

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME
YAPILARIN PERFORMANS ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Najibullah AHMADI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Necati MERT

Aralık 2021

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP BETONARME YAPILARIN PERFORMANS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Najibullah AHMADI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 10/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Najibullah AHMADI

17.11.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, 24 saat kendisine ulaşabilmemin rahatlığını bana sunan, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi. Necati MERT'e ve Sakarya üniversitesinde görev yapan tüm hocalarıma ve tüm personele teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmam boyunca her türlü desteğini eksik etmeyen ve bana güvenen sabır gösteren değerli annem FATEMA RASHİDİ, abim ABDUL HAMİD AHMADİ ve aileme göstermiş oldukları sabırdan dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. İlgili Çalışmalar	2
BÖLÜM 2.	
PLANDA DÜZENSİZ OLAN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER.....	10
2.1. Planda Düzensizlik Şartları	10
2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Şartları	13
2.2.2. Binaların performans seviyeleri	15
2.2.3. Yatay elastik tasarım spektrumu	16
BÖLÜM 3.	
SAYISAL ANALİZİ	19
3.1. AFAD Zemin Parametreleri Raporu	19
3.2. Modellerin Özellikleri	21
3.2.1. Yapı elemanların boyutları	21
3.2.2. Yapı analizde kullanılan malzeme ve kombinasyonlar	21
3.2.3. Modellerin tanımlanması	22

3.2.4. Binada kullanılan beton ve çelik donatı malzemelerin tanımlanması	31
3.2.5. Kolon kesitlerinin tanımlanması	32
3.2.6. Kiriş kesitlerinin tanımlanması	34
3.2.7. Model analiz koşullarının tanımlanması	36
3.2.8. Düşey analiz koşullarının tanımlanması	37
3.2.9. Plastik mesnetlerin tanımlanması	37
3.2.10. Plastik mesnetlerin betonarme kolon ve kirişlerin etkili kesit sertliği	39
3.2.11. Sabit tek model itme analizi (pushover analysis) koşullarının tanımlanması	40
BÖLÜM 4.	
BULGULAR	43
4.1. Periyotların Karşılaştırılması	43
4.1.1. Performans noktalarının tespiti	44
4.1.2. Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması	55
4.1.3. Tepe yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti eğrilerinin karşılaştırılması	59
4.1.4. Kat deplasmanlarının karşılaştırılması	76
4.1.5. Modellerde oluşan kesme kuvvetleri	79
4.1.6. Plastik mafsallar	81
BÖLÜM 5.	
SONUÇ	90
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASCE	: Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
F1	: 1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
Fs	: Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
g	: Yerçekimi İvmesi ($g= 9.81 \text{ m/s}^2$)
G	: Sabit Yüklerin Toplamı (kN)
GÖ	: Göçmenin önlenmesi
H	: Kat Yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
IBC	: Uluslararası Bina Kodu
K	: Kar Yükü
KH	: Kontrollü hasar
KK	: Kesintisiz kullanım
Ö	: Ölü Yükü
Q	: Hareketli Yüklerin Toplamı (kN)
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R _a (T)	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
RC	: Betonarme
S(T)	: Spektrum Katsayısı
S1	: 1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı
S _{ae} (T)	: Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi (g)
SD1	: 1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S _{de} (T)	: Yatay Elastik Tasarım Spektral Yerdeğiştirmesi (m)
SDs	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
SH	: Sınırlı Hasar
Ss	: Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı

T	: Binanın Doğal Titreşim Periyodu (s)
TA	: Yatay Elastik Tasarım İvme Sepktrum Köşe Periyodu (s)
TB	: Yatay Elastik Tasarım İvme Sepktrum Köşe Periyodu (s)
TBDY 2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
ZC	: Zemin sınıfı



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. A1 burulma düzensizliği	11
Şekil 2.2. A2 türü düzensizlik durumu	12
Şekil 2.3. A3 türü düzensizlik durumu	12
Şekil 2.4. B3-taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının düzensizliği	14
Şekil 2.5. TBDY 2018'e göre bina performans seviyeleri.....	15
Şekil 2.6. Yatay elastik tasarım spektrumu	17
Şekil 2.7. Yatay elastik spektral yer değiştirmeleri	17
Şekil 3.1. İncelenen binalar için belirlenen konum haritası	20
Şekil 3.2. İncelenen binalar için belirlenen konum noktası	20
Şekil 3.3. Referans modelin 3 boyutlu görünümü.....	23
Şekil 3.4. Referans modelin kalıp planı	24
Şekil 3.5. Model 1'in 3 boyutlu görünümü	24
Şekil 3.6. Model 1'in kalıp planları	25
Şekil 3.7. Model 2'in 3 boyutlu görünümü	26
Şekil 3.8. Model 2'in kalıp planları	27
Şekil 3.9. Model 3'in 3 boyutlu görünümü	28
Şekil 3.10. Model 3'in kalıp planları	29
Şekil 3.11. Model 4'in 3 boyutlu görünümü	30
Şekil 3.12. Model 4'in kalıp planları	31
Şekil 3.13. Beton ve çelik donatı malzemelerin özelliklerinin tanımlanması.....	32
Şekil 3.14. Doğrusal olmayan analiz için beton ve çelik malzemelerin özelliklerinin tanımlanması	32
Şekil 3.15. Kolon kesitinin çeliği göre tanımlanması (60x40cm).....	33
Şekil 3.16. Kolon etriye donatılarının tanımlanması	33
Şekil 3.17. Kolon moment eğrisinin tanımlanması	34
Şekil 3.18. Kiriş kesitinin tanımlanması (40x45cm).....	35

Şekil 3.19. Kiriş etriye donatılarının tanımlanması	35
Şekil 3.20. Kiriş moment eğrilik eğrisinin tanımlanması,	36
Şekil 3.21. Model analiz koşullarının tanımlanması.....	36
Şekil 3.22. Statik artımsal doğrusal olmayan düşey analizin tanımlanması	37
Şekil 3.23. Kolonlara ve kirişlere mafsallara atama işlemleri	38
Şekil 3.24. Kirişin arttırılmış dönme kapasiteleri	38
Şekil 3.25. Kolonun arttırılmış dönme kapasiteleri	39
Şekil 3.26. SAP2000'de eklenen etkin kesit sertliği katsayısı, (1) kirişlerin sertlik katsayısı, (2) kolonların sertlik katsayısı.....	40
Şekil 3.27. Push X analizinin tanımlanması	41
Şekil 3.28. Push Y analizinin tanımlanması.....	41
Şekil 4.1. 10 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.2. 10 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.3. Yatay elastik tasarım spektrumu	45
Şekil 4.4. Yatay elastik spektral yer değiştirmeler	45
Şekil 4.5. Referans modelin yer değiştirme belirlenmesi	46
Şekil 4.6. TBDY 2018'e göre bina performans seviyeleri.....	47
Şekil 4.7. Referans modelin kapasite diyagramı.....	48
Şekil 4.8. Model. 1'in yer değiştirme belirlenmesi.....	48
Şekil 4.9. Birinci modelin kapasite diyagramı	50
Şekil 4.10. Model. 2'in yer değiştirme belirlenmesi.....	50
Şekil 4.11. İkinci modelin kapasite diyagramı.....	51
Şekil 4.12. Model. 3'in yer değiştirme belirlenmesi.....	52
Şekil 4.13. Üçüncü modelin kapasite diyagramı.....	53
Şekil 4.14. Model. 4'in yer değiştirme belirlenmesi.....	54
Şekil 4.15. Dördüncü modelin kapasite diyagramı	55
Şekil 4.16. 10 Katlı modellerin X doğrultusunda göreceli kat ötelemelerinin karşılaştırılması	57
Şekil 4.17. 10 Katlı modellerin Y doğrultusunda göreceli kat ötelemelerinin karşılaştırılması	59
Şekil 4.18. Referans modelin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi.....	60
Şekil 4.19. Referans modelin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	61

Şekil 4.20. Model birin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	62
Şekil 4.21. Model birin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	62
Şekil 4.22. Model ikinin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	63
Şekil 4.23. Model ikinin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	64
Şekil 4.24. Model üçün (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi.....	65
Şekil 4.25. Model üçün (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	65
Şekil 4.26. Model dördün (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	66
Şekil 4.27. Model dördün (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	67
Şekil 4.28. Modellerin (X) doğrultusundaki itme (pushover) Eğrileri.....	67
Şekil 4.29. Modellerin (X) doğrultusundaki kapasite diyagramları.....	68
Şekil 4.30. Referans modelin (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi.....	69
Şekil 4.31. Referans modelin (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	69
Şekil 4.32. Model birin (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	70
Şekil 4.33. Model birin (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	71
Şekil 4.34. Model ikinin (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	72
Şekil 4.35. Model ikinin (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	72
Şekil 4.36. Model uçun (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi.....	73
Şekil 4.37. Model uçun (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	74
Şekil 4.38. Model dördün (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi	75
Şekil 4.39. Model dördün (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı	75
Şekil 4.40. Modellerin (Y) doğrultusundaki itme (pushover) Eğrileri.....	76
Şekil 4.41. Modellerin (Y) doğrultusundaki kapasite diyagramları.....	76
Şekil 4.42. 10 Katlı modellerin kat deplasmanları karşılaştırılması	77
Şekil 4.43. 10 Katlı modellerin kat deplasmanları karşılaştırılması	78
Şekil 4.44. 10 Katlı modellerin taban kesme kuvvetlerin karşılaştırılması.....	80
Şekil 4.45. 10 Katlı modellerin katlar arası kesme kuvvetlerin karşılaştırılması....	80
Şekil 4.46. Referans modelin X yönündeki plastik mafsalları (3 Boyutlu görünüş)	82
Şekil 4.47. Referans modelin X yönündeki plastik mafsalları (kesit görünüşü).....	82
Şekil 4.48. Model 1'in X yönündeki plastik mafsalları (3 Boyutlu görünüş).....	83
Şekil 4.49. Model 1'in X yönündeki plastik mafsalları (kesit görünüşü)	83
Şekil 4.50. Model 2'in X yönündeki plastik mafsalları (3 Boyutlu görünüş).....	84

Şekil 4.51. Model 2'in X yönündeki plastik mafsalları (kesit görünüşü)	84
Şekil 4.52. Model 3'in X yönündeki plastik mafsalları (3 Boyutlu görünüş).....	85
Şekil 4.53. Model 3'in X yönündeki plastik mafsalları (kesit görünüşü)	85
Şekil 4.54. Model 4'in X yönündeki plastik mafsalları (3 Boyutlu görünüş).....	86
Şekil 4.55. Model 4'in X yönündeki plastik mafsalları (kesit görünüşü)	86
Şekil 4.56. Taslak bir kapasite eğrisi üzerinde performans mesafelerinin gösterilmesi	88



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Plan ve düşey doğrultuda düzensizlik şartları.....	10
Tablo 2.2. Kısa periyot alanı için yerel zemin etki katsayıları.....	18
Tablo 2.3. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	18
Tablo 3.1. AFAD Zemin Parametreleri Raporu.....	19
Tablo 3.2. Tüm modellerin genel parametreleri.....	22
Tablo 3.3. Deprem parametreleri	22
Tablo 3.4. Referans modelin kiriş ve kolon boyutları.....	24
Tablo 3.5. Model.1'in kiriş ve kolon boyutları	26
Tablo 3.6. Model.2'in kiriş ve kolon boyutları	28
Tablo 3.7. Model.3'in kiriş ve kolon boyutları	30
Tablo 3.8. Model.4'in kiriş ve kolon boyutları	31
Tablo 3.9. Kolonun kesitlerinin mevcut çelik donatı adetleri	33
Tablo 3.10. Kirişin kesitlerinin mevcut çelik donatı adetleri	34
Tablo 3.11. Betonarme elemanların etkin sertlik katsayıları.....	39
Tablo 4.1. 10 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması (sn).....	43
Tablo 4.2. Elastik davranış spektrumunun elde edilmesi	44
Tablo 4.3. Referans modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme.....	47
Tablo 4.4. Birinci modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme.....	49
Tablo 4.5. İkinci modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme.....	51
Tablo 4.6. Üçüncü modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme.....	53
Tablo 4.7. Dördüncü modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme.....	54

Tablo 4.8. Modellerin (X) yönünde görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması	
$\Delta i(\text{mm})$	56
Tablo 4.9. Modellerin (Y) yönüne görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması	
$\Delta i(\text{mm})$	58
Tablo 4.10. Referans modelin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	60
Tablo 4.11. Model birin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	61
Tablo 4.12. Model ikinin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	63
Tablo 4.13. Model üçün (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	64
Tablo 4.14. Model dördün (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	66
Tablo 4.15. Referans modelin (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	68
Tablo 4.16. Model birin (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	70
Tablo 4.17. Model ikinin (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	71
Tablo 4.18. Model üçün (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	73
Tablo 4.19. Model dördün (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi	74
Tablo 4.20. Modellerin X yönünde Kat Deplasman Kontrolü (mm)	77
Tablo 4.21. Modellerin Y yönünde Kat Deplasman Kontrolü (mm)	78
Tablo 4.22. Modellerin katlar arası kesme kuvveti (ton)	79
Tablo 5.1. Model 4'in S4B ve K5D kolonlardaki moment kesme kuvveti ve normal kuvveti karşılaştırılması	92

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Planda düzensizlikler, Doğrusal olmayan analiz, Performans değerlendirmesi, Betonarme yapı.

Bu çalışmada, betonarme yapılarda düzenli bir referans modelinden farklı 4 model oluşturularak elde edilen düşey düzensizlik durumunun yapısal davranışı incelenmiştir. Betonarme yapılarda düşey elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler nedeniyle depremden dolayı ciddi hasar veya çökmeler oluşmaktadır. Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılar ve gelen yükleri kirişler üzerinden kolonlara iletir. Ayrıca diyafram özelliği nedeniyle yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara dağılımı döşemeler tarafından yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında toplam beş adet 10 katlı betonarme yapı modeli, ayrı ayrı tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Referans modeli, 30x30m toplam 900m² taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik olmayan düzenli bir yapı sistemine sahiptir. Referans modelden oluşturulan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır. Tüm modeller, zemin katta 3,2 metre, normal katlara 3 metre kat yüksekliğine sahip olmak üzere 10 katlı betonarme çerçeve sistemlerdir. Modellerde 1. derece deprem bölgesi ve ZC zemin sınıfı dikkate alınmıştır. Tüm modellerin analizinde SAP2000 sonlu elemanlar analiz programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde düşey süreksizliğe sahip betonarme yapı modellerinde konut ve işyeri binaları için hedeflenen Kontrollü Hasar (Can Güvenliği) hedefine ne ölçüde ulaşıldığı araştırılmıştır. Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, tezin tanımı ve amacı, konuyla ilgili literatür çalışmaları ve çalışmada geçerli kabuller giriş olarak açıklanmıştır. İkinci bölümde çalışmanın ana konusunu oluşturan düzensizlik durumları özetlenmiştir. Üçüncü bölümde hazırlanan yapı modelleri üzerinden elde edilen sayısal değerler belirtilmiş ve modellerin tanımlanması, malzeme özelliklerinin tanımlanması, deprem parametreleri, özetlenmiştir. Dördüncü bölümde, Analizden elde edilen sonuçlar; grafik ve çizelgeler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

PERFORMANCE ANALYSIS OF CONCRETE STRUCTURES WITH VERTICAL IRREGULARITY

SUMMARY

Keywords: Irregularities in the plan, Non-linear analysis, Performance evaluation, Reinforced concrete structur.

