0,00	0,000	14962,500	-13965,000

◀▶

◀◀▶▶

OK

Şekil A.12: Kat ağırlıkları.

10-) Elde edilen kat ağırlıkları ve x ve y doğrultusu periyotları ile elde edilen eşdeğer deprem yükleri kat ağırlık merkezlerine $\pm 5\%$ ekzantriklikle etkililir.

Çizelge A.1: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin bulunması

KAT	Wi (kN)	Hi (m)	Wi*Hi (kNm)	WiHi/ΣWiHi	Fi (kN)	ΔFN (kN)	Vi (kN)
5	1746,88 kN	15,00 m	26203,20	0,231	312,230	52,716	364,946
4	2904,39 kN	12,00 m	34852,68	0,307	415,295	0,000	415,295
3	2904,38 kN	9,00 m	26139,42	0,230	311,470	0,000	311,470
2	2928,39 kN	6,00 m	17570,34	0,155	209,363	0,000	209,363
1	2928,38 kN	3,00 m	8785,14	0,077	104,681	0,000	104,681
		toplam=	113550,78	1,000	1353,040	52,716	1405,755

11-) “Define-Static load cases” sekmesi ile EX ve EY eşdeğer deprem yükleri tanımlanır. Bulunan değerler katlara etkililir.

User Seismic Loading

Edit

User Seismic Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	PX	FY	MZ
STORY5	D5	364.946	0.	0.
STORY4	D4	415.235	0.	0.
STORY3	D3	311.47	0.	0.
STORY2	D2	209.363	0.	0.
STORY1	D1	104.681	0.	0.

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

OK Cancel

Şekil A.13: X doğrultusunda katlara etkitilen kesme kuvvetleri.

12-) “Define-Load Combinations” yolu ile yük kombinasyonları tanımlanır.

Load Combination Data

Load Combination Name

Load Combination Type

Define Combination

Case Name	Scale Factor
G Static Load	1
Q Static Load	1
EXA Static Load	1

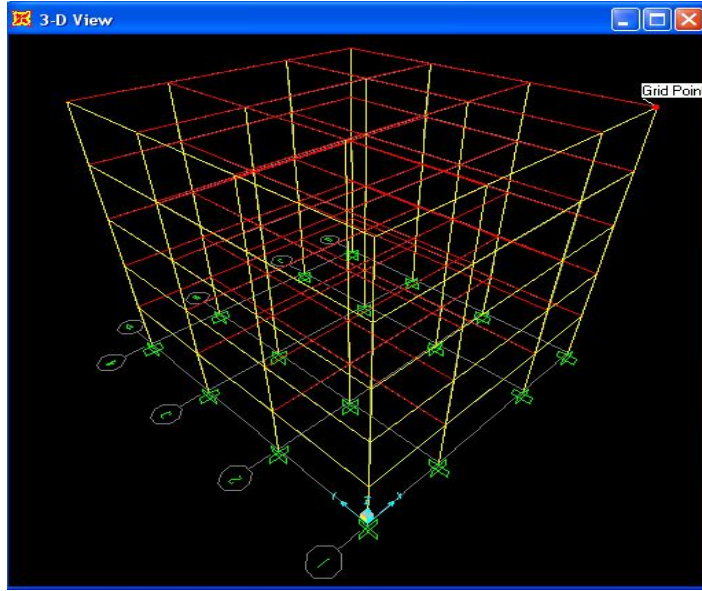
Şekil A.14: G+Q+EX yük kombinasyonu.

13-) Tüm yük kombinasyonları tamamlandıktan sonra program çalıştırılır.
Kesitlerdeki moment, kesme kuvveti ve kat deplasmanları değerleri ile deprem yönetmeliğinde belirlenen ilkeler doğrultusunda tasarım yapılır.

EK B

Sap2000 paket programı tıpkı Ek A'da anlatılan Etabs programı gibi doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yapabilmektedir. Sap2000 ile Etabs programının farklarından biri plastik mafsalların tanımlanmasında ortaya çıkmaktadır. Sap2000 programında birden çok normal kuvvet düzeyinde ve tarafsız eksen açısı için moment eğrilik tanımlaması yapılabilirken Etabs programında tek normal kuvvet için moment-eğrilik tanımlaması yapılabilir. Bunun dışında Etabs programında karşılıklı etki diyagramı tanımında her tarafsız eksen açısı için aynı normal kuvvetlerin kullanılması zorunluluğu vardır. Sap2000'de ise her tarafsız eksen açısı için farklı normal kuvvet değerlerinden elde edilen karşılıklı etkileşim diyagramları tanımlanabilmektedir. Bu yüzden performans analizi yapılırken Sap2000, Etabs'a göre daha üstün olduğundan Sap2000 tercih edilmektedir. Aşağıda Sap2000 ile performans analizinin nasıl yapılacağı anlatılmaktadır. [8]

1-) Tıpkı Ek A'da anlatıldığı gibi binanın tanımlaması yapılır. Burada deprem yükleri kullanılmayacak G ve Q yükleri kullanılacaktır. Malzeme özellikleri girilirken tasarım değeri olarak değil karakteristik değeri olarak girilir (C25 betonu için 16,67 Mpa olarak değil 25Mpa olarak girilir). Sap2000 ile Etabs programları birbirine dönüştürülebilir olduğundan Model Etabs programından da alınabilir. Fakat dikkat edilmesi gereken husus Sap2000'de T kesitlere plastik mafsalları atamasının yapılamamasıdır. Bu yüzden T olarak tanımlanan hiçbir kirişin plastik mafsalları özellikleri Sap2000 tarafından algılanmamaktadır.



Şekil B.1: Yapının 3 boyutlu modeli.

2-) “Define-Load Combinations-Add new Combo” yolu kullanılarak G+0,3Q yük kombinasyonu oluşturulur. Burada amaç öncelikli olarak etkin eğilme rijitliklerinin bulunmasıdır. Yönetmelikte belirtilen kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ön düşey yük hesabı G+0,3Q kombinasyonu ile bulunacak normal kuvvet değerleridir.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
Q	Linear Static	0.3

Şekil B.2: G+0,3Q yük kombinasyonu.

3-) Yük kombinasyonu tanımlandıktan sonra bina mevcut yükleri altında analiz edilerek kolonlara ait normal kuvvet değerleri bulunur. Yönetmelikte belirtilen Etkin eğilme rijitliği hesabı aşağıdaki gibidir.

Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$

Kolon ve perdelerde: $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda:

$$(EI)_e = 0.40 (EI)_0$$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda:

$$(EI)_e = 0.80 (EI)_0$$

4-) Bulunan bu değerler tüm kesitlere “Define-Section Properties-Modify/Show Property-Set Modifiers” yolu izlenerek atanır.

Şekil B.3: S105 kolonu için etkin eğilme rijitliğinin atanması.

4-) Program tekrar çalıştırılarak Etkin eğilme rijitlikleri altında binanın mod genliğine orantılı olarak katlara etkiyecek itme yükü oranları aşağıdaki gibi bulunur.

Çizelge B.1: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin bulunması

			KAT AĞIRLIĞI ($W_{gnq}=G+nQ$)	MOD GENLİĞİ (Φ)	A ($W_{gnq} \times \Phi$)	İTME YÜKÜ ORANLARI ($A/\Sigma A$)
KAT5	G	1652,38 kN	1746,88 kN	0,03301	57,66	0,215
	Q	315,00 kN				
KAT4	G	2778,38 kN	2904,38 kN	0,02950	85,68	0,319
	Q	420,00 kN				
KAT3	G	2778,38 kN	2904,38 kN	0,02315	67,24	0,250
	Q	420,00 kN				
KAT2	G	2802,39 kN	2928,39 kN	0,01441	42,20	0,157
	Q	420,00 kN				
KAT1	G	2802,39 kN	2928,39 kN	0,00538	15,75	0,059
	Q	420,00 kN				
TOPLAM			13412,42 kN	$\Sigma A=$	2163,75	1,00

5-) “Define-Load Patterns-Add New Load Pattern yolu izlenerek itme yükü tanımlaması yapılarak, kat ağırlık merkezlerine atanır.

The 'Define Load Patterns' dialog box is shown. It has a table with four columns: Load Pattern Name, Type, Self Weight Multiplier, and Auto Lateral Load Pattern. The 'EITMEX' pattern is selected. The 'Type' is set to 'QUAKE', 'Self Weight Multiplier' is 0, and 'Auto Lateral Load Pattern' is 'User Loads'. On the right, there are buttons for 'Add New Load Pattern', 'Modify Load Pattern', 'Modify Lateral Load Pattern...', 'Delete Load Pattern', and 'Show Load Pattern Notes...'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
EITMEX	QUAKE	0	User Loads
G	DEAD	1	
Q	LIVE	0	
EITMEX	QUAKE	0	User Loads

Şekil B.4: EX itme yükünün tanımlanması.

The 'User Seismic Load Pattern' dialog box is shown. It has a table with columns: Diaphragm, Diaphragm Z, FX, FY, MZ, X, and Y. The table is populated with data for diaphragms D5_15, D4_12, D3_9, D2_6, and D1_3. Below the table, there are radio buttons for 'User Specified Application Point' and 'Apply at Center of Mass'. The 'Apply at Center of Mass' option is selected. There is a text box for 'Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)' with the value 0. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Diaphragm	Diaphragm Z	FX	FY	MZ	X	Y
D5_15,	15,	0,215	0,	0,		
D4_12,	12,	0,319	0,	0,		
D3_9,	9,	0,25	0,	0,		
D2_6,	6,	0,157	0,	0,		
D1_3,	3,	0,059	0,	0,		

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

Şekil B.5: EX itme yükünün atanması.

6-) “Define-Load Cases-Add New Load Case” yolu izlenerek düşey yük kombinasyonu oluşturulur. Burada önemli olan Load Application bölümünde deplasman tanımının doğru yapılmasıdır. Deplasman tanımı en üst kattaki bir noktanın Z yönü yani U3 tanımlanarak yapılır.

Load Case Data - Nonlinear Static

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

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case []

 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

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

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☒ None
- ☐ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G	1.
Load Pattern	G	1.
Load Pattern	Q	0.3

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

- Load Application: Full Load [Modify/Show...]
- Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil B.6: Düşey yük kombinasyonunun oluşturulması.

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control:

- ☒ Full Load
- ☐ Displacement Control

Control Displacement:

- ☒ Use Conjugate Displacement
- ☐ Use Monitored Displacement

 Load to a Monitored Displacement Magnitude of []

Monitored Displacement:

- ☒ DOF [U3] at Joint [82]
- ☐ Generalized Displacement []

[OK] [Cancel]

Şekil B.7: Düşey yük kontrol noktası.

7-) Düşey yükten sonra Artımsal Eşdeğer İtme yükü yöntemi için kullanılacak itme yüklemesi oluşturulur. Bunun için “Define-Load Cases-Add New Load Case” yolu izlenerek Xitme kombinasyonu oluşturulur. “Continue from State at End of Nonlinear Case” bölümünde düşey yükün ardından yatay itmenin gerçekleşmesi için bir önceki adımda tanımlanan DUSEY yük kombinasyonu işaretlenir. Load Application kısmında X doğrultusu deplasmanı izleneceği için U1 doğrultusu seçilir. “Load to a Monitored Displacement Magnitude of” olarak tanımlanan kısım üst kat hizasının tanımlanan değere kadar deplasmana ulaşana dek yapıya itme yükünü uygular. Burada seçilen 5 katlı yapı için 0.6 katsayısı deplasmanın 0.6m’ye ulaşana dek yapıya itme yükü uygulanacağıdır. “Load Application Control” kısmında Displacement kontrol kısmı seçilerek adım adım kontrol olanağı sağlanacaktır.

Load Case Data - Nonlinear Static

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

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

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

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

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

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☒ None
- ☐ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

- Load Application: Displ Control [Modify/Show...]
- Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil B.8: Xitme yük kombinasyonunun oluşturulması.

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of

Monitored Displacement

☒ DOF at Joint

☐ Generalized Displacement:

Şekil B.9: İtme yükü kontrol noktası.

7-) Tüm yükleme tanımlamaları yapıldıktan sonra sıra plastik mafsalların tanımlanması işlemine gelir. Plastik mafsallar “Define-Section Properties-Hinge Properties” yolu izlenerek oluşturulur. “Add New Property-User Defined” seçeneği ile kullanıcı tanımlı plastik mafsallık özellikleri girilebilir. Burada “Moment M3” olarak seçilen kirişlerin plastik mafsallık tanımı iken “Interacting P-M2-M3” olarak seçilen kolonların plastik mafsallık özelliğidir.

“Add New Property-User Defined- Interacting P-M2-M3” yolu ile kolon plastik mafsallık tanımlaması kutucuğuna girilir.

Frame Hinge Property Data for PMS101X - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

☐ SF is Yield Rotation per FEMA 356 Eqn. 5-2 (Steel Objects Only)

☒ User SF

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition

☐ Moment Rotation Dependence is Circular

☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

1. Specify curves at angles of 0° and 90°.

2. If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces

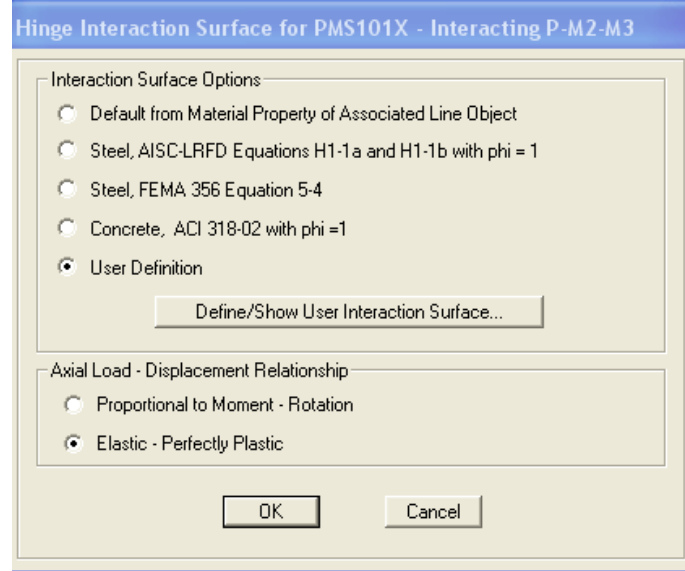
Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles

Şekil B.10: S101 kolonu için plastik mafsallık özellikleri kutusu.

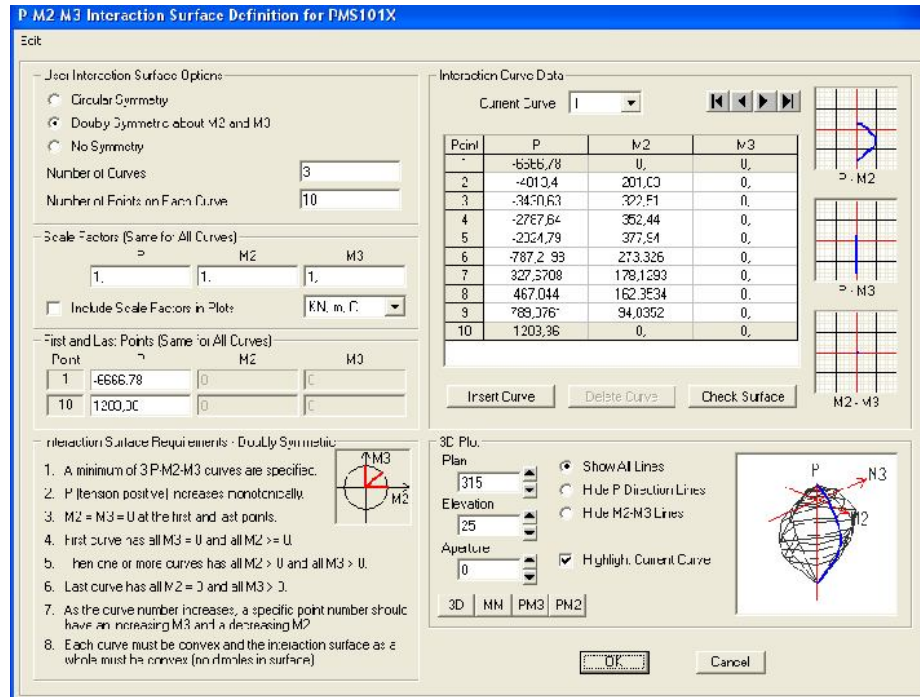
“Modify/Show Axial Force Values” kutucuğu kolon için seçilen normal kuvvet düzeylerini göstermektedir. “Modify/Show Angles” kutucuğu ise moment-dönme açısını bir başka deyişle tarafsız eksen açısını belirtmektedir. Bu çalışmada 2 normal kuvvet düzeyi (kesit normal kuvvet kapasitesinin %10 ve %20’si) ile 3 tarafsız eksen açısı (0-45-90) tanımlanmıştır.

“Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data” kutucuğu ile kolonun karşılıklı etkileşim diyagramı tanımlaması yapılır. Burada kullanıcı tanımlı değerler girilebileceği gibi mevcut yönetmeliklerin tanımlamaları da yapılabilir.



Şekil B.11: S101 kolonu için plastik mafsal özellikleri.

“Define/Show User Interaction Surface” kutucuğu ile kolonun karşılıklı etkileşim diyagramı değerleri girilir.



Şekil B.12: S101 kolonu karşılıklı etkileşim diyagramları tanımlanması.

“Modify/Show Moment Rotation Curve Data” kutucuğu ile kolonun moment eğrilik değerleri girilir. Burada 2 normal kuvvet düzeyi ve 3 farklı açı için toplam 6 adet moment-eğrilik değeri girilmiştir. Kolon ve kirişte her tanımlanan plastik mafsallın kesit hasar sınırı (Acceptance Criteria) plastik deformasyon cinsinden girilebileceği gibi, analiz sonucu her kesit için hesaplanan değerler üzerinden de kesit hasar sınırları belirlenebilir. Plastik mafsall sayısı fazla değilse kesit hasar sınırlarının hesaplanıp “Immediate Occupancy (Hemen kullanım)” yerine minimum hasar sınırı plastik dönmesi, “Life Safety (Can güvenliği)” yerine güvenlik sınırı plastik dönmesi, “Collapse Prevention (Göçmenin Önlenmesi)” yerine göçme sınırı plastik dönme değeri girilerek Deprem Yönetmeliği performans belirleme adımları hızlıca yapılabilir.

Moment Rotation Data for PMS101X - Interacting P-M2-M3

Edit

Select Curve
 Axial Force: -941,37 Angle: 0, Curve #1: [Navigation Buttons]
 Units: KN, m, C

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0,	0,
B	1,	0,
C	1,043	0,0329
D	0,2	0,0329
E	0,2	0,0429

Note: Yield moment is defined by interaction surface

Copy Curve Data Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 4,000E-03
- Life Safety: 0,024
- Collapse Prevention: 0,0315

☐ Show Acceptance Points on Current Curve

3D View
 Plan: 315 Elevation: 35 Aperture: 0
 Axial Force: -941,37
☐ Hide Backbone Lines
☐ Show Acceptance Criteria
☐ Show Thickened Lines
☒ Highlight Current Curve

Moment Rotation Information
 Symmetry Condition: Double
 Number of Axial Force Values: 2
 Number of Angles: 3
 Total Number of Curves: 6

Angle Is Moment About
 0 degrees = About Positive M2 Axis
 90 degrees = About Positive M3 Axis
 180 degrees = About Negative M2 Axis
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK Cancel

Şekil B.13: S101 kolonu moment-eğrilik değerlerinin girilmesi.

“Add New Property-User Defined- Moment M3” yolu ile kiriş plastik mafsall tanımlaması yapılabilir. Aşağıda K1001 kirişi sol uç plastik mafsall özellikleri görülmektedir.

Frame Hinge Property Data for K1001SOL - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0,2	-0,0696
D-	-0,2	-0,0596
C-	-1,313	-0,0596
B-	-1,	0,
A	0,	0,
B	1,	0,
C	1,346	0,0596
D	0,2	0,0596
E	0,2	0,0696

☐ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

Moment SF

Positive	Negative
553,57	580,55

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Rotation SF

Positive	Negative
1,	1,

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Positive

Positive	Negative
3,000E-03	-3,000E-03
0,02	-0,02
0,04	-0,04

OK Cancel

Şekil B.14: K1001 kirişi plastik mafsallık özellikleri.

8-) Tüm kolon ve kirişlerin plastik mafsallık tanımlamaları yapıldıktan sonra sıra plastik mafsalların kesitlere atanmasına gelir. Deprem yönetmeliğinde plastik mafsallık boyunun çalışan kesit doğrultusundaki boyun yarısının alınabileceği söylenmektedir. Böylece tanımlanan kesitlerin plastik mafsallık bölgeleri de belirlenmiş olur. Yalnız, Sap2000’de plastik mafsalların mesnetten uzaklığı gerçek boy cinsinden değil kesit boyuna oran cinsinden tanımlanmaktadır. Bu yüzden bulunan plastik mafsallık boyunun (çalışan doğrultudaki kesit boyunun yarısı) kolon veya kirişin boyuna bölünerek bu oranın bulunması gerekmektedir.

“Assign-Frame-Hinges” yolu izlenerek plastik mafsallar kesitlere atanır.

Frame Hinge Assignments

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
K1001SOL	0,07
K1001SOL	0,07
K1001SAG	0,93

Add

Modify

Delete

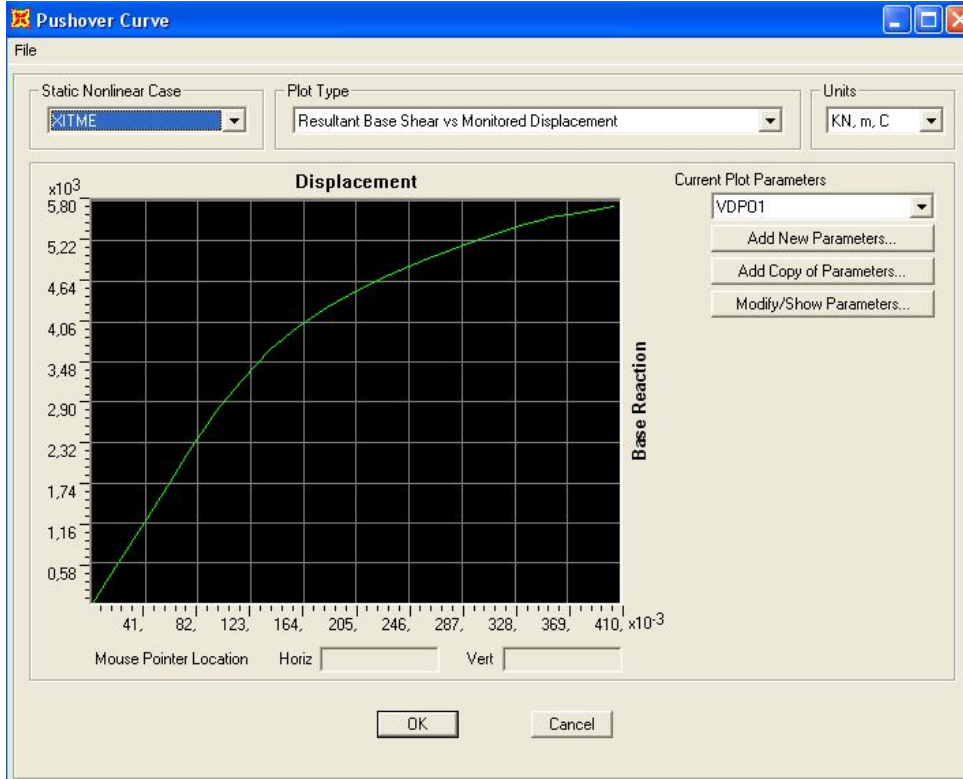
Auto Hinge Assignment Data

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

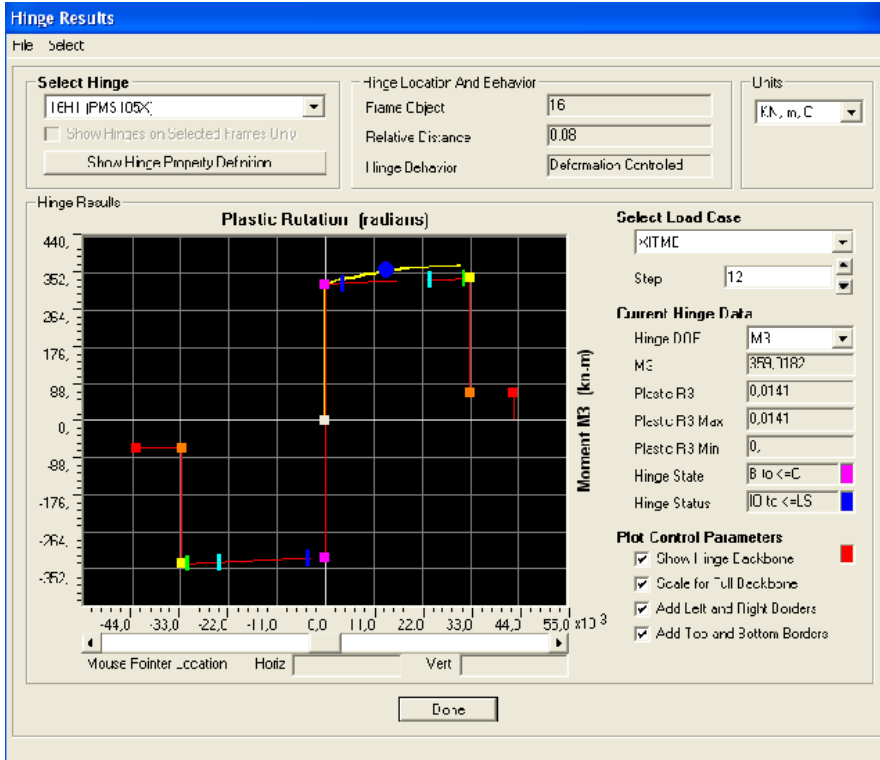
OK Cancel

Şekil B.15: K1001 kirişi plastik mafsallık atanması.

9-) Tüm plastik mafsallar kesitlere atandıktan sonra program çalıştırılır. “Display-Show Static Pushover Curve” yolu ile taban kesme kuvveti- tepe yerdeğiştirmesi eğrisi elde edilebilir. “Display-Hinge Results” yolu ile her plastik mafsalın moment dönme değerleri de görülebilir.

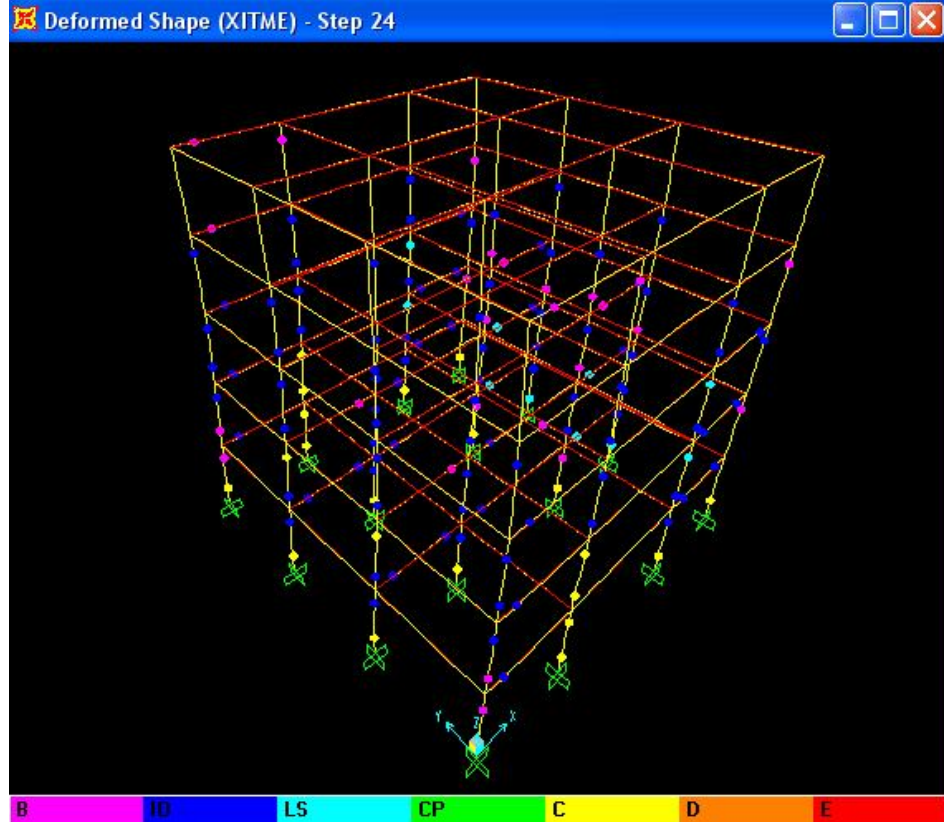


Şekil B.16: İtme Eğrisi.



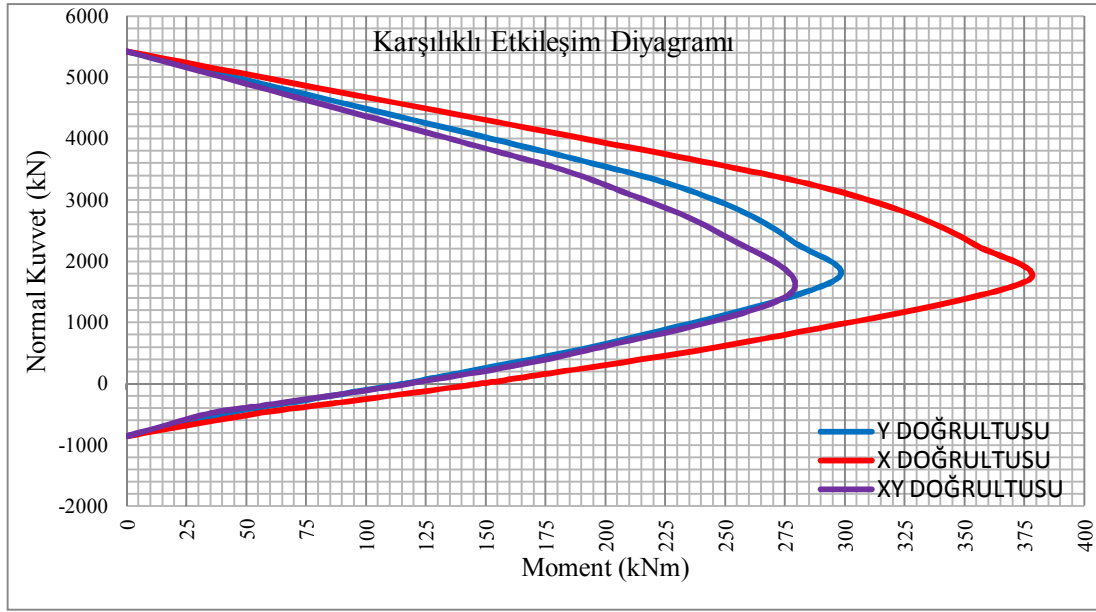
Şekil B.17: Plastik Mafsalları Sonuçları.

10-) Tepe Yerdeğiştirmesi- Taban Kesme Kuvveti eğrisi kullanılarak hedeflenen performans düzeyi için binanın yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Bu istem değeri karşı gelen son itme adımındaki her kesitin kesit hasar düzeyi belirlenerek binanın performans analizi sonuçlandırılır.

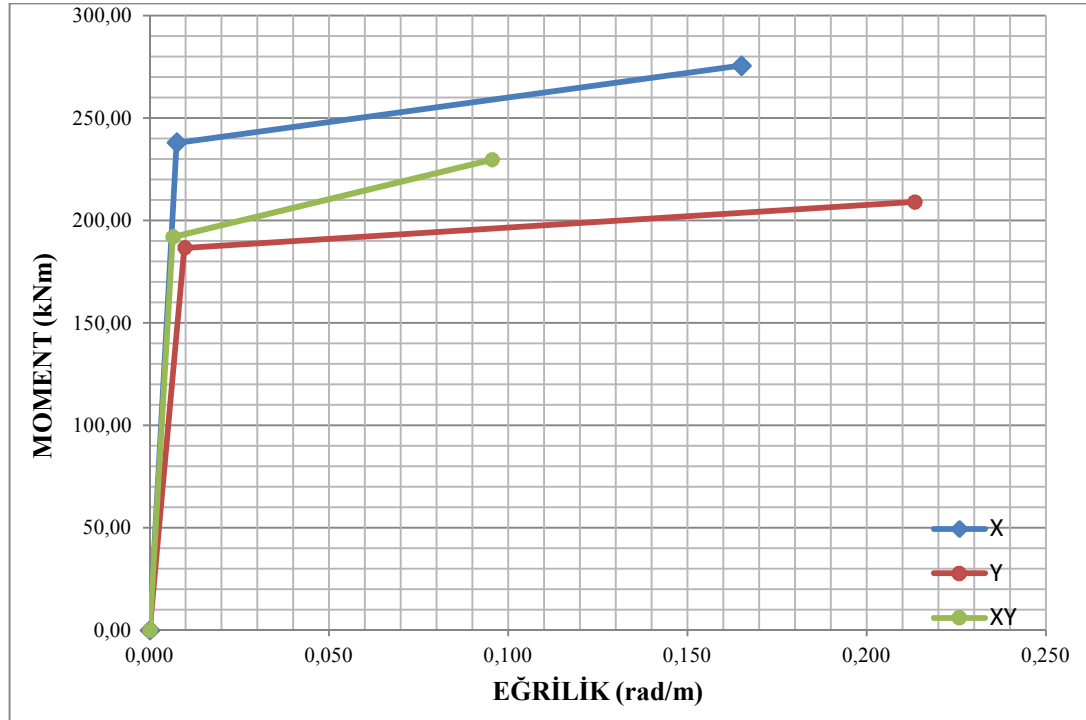


Şekil B.18: Oluşan kesit hasarları.