In this thesis, the structural behavior of the vertical irregularity situation obtained by creating 4 different models from a regular reference structure model in reinforced concrete structures was investigated. In reinforced concrete structures, serious damage or collapse occurs due to earthquakes due to irregularities caused by the discontinuity of vertical elements. The slabs mainly meet the vertical loads and transmit the incoming loads to the columns via the beams. In addition, due to the diaphragm feature, the distribution of horizontal loads to the vertical load-bearing elements is made by the slabs. Within the scope of this study, a total of five 10-storey reinforced concrete building models were designed and analyzed separately. The reference model has a symmetrical and regular structure system with a total floor area of 30x30m and a total floor area of 900m², with 6 spans in the x and y axes. The floor areas of the 4 models created from the reference model have been reduced in different ways and each model has its own unique irregularities. All models are 10-storey reinforced concrete frame systems with a floor height of 3.2 meters on the ground floor and 3 meters on normal floors. 1st degree earthquake zone and ZC soil class are taken into account in the models. SAP2000 finite element analysis program was used in the analysis of all models. In the analyzes carried out, it has been investigated to what extent the Controlled Damage (Life Safety) target for residential and office buildings has been achieved in reinforced concrete building models with vertical discontinuity. The thesis work consists of four parts. In the first part, the definition and purpose of the thesis, literature studies on the subject and valid assumptions in the study are explained as an introduction. In the second part, the irregularity situations, which constitute the main subject of the study, are summarized. In the third chapter, the numerical values obtained from the building models prepared are specified and the definition of the models, the definition of the material properties, the earthquake parameters are summarized. In the fourth chapter, the results obtained from the analysis; presented in comparison with graphs and charts.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Depremler tarih boyunca dünyanın hemen her yerinde en beklenmedik ve yıkıcı afetlerden biri olmuştur. Depremlerin neden olduğu bina yıkılmasının sonucunda çok sayıda can kaybı ve maddi zararlar görüldüğü açıktır. Dünyadaki binaların çoğu metal ve beton malzemelerden oluşuyor, ancak beton binaların kullanım süresince depreme karşı dayanıklılığı ve yapılışında malzemelerin kolayca temin edilmesi, beton binaların önemli kılan unsurlardan kolon, kiriş ve döşemelerden oluşması bu tür binaların tercih sebeplerindendir. Yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışları üzerine birçok akademik çalışma yapılmıştır. Ancak depremlerle ilgili en iyi bilgiyi meydana gelen depremlerden alıyoruz. Her yıkım bize bu doğal felakete karşı almamız gereken yeni bir önlemi öğretir. Özellikle son zamanlarda ülkemiz başta olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde depremin doğada meydana gelen ancak deprem yüklemesi altında büyük hasara neden olan yapısal düzensizliklerin neden olduğu hasarlar tasarım aşamasında dikkat çekmeyecek şekilde gösterilmiştir. Bu tez çalışmada, betonarme yapılarda düzenli bir referans yapı modelinden farklı 4 model oluşturularak elde edilen düşey düzensizlik durumunun yapısal davranışı incelenmiştir. Betonarme yapılarda düşey elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler nedeniyle depremde dolayı ciddi hasar veya çökmeler oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında toplam beş adet 10 katlı betonarme yapı modeli, ayrı ayrı tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Referans modeli, 30x30m toplam 900m² taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik olmayan düzenli bir yapı sistemine sahiptir. Referans modelden oluşturulan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır. Model 1’de bakıldığında referans modeli gibi aynı taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, düzensiz bir yapı sistemine sahiptir. İlk dört kat düzenli şekilde tasarlanmıştır dördüncü kattan sonra A ve G akslarındaki kolon ve kirişler aksların aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak üç kat modellenmiştir ve yedinci kattan sonra B ve F akslarındaki kolon ve kirişler aksların

aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak üç kat modellenmiş ve bu şekilde model bir de düşey düzensizlikler oluşturulmuştur. Model 2’de bakıldığında bu model de diğer modeller gibi aynı taban alanına sahip olup, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik ve düzensiz bir yapı sistemine sahiptir. Zemin + 1 kattan sonra G aksındaki kolon ve kirişler, (F-G) aks aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak bu şekilde iki kat (3 , 4) katlar modellenmiştir. 5’in kattan itibaren 10’in kata kadar dahildir. C ve F akslarındaki kolon ve kirişler ile (C-D) (D-E) (E-F) akslarındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak yeni düşey düzensizlikler oluşturulmuştur. Model 3’te bakıldığında katları farklı şekillerde azaltılmıştır ikinci kattan sonra üçüncü ve dördüncü kata kadar 7 ve G akslarındaki kolon ve kirişler, (7-6) ve (F-G) aks aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak bu şekilde iki kat (3 , 4) katlar modellenmiştir. 5’in kattan itibaren 10’in kata kadar dahil olacaktır. 3 ve C akslarındaki kolon ve kirişler ile (C-D) (6-5) ve (D-E) (5-4) ve (E-F) (4-3) akslarındaki kiriş ve döşemeleri kaldırılarak yeni düşey düzensizlikler oluşturulmuştur. Model 4 'te bakıldığında referans model olarak tasarlanmış ve bu modelde 5'in kattan sonra altıncı ve yedinci katlarında iki taraftan X ve Y yönden Y yönden iki aks yani (5-4) (4-3) ve X yönünden dört aks yani (B-C) (C-D) (D-E) (E-F) aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak düşey düzensizlik oluşturulmuştur.

1.1. İlgili Çalışmalar

(Ulucan & Alyamaç, 2008) yaptıkları çalışmada, çok katlı A3 düzensizliği olan yapıların deprem etkisi altında SAP2000 Programı ile doğrusal olmayan yapısal analizi katı ve elastik diyafram modelleri kullanılarak incelenmiştir. Düzensiz yapıların durumunu belirlemek için doğrusal olmayan analizlerle tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir. Analizin sonunda elde edilen sonuçlar tablolarla gösterildi ve seçilen kolonların kesme kuvvetleri için rijit ve elastik diyafram modelleri ile karşılaştırıldı. Yapılan analize göre her iki modelde A3 düzensizlik içeren yapılarının analizinde kullanılabileceği görüldü. Elde edilen sonuçlar rijit ve elastik diyafram modelleri için benzerdir [1].

(Mwafy, et al., 2014) çalışmalarında, farklı performans seviyelerine sahip düzensiz yüksek binaların güvenlik marjını değerlendirmektedir. BAE’de gerçekleştirilen bu çalışmada , orta derecede sismisiteye sahip, düzensiz olarak güçlendirilmiş yüksek katlı betonarme yapıları tanımlamak için bir vaka çalışması olarak seçildi. Sonuçlar, dikey rijitlik veya geometrik düzensizlik bakımından farklılık gösteren iyi tasarlanmış yüksek binaların güvenlik marjlarının, çeşitli performans seviyelerinde geleneksel emsallerinden daha düşük olmadığını göstermektedir. Kod önerilerine uygun olarak tasarımda benimsenen olağanüstü güç faktörüne rağmen, sonuçlar, yanal / zayıf zemin kuvveti düzensizliğine sahip düşük marjlı bir güvenlik marjı ve sismik kayıpları azaltmak için azaltma stratejilerine duyulan ihtiyacı içerir. Bu bina sınıfından beklenti doğrular. Deprem yoğunluğunun farklı seviyelerinde düzensizliklerin farklı özelliklerine sahip bir dizi referans yapısının esnek olmayan sismik tepkisini araştıran bu sistematik çalışmanın sonuçları, düzensiz yüksek binalar için modern sismik kodların tepkisinin gösterdiğini göstermektedir [2].

(İrtem, 2007) çalışmasında Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (TDY-2007) gerekli önlemleri alınarak antalya bölgesinde nadir görülen düzensiz yapılarda taşıyıcı sistemin maliyetindeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre boyutlandırılan betonarme yapının beş farklı durumu yapısal düzensizliklerin yapı davranışları ve taşıyıcı sistemin maliyetine etkileri incelenmiştir [3].

(Ark., 2005) çalışmasında betonarme yapılarda yumuşak kat düzensizliği ve dolgu duvarları, örnekler üzerinde statik itme analizleri yapılarak deprem davranışına etkileri, yapıların yatay deplasmanları, kapasite eğrileri, görelî kat deplasmanları, katlardaki maksimum plastik dönme ve sistemdeki plastikleştirilmiş kesitlerin dağılımını incelemiş ve Yapıların deprem davranışındaki değişiklikleri bu sonuçlara göre yorumlanmış [4].

(İnan & Korkmaz, 2012) yaptıkları çalışmada, (TDY-2007) Türkiye Deprem Yönetmeliği esasına dayanarak dikey yöndeki yapısal düzensizlikler ve literatürde açıklanan çözüm önerilerini, detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca, deprem

sonrasında sıkça görülen kısa kolon etkisi, zayıf kolon kuvvetli kiriş ve çarpma etkisi incelenmiştir. Sel ve sundurma olmayan bir bina ile çok katlı düzensizlik katsayıları karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir. Çalışma temel olarak mimari tasarım sürecinde dikey yapısal düzensizliklere neden olan koşulları göz önüne alınarak bulundurmaya amaçlanmaktadır [5].

(Shelke , 2017) çalışmasında farklı dikey düzensizlikleri olan bir yapının sismik tepkisi üzerindeki etkileriyle ilgilidir. Projenin esas amacı dikey düzensiz RC yapının tepki spektrumu analizini (RSA) yapmaktır. Analiz sonuçlarının birbiriyle karşılaştırılması ve düzenli yapıya sahip düzensiz yapıların tasarımı yapılmıştır. Kütle , sertlik ve dikey geometri düzensizliği olmak üzere üç tip düzensizlikler belirlenmiştir. Kütle düzensizliği olan yapıların, normal yapılara göre daha büyük taban kayması yaşadığı fark edilmiştir. Sert düzensizliği olan yapılar daha az taban kayması yaşayarak ve katlar arasında daha büyük sapmalara görülmüştür. İlgili düğümlerdeki geometri düzensiz yapının zaman geçmişi analizinden elde edilen mutlak yer değiştirmelerin, üst katlar için düzenli bina durumunda olduğundan daha büyük olduğu, ancak her iki yapıda da alt katlara yer değiştirmelerine geçerken yavaş yavaş birleşme eğilimi gösterdiği bulunmuştur. Düşük sertlik, üst katların daha çok yer değiştirmesine sebep olur [6].

(Mustafa, 2017) yaptığı araştırmada, 36x36m plan boyutları olan ve her iki yönde 6 açıklığı olan 8 katlı düzenli bir betonarme bina ile +, C, O, H, $\perp$, L ve Z gibi farklı düzensizliklere sahip olan 24 adet düzensiz bina araştırılmıştır. Yapılar, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmiştir ve hem doğrusal hem dinamik olmayan statik analizler ile değerlendirildi. Analiz için üç boyutlu yapısal modellerden yararlanılmıştır. Düzenli ve düzensiz binalar için kapasite eğrileri, kat deplasman değişimi ve çatı yer değiştirmesi, taban kesme kuvveti zaman ilişkisi hesaplandı. Sonuçların analizi, planda düzensizliği olan binaların kapasitesini azaltmasından dolayı, düzenli yapının planda düzensiz yapılara kıyasla fazla kapasiteye sahip olduğu saptandı. Düzensizlik miktarı çok olan yapıdan daha olumsuz sonuçlar elde edildi. Ayrıca, binaların yer değiştirmesinin, özellikle çatı seviyesinde düzensizliğin türüne ve miktarına duyarlı olduğu gözlemlenmiştir [7].

(J, et al., 2013) yaptıkları araştırmada RC yapılarındaki başarısızlığın önemli bir nedeni, deprem veya yapısal düzensizlikler tarafından üretilen çerçeve binaların burulma tepkisidir. Sismik hükümler genellikle üç amaç ile deprem hareketlerine maruz kalan yeni binaların tasarımı ve inşası için standartlar belirlenir: (i) her türlü yapı ile ilişkili yaşam riskini azaltmak, (ii) önemli bir kamu tehlikesi olan binaların beklenen performansını özel kullanım nedeniyle artırmak ve (iii) temel tesislerin depremden sonra çalışma yeteneğini artırmak [8].

(Çelik, 2009) araştırmasında, betonarme yapı sistemlerinin analizinde daha gerçekçi sonuçlar veren doğrusal olmayan analiz yönteminden biri olan statik itme analizini araştırılmıştır. Bu yöntem kullanarak yapıların deprem etkisi altındaki yapısal davranışı, dinamik analiz sonucu elde edilen değerler deprem güvenliği açısından değerlendirilmiş, deprem güvenliği sonucunda yetersiz yapıların güçlendirmesi konusunda bilgi verilmiştir. [9].

(İrtem, et al., n.d.) çalışmalarında, yumuşak kat düzensizlik, Türk Deprem Yönetmeliği (TEC) uyarısı gereği tasarlanarak betonarme yapıların performansına etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu amaç kapsamında, 3 boyutlu betonarme bir binanın sabit yerçekimi ve sürekli artımlı yanal deprem ağırlıkları altında, maddi ve geometrik olarak doğrusal olmayan teoriye göre analiz edilerek (itme analizi) kapasite eğrilerinden sonuç alınmış ve TEC tarafından tanımlanmış ve yalnızca yumuşak kat düzensizliği olan ve bu düzensizlikten kurtulan yapılardır. Sonrasında, Kapasite Spektrum Yöntemi ile yapıların performans seviyeleri farklı sismik tehlike seviyelerine göre doğrusal olmayan statik analiz süreçleriyle belirlenmiştir. Yumuşak kat düzensizliğe sahip yapılar için TEC tarafından öngörülen performans hedefleri kuramları yapılmadığı belirlenmiştir [10].

(Stefano & Pintucchi, 2007) araştırmalarında sismik araştırma konusundaki gelişme plan ve dikey düzensizliği olan yapıların tepkisine genel bir bakış sunmaktadır. Üç araştırma anketiyle yapılmıştır. İlk olarak, düzensizliğin etkileri tek katlı ve çok katlı bina modelleri olarak incelenmesi. İkinci alan, pasif kontrolü, baz izolasyonu ve diğer cihaz türleri aracılığıyla, burulma etkilerini hafifletme stratejisi olarak içerir. Son

olarak, üçüncü alan dikey olarak düzensiz binalar ve çöktürme binaları ile ilgilidir. Alandaki uzmanlar arasında artan ilgiyi göstermek için yüksek binalarda öncekilere nazaran daha az olmasına rağmen bu son alanda bildiriler yayınlanmış olup, bu durum, araştırma uğraşlarını ve düzensizliğin sismik davranışına doğru ilerlemeyi kapsamlı olarak bildirmektedir [11].

(Men, et al., 2008) çalışmalarında, dikey olarak güçlendirilmiş betonarme çerçeve yapıların planlanması için kırılabilirlik analizi yöntemine odaklanmaktadır. Katlar arası katı kesme dayanımı katsayısı, doğrusal olmayan dinamik analiz ve doğrusal regresyon kullanılarak dikey tasarım yapıları için bir kırılabilirlik değişkeni olarak seçildi, sismik tepki aşırı duyarlılık performansının üstesinden gelindi ve yeni bir kırılabilirlik analizi yöntemi Düzensiz dikey çerçeve yapıları tanıtıldı. Bina tipindeki deprem sistemleri örneği için iki tip birim model, iki tip histerik model ve kırık deprem kaydı seçilmiştir. Böylece, düzensiz betonarme çerçeveler için, eleman malzemelerine, taşıyıcı sistemlere, sayısal simülasyon modellerine ve deprem hareketlerine yeterli belirsizlik katan yüz yirmi yapısal sismik sistem örneği elde edilmiştir. Beton bir çerçeve yapısının sismik performansı Silahlı dikey olarak düzensiz olarak ayrıntılı olarak değerlendirildi. Düşük şiddette giriş depreminde kırılabilirlik eğrilerinin daha ani olduğu ve yapısal dayanım seviyelerinden güçlü bir şekilde etkilendiği sonucuna varılmıştır [12].

(Barbude, et al., 2017) çalışmalarında betonarme çerçeveli dikey düzensiz binaların sismik performanslarının kısa ve özet bir derlemesi sunulmuştur. Betonarme yapıların sismik performansını İŞ kodu 1893'e göre orta topraklar için değerlendirmek için kapasite tayfi yöntemi (CSM) kullanılmaktadır [13].

(Das & Nau, 2003) yaptığı çalışmalarında, çeşitli dikey düzensizlikler için düzensiz yapıların tanımını incelemektir sertlik, kuvvet, kütle ve yapısal olmayan duvar dolgularının varlığından dolayı. Ayrıntılı parametrik bir çalışma için, kümeler arası sağlamlık, dayanım ve kütle oranlarına sahip 78 binadan oluşan bir yapı göz önünde bulundurulmuştur. Düşünülen yanal kuvvet dirençli sistemler (LFRS) özel moment dirençli çerçevelerdir (SMRF). Bu LFRS, ELF prosedüründen elde edilen güçlere

dayalı olarak tasarımı yapılmıştır. Bu tasarlanmış yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizlerinden elde edilen sonuçlar, bu çalışmada ele alınan yapıların çoğunun, tasarım depremine maruz kaldığında iyi sağlamlık performansı göstermektedir. Bu nedenle, eşdeğer yanal kuvvet sürecinin uygulanabilirliği üzerindeki kısıtlamalar, düşünülen bazı dikey düzensizlik türleri için gereksiz yere muhafazakardır [14].

(Güler1, et al., 2007) araştırmalarında, İki komşu kat için çevre üzerindeki sütunların çakışmayan uzunlamasına eksenleri nedeniyle meydana gelen bu tür düzensizlik, genellikle zemin kısmında ve birinci katlarda bulunur. Yukarıda adı geçen iki kat içindeki bu süreksiz sütunlar, iki ofset sütunu arasındaki kornişlerle birbirine bağlandığı için, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi gibi son deprem olaylarında, bu sistemlerde sık sık hasar veya başka deyişle kısmı bir çökme gözlenmektedir. Önceki 1975 Deprem Yönetmeliği göz önüne alınarak tasarlanan altı katlı bir yapı, SAP 2000 ve ZEUS-NL yazılımları kullanılarak 3D olarak modellenmiştir. Her x ve y yönünün her biri için 3B itme analizi yapılır ve statik itme analizine dayanan kapasite tayfi yöntemi mevcut yapısal sistemin performans seviyelerini elde etmek için kullanılır. Güçlendirilmiş sistem de benzer şekilde analiz edilir ve talep ve kapasite eğrilerine göre performans değerlendirmesi yapılır. Ayrıca, karşılaştırmalar detaylı bir şekilde yapılmış ve tartışılmıştır [15].

(Faruk, 2016) çalışmasında, SAP2000 Yapısal Analiz programı ile modellenen birbirlerine bitişik yapılar, dinamik davranışı Deprem Yönetmeliğinde belirtilen dikey düzensizlikleri olan çarpışmalar esnasında incelenmiştir. El Centro (1940) depremine göre oluşabilecek yer değiştirme ve çarpma kuvvetleri analiz edildi. Sonuçlar, düzensizliği olmayan binalarla karşılaştırıldı ve sismik çarpma işleminin dikey düzensizliklere sahip yapılar üzerindeki yıkıcı etkilerinin belirlenmesi için yapıldı [16].

(Emre, 2007) çalışmasında, 2007 depremine göre deprem yükü etkisinde olan ve B3 (Düşey Yapı Elementlerinin Süreksizliği) tipi düzensizliğe sahip 7 katlı betonarme bir konut yapısının davranışı araştırılmıştır. Bu tür düzensizliklere sahip yapılar hakkında

incelemeler ve düzenlemeler detaylandırılmıştır. Gerçekçi neticeler ortaya çıktığı için, yapının kornetlerinin dikey ve yanal yüklerin tüm etkisi altında analiz edilmesinde Strut ve Kravat Modeli dikkate alınmakta, bu da korsenin donatı tasarımının en yetersiz sonuç göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir. Binanın deprem yükü etkisindeki performansını belirlemek için, yeni Türk Depremine Dayanıklı Tasarım Kodunda tanımlanan itici analiz yöntemi, doğrusal olmayan statik analiz yöntemi seçilmiştir. Performansa dayalı tasarım ve performans amaçları detaylı olarak açıklanmaktadır. Yapısal analiz için ETABS bilgisayar programı kullanılmış ve inceleme sonuçlarına bağlı olarak kapasite eğrisi ve talep spektrumu incelenmiş ve yapının performans noktası hesaplanmıştır [17].

(De Stefano & Mariani, 2014) yaptıkları çalışmalarda, Yatay düzensizlikler, deprem etkisi altında başarısızlıklarının çoğalmasının en önemli faktörlerinden biridir. Önceki depremler aslında yapısal karakteristiklerin asimetrik dağılımına veya düzensiz düzenlemesi olan sismik talepte bir artışa maruz kaldığını ve daha büyük arızalar ortaya çıkardığını göstermektedir. Genellikle iki temel sınıfa ayrılmaktadır yatay ve dikey düzensizlikler. Birinci tür, bina yanal yüklere maruz kaldığında burulma etkilerinde önemli bir artış oluşturarak asimetrik plan gücü, kütle ve rijitlik dağılımları ile ilişkilidir. İkinci tür, yapının yüksekliği boyunca genellikle tam katlarda sismik talepte bir artışa yol açan yapısal ve geometrik özelliklerdeki farkı gösterir [18]

(Mustafa, 2017) çalışmasında, düzensiz çerçevelerin deprem reaksiyonunun analizi karmaşıktır ve doğrusal olmayan ve esnek olmayan tepki nedeniyle normal yapılardan daha zordur. Dinamik doğrusal olmayan analiz prosedürü, bu sorunları çözmek için en iyi seçenektir çünkü güçlü depreme yapısal tepkinin daha gerçekçi modellerini sunar ve deprem performansının daha güvenilir bir değerlendirmesini sağlar. Diğer yöntemler Bununla birlikte, böyle bir yaklaşım çoğu pratik uygulama için uygun değildir [19].

(Oğuz kağan, et al., 2020) çalışmalarında, (TBDY-2018) göre mevcut bir betonarme yapının deprem performansı, doğrusal olmayan analiz yöntemi olan sabit tek modlu itme yöntemi ile belirlenmiştir. Binanın taşıyıcı sistemi SAP2000 Yapısal Analiz

programı ile modellenmiştir. Modellenen bu yapının statik artımsal itme analizleri (pushover) yapılmış ve kesitlerin yeterliliği kontrol edilmiştir. elde edilen analizler sonucunda verilere göre elemanların kesit hasarları belirlenmiştir. Belirlenen kesit hasarları kullanılarak binanın deprem performansı TBDY 2018 doğrultusunda onaylanmıştır [20].



BÖLÜM 2. PLANDA DÜZENSİZ OLAN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER

“Türk Deprem Yönetmeliği” TBDY 2018 Düzensizliği olan betonarme taşıyıcı sistemlerin düşey yöndeki düzensizlikler ve plandaki düzensizlikler olarak iki bölümde incelenir. Yönetmelikte herhangi bir düzensizlik olması durumunda çözüm önerileri açıklanmıştır. Düzenlemede, yatay yönde A düzensizlikleri düşey yönde B düzensizlikleri kısaltma ile gruplandırılmıştır. Binaların düzensiz durumları Tablo 2.1.’de belirlenmiştir. (TBDY, 2018)

Tablo 2.1. Plan ve düşey doğrultuda düzensizlik şartları

Düzensiz şartları	Düzensizlik isimleri
Planda düzensizlik şartları	A1 Burulma düzensizliği
	A2 Döşeme düzensizliği
	A3 Planda çıkıntılarının varlığı
Düşey doğrultuda düzensizlik şartları	B1 Komşu katlar arasında dayanım düzensizliği
	B2 Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği
	B3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının düzensizliği

2.1. Planda Düzensizlik Şartları

Plandaki düzensizlikler Yönetmelikte üç farklı düzensizlik türü tanımlanmıştır. Bu düzensizlikler aşağıdaki listede gösterilmiştir.

1. A1 burulma düzensizliği
2. A2 döşeme süreksizliği
3. A3 planda çıkıntılar bulunması olmak üzere üçe ayrılmıştır.

2.1.1.1. A1 burulma düzensizliği

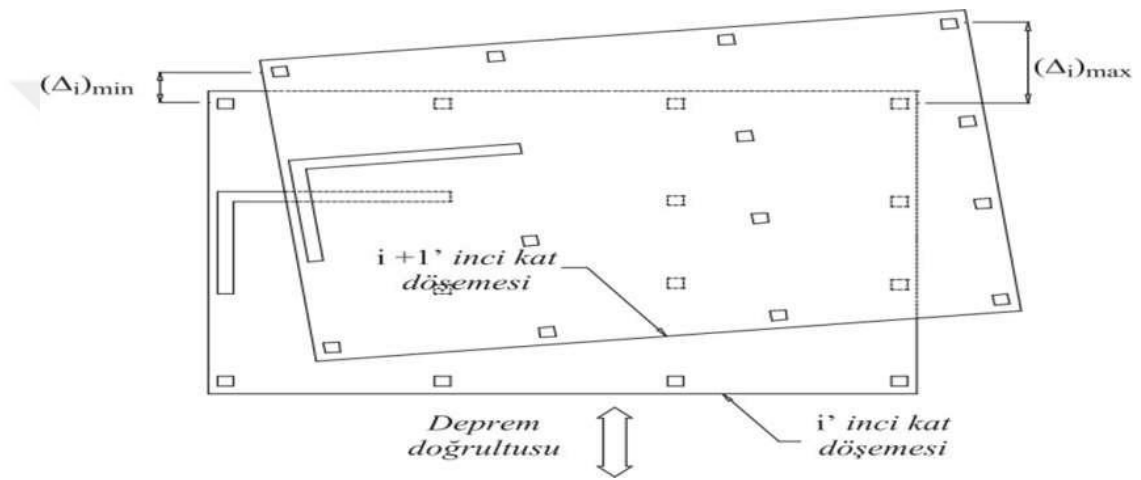
A1 burulma düzensizliği planda düzensizlik durumlarından olup, birbirine dikey şekilde olan iki deprem yönünden biri için, fark etmeksizin herhangi bir kattaki en

büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye değerinî gösteren burulma düzensizliğı katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur. Bu orana “Burulma Düzensizlik Katsayısı” η_{bi} olarak ifade edilir. Bu durum Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

η_{bi} =Burulma düzensizliğı katsayısı

Δ_i = Görelî kat ötelemesi olmak üzere

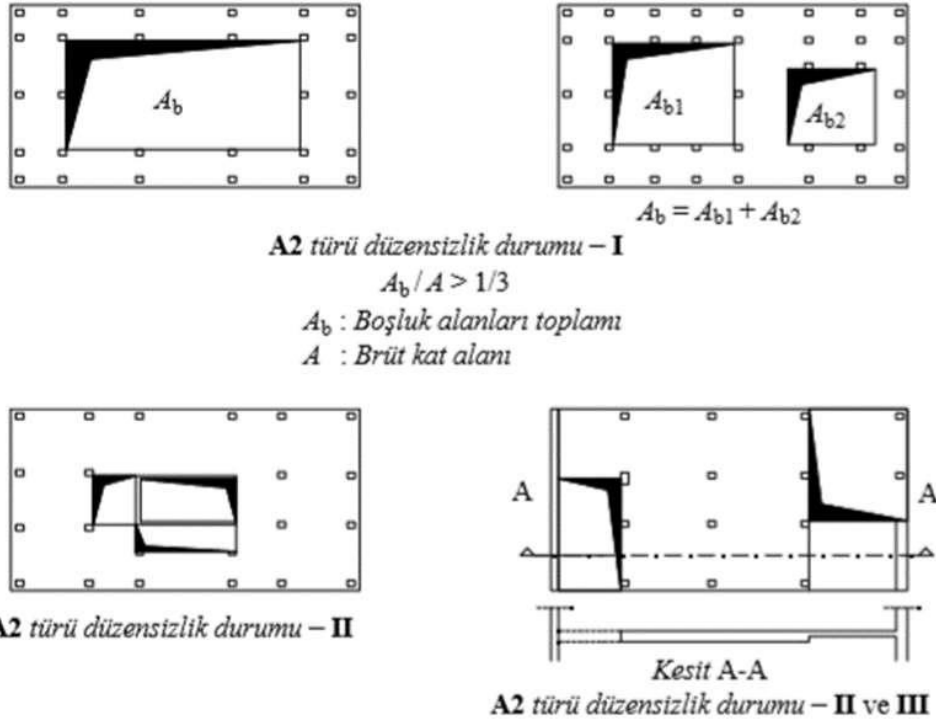
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max}/(\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2$$



Şekil 2.1. A1 burulma düzensizliğı

2.1.1.2. A2 döşeme düzensizlikleri

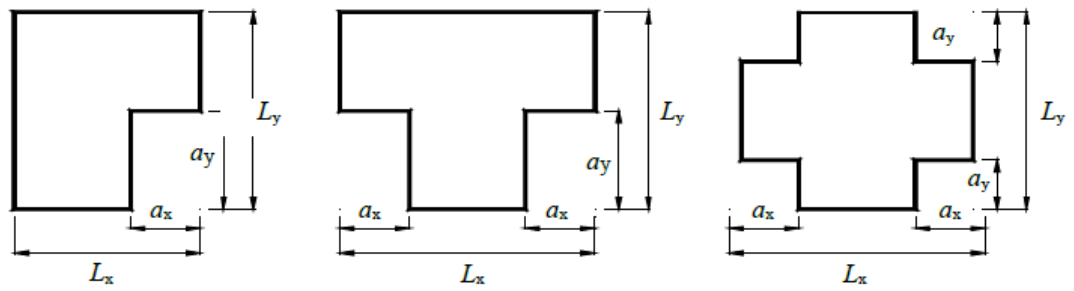
Döşeme sistemlerinde katlardaki diyafram görevi gören %33'ten fazla olan boşluk olduğunda ve düzlemdaki zeminin sertliğinde ve dayanıklılığında ani bir azalma olduğu durumdur.



Şekil 2.2. A2 türü düzensizlik durumu

2.1.1.3. A3 planda çıkıntılarının varlığı

Planda iki yöndeki çıkıntıların, toplam plan boyutunun %20'sinden artan durumu olarak geçiyor.



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 2.3. A3 türü düzensizlik durumu

2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Şartları

Üç tür farklı düzensizlik şartları yönetmelikte tanımlanmıştır. Bu düzensizlikler aşağıda özetlenmiştir.

2.2.1.1. B1 – komşu katlar arasında dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Herhangi bir katın etkili kesim alanının üst katına göre 0,8'den az olması durumudur.

$$\left[\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80 \right] \quad (2.1)$$

Herhangi bir katın üzerindeki etkili kesim alanı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$[\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k] \quad (2.2)$$

Burada:

- $\sum A_e$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
- $\sum A_w$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda kolon enkesiti etkin gövde alanları toplamı
- $\sum A_g$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda perde enkesit alanlarının toplamı
- $\sum A_k$ = Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, hesapta dolgu duvar alanları göz önüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), $1.25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak binanın tümüne uygulanacaktır. $\eta_{ci} < 0.60$ durumunda ise zayıf katın rijitliği ve dayanımı artırılarak hesap tekrarlanacaktır.

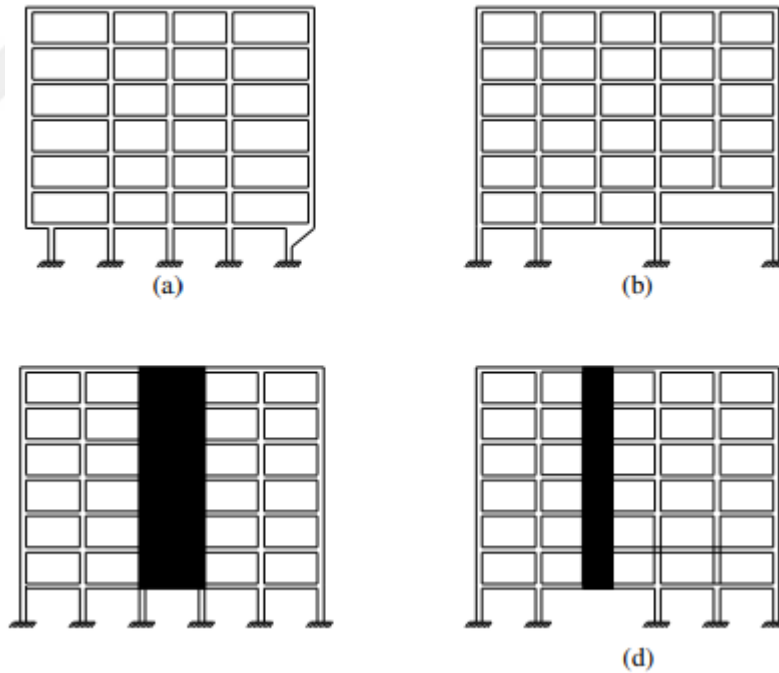
2.2.1.2. B2 – komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Bir katta %5 yatay kuvvet eksantrikliği altında meydana gelen ortalama göreceli kat ötelemesi, üst veya alt katın ortalama göreceli kat ötelemesine göre 2'den fazla olması durumudur.

$$\left[\eta_{ci} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}\right)_{ort}} > 2.0 \text{ veya } \eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}}\right)_{ort}} > 2.0 \right] \quad (2.3)$$

2.2.1.3. B3 – taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının düzensizliği

Taşıyıcı sistemi oluşturan düşey elemanların zemin katlarda devam etmemesi durumudur.



Şekil 2.4. B3-taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının düzensizliği

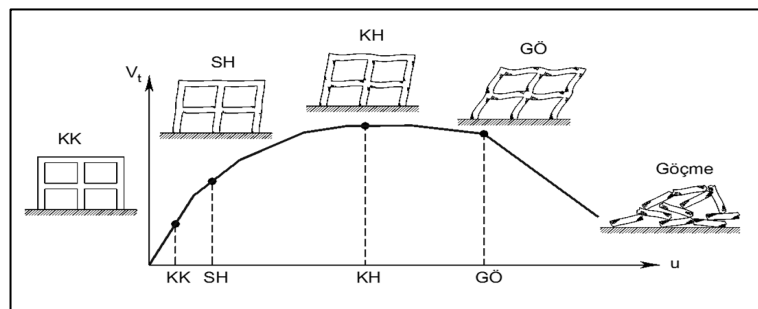
1. Kolonların konsol kirişler veya guseler üzerine yerleştirilmesine asla izin verilmez.
2. Kirişin tüm kesitlerinde ve bu kirişe bağlı kiriş ve kolonlarda, kolon kirişe oturursa düşey yükler ve iç kuvvetler %50 oranında artacaktır.

3. Kolonlara perdeleri oturtulmasına asla izin verilmez.
4. Kirişlerin ortasına perdeleri oturtulmasına asla izin verilmez. (TBDY, 2018)

2.2.2. Binaların performans seviyeleri

Bina performans seviyeleri, deprem etkisi altındaki taşıyıcı sistemlerin oluşturmak için bina performans hedeflerinin tanımına göre tanımlanır:

1. (KK) Kesintisiz kullanım performans düzeyi, yapısal hasarın oluşmadığı veya hasarın taşıyıcı sistem elemanlarının inşasında önemsiz hale geldiği duruma karşı çıkar.
2. (SH) Sınırlı hasar Performans seviyesi, bina taşıyıcı sistem elemanlarının sınırlı hasar seviyesine, yani doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşındır.
3. (KH) Kontrollü hasar performans düzeyi, can güvenliği sağlamak için çok ağır olmayan ve genellikle taşıyıcı sistem elemanlarında onarılabilen kontrollü hasar seviyesine karşındır.
4. (GÖ) Göçme önlenme performans seviyesi, bina yapısal elemanlarında ciddi hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşılık gelir. Binanın kısmen veya tamamen çökmesi engellenir. (TBDY-2018, n.d.)