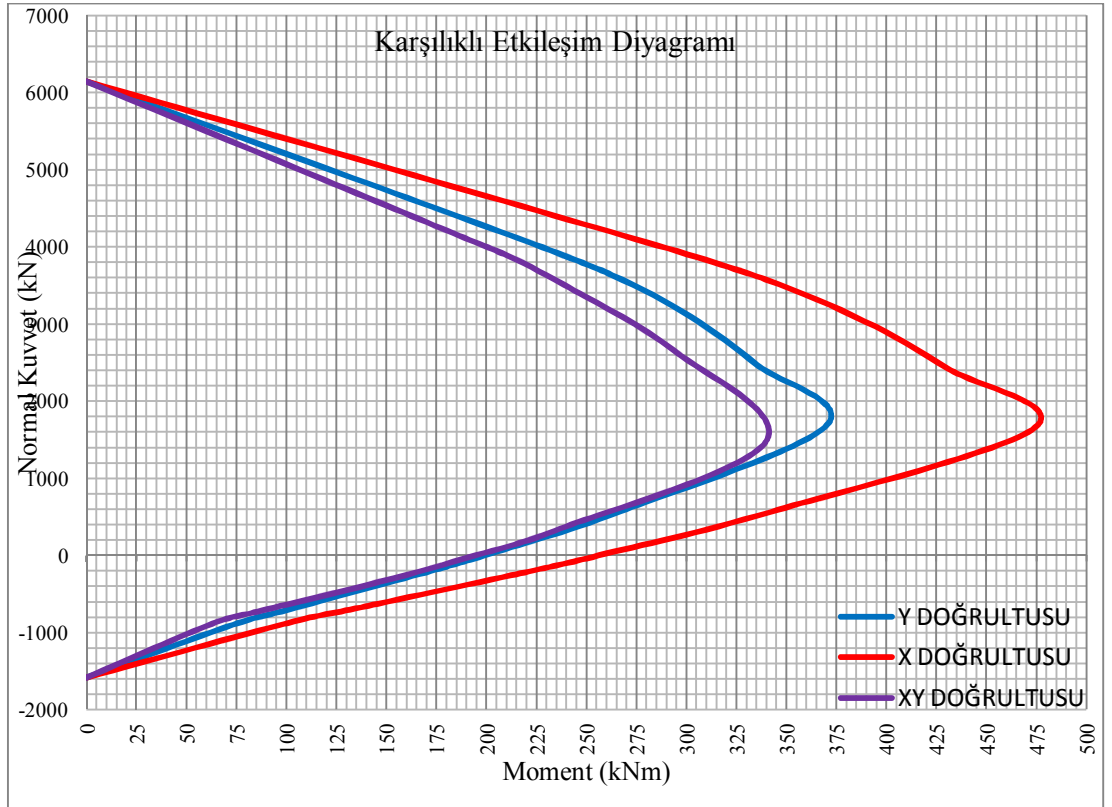
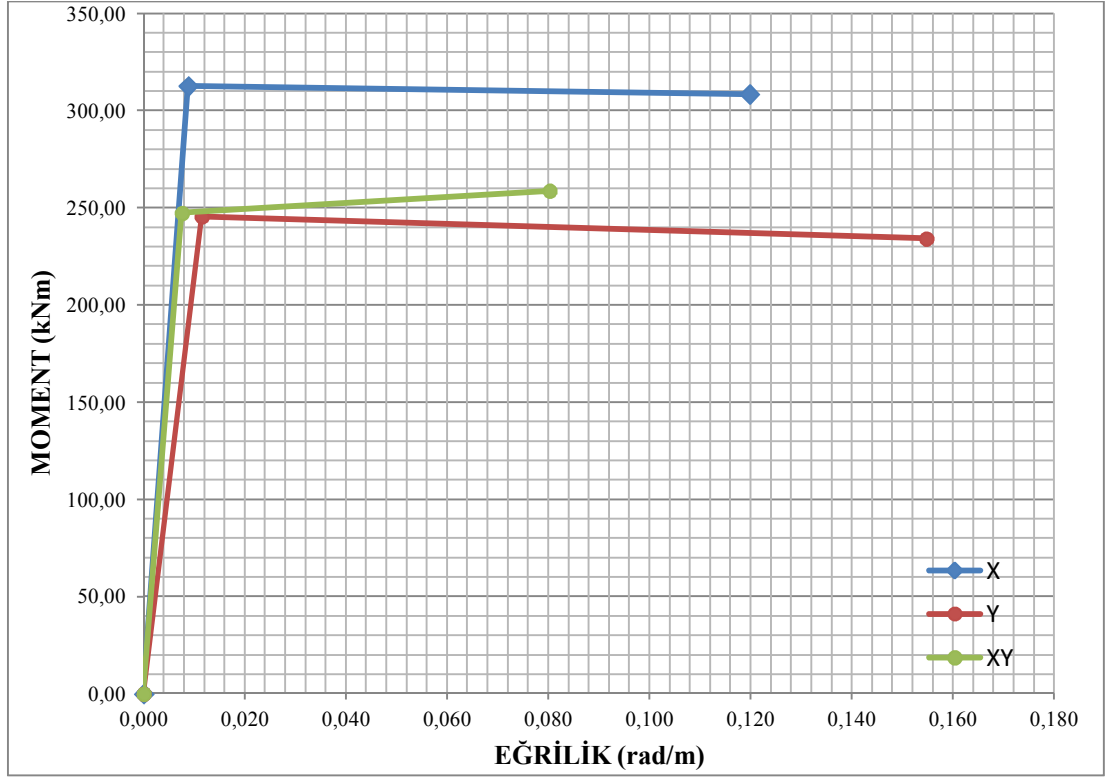
EK C

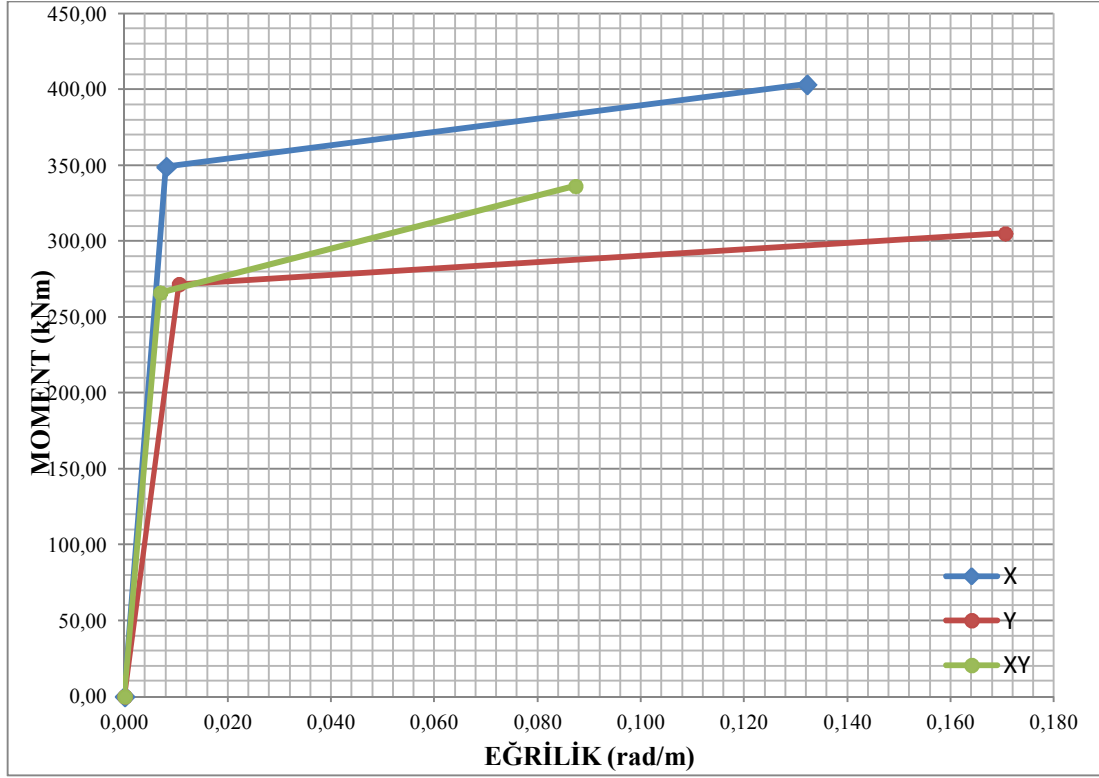


Şekil C.1: 3 Katlı bina S101 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.

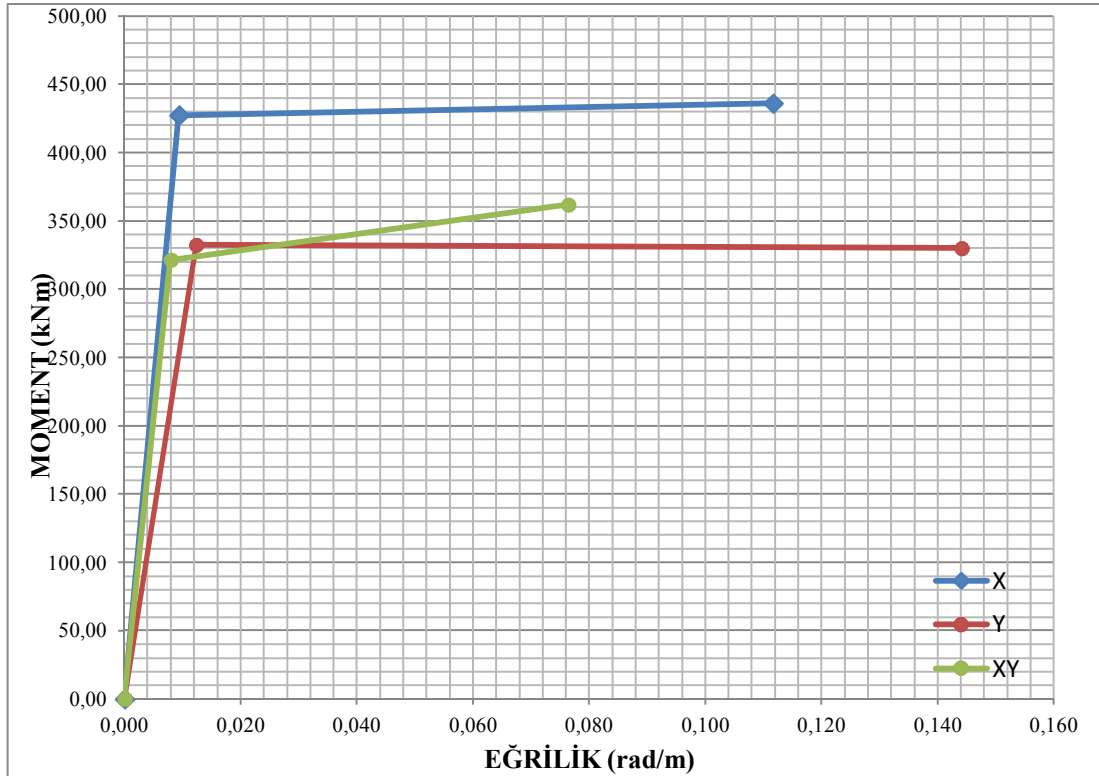


Şekil C.2: 3 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=541,75\text{kN}$).

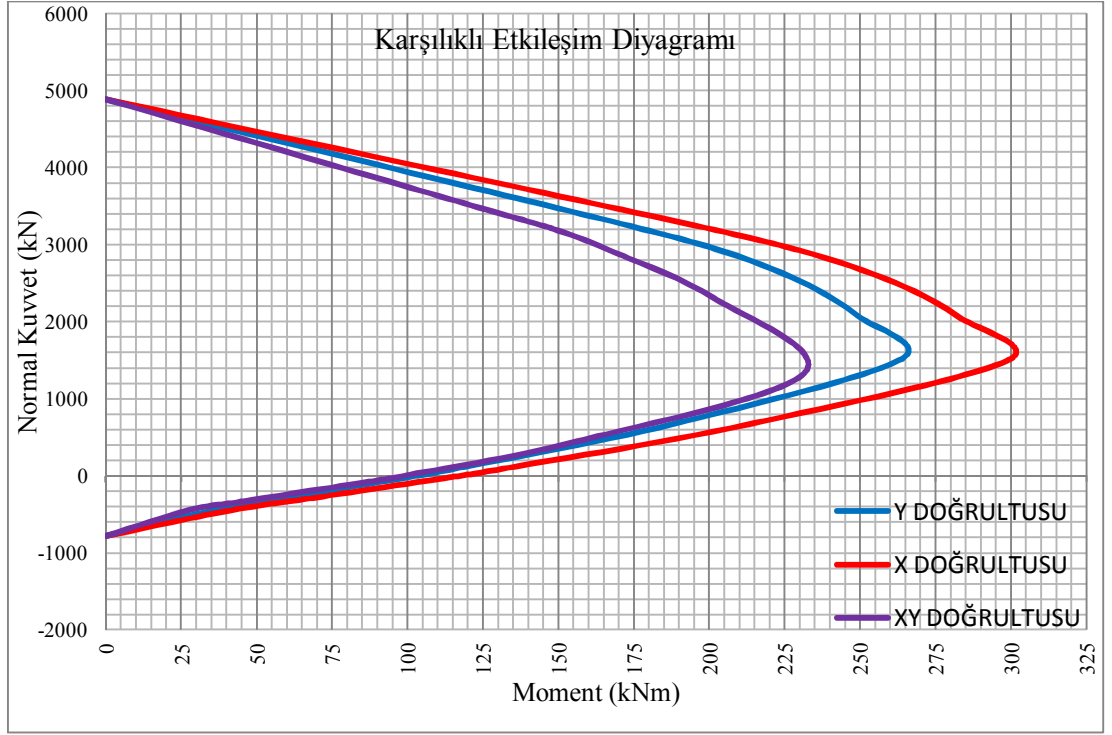




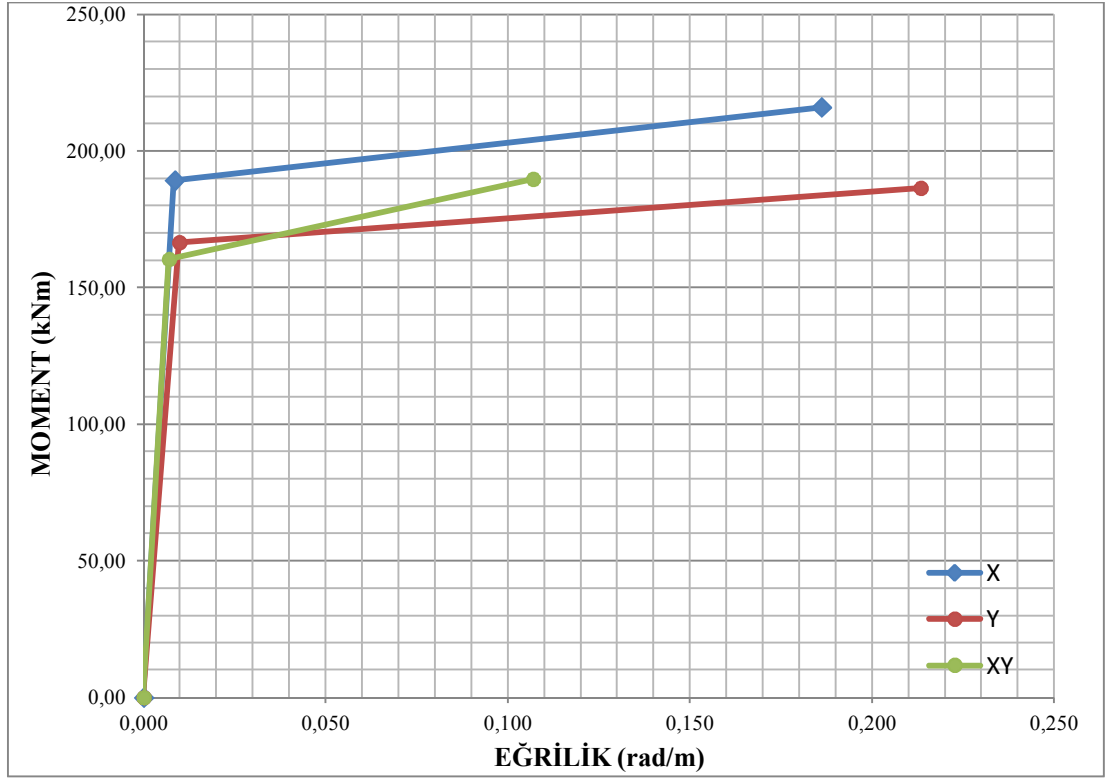
Şekil C.5: 3 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=614,60\text{kN}$).