Şekil 2.5. TBDY 2018'e göre bina performans seviyeleri

Şekilde görüldüğü gibi, SH hasar sınırına kadar olan alan minimum hasar alanı, SH ve KH arasındaki alan belirgin hasar alanı, KH ve GÖ arasındaki alan ileri hasar alanı, GÖ'yi aşan alan ise göçme alanı olarak kabul edilmektedir. (NZAPFAKUMUNSI , 2018)

2.2.3. Yatay elastik tasarım spektrumu

Her deprem yer hareketi seviyesi için dikkate alınan yatay elastik tasarım ivme spektrumunun koordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, natürel titreşim periyoduna bağlı bir şekilde gösterilen yerçekimi ivmesi (g) olarak gösterilmektedir.

$$S_{ae}(T) = \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right] S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.4)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (2.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (2.6)$$

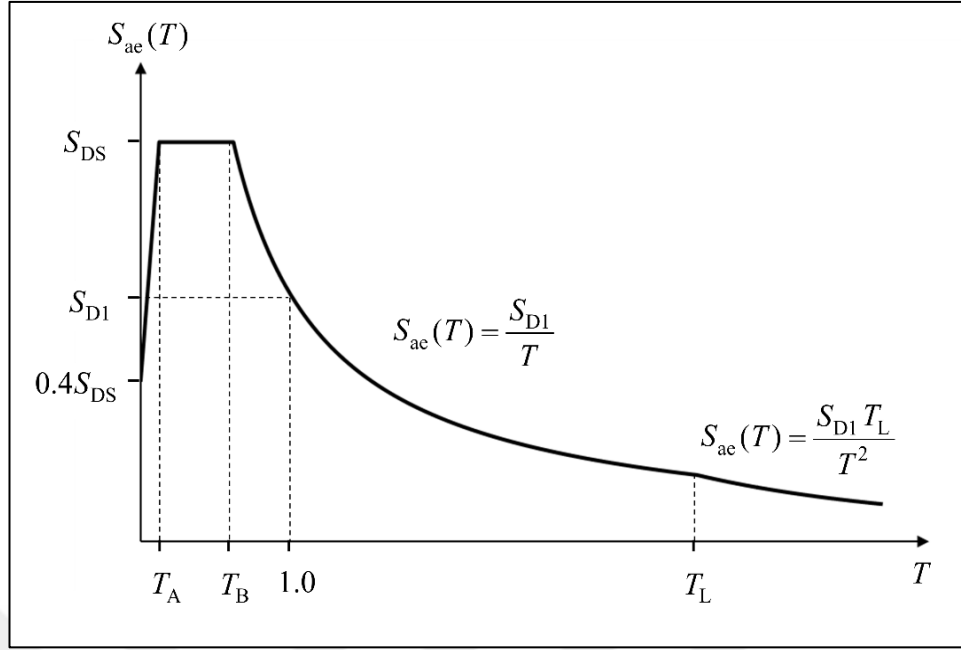
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (2.7)$$

Burada T natürel titreşim periyodunu, S_{DS} ve S_{D1} ise tasarım spektral ivme katsayılarını göstermektedir. T_A ve T_B Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları, S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.9)$$

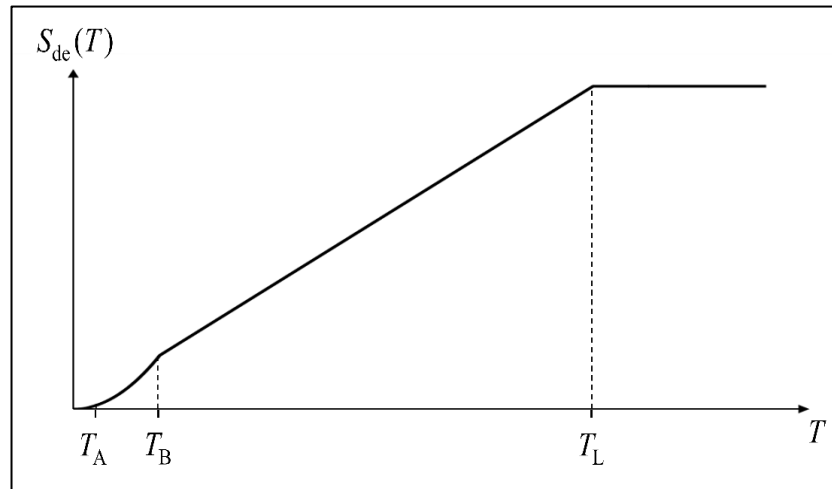
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu ($T_L = 6$ s) olarak alınıyor.



Şekil 2.6. Yatay elastik tasarım spektrumu

Her deprem yer hareketi seviyesi için dikkate alınan yatay elastik tasarım deformasyon spektrumunun koordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S_{de}(T)$, natürel titreşim periyoduna bağlı bir şekilde gösterilen yerçekimi yer değiştirme (m) olarak gösterilmektedir. (VAROL, 2019)

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (2.10)$$



Şekil 2.7. Yatay elastik spektral yer değiştirmeleri

Tablo 2.2. Kısa periyot alanı için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 2.3. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_i					
	$S_i \leq 0.10$	$S_i = 0.20$	$S_i = 0.30$	$S_i = 0.40$	$S_i = 0.50$	$S_i \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

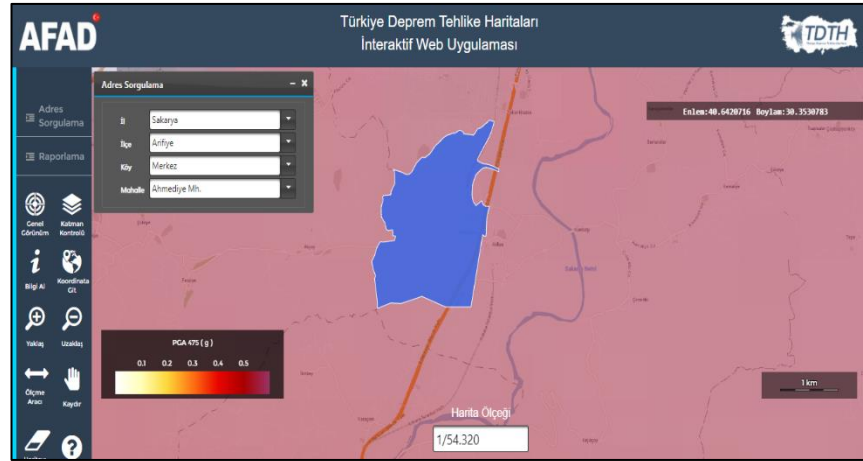
BÖLÜM 3. SAYISAL ANALİZİ

3.1. AFAD Zemin Parametreleri Raporu

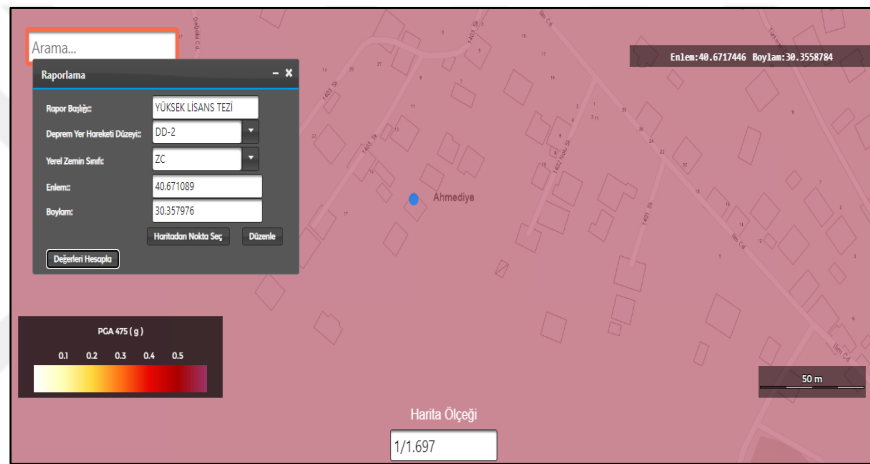
Bu çalışmada incelenen yapılar Sakarya'nın Arifiye ilçesinde Şekil 3.1.'de seçilen bir konumda inşa edildiği göz önüne alındığında Türkiye Deprem Tehlike haritasından, deprem yer hareketi düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl) için, harita spektral ivme katsayıları SS , S_1 ve SDS , SD_1 açıklanmıştır.

Tablo 3.1. AFAD Zemin Parametreleri Raporu

Rapor Başlığı :	YÜKSEK LİSANS TEZİ
Deprem Yer	DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Hareketi	
Düzeyi	
Yerel Zemin Sınıfı	ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar)
Enlem	40.671089°
Boylam	30.357976°
Çıktılar	
SS	1.672
PGA	$S_1 = 0.457$ $SDS = 2.006$ $SD_1 = 0.686$ 0.700 $PGV = 57.528$
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
SDS	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
SD_1	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
PGA	En büyük yer ivmesi [g]
PGV	En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 3.1. İncelenen binalar için belirlenen konum haritası



Şekil 3.2. İncelenen binalar için belirlenen konum noktası

Bu çalışmada 10 katlı olmak üzere bir referans model ile 4 tip farklı betonarme yapı modeli ayrı tasarlanıp analiz edilmiştir. Referans model, simetrik olmayan bir plan yapısına sahip olup döşeme düzensizliği olan bir yapıdır. Referans modelinden alınan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında tüm modeller referans modeli göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Modeller yapılan performans incelemesi neticesinde can güvenliği hedefini temin etmiştir. Belirtilen yapı özellikleri tüm modeller için eşit olarak geçerlidir.

3.2. Modellerin Özellikleri

3.2.1. Yapı elemanların boyutları

Betonarme modelde kesitler kirişler için 45/40cm, 40/40cm ve 35/40cm boyutlarda tasarlanmıştır ve kolonlar 60/40cm, 55/40cm, 50/40cm, 45/40cm ve 40/40cm boyutlarındadır. Kiriş ve kolonların kesitleri tüm modellerde eşittir ve toplamda 3 tip kiriş 5 tip kolon vardır bunlar 3.3 ve 3.4 tablosunda gösterilmiştir. Kolonların kesitleri her iki katta, kirişlerin kesitleri başta 4 katta ve sonrasında her 3 katta değişkendir. Tüm modellerde birinci katın yüksekliği 3.2 m ve kalan katların yüksekliği 3m olup binanın toplam yüksekliği temelden 32m'dir. Referans modeli, 30 x30 m toplam 900 m² taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik olmayan düzenli bir yapı sistemine sahiptir. Hazırlanan analiz modellerinde, x ve y doğrultularında simetrik olmayan düzenli olan referans model üzerinden bazı akslardaki kolon, kiriş ve döşemelerin kaldırılarak belli katlardan sonra(dört, yedi ve onuncu katlar), katların alanları azaltılıp dört farklı tipte modeller oluşturulmuştur. Böylece elde edilen düşey süreksizliğe sahip bina modellerinin deprem ve diğer yükler altında yapısal davranışında ve performansında ne kadar farklılık olduğunu incelenmiştir.

3.2.2. Yapı analizde kullanılan malzeme ve kombinasyonlar

Yapı modelde C25 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı kullanılmıştır. Betonarme çerçeveli yapı modelin yükleme için düşey yükler ve deprem yüklerin etkisinden $(0.9\ddot{O}+1.0H, 1.2\ddot{O} + 1.0D + H + 0.2K, 1.0\ddot{O} + 0.3H + 0.2K)$ oluşan birleşimler göz önüne alınarak kullanılmıştır. Bu birleşimlerde $\ddot{O}$; ölü yükler, H; hareketli yükler, K; kar yükler ve D; deprem yükleri olarak tanımlanmaktadır. Analizde deprem yükleri x ve y doğrultularda alınmıştır.

Tablo 3.2. Tüm modellerin genel parametreleri

Modellerin Özellikleri	
Kullanım Amacı	Konut
Kat Sayısı	10 Kat
Bina Oturma Alanı	900m ²
Zemin katların yüksekliği	3.2m
Normal katların yüksekliği	3m
Döşeme kalınlığı	18cm
Toplam Bina Yüksekliği	32m
Toplam bina uzunluğu	30m
Bina Taşıyıcı Sistemi	Betonarme Çerçeve

Tablo 3.3. Deprem parametreleri

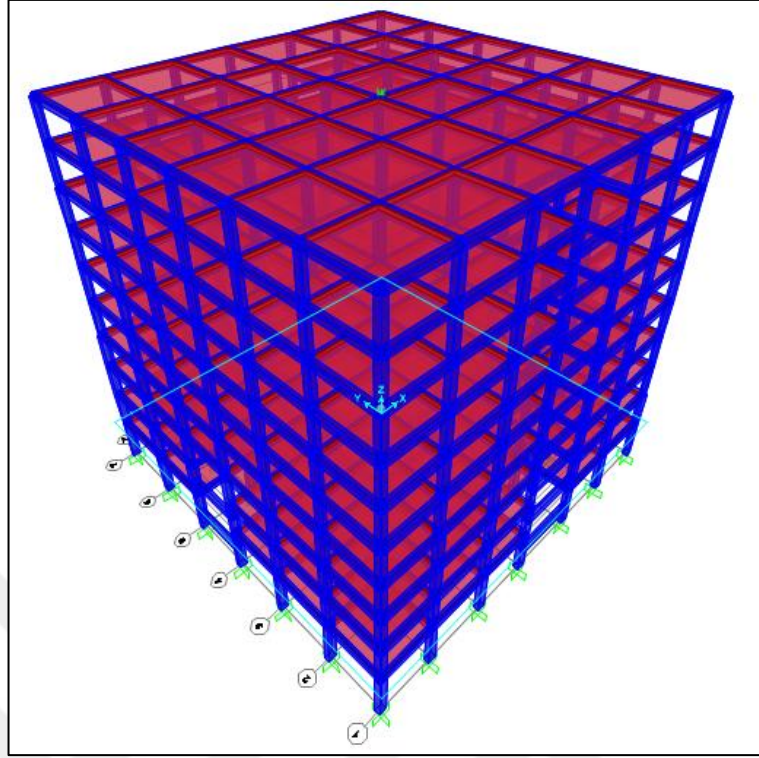
Deprem Parametreler	
S _s (Kısa Periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı)	1.672
S ₁ (1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı)	0.457
Zemin Sınıfı	ZC
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3
Bina Önem Katsayısı	1
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2

3.2.3. Modellerin tanımlanması

Referans modelin üç boyutlu görünüşü ve kalıp planı Şekil 3.3. ve 3.4.'te ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu çerçeveli sistemde; kiriş ve döşeme düzensizliklerinin olduğu bir sistem kurulmuştur.

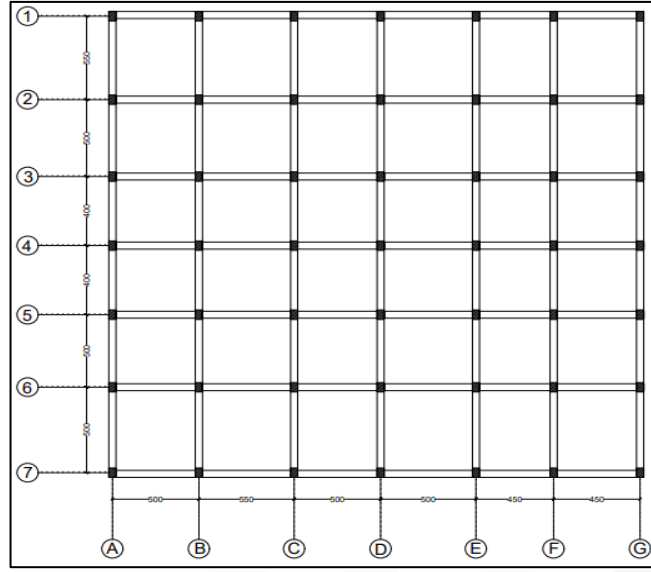
Kirişlerin boyutları birinci ve dördüncü kata kadar (40x45cm), beşinci ve yedinci kata kadar (40x40cm), Sekizinci ve onuncu kata kadar (40x35cm) ve Kolonların boyutları birinci ve ikinci kata kadar (60x40cm), üçüncü ve dördüncü kata kadar (55x40cm), beşinci ve altıncı kata kadar (50x40 cm), yedinci ve sekizinci kata kadar (45x40cm), dokuzuncu ve onuncu kata kadar (40x40 cm)'dir. Döşeme kalınlığı 18cm'dir modelin bütün boyutları X ve Y yönünde eşittir.

Günlük kullanımda karşılaşılabileceğimiz yapı tasarımlarındaki düzensizliklerin, deprem anındaki yapının davranışı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 3.3. Referans modelin 3 boyutlu görünümü

Referans model’de bakıldığında düzenli bir yapı modeli tasarlanmıştır. Yani hiç bir aksında kolonlar, kirişler ve döşemeler kaldırılmamış ve kat alanlarında herhangi bir değişiklik olmamıştır.. Bu şekilde 10 kat oluşturulmuştur. Referans modelde kirişlerin kesitleri ilk dört kat sonrasında ve her üç katta ayrıca kolonların kesitleri her iki kattan sonra değişkenlik göstermektedir.

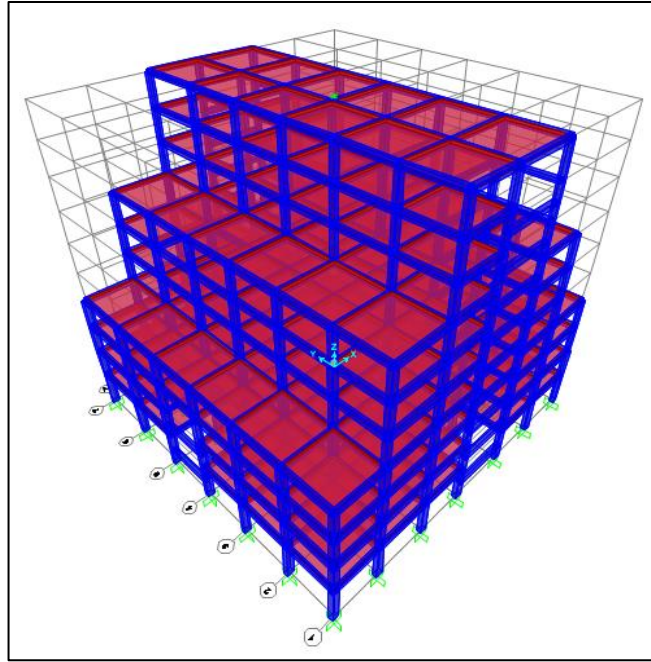


Şekil 3.4. Referans modelin kalıp planı

Tablo 3.4. Referans modelin kiriş ve kolon boyutları

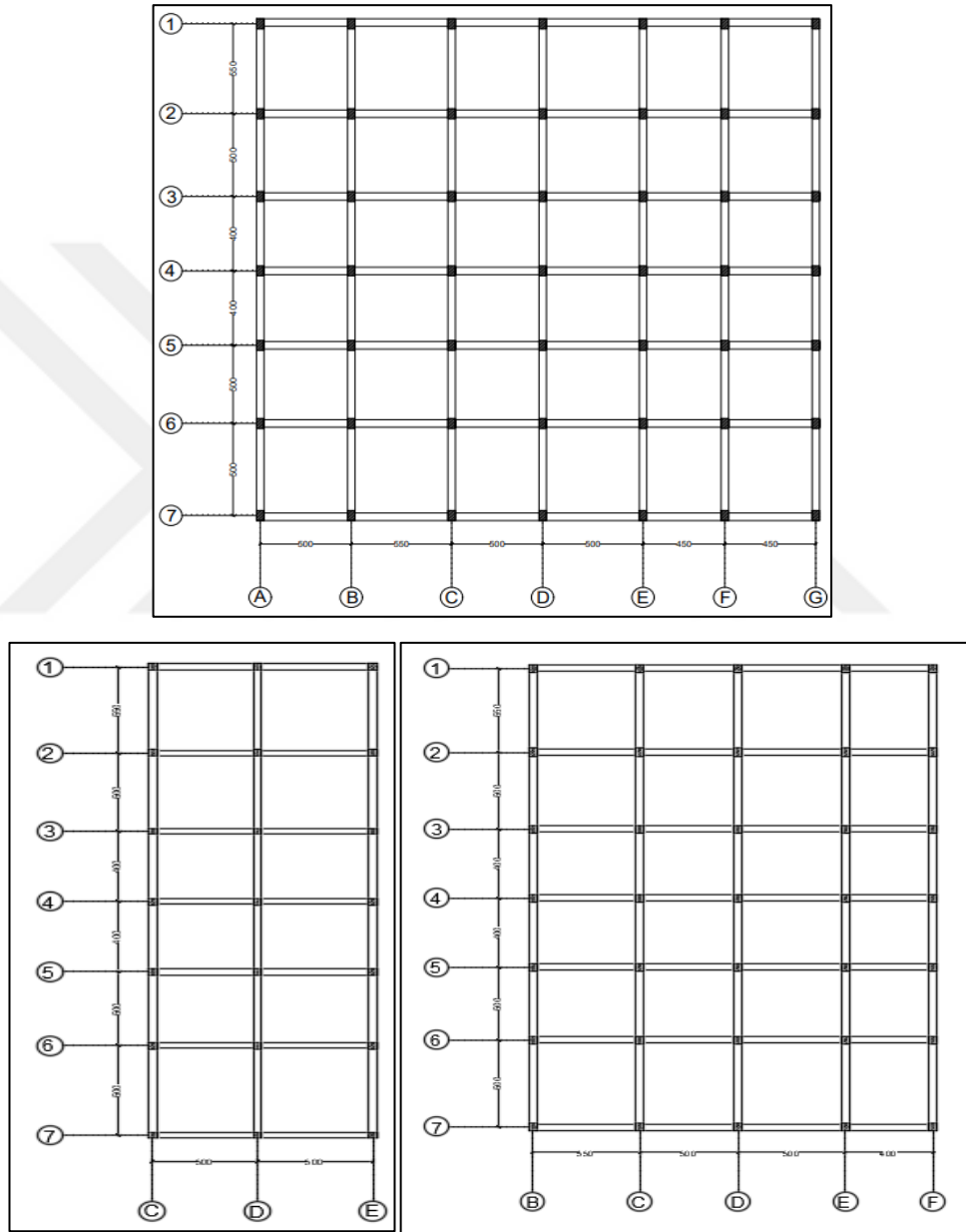
R. Model	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları
Zemin +2	60x40 cm	45x40cm
3-4	55x40 cm	45x40cm
5-6	50x40 cm	40x40 cm
7-8	45x40 cm	(40x40-35x40) cm
9-10	40x40 cm	35x40 cm

Model 1'in üç boyutlu görünüşü ve kalıp planı Şekil 3.5. ve 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Model 1'in 3 boyutlu görünümü

Model 1’de zemin + 3 kattan sonra A ve G akslarındaki kolon ve kirişler, (A-B) ve (F-G) aks aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak düşey düzensizlik oluşturulmuştur. Bu şekilde 3 kat(5, 6 ve 7) Katlar modellenmiştir 8’in kattan itibaren(8,9 ve 10. Katlar) B ve F akslarındaki kolon ve kirişler ile (B-C) ve (E-F) akslarındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak yeni düşey düzensizlik oluşturulmuştur.

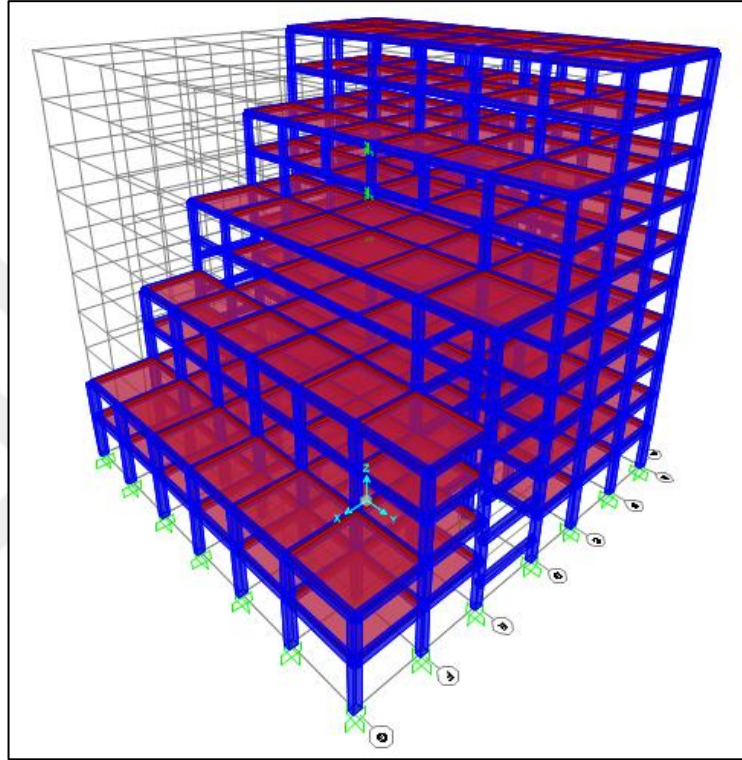


Şekil 3.6. Model 1’in kalıp planları

Tablo 3.5. Model.1'in kiriş ve kolon boyutları

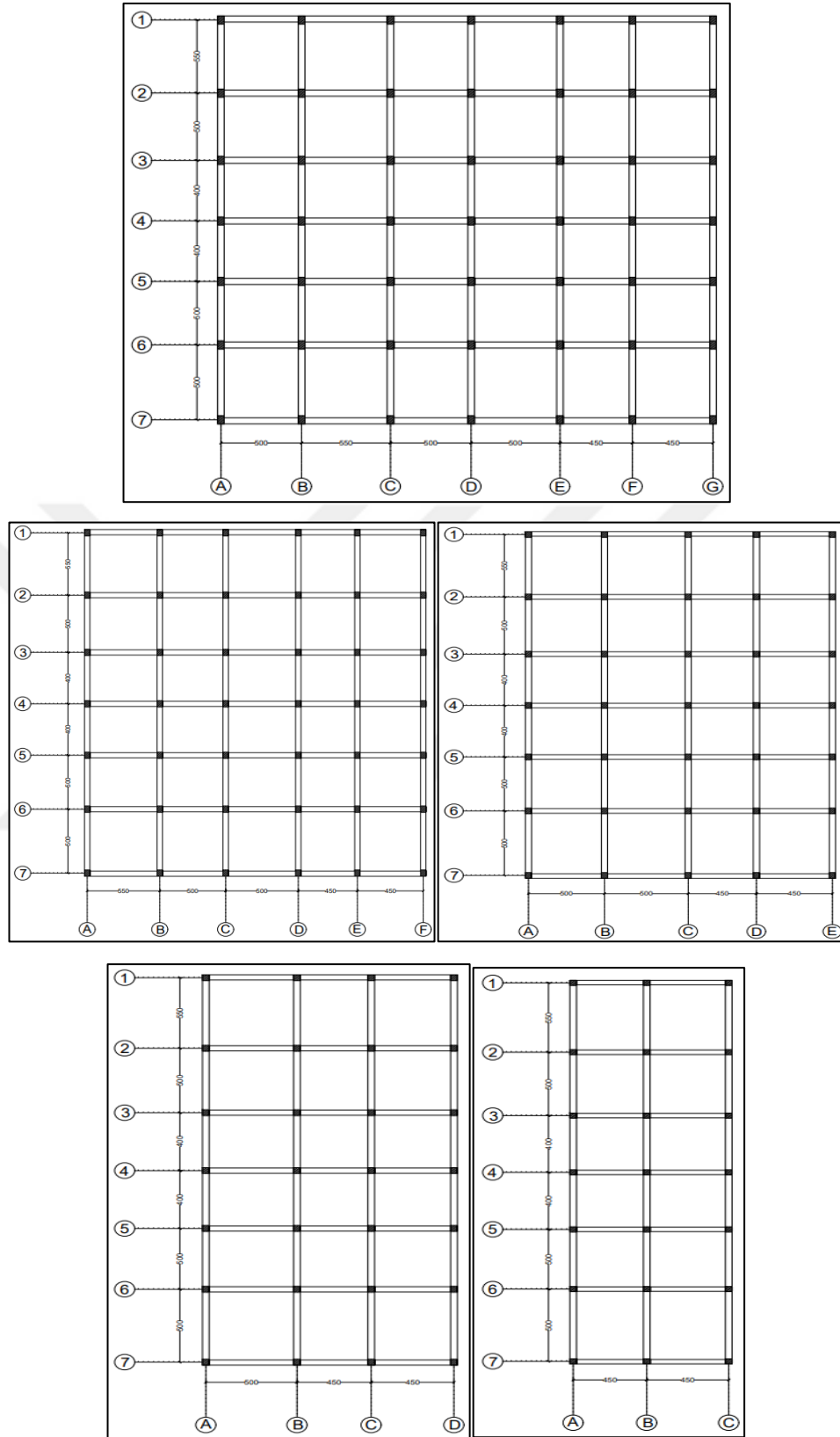
Model.1	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları
Zemin +3	(60x40-55x40) cm	45x40cm
5-7	(50x40-45x40) cm	40x40cm
8-10	(45x40-40x40) cm	35x40 cm

Model 2'in üç boyutlu görünüşü ve kalıp planı Şekil 3.7. ve 3.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Model 2'in 3 boyutlu görünümü

Model 2'de birinci kattan ikinci kata kadar herhangi bir değişiklik olmamıştır. Üçüncü kattan sonra dördüncü kata kadar G aksındaki kolon ve kirişler, (F-G) aks aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak düşey düzensizlik oluşturulmuştur. Bu şekilde 2 kat modellenmiştir 5'in kattan itibaren 10'in kat dahil olacaktır. C ve F akslarındaki kolon ve kirişler ile (C-D) (D-E) (E-F) akslarındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak yeni düşey düzensizlik oluşturulmuştur.

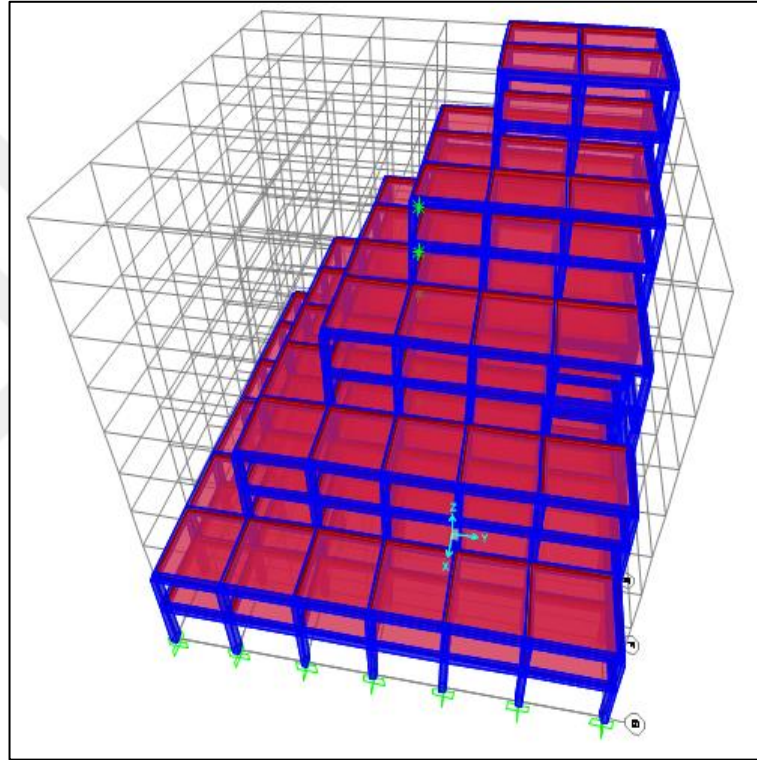


Şekil 3.8. Model 2'in kalıp planları

Tablo 3.6. Model.2'in kiriş ve kolon boyutları

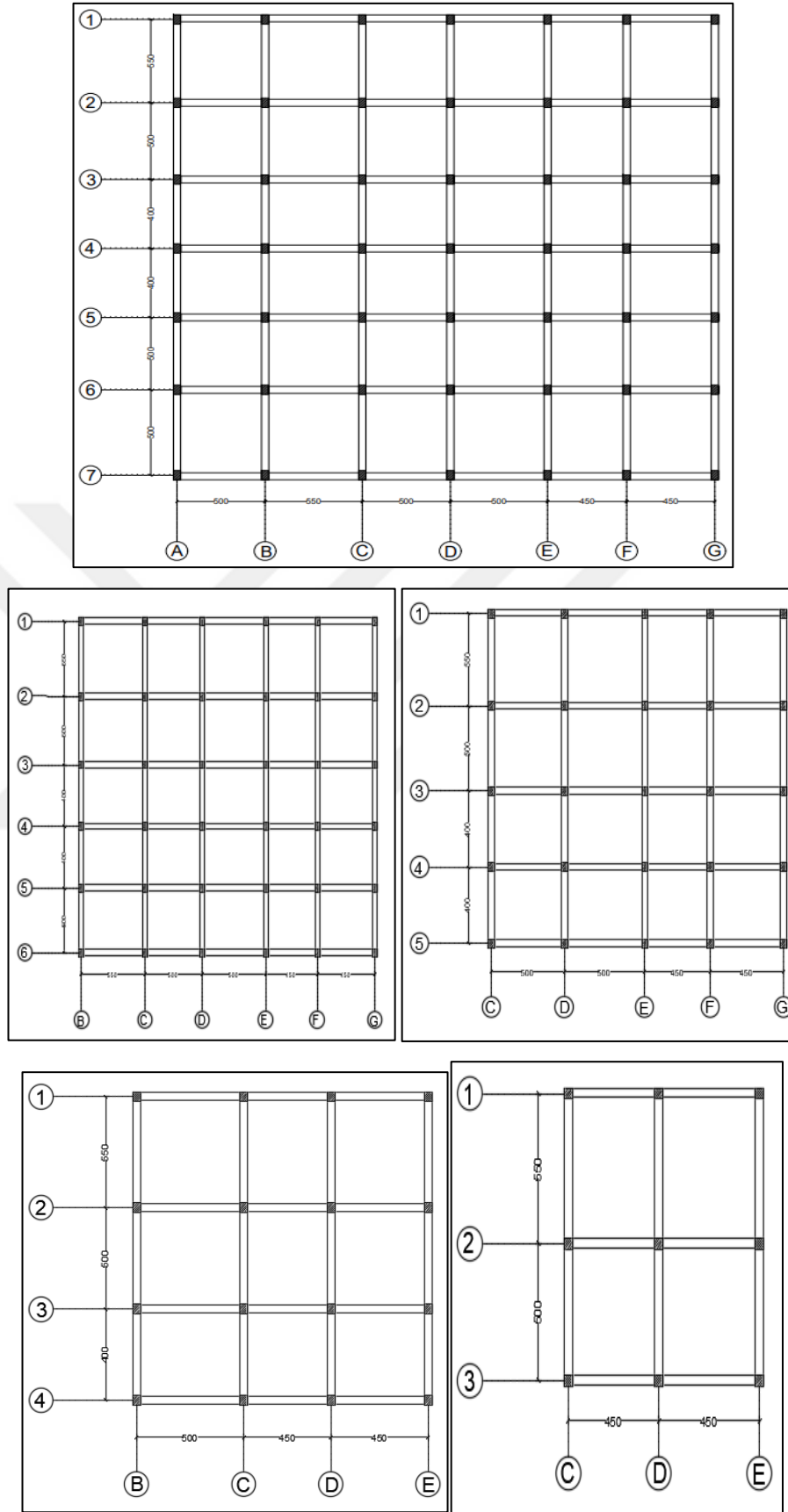
Model.2	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları
Zemin +2	60x40 cm	45x40cm
3-4	55x40 cm	45x40cm
5-6	50x40 cm	40x40 cm
7-8	45x40 cm	(40x40-35x40) cm
9-10	40x40 cm	35x40 cm