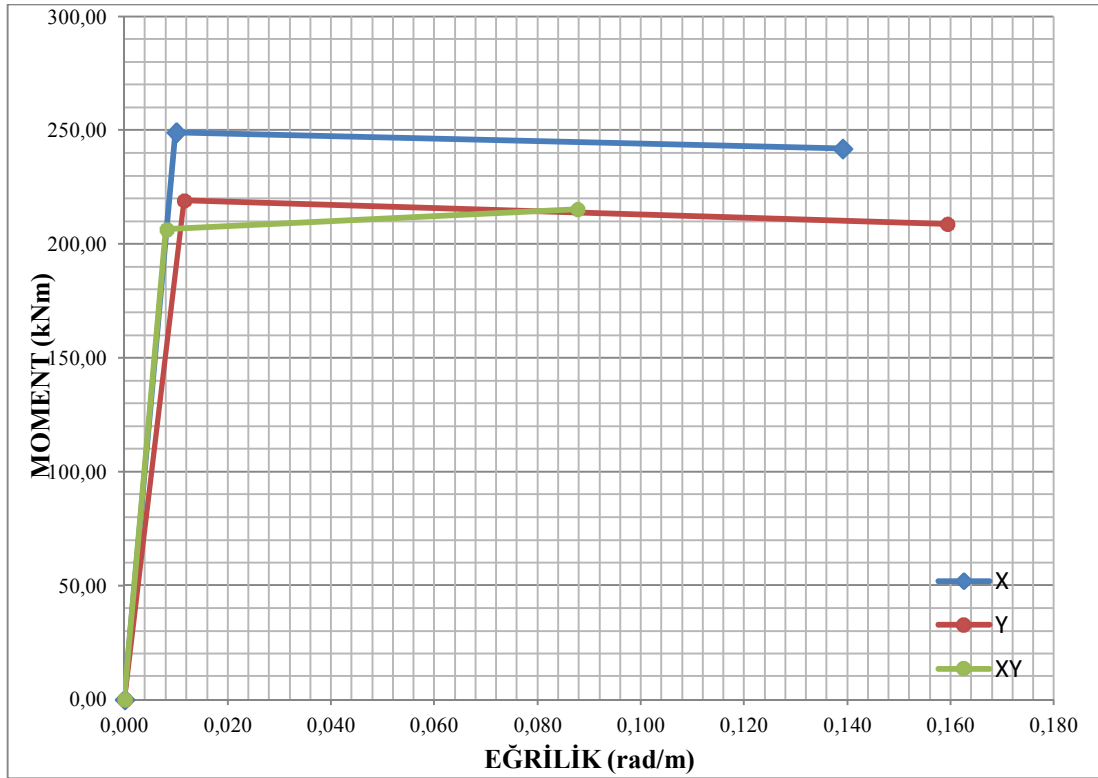
Şekil C.6: 3 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1229,20\text{kN}$).



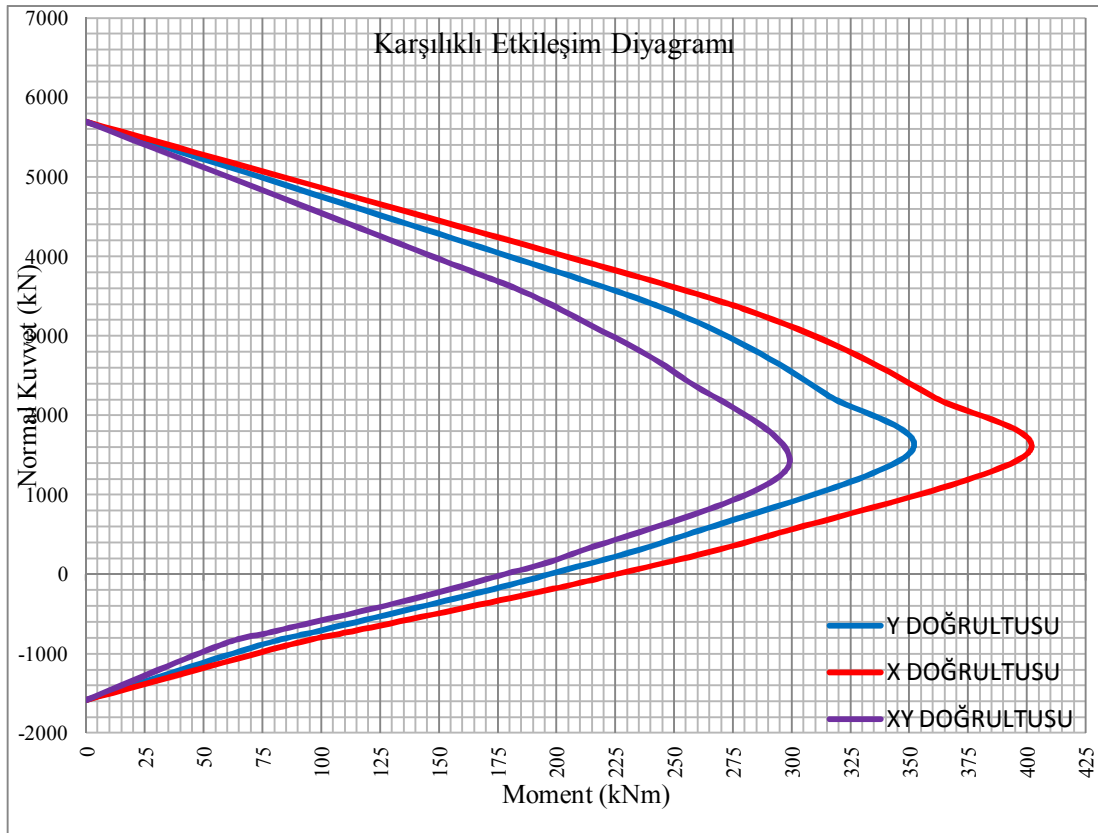
Şekil C.7: 3 Katlı bina S301 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.



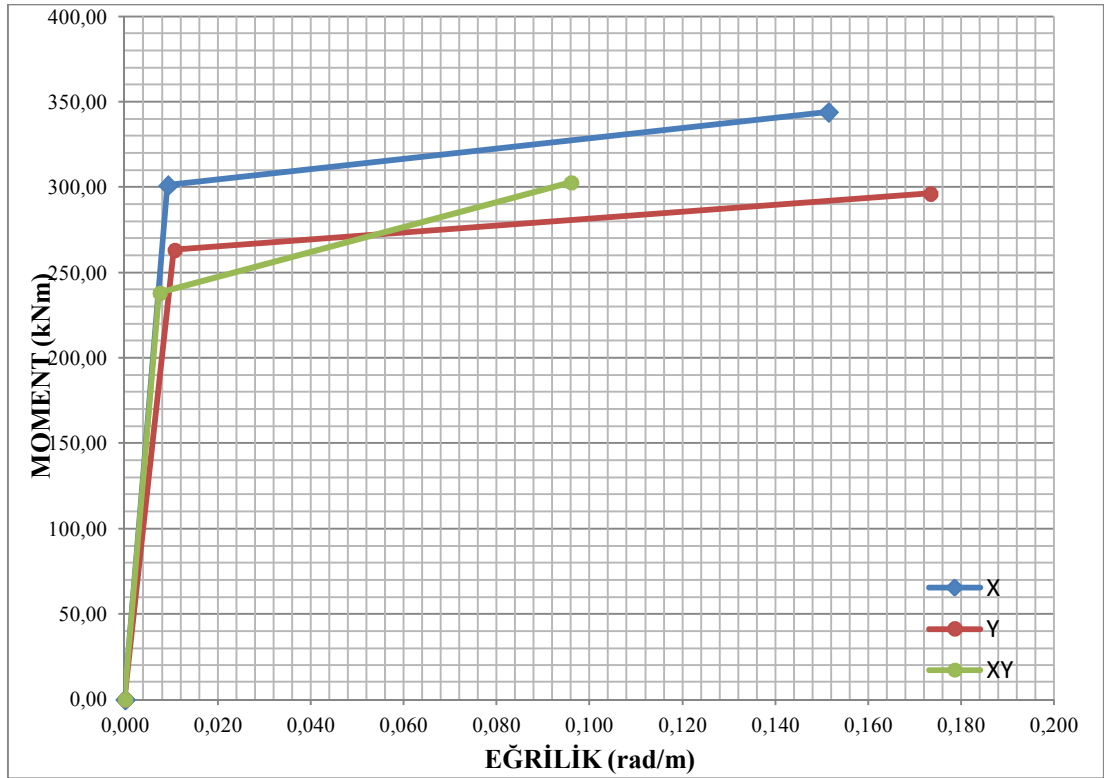
Şekil C.8: 3 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=488,60\text{kN}$).



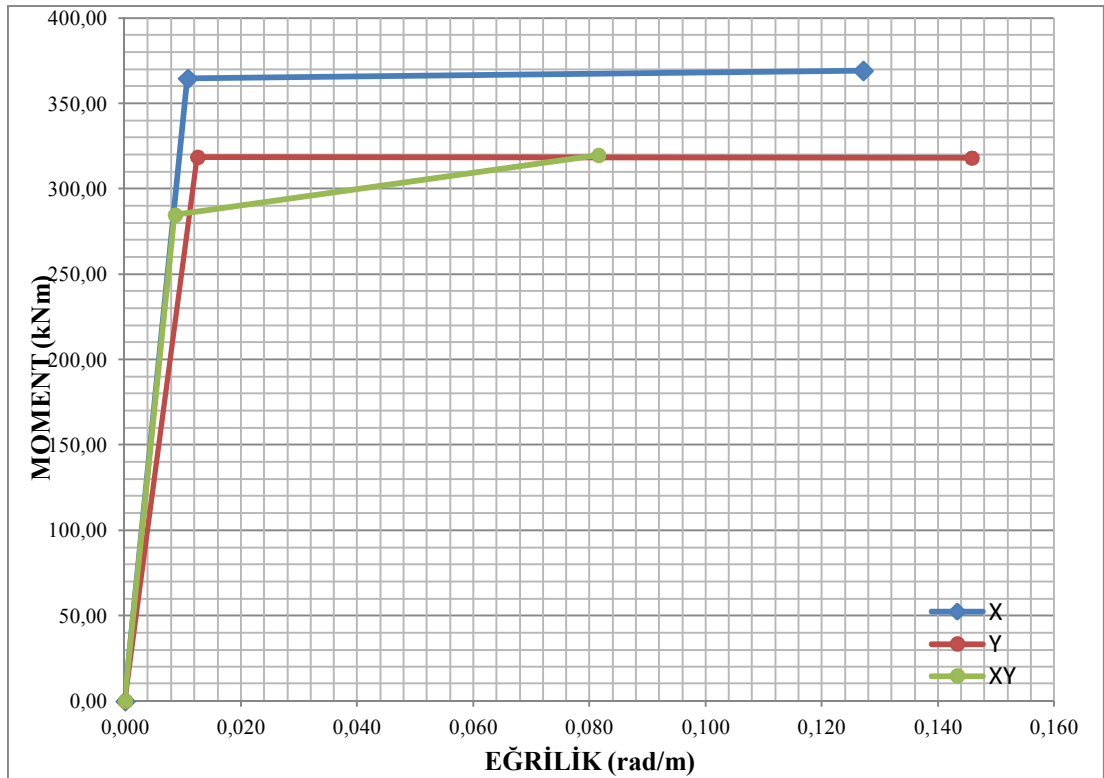
Şekil C.9: 3 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=977,20kN).



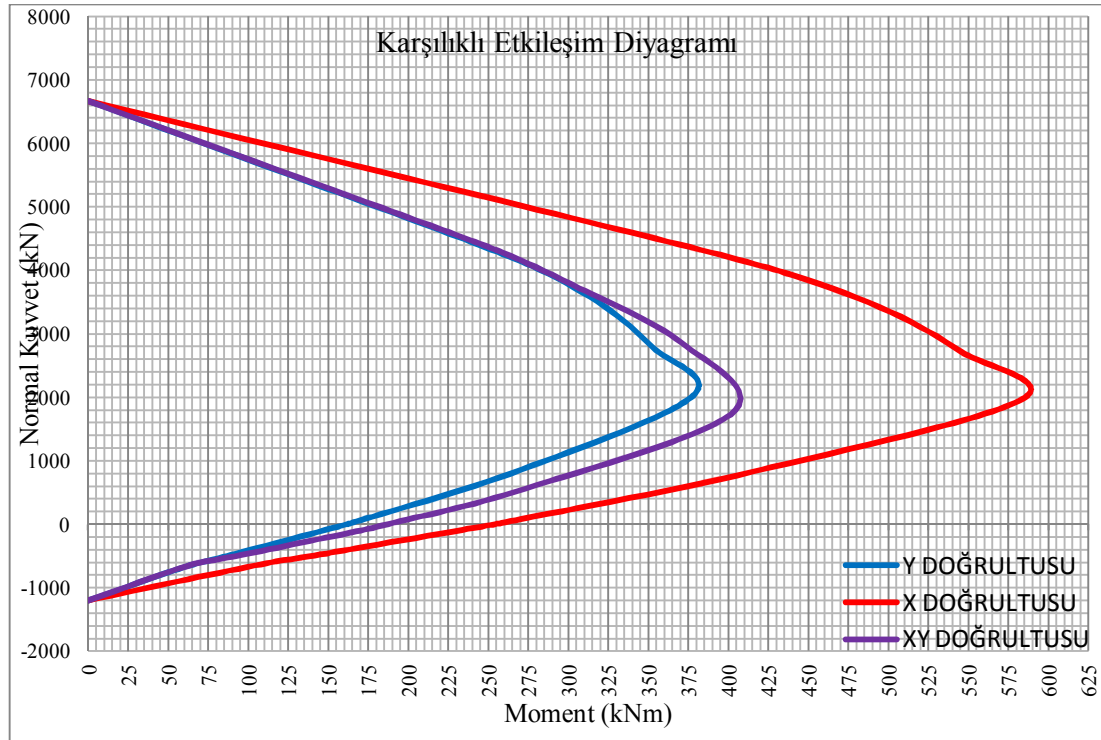
Şekil C.10: 3 Katlı bina S306 kolonu için karşılıklı etkileşim diyagramı.



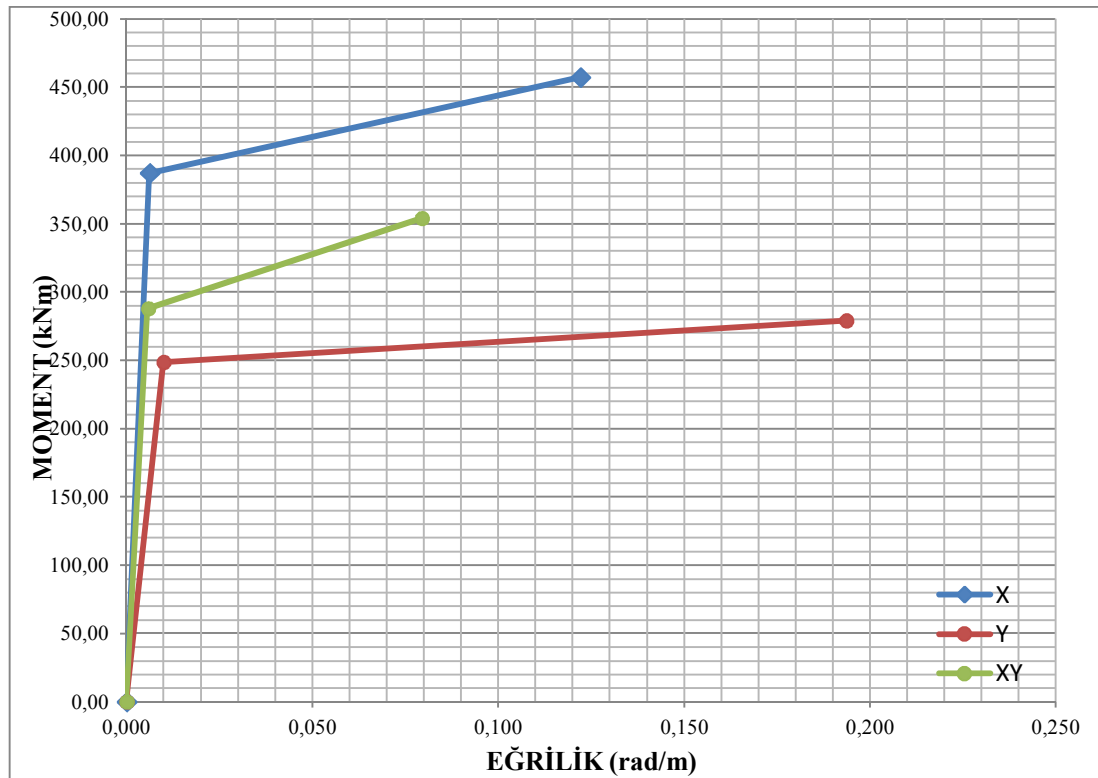
Şekil C.11: 3 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=569,35\text{kN}$).



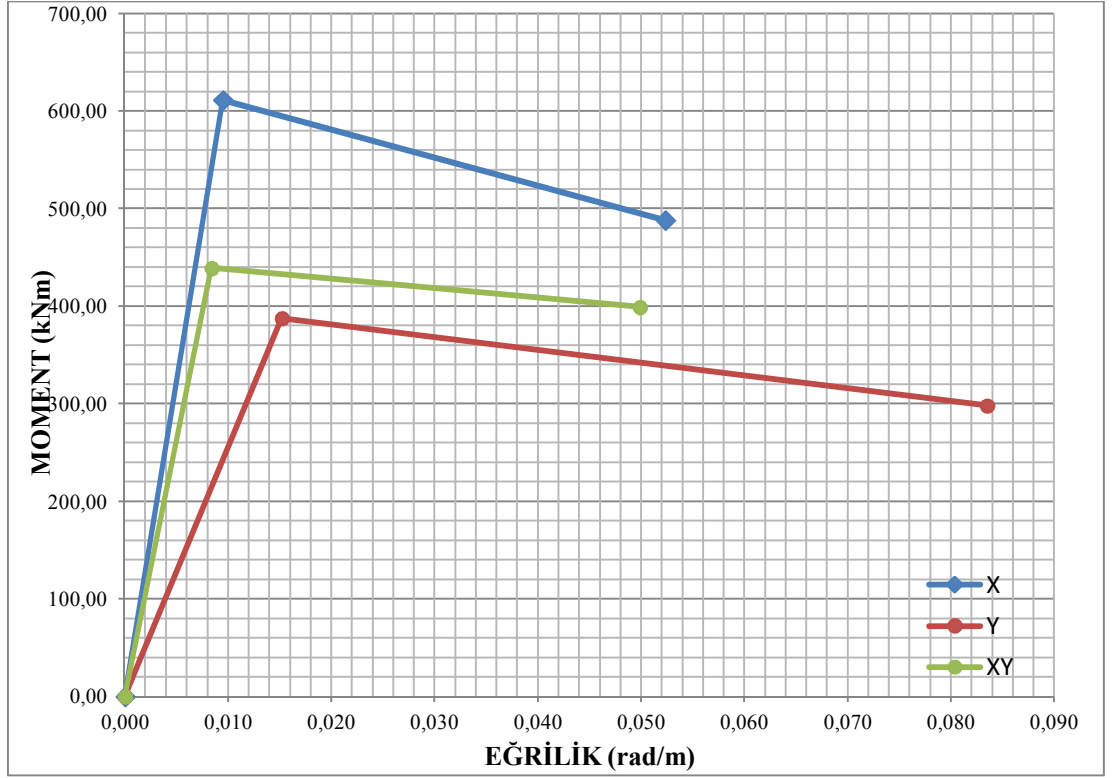
Şekil C.12: 3 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1138,70\text{kN}$).



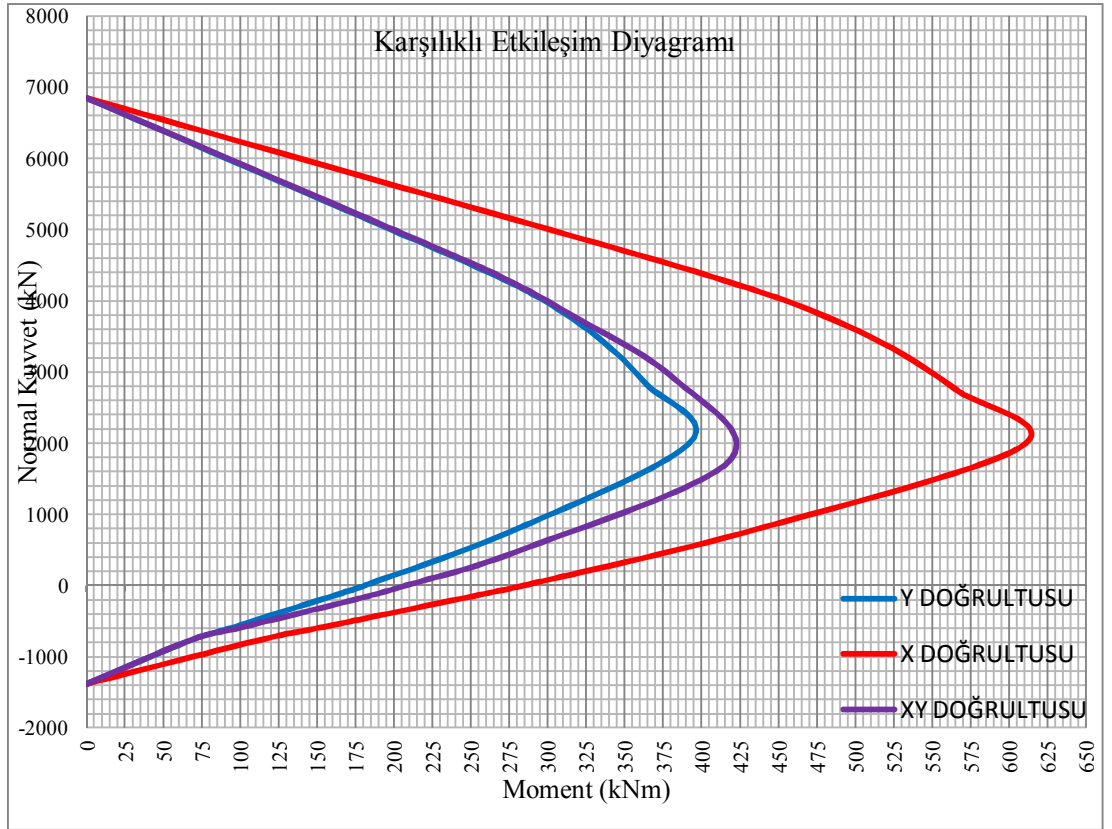
Şekil C.13: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.



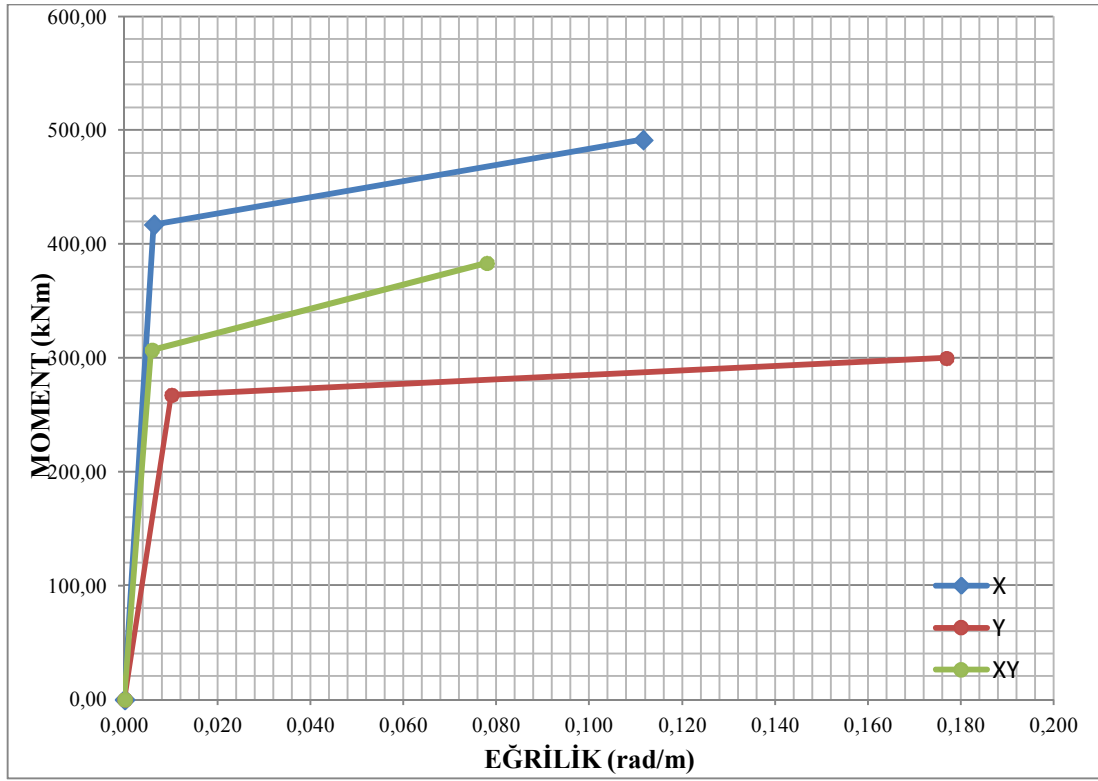
Şekil C.14: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=666,68kN).



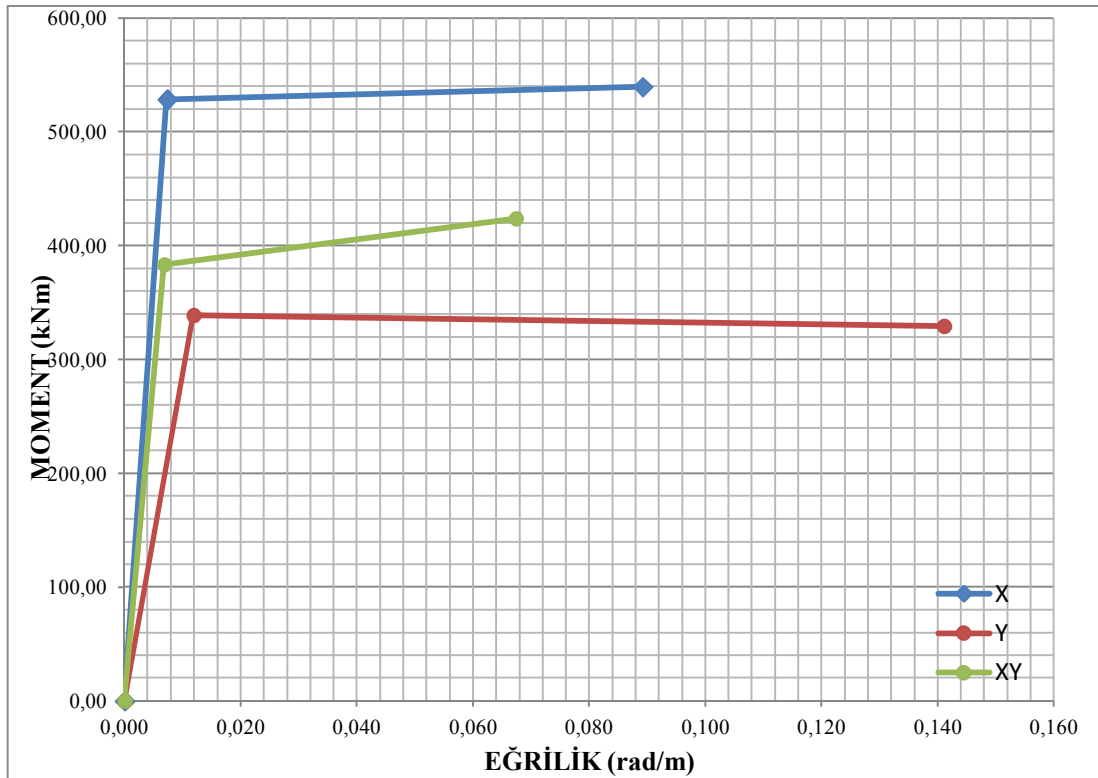
Şekil C.15: 5 Katlı bina S101 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=2666,71kN).



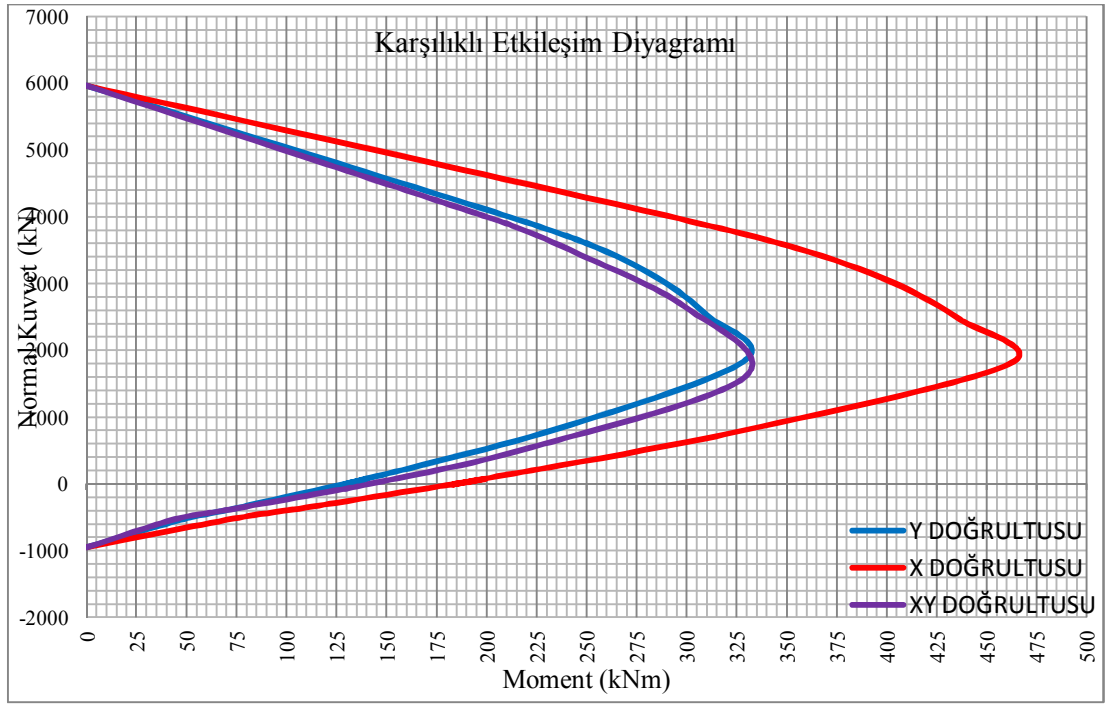
Şekil C.16: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.