Model 3'in üç boyutlu görünüşü ve kalıp planı Şekil 3.9. ve 3.10.'da ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Model 3'in 3 boyutlu görünümü

Model 3'te görüldüğü gibi katları farklı şekillerde azaltılmıştır birinci kattan ikinci kata kadar herhangi bir değişiklik olmamıştır. ikinci kattan sonra üçüncü ve dördüncü kata kadar 7 ve G akslarındaki kolon ve kirişler, (7-6) ve (F-G) aks aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak düşey düzensizlik oluşturulmuştur. Bu şekilde iki kat (3 , 4) katlar modellenmiştir 5'in kattan itibaren 10'in kat dahil olacak. 3 ve C akslarındaki kolon ve kirişler ile (C-D) (6-5) ve (D-E) (5-4) ve (E-F) (4-3) akslarındaki kiriş ve döşemeleri kaldırılarak yeni düşey düzensizlik oluşturulmuştur.

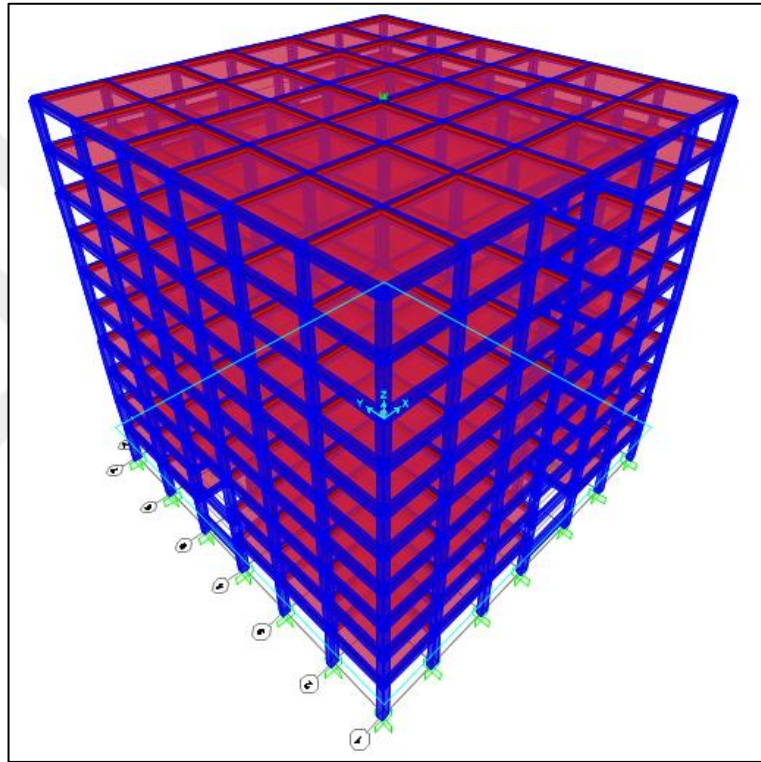


Şekil 3.10. Model 3'in kalıp planları

Tablo 3.7. Model.3'in kiriş ve kolon boyutları

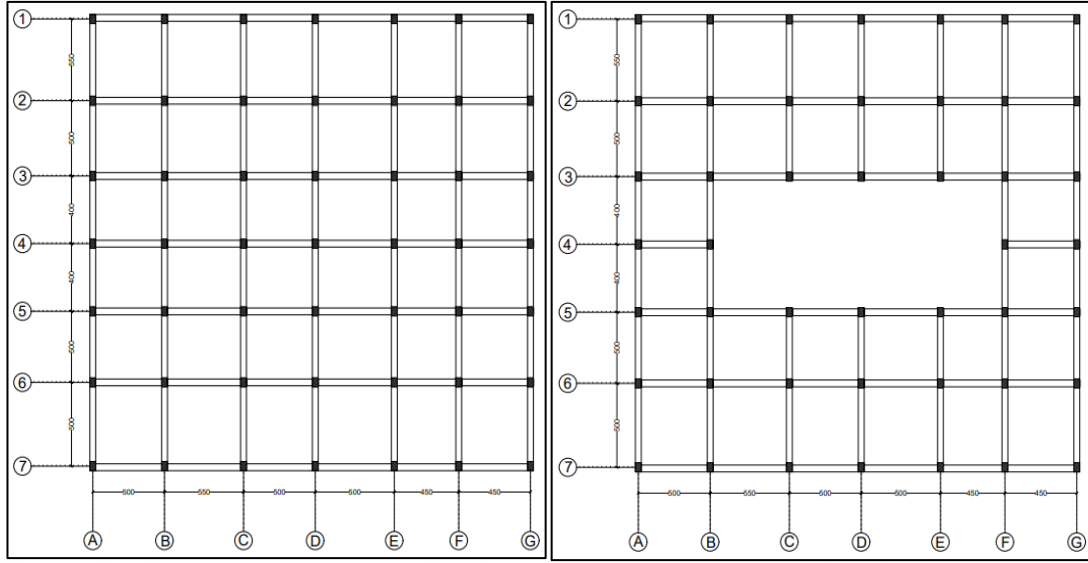
Model.3	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları
Zemin +2	60x40 cm	45x40cm
3-4	55x40 cm	45x40cm
5-6	50x40 cm	40x40 cm
7-8	45x40 cm	(40x40-35x40) cm
9-10	40x40 cm	35x40 cm

Model 4'in üç boyutlu görünüşü ve kalıp planı Şekil 3.11. ve 3.12.'de ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Model 4'in 3 boyutlu görünümü

Model 4'in kat kalıp planlarında görüldüğü gibi referans model olarak tasarlanmış ve bu modelde 5'in kattan sonra altıncı ve yedinci katlarında iki taraftan X ve Y yönden Y yönden iki aks yani (5-4) (4-3) ve X yönünden dört aks yani (B-C) (C-D) (D-E) (E-F) aralığındaki kiriş ve döşemeler kaldırılarak düşey düzensizlik oluşturulmuştur.



Şekil 3.12. Model 4'in kalıp planları

Tablo 3.8. Model.4'in kiriş ve kolon boyutları

Model.4	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları
Zemin +2	60x40 cm	45x40cm
3-4	55x40 cm	45x40cm
5-6	50x40 cm	40x40 cm
7-8	45x40 cm	(40x40-35x40) cm
9-10	40x40 cm	35x40 cm

3.2.4. Binada kullanılan beton ve çelik donatı malzemelerin tanımlanması

Tüm modellerde C25 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı kullanılmaktadır. Betonun birim hacim ağırlığı 24 KN/m^3 ve Çelik Donatının birim hacim ağırlığı 78.5 KN/m^3 betonun akma dayanımı 25 N/mm^2 ve çeliğin akma dayanımı 420 N/mm^2 olarak girilmiştir. Betonun zarar gördüğü ve fonksiyonel özelliklerini tamamen kaybettiği çekme kapasitesi değeri TBDY 2018'in ilgili maddelerine (0.0035) ve donatı çeliğinin kopma dayanımı, akma dayanımının 1.30 katı Kabul edilmiştir. Çeliğinin elastisite modülü 200 GPA uygun olarak alınmıştır. Çelik Donatının akma sahanlığının bitip pekleşmeye başladığı yer değiştirme değeri 0,008 alınmıştır. Kolon ve kirişler için davranış modeli olarak yığılı plastik davranış modeli esas alındığında TBDY 2018'in 5.3.1.5'inci maddesinin (b) koşulu gereği donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi 0.001 alınmıştır. Sap2000 programında ayrıntılı olarak tanımlanan beton ve çeliğin özellikleri. Şekil 3.13. ve 3.14.'te gösterilmiştir.

The figure shows two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box. The left window is for material S420 (Rebar) and the right window is for material C25 (Concrete). Both windows show various material properties like Modulus of Elasticity, Poisson's ratio, and Coefficient of Thermal Expansion.

Material Name	Material Type	Symmetry Type
S420	Rebar	Isotropic
C25	Concrete	Isotropic

Property	S420 (Rebar)	C25 (Concrete)
Modulus of Elasticity (E)	2.000E+08	30000000
Poisson's ratio (U)	0.3	0.2
Coeff of Thermal Expansion (A)	1.200E-05	1.000E-05
Weight and Mass	Weight per Unit Volume: 78.5, Mass per Unit Volume: 7850	Weight per Unit Volume: 25, Mass per Unit Volume: 2.5493
Other Properties For Rebar Materials	Minimum Yield Stress, Fy: 420000, Minimum Tensile Stress, Fu: 550000, Expected Yield Stress, Fye: 420000, Expected Tensile Stress, Fue: 550000	Specified Concrete Compressive Strength, f _c : 25000, Expected Concrete Compressive Strength: 25000
Shear Modulus (G)	76923077	12500000

Şekil 3.13. Beton ve çelik donatı malzemelerin özelliklerinin tanımlanması

The figure shows two side-by-side screenshots of the 'Nonlinear Material Data' dialog box. The left window is for material S420 (Rebar) and the right window is for material C25 (Concrete). Both windows show nonlinear material properties like Hysteresis Type, Drucker-Prager Parameters, and Stress-Strain Curve Definition Options.

Material Name	Material Type
S420	Rebar
C25	Concrete

Property	S420 (Rebar)	C25 (Concrete)
Hysteresis Type	Isotropic	Isotropic
Drucker-Prager Parameters	Friction Angle: 0, Dilatational Angle: 0	Friction Angle: 0, Dilatational Angle: 0
Stress-Strain Curve Definition Options	Parametric (Simple)	Parametric (Mander)
Parametric Strain Data	Strain At Onset of Strain Hardening: 8.000E-03, Ultimate Strain Capacity: 0.08, Final Slope (Multiplier on E): 0	Strain At Unconfined Compressive Strength, f _c : 2.000E-03, Ultimate Unconfined Strain Capacity: 5.000E-03, Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

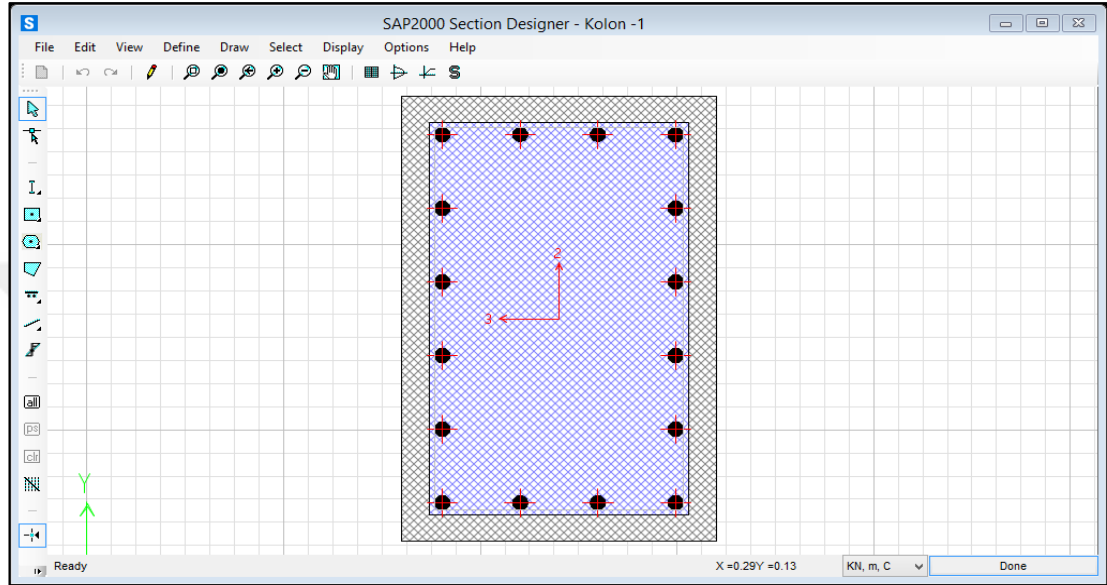
Şekil 3.14. Doğrusal olmayan analiz için beton ve çelik malzemelerin özelliklerinin tanımlanması

3.2.5. Kolon kesitlerinin tanımlanması

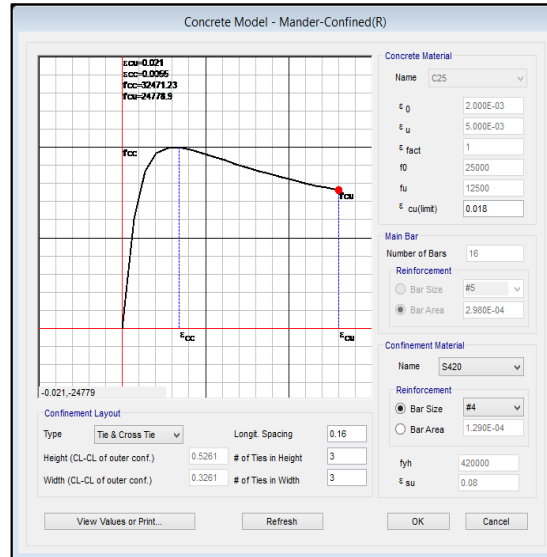
İncelenen konut tipi betonarme binada farklı boyutlarda beş tip kolon mevcuttur. Bu kolonlar her iki katta kolonların yük taşıma özelliklerine göre değişkendir. Kolonların boyutları detaylarıyla beraber Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Kolonun kesitlerinin mevcut çelik donatı adetleri

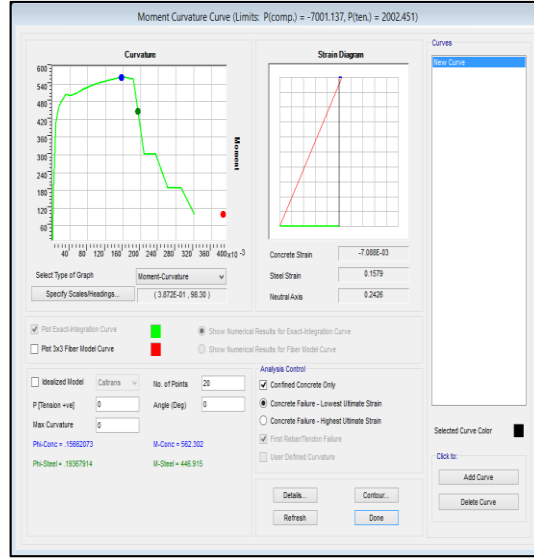
Kolon Kesitleri	Mevcut Donatı Adetleri			
	Çiroz	Etriye	Gövde	Kenar
Ø12@15	Ø12@16	2x2Ø18	2x6Ø20	60x40cm
Ø10@15	Ø10@18	2x2Ø16	2x6Ø18	55x40cm
Ø10@18	Ø10@20	2x2Ø16	2x5Ø18	50x40cm
Ø10@18	Ø10@22	2x1Ø16	2x5Ø16	45x40cm
Ø10@18	Ø10@24	2x1Ø16	2x4Ø16	40x40cm



Şekil 3.15. Kolon kesitinin çeliği göre tanımlanması (60x40cm)



Şekil 3.16. Kolon etriye donatılarının tanımlanması



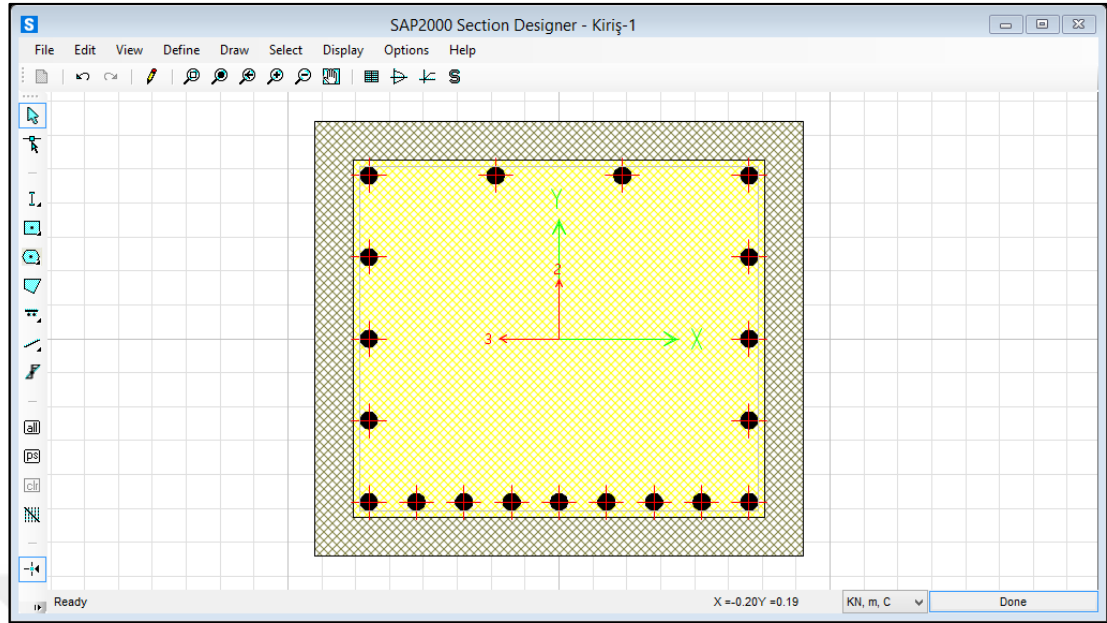
Şekil 3.17. Kolon moment eğrisinin tanımlanması

3.2.6. Kiriş kesitlerinin tanımlanması

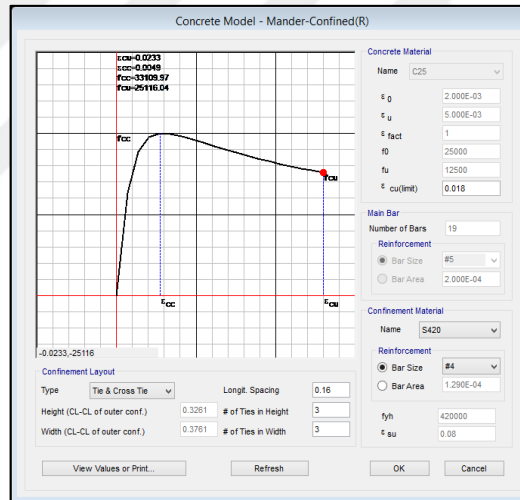
İncelenen konut tipi mevcut betonarme binada 3 tip kiriş bulunmaktadır. Bu kirişlerin boyutları ilk dört katta sonra her üç katta birbirinden farklıdır. Her birinin boyutları Tablo 3.4.'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Kirişin kesitlerinin mevcut çelik donatı adetleri

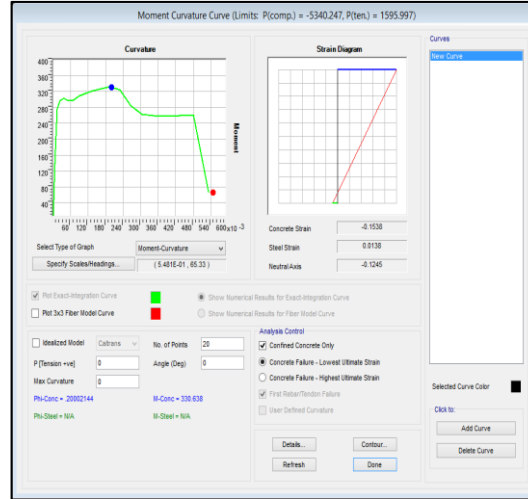
Kiriş Kesitleri	Mevcut Çelik Donatı Adetleri			
	Etriye	Gövde	Üst	Alt
Ø12@16	2x3Ø16	4Ø18	9Ø18	40x45cm
Ø10@18	2x2Ø16	4Ø16	8Ø16	40x40cm
Ø10@20	2x2Ø14	3Ø16	6Ø16	40x35cm



Şekil 3.18. Kiriş kesitinin tanımlanması (40x45cm)



Şekil 3.19. Kiriş etriye donatılarının tanımlanması



Şekil 3.20. Kiriş moment eğrilik eğrisinin tanımlanması,

3.2.7. Model analiz koşullarının tanımlanması

Her katta üç derece olmak üzere serbestlik olduğu dikkate alındığında, model inceleme sonuçlarından betonarme yapının periyot, kütle katılım oranı, model katkı faktörü ve model büyüklüğü gibi değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.21.).

Şekil 3.21. Model analiz koşullarının tanımlanması

3.2.8. Düşey analiz koşullarının tanımlanması

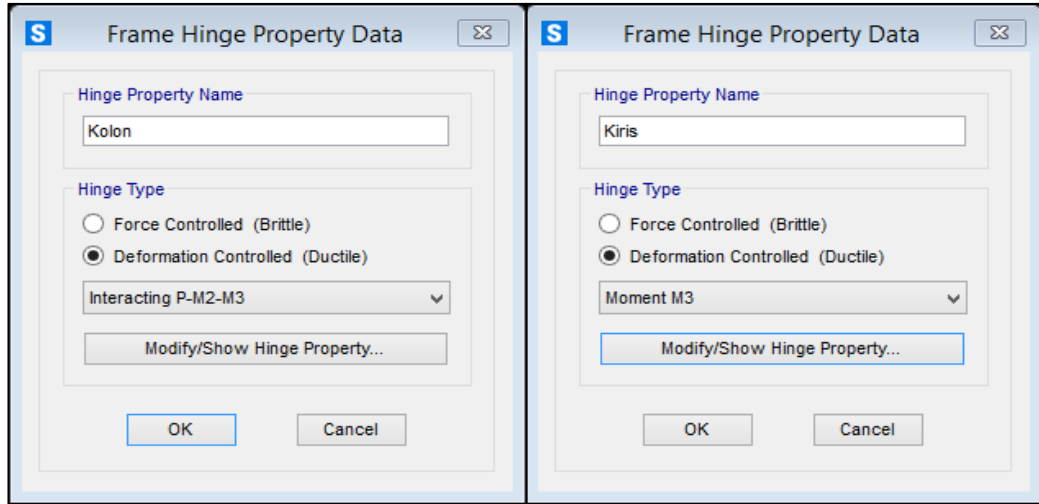
Performans analizinin ilk aşaması olarak, betonarme binanın düşey yükler altında istatistiksel artımlı doğrusal olmayan analiz düzenlemesi ilgili bölümlere göre tanımlanmıştır. Yük ve yükleme katsayıları da (ASCE / SEI 7-10) ile uyumlu bir şekilde programa girilmiştir (Şekil 3.22.).

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	Live	0.3
Load Pattern	Snow	0.2

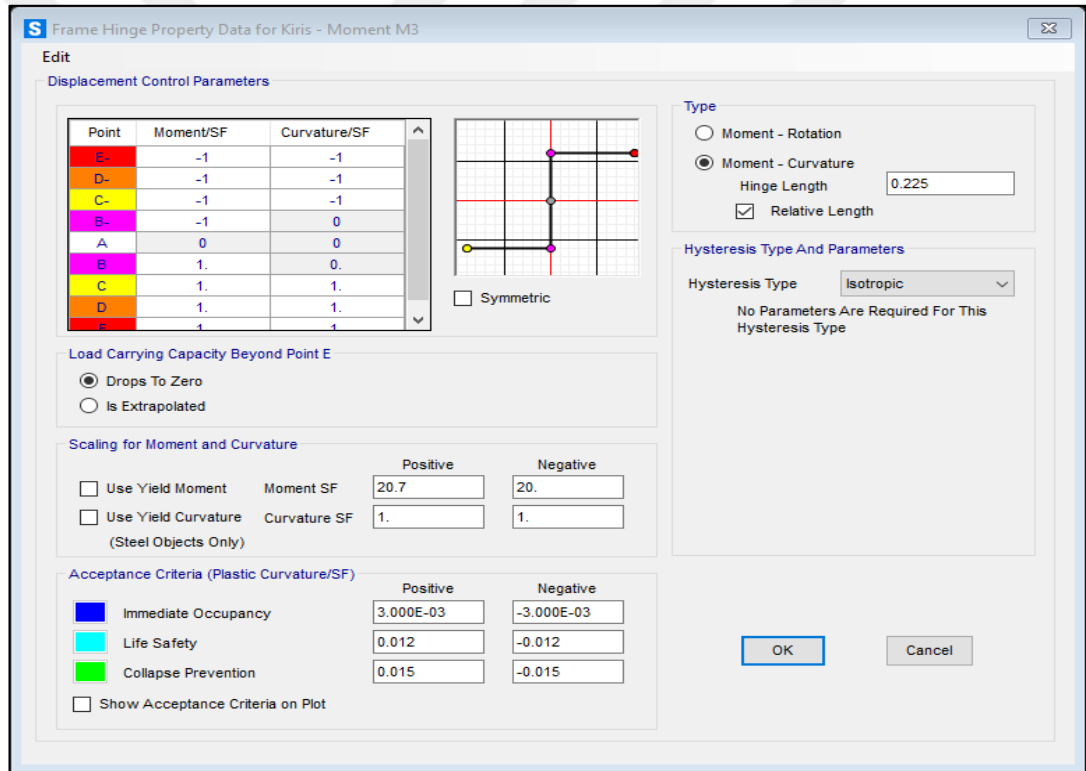
Şekil 3.22. Statik artımsal doğrusal olmayan düşey analizin tanımlanması

3.2.9. Plastik mesnetlerin tanımlanması

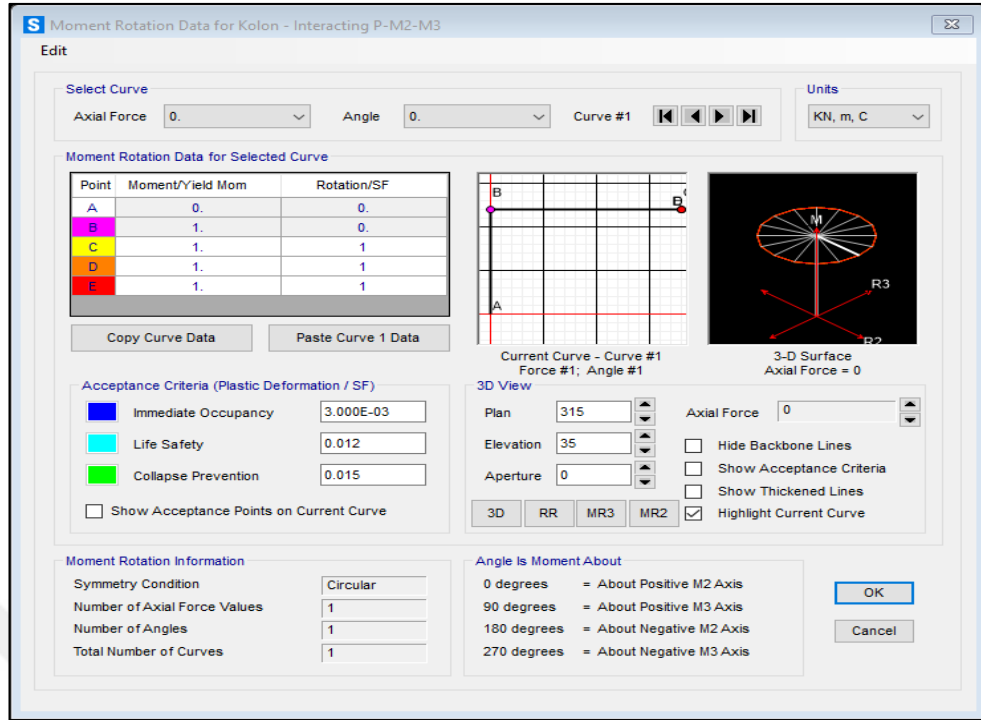
Bina modelindeki katlara rijit diyafram tanımı yapıldıktan sonra elemanlara plastik mesnetler atanmıştır. Atama için, normal kuvvet ve moment etkisi ve kirişler için eğilme etkisi dikkate alınmıştır. Buna ek olarak, deprem talebini elde etmek amacıyla incelemeyi kesintiye uğratmamak için plastik mesnetlerin tanımlanmasıyla elementlerin dönme kapasiteleri artırılmıştır. Böylece elemanlar nihai kapasitelerine kadar çalıştırılmış ve elemanlardaki oluşan hasarlar gözlemlenmiştir. Plastik mesnet uzunlukları yönetmeliğe göre kesit yüksekliği kadar alınmış ve mesnet yüksekliğinin yarısına atanmıştır.



Şekil 3.23. Kolonlara ve kirişlere mafsals atama işlemleri



Şekil 3.24. Kirişin arttırılmış dönme kapasiteleri



Şekil 3.25. Kolonun arttırılmış dönme kapasiteleri

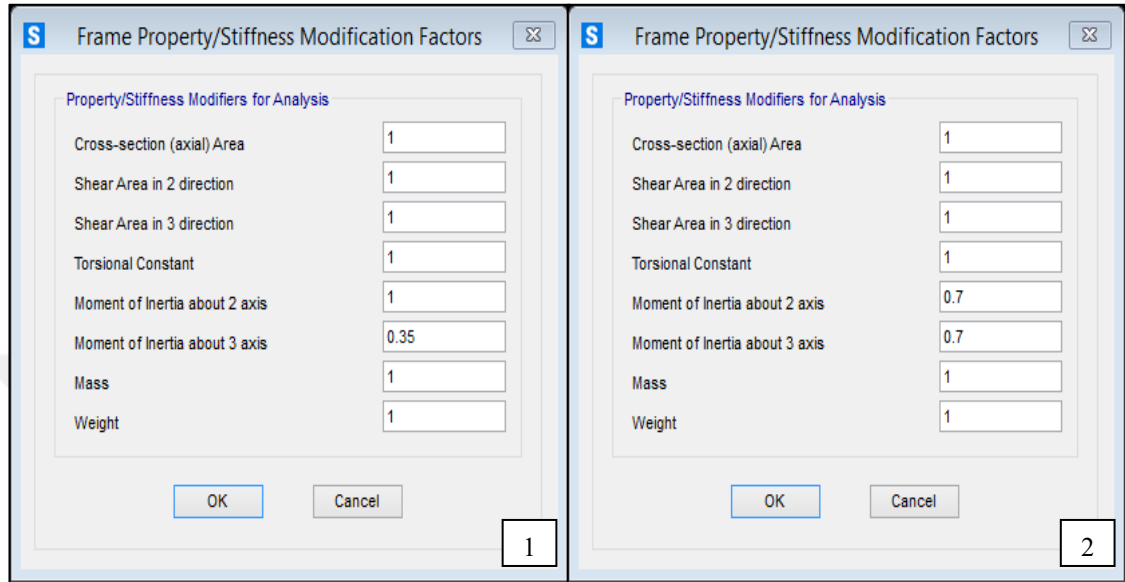
3.2.10. Plastik mesnetlerin betonarme kolon ve kirişlerin etkili kesit sertliği

Bir binanın analiz aşamasında, elementlerinin rijitliği yükün iletimi için temel olarak alınmıştır. Yüksek rijitliğe sahip elemanlar, düşük rijitliğe sahip elemanlardan daha fazla yük almaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalara dayanarak, deprem etkisi altındaki betonarme yapı elemanlarının rijitlik değerlerinin tasarım aşamasında öngörülmüş olandan farklı olduğu saptanmıştır. Bu sebeple, sismik analiz için çatlak kısmının rijitliği dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda, TEC-2018, perde duvarları, levhalar, kirişler, bağlantı kirişleri ve kolonlar dahil olmak üzere RC üyeleri için bazı etkili rijitlik değerleri önermektedir. Bu hükümde, RC bileşenlerinin etkili sertlik miktarı, karşılık gelen başlangıç rijitliği açısından tanımlanmaktadır. Çerçeve elemanları için bu sismik kod tarafından önerilen etkin rijitlik katsayısı Tablo 3.5.'te gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Betonarme elemanların etkin sertlik katsayıları

Eleman Türü	Etkili Rijitlik katsayıları	
	Eğilme	Kesme
Kolonlar	0.7	1
Kirişler	0.35	1

Tablo 3.5.'te verilen etkin rijitlik katsayılarının değerleri daha sonra her bir üye için SAP2000 programında gösterilmiştir, (kolonlar ve kirişler) Şekil 3.26.'da gösterildiği gibi kesitin atalet momenti ile çarpılarak verilir.