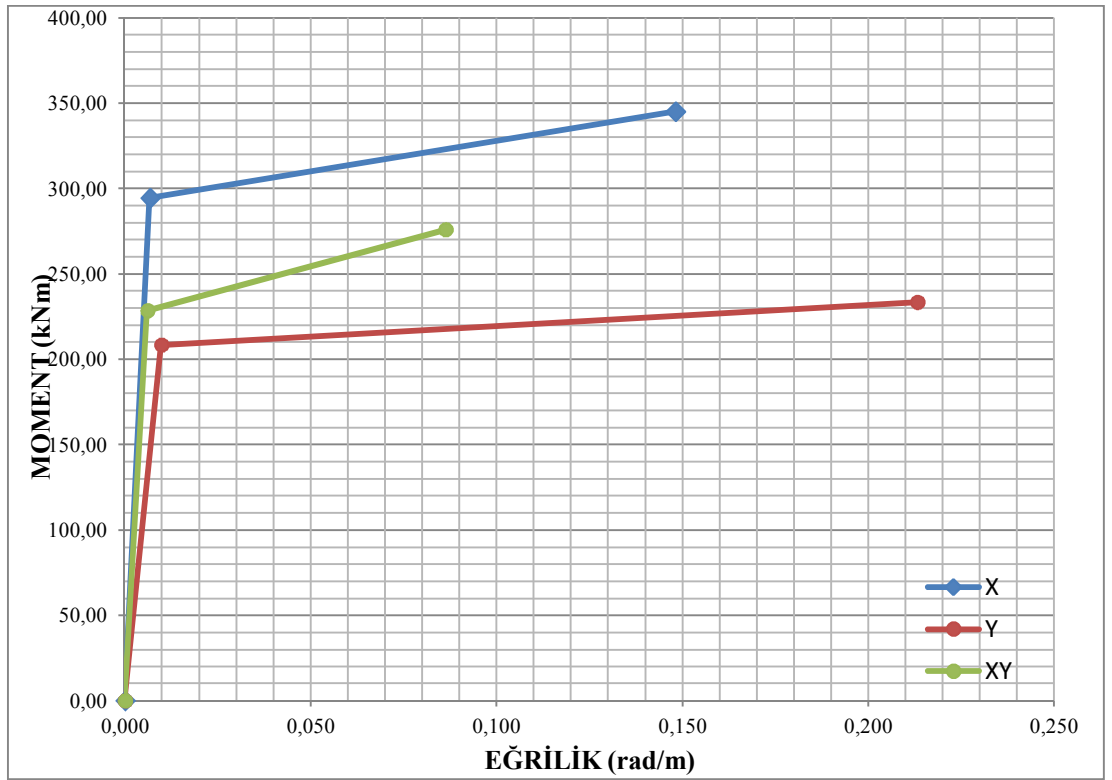
Şekil C.17: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=684,62kN)



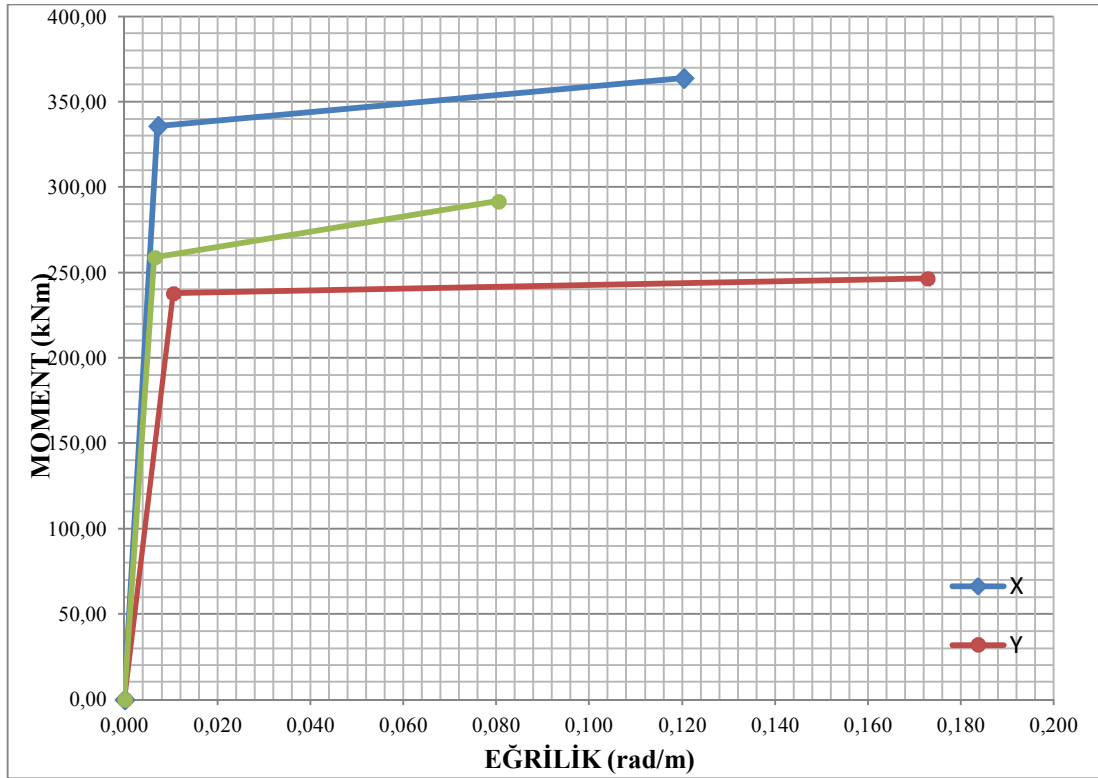
Şekil C.18: 5 Katlı bina S106 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=1369,25kN)



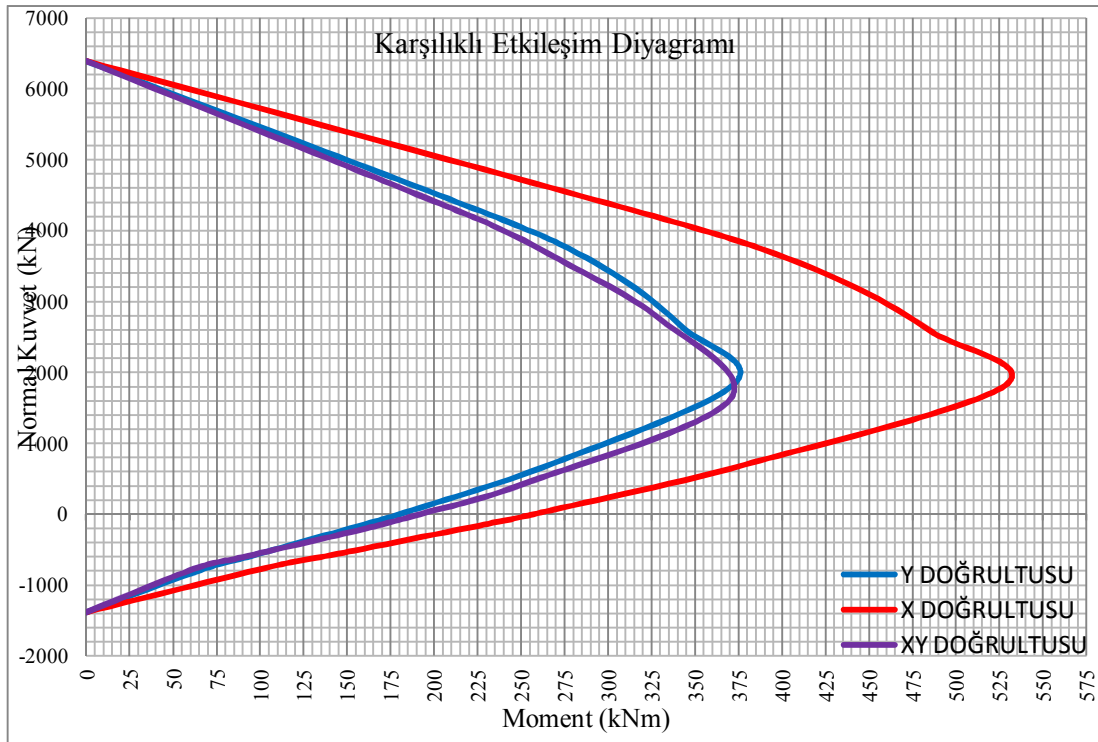
Şekil C.19: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi



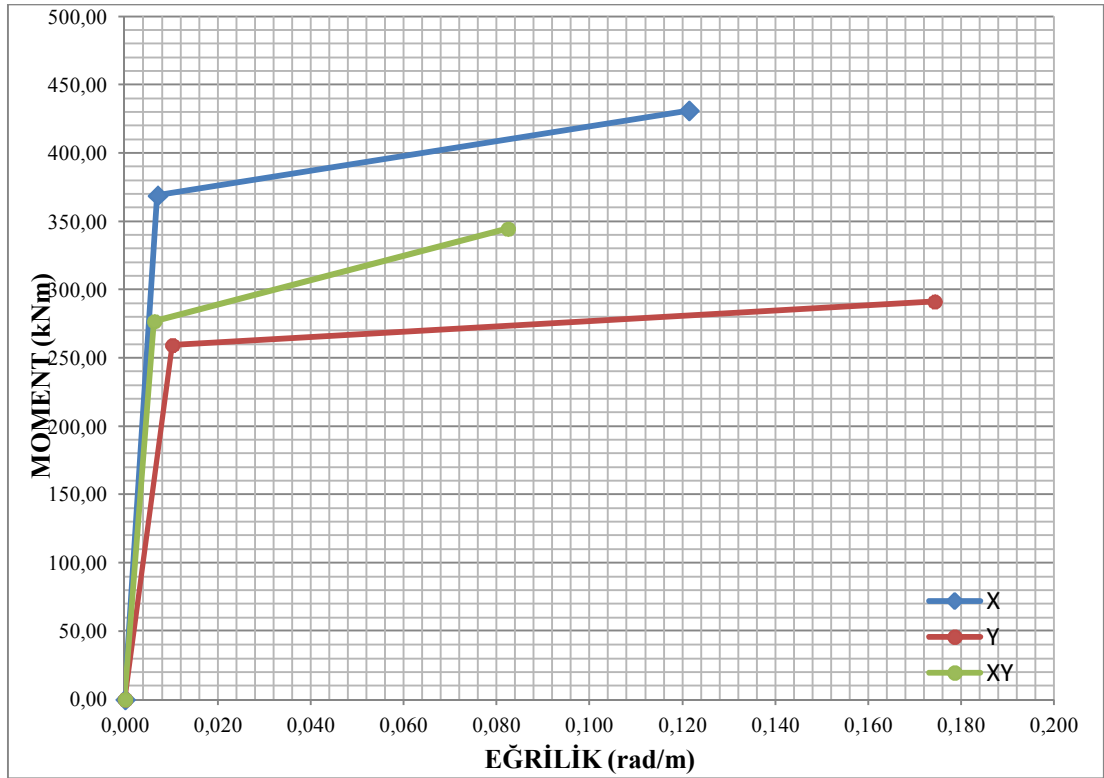
Şekil C.20: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=595,84kN).



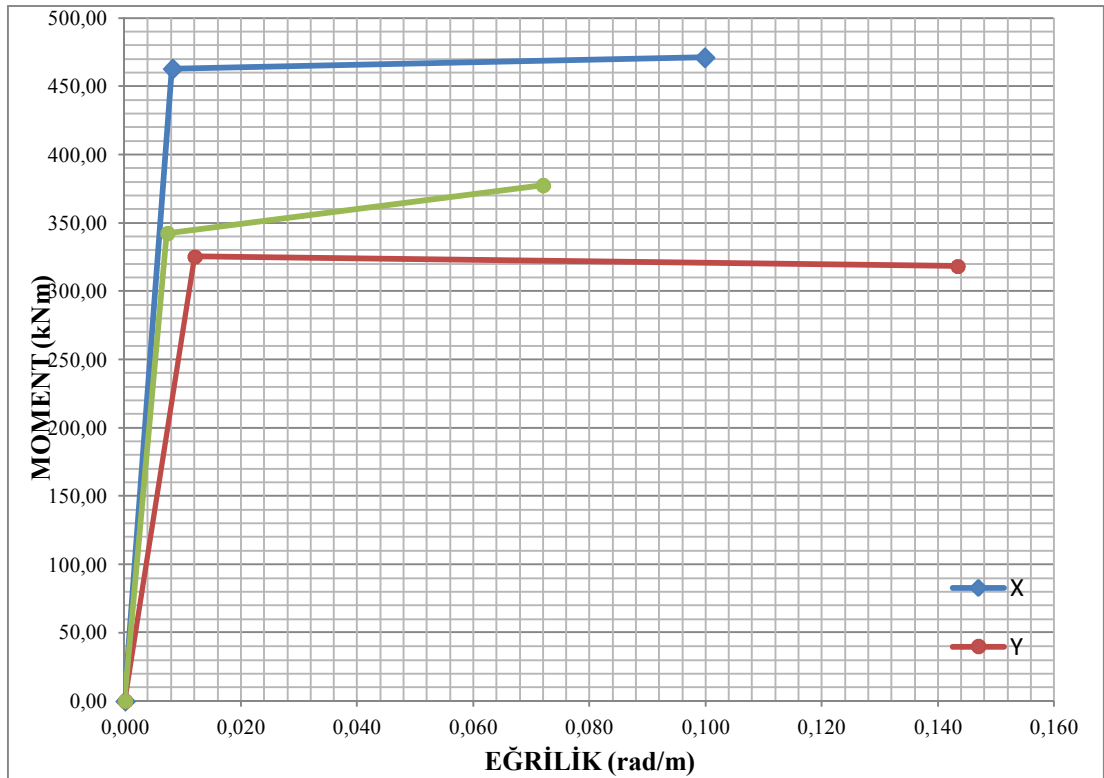
Şekil C.21: 5 Katlı bina S301 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=849,21kN).



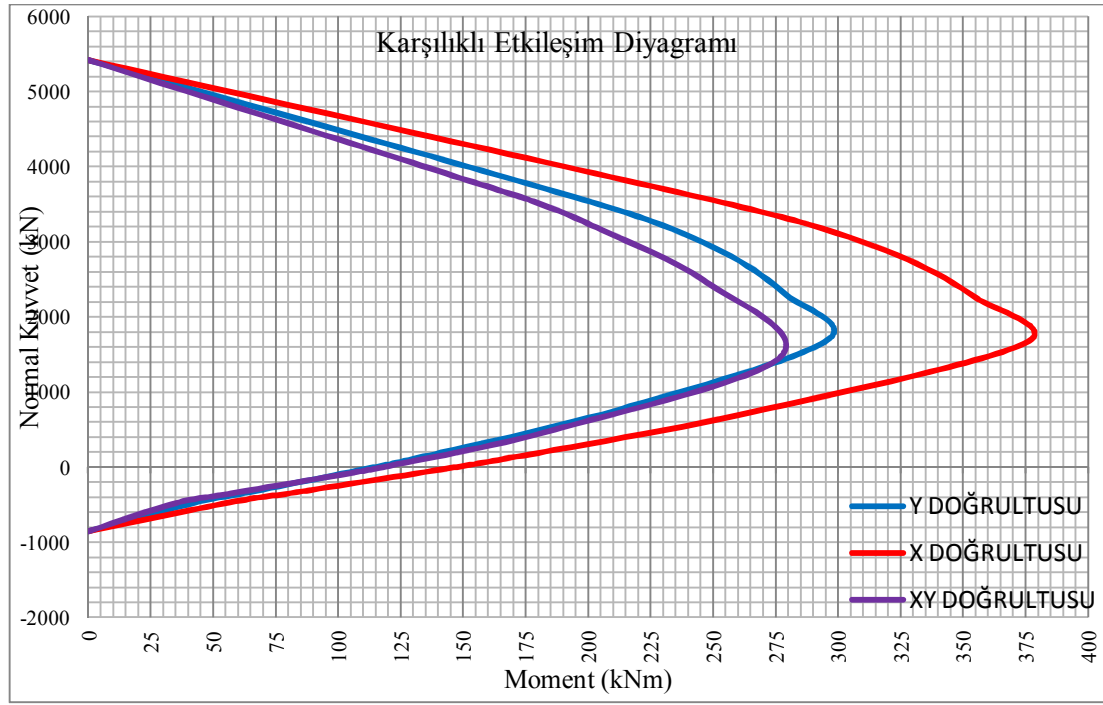
Şekil C.22: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi



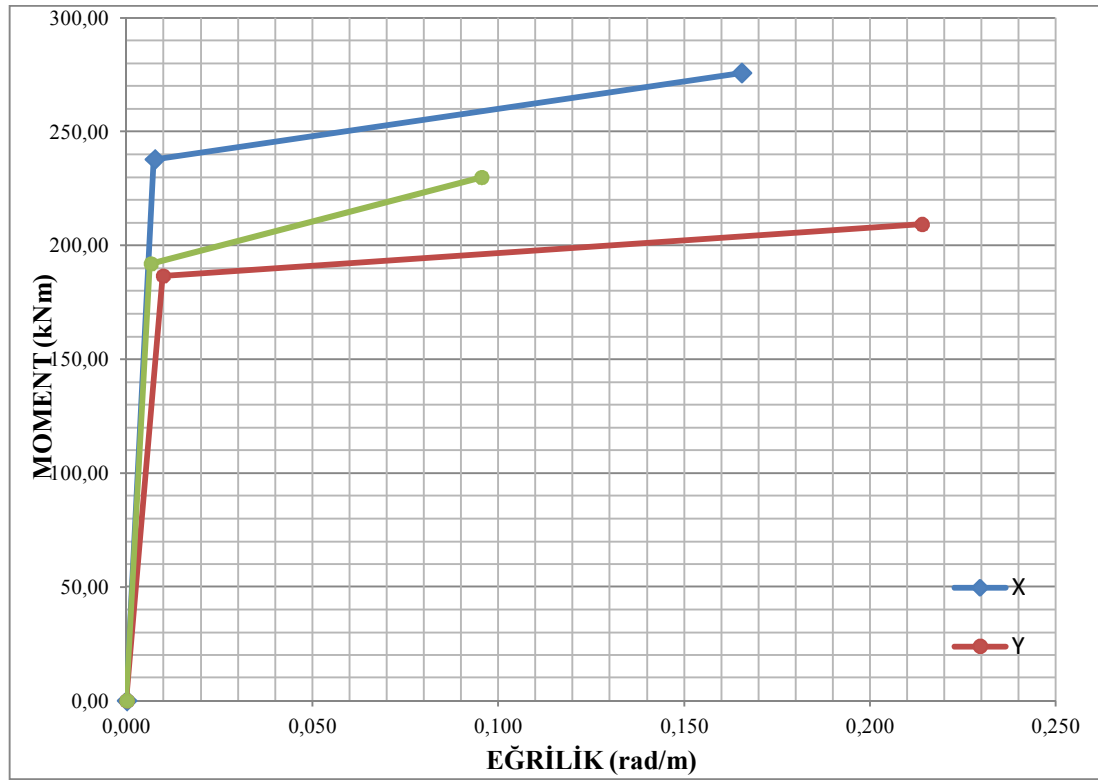
Şekil C.23: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=639,65\text{kN}$).



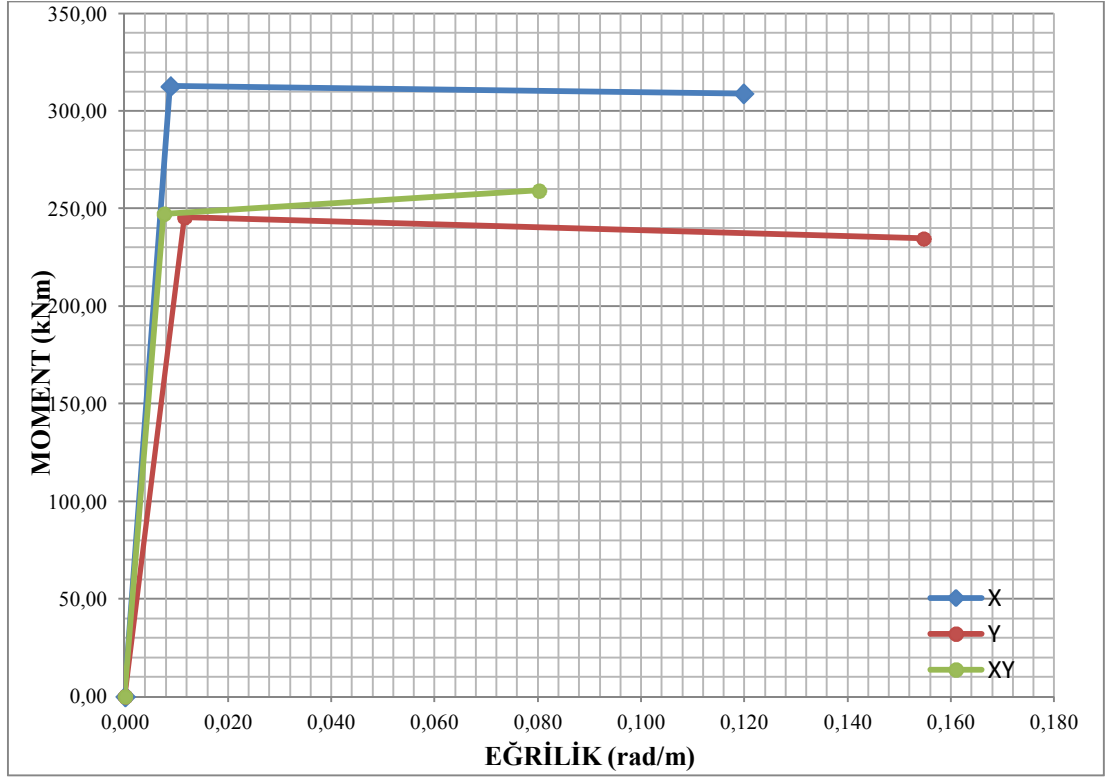
Şekil C.24: 5 Katlı bina S306 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1279,29\text{kN}$).



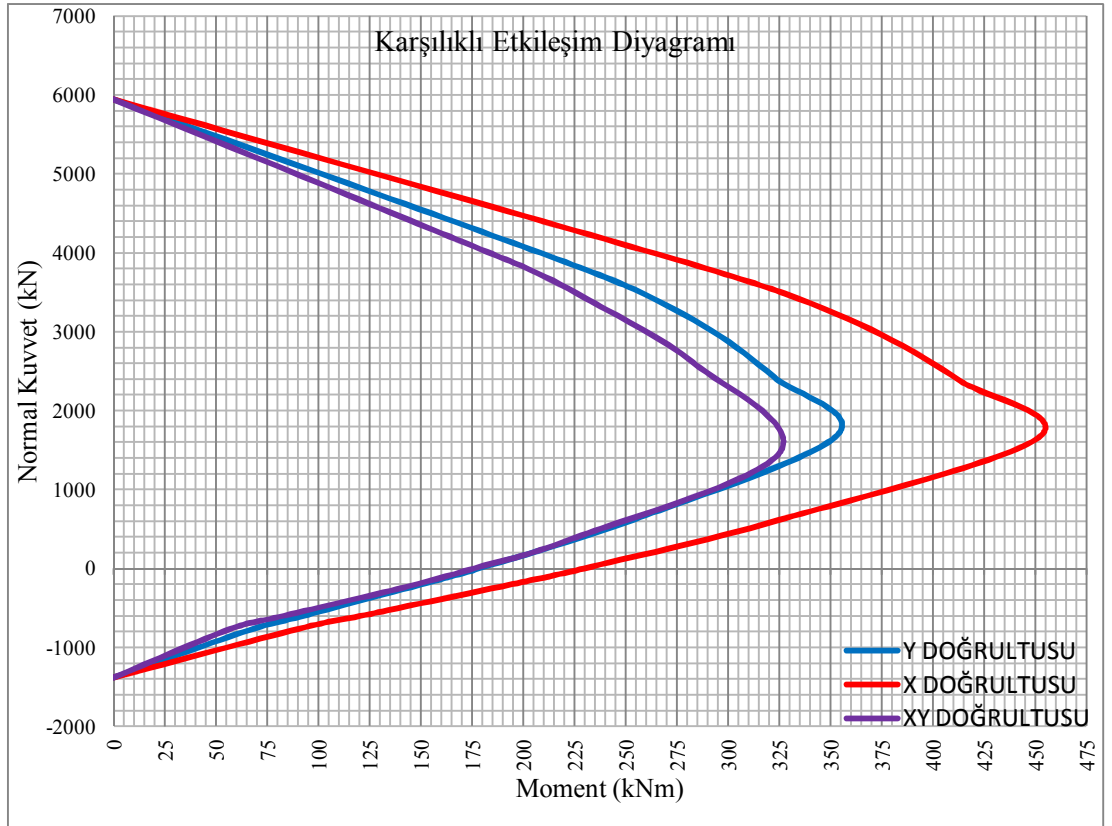
Şekil C.25: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.



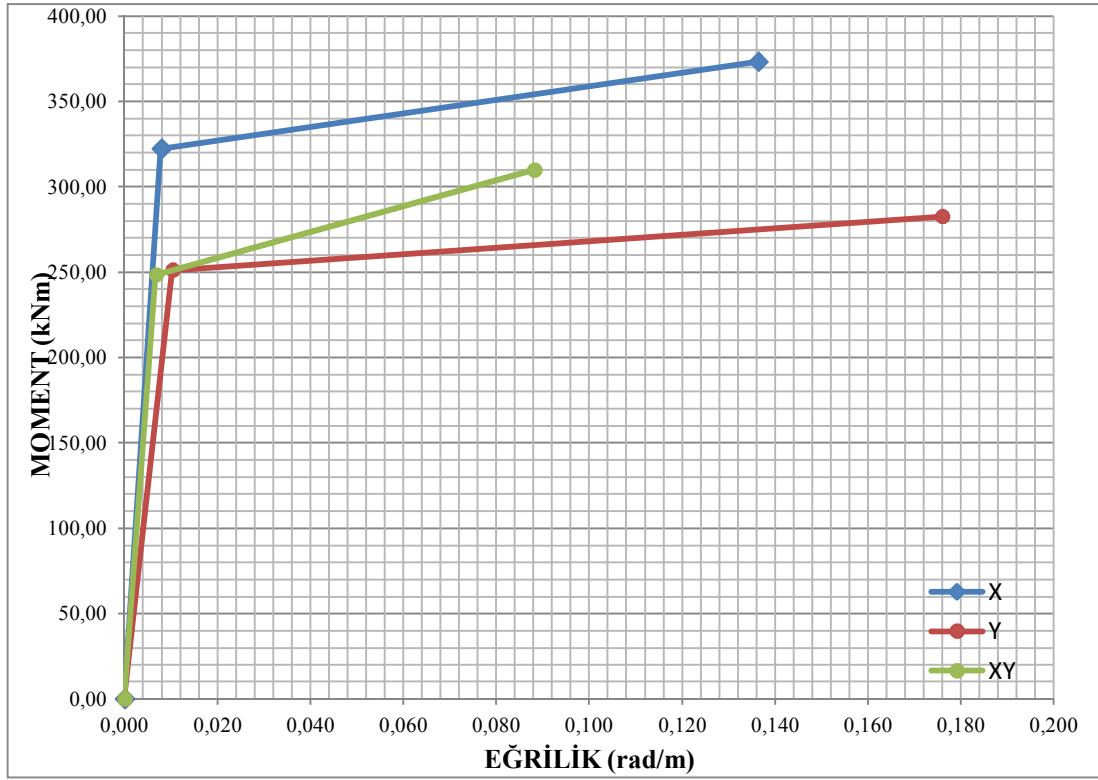
Şekil C.26: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=541,76kN).



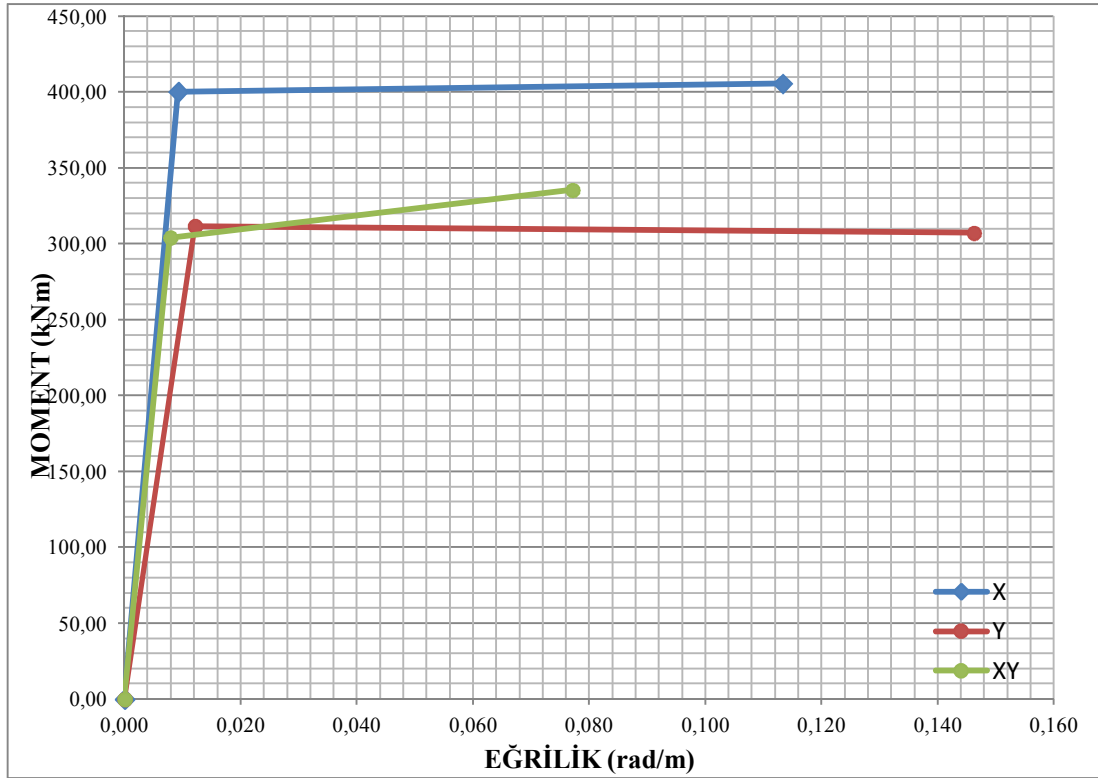
Şekil C.27: 5 Katlı bina S501 kolonu için moment eğrilik ilişkisi (P=1083,53kN).



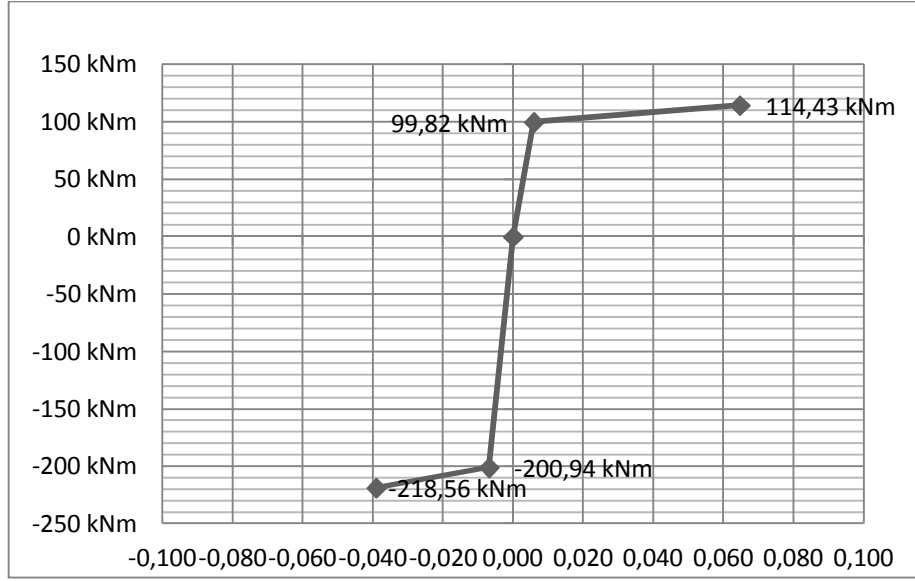
Şekil C.28: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi.



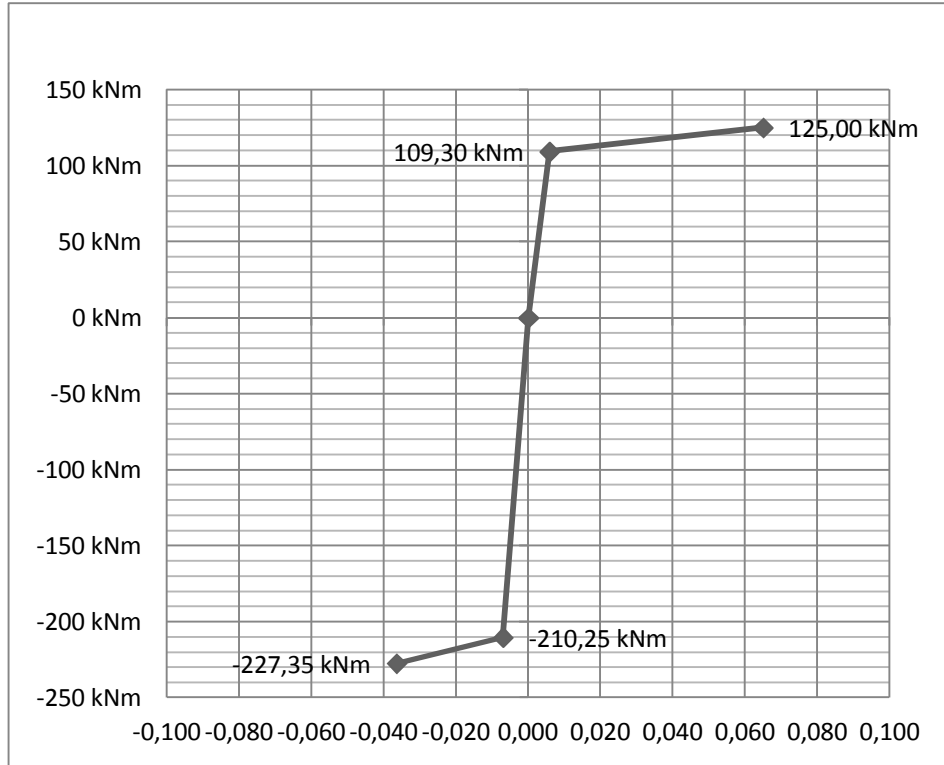
Şekil C.29: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=594,54\text{kN}$).