Şekil 3.26. SAP2000'de eklenin etkin kesit sertliği katsayısı, (1) kirişlerin sertlik katsayısı, (2) kolonların sertlik katsayısı

3.2.11. Sabit tek model itme analizi (pushover analysis) koşullarının tanımlanması

Mevcut betonarme bina simetrik olmadığı için Push X ve Push Y incelemeleri her iki yönde de farklı tanımlanmaktadır. Deprem talebi henüz bilinmediği için bina 1 metrelik itmeye maruz kalmıştır. Ayrıca, yönetmelik uyarınca ikinci dereceden etkiler P-delta dikkate alınmaktadır (Şekil 3.27. ve 3.28.).

Load Case Data - Nonlinear Static

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

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 ANALIZ]

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
Mode	2	-1.
Mode	2	-1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters

Load Application: [Displ Control] [Modify/Show...]

Results Saved: [Multiple States] [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: [Default] [Modify/Show...]

Analysis Type

☐ Linear

☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source

[Mass]

[OK] [Cancel]

Şekil 3.27. Push X analizinin tanımlanması

Load Case Data - Nonlinear Static

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

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 ANALIZ]

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
Mode	1	1.
Mode	1	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters

Load Application: [Displ Control] [Modify/Show...]

Results Saved: [Multiple States] [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: [Default] [Modify/Show...]

Analysis Type

☐ Linear

☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source

[Mass]

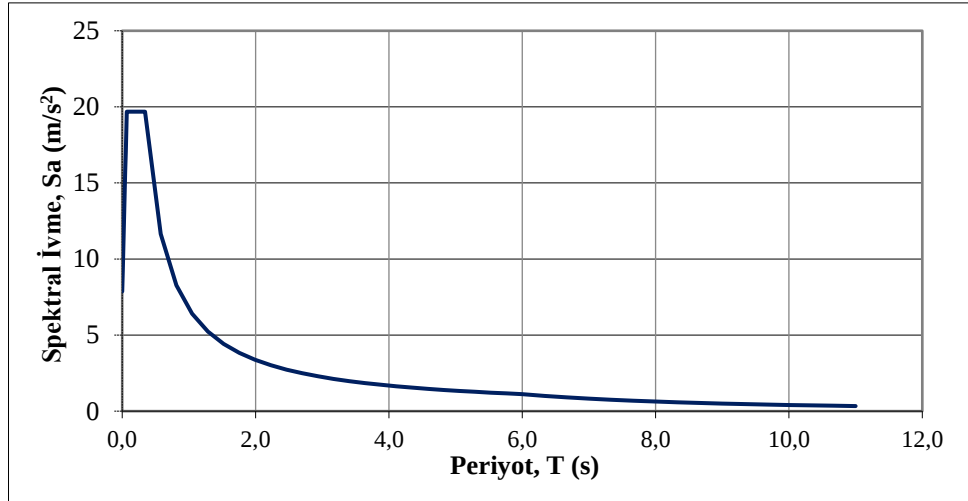
[OK] [Cancel]

Şekil 3.28. Push Y analizinin tanımlanması

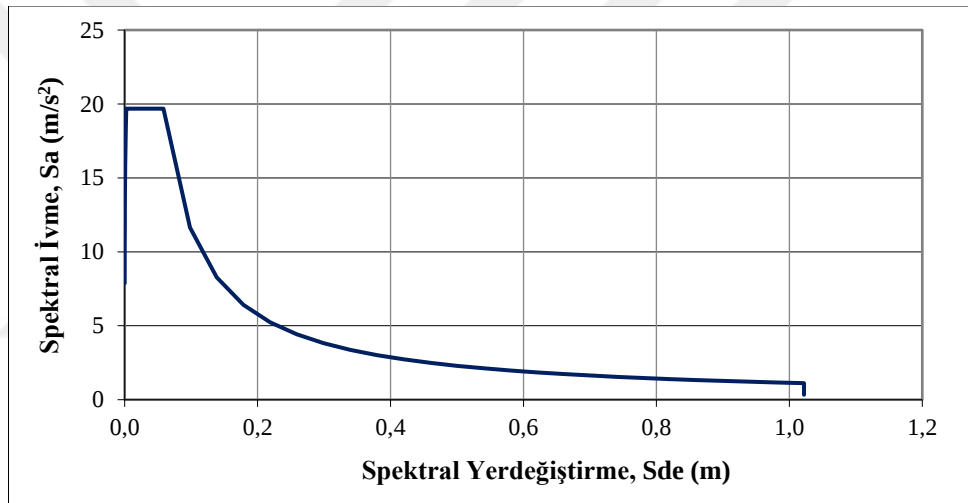
Analizlerden sonra statik itme eğrileri ve model analiz sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları bölüm iki'de kurumsal temellerinde bahsedilen hesap yöntemlerine uygun bir şekilde hazırlanarak excel dosyasına aktarılmıştır. ASCE / SEI

7-10, IBC ve TBDY 2018'e göre, kısa dönem bölgesi ve 1.0 saniye periyodu için harita spektral ivme katsayıları kullanılarak bir davranışsal spektrum oluşturulmuştur. Elde edilen değerler yanı model kapasite diyagramı ile örtüşen elastik davranış spektrumu ve model kapasite diyagramının eğimi kullanılarak doğrusal elastik spektral yer değiştirme grafiği çizilmiştir. Grafiğin elastik davranış spektrumuyla kesiştiği nokta belirlenmiş, belirlenen bu nokta, depremden gelen talebi göstermektedir.



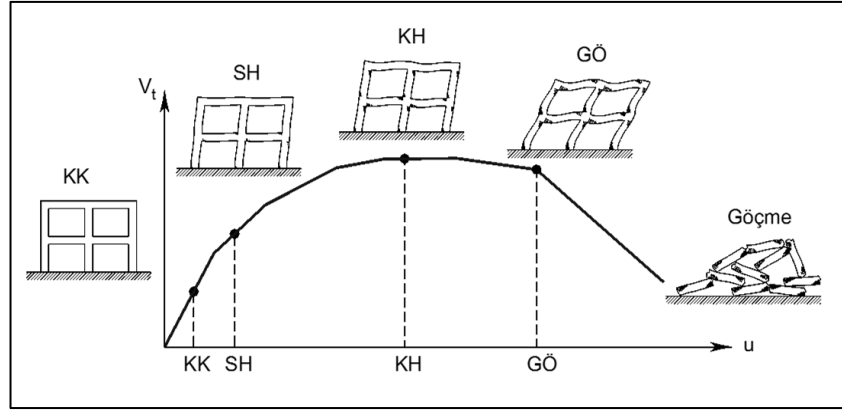


Şekil 4.3. Yatay elastik tasarım spektrumu



Şekil 4.4. Yatay elastik spektral yer değiştirmeler

Son olarak hem kapasite hem de talep eğrisini geliştirdikten sonra, aynı koordinatlarda çizilirler ve sismik yer değiştirme talebi, analitik prosedüre dayanarak model yer değiştirme (yani elastik olmayan spektral yer değiştirme) açısından belirlenir. 10 katlı modeller için sismik yer değiştirme talebinin tahmini grafiksel olarak Şekil 4..5, 4.7., 4.9., 4.11. ve 4.13.'da sunulmaktadır.



Şekil 4.6. TBDY 2018'e göre bina performans seviyeleri

Tablo 4.3. Referans modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme

Modal Kapasite Diyagramı			
Adım			
#	Dd (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	0	0
1	0.07234	0.44331	0.01603
2	0.10171	0.59294	0.01522
3	0.20977	0.88246	0.07971
4	0.27226	1.01070	0.05915
5	0.33550	1.07076	0.06581
6	0.33550	1.07065	0.00000
7	0.37450	1.09046	0.04214
8	0.38759	1.09440	0.01430
9	0.41377	1.09947	0.02872
10	0.43570	1.10172	0.02413
11	0.00000	0.00000	0.00000
12	0.00000	0.00000	0.00000
13	0.00000	0.00000	0.00000
14	0.00000	0.00000	0.00000
15	0.00000	0.00000	0.00000
16	0.00000	0.00000	0.00000
17	0.00000	0.00000	0.00000
18	0.00000	0.00000	0.00000
19	0.00000	0.00000	0.00000
20	0.00000	0.00000	0.00000
Toplam =			0.34523

Referans modal Eğri		
d (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	0
0.1342	0.8223	0.05517
0.4357	1.1017	0.29006
Toplam =		0.34523

Depremin Talebi	
$\omega^2 =$	6.13
T (sn)=	2.538
$a_{v1} =$	0.822
$S_{ac1} =$	2.67
$R_{v1} =$	3.25
$C_{R1} =$	1.00
$S_{dc1} =$	0.4357
$S_{d1} =$	0.4357
u (m) =	0.6241

u = Target displacement

Referans modelin modal kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği sismik yer değiştirme oranı elde edildikten sonra Tablo 4.3.'te gösterilmiştir. Model kapasite diyagramı yanı referans modelin eğri toplamı 0.34523m ve depremin binadan talep ettiği veri de 0.4357m çıkmış.

(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10) katta kadar olan elemanları minimum hasar bölgede yani Sınırlı Hasar (SH) bölgesinde yer alır. Ancak iki kattaki elemanları (5, 6) kat (KH) kontrollü hasar bölge ile Göçme Öncesi (GÖ) bölgeleri arasındadır.

Tablo 4.4. Birinci modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme

Modal Kapasite Diyagramı			
Adım	Dd (m)	a (m/s ²)	Alan
#			
0	0	0	0
1	0.04292	0.41985	0.00901
2	0.09141	0.71769	0.02758
3	0.15762	0.94722	0.05511
4	0.22435	1.11824	0.06892
5	0.26333	1.17359	0.04466
6	0.26333	1.17359	0.00000
7	0.26489	1.17504	0.00183
8	0.26562	1.17709	0.00086
9	0.28021	1.18753	0.01725
10	0.28605	1.18993	0.00694
11	0.28897	1.19070	0.00347
12	0.31232	1.19269	0.02783
13	0.33567	1.19342	0.02786
14	0.34451	1.19406	0.01055
15	0.00000	0.00000	0.00000
16	0.00000	0.00000	0.00000
17	0.00000	0.00000	0.00000
18	0.00000	0.00000	0.00000
19	0.00000	0.00000	0.00000
20	0.00000	0.00000	0.00000
Toplam =			0.30188

Üçüncü modal Eğri		
d (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	
0.0884	0.8649	0.03824
0.3445	1.1941	0.26364
Toplam =		0.30188

Depremin Talebi	
$\omega^2 =$	9.78
$T (sn) =$	2.009
$a_{y1} =$	0.865
$S_{del} =$	3.37
$R_{y1} =$	3.90
$C_{R1} =$	1.00
$S_{del} =$	0.3445
$S_{dl1} =$	0.3445
$u (m) =$	0.5230

u =Target displacement

Birinci modelin modal kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği sismik yer değiştirmesi elde edildikten sonra Tablo 4.4.'te gösterilmiştir. Birinci modelin kapasite diyagram eğri toplamı 0.30188m ve depremin binadan talep ettiği veri 0.3445m çıkmıştır.

bölgesindedir. Ancak ikinci kattan altıncı katta kadar olan elemanları (2, 3, 4, 5, 6) (KH) kontrollü hasar bölge ile Göçme Öncesi (GÖ) bölgeleri arasındadır.

Tablo 4.5. İkinci modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme

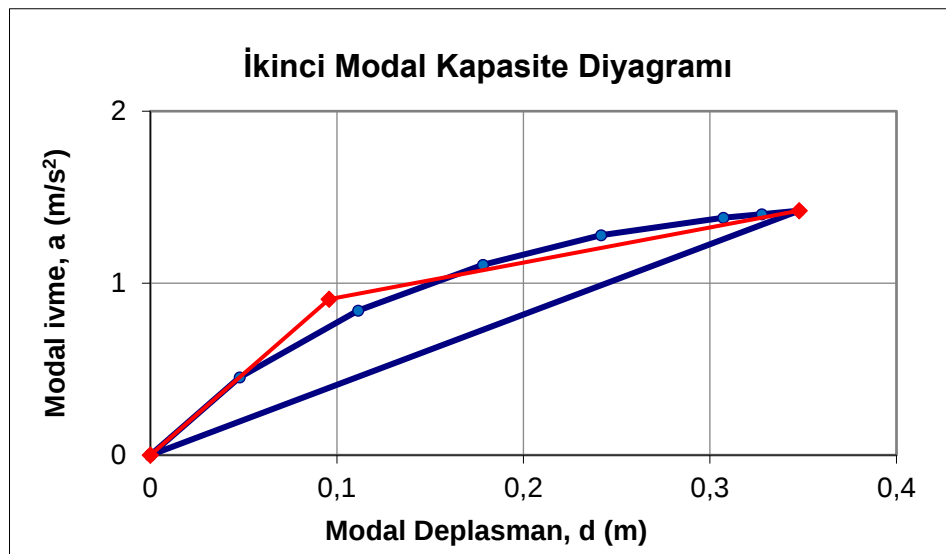
Modal Kapasite Diyagramı			
#	Dd (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	0	0
1	0.04787	0.45282	0.01084
2	0.11134	0.84065	0.04105
3	0.17832	1.10712	0.06523
4	0.24163	1.27931	0.07554
5	0.30714	1.38061	0.08712
6	0.32777	1.40142	0.02870
7	0.34781	1.42164	0.02830
8	0.00000	0.00000	0.00000
9	0.00000	0.00000	0.00000
10	0.00000	0.00000	0.00000
11	0.00000	0.00000	0.00000
12	0.00000	0.00000	0.00000
13	0.00000	0.00000	0.00000
14	0.00000	0.00000	0.00000
15	0.00000	0.00000	0.00000
16	0.00000	0.00000	0.00000
17	0.00000	0.00000	0.00000
18	0.00000	0.00000	0.00000
19	0.00000	0.00000	0.00000
20	0.00000	0.00000	0.00000
Toplam =			0.33678

İkinci modal Eğri		
d (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	0
0.0959	0.9067	0.04345
0.3478	1.4216	0.29332
Toplam =		0.33678

Depremin Talebi	
$\omega^2 =$	9.46
T (sn)=	2.043
$a_{y1} =$	0.907
$S_{aet} =$	3.29
$R_{y1} =$	3.63
$C_{R1} =$	1.00
$S_{det} =$	0.3478
$S_{dit} =$	0.3478
u (m) =	0.5497

u =Target displacement

İkinci modelin modal kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği sismik yer değiştirmesi elde edildikten sonra Tablo 4.5.'te gösterilmiştir. İkinci modelin kapasite diyagram eğri toplamı 0.33678m ve depremin binadan talep ettiği veri 0.3478m çıkmıştır.



Şekil 4.11. İkinci modelin kapasite diyagramı

Tablo 4.6. Üçüncü modelin kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme

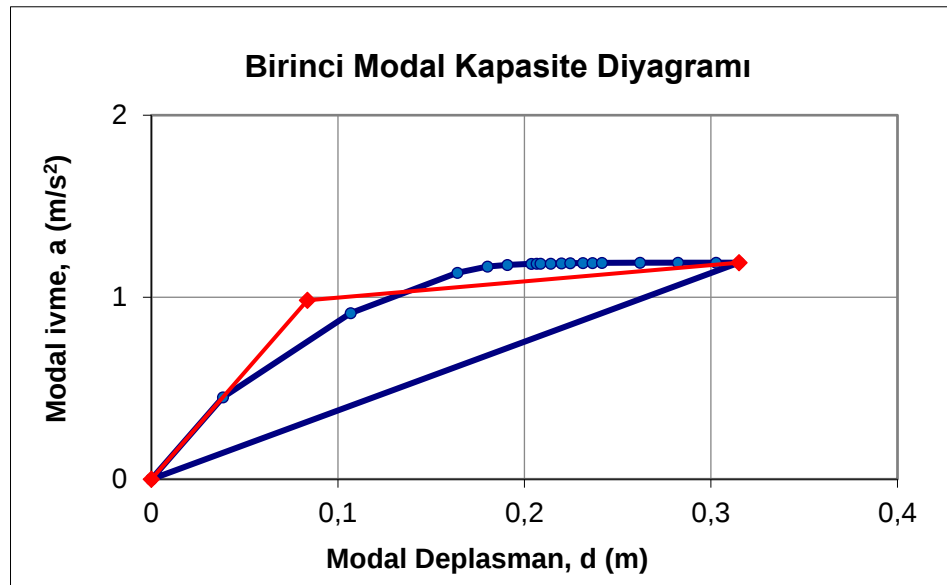
Modal Kapasite Diyagramı			
Adım	#	Dd (m)	a (m/s ²)
	0	0	0
	1	0.03831