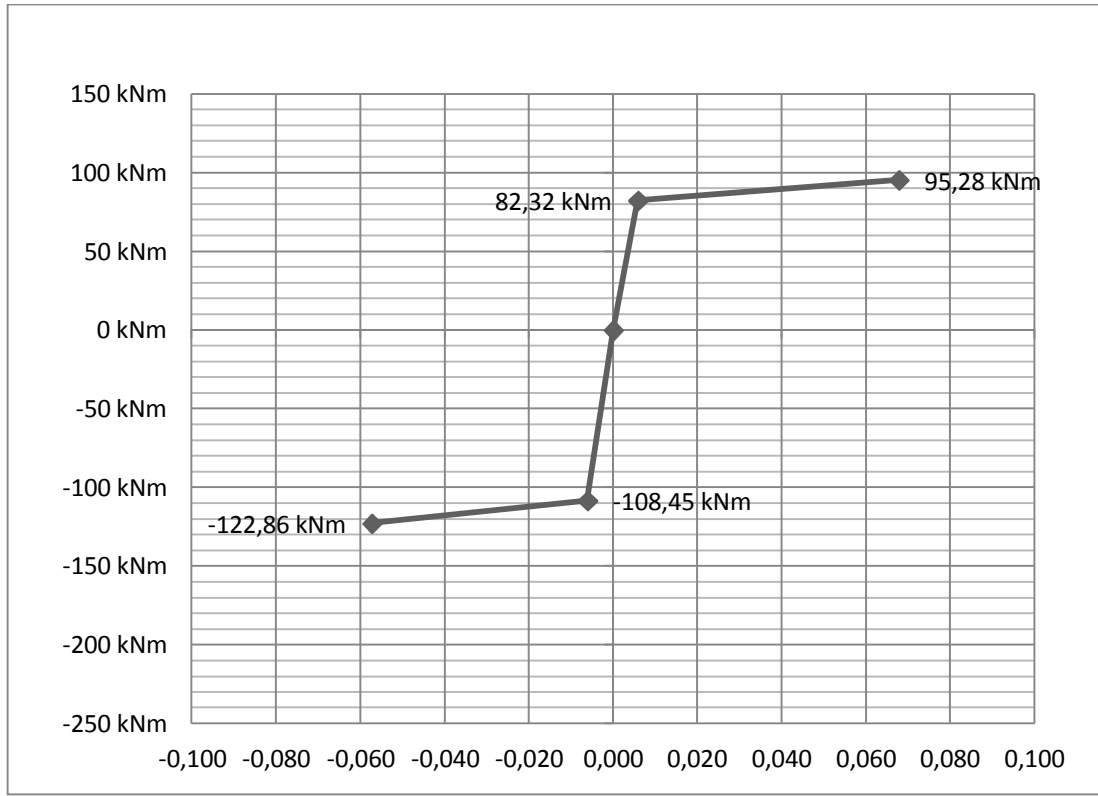
Şekil C.30: 5 Katlı bina S506 kolonu için moment eğrilik ilişkisi ($P=1189,08\text{kN}$).



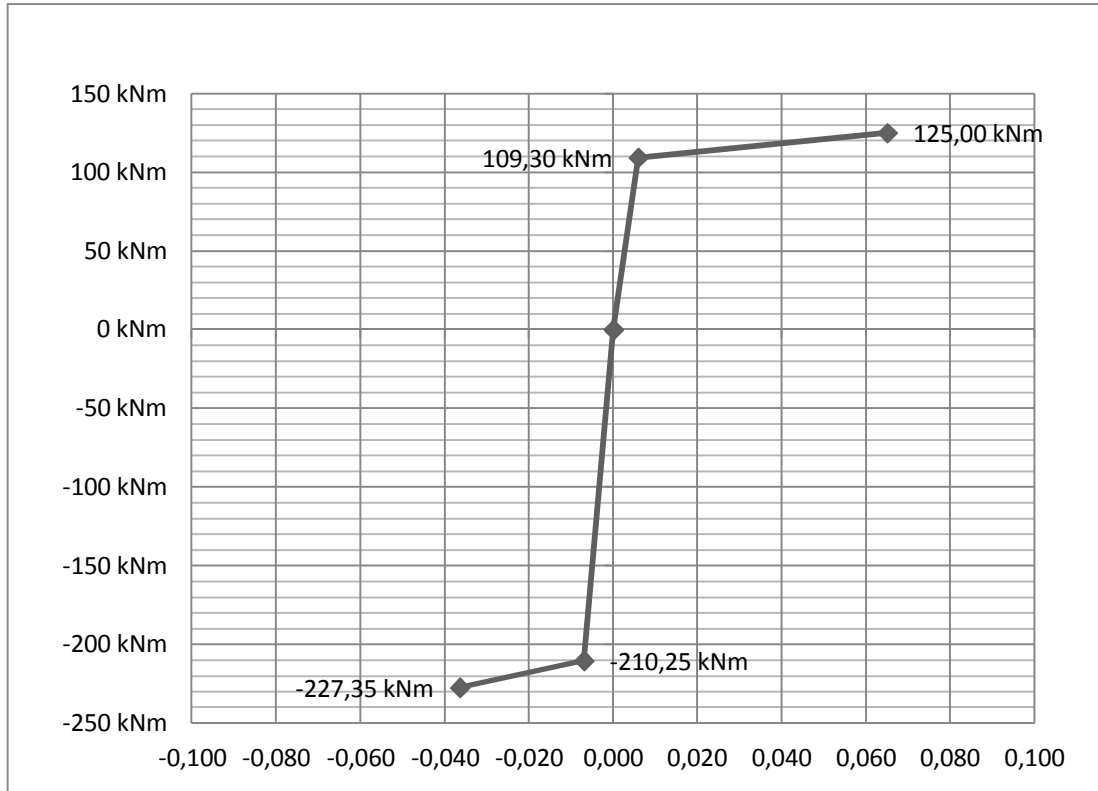
Şekil C.31: 3 Katlı bina K1001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi



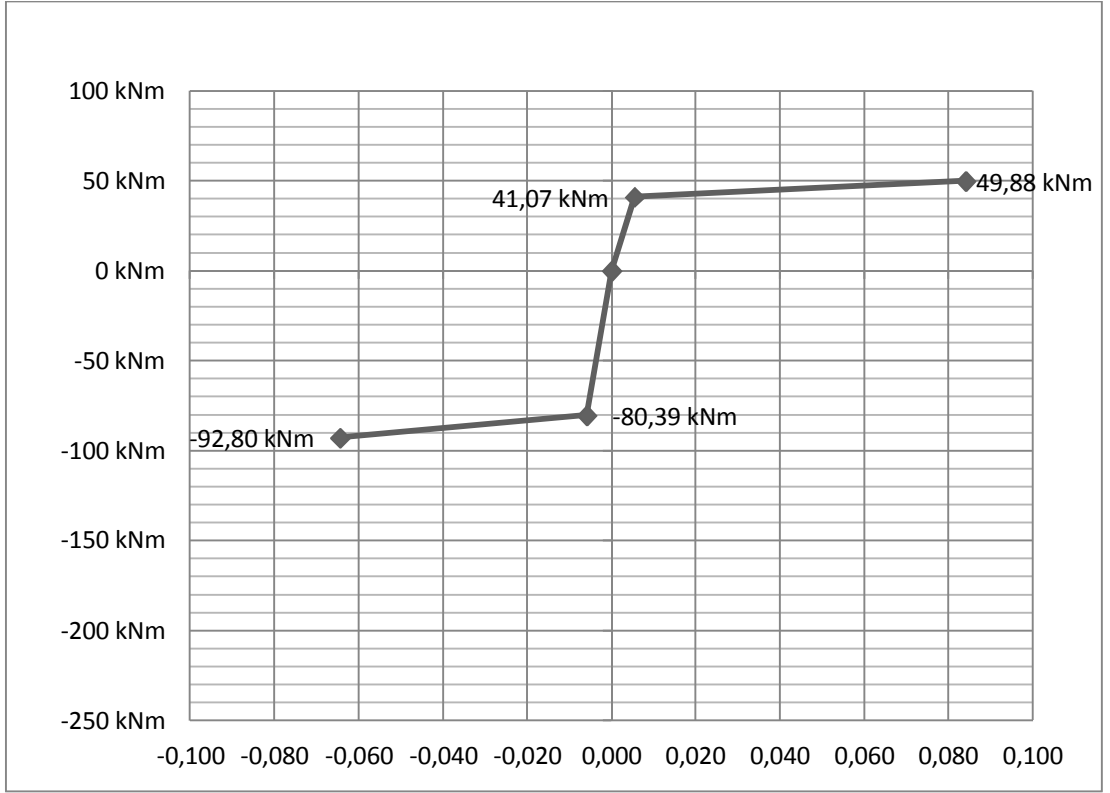
Şekil C.32: 3 Katlı bina K1001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi



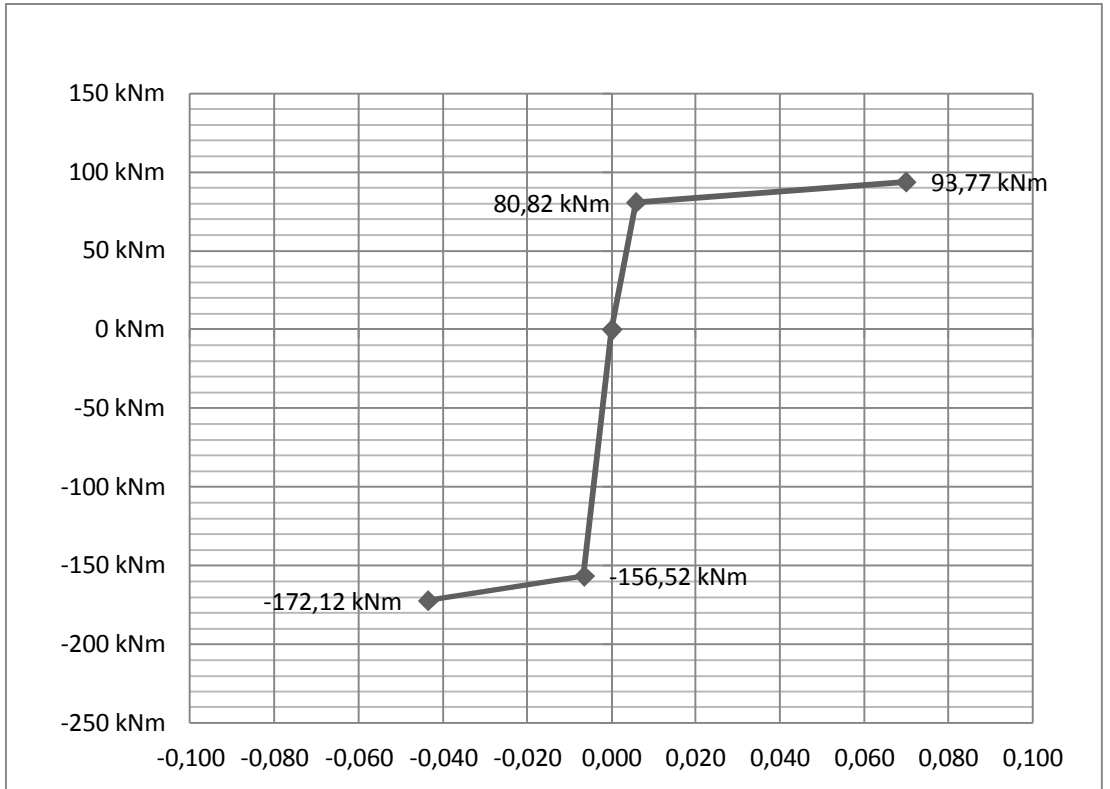
Şekil C.33: 3 Katlı bina K2001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi.



Şekil C.34: 3 Katlı bina K2001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi



Şekil C.35: 3 Katlı bina K3001 kirişi sol uç moment eğrilik ilişkisi



Şekil C.36: 3 Katlı bina K3001 kirişi sağ uç moment eğrilik ilişkisi

EK D**Çizelge D.1: 3 katlı bina kiriş donatıları.**

3 KATLI BİNA KİRİŞ DONATILARI														
KİRİŞ TİPİ	DÜZ DONATI		PİLYE		MONTAJ DONATISI		SOL MESNET ÜST İLAVE		SOL MESNET ALT İLAVE		SAĞ MESNET ÜST İLAVE		SAĞ MESNET ALT İLAVE	
	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)	AD.	ÇAP (mm)
K1001	2	14	2	14	2	14	1	18	1	18				
K1002	2	14	2	14	2	14								
K1003	2	14	2	14	2	14	1	16	1	16				
K1004	2	14	2	14	2	14								
K1005	2	14	2	14	2	14	1	16	1	16				
K1006	2	14	2	14	2	14								
K1007	2	14	2	14	2	14	1	20	1	16				
K1008	2	14	2	14	2	14								
K2001	2	14	2	14	2	14			1	14				
K2002	2	14	2	14	2	14								
K2003	2	14	2	14	2	14	1	14						
K2004	2	14	2	14	2	14								
K2005	2	14	2	14	2	14	1	14	1	14				
K2006	2	14	2	14	2	14								
K2007	2	14	2	14	2	14	1	16	1	16				
K2008	2	14	2	14	2	14								
K3001	2	12	2	12	2	12								
K3002	2	12	2	12	2	12								
K3003	2	12	2	12	2	12								
K3004	2	14	2	12	2	12								
K3005	2	14	2	12	2	12								
K3006	2	12	2	12	2	12								
K3007	2	14	2	12	2	12								
K3008	2	12	2	12	2	12								

Çizelge D.2: 5 katlı bina giriş donatıları.

5 KATLI BİNA KİRİŞ DONATILARI														
KİRİŞ TİPİ	DÜZ DONATI		PİLYE		MONTAJ DONATISI		SOL MESNET ÜST İLAVE		SOL MESNET ALT İLAVE		SAĞ MESNET ÜST İLAVE		SAĞ MESNET ALT İLAVE	
	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)	ADET	ÇAP (mm)
K1001	2	16	2	16	2	16	2	14	2	16			1	14
K1002	2	14	2	14	2	16								
K1003	2	16	2	16	2	16	2	16	2	16			1	14
K1004	2	14	2	14	2	16								
K1005	2	16	2	16	2	16	2	16	2	14			1	14
K1006	2	14	2	14	2	16								
K1007	2	16	2	16	2	16	2	20	2	16			1	14
K1008	2	14	2	14	2	16								
K2001	2	16	2	16	2	16	2	16	2	16			1	14
K2002	2	14	2	14	2	16								
K2003	2	16	2	16	2	16	2	18	2	16			1	14
K2004	2	14	2	14	2	16								
K2005	2	16	2	16	2	16	2	18	2	14			1	14
K2006	2	14	2	14	2	16								
K2007	2	16	2	16	2	16	2	20	2	16			1	14
K2008	2	14	2	14	2	16								
K3001	2	14	2	14	2	14	2	16	2	14				
K3002	2	14	2	14	2	14								
K3003	2	14	2	14	2	16	2	18	2	14	1	14	1	16
K3004	2	14	2	14	2	16								
K3005	2	14	2	14	2	14	2	18	2	14				
K3006	2	14	2	14	2	14								
K3007	2	14	2	14	2	16	2	18	2	14			1	14
K3008	2	14	2	14	2	16								
K4001	2	14	2	14	2	14	1	14	1	14				
K4002	2	14	2	14	2	14								
K4003	2	14	2	14	2	14	1	14	1	14			1	14
K4004	2	14	2	14	2	14								
K4005	2	14	2	14	2	14	1	14	1	14				
K4006	2	14	2	14	2	14								
K4007	2	14	2	14	2	16	1	14	1	14			1	14
K4008	2	14	2	14	2	16								
K5001	2	14	2	14	2	14								
K5002	2	14	2	14	2	14								
K5003	2	14	2	14	2	14								
K5004	2	14	2	14	2	14								
K5005	2	14	2	14	2	14								
K5006	2	14	2	14	2	14								
K5007	2	14	2	14	2	14								
K5008	2	14	2	14	2	14								

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Abdullah CENGİZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Aydın/17.02.1984

E-Posta: cengizab@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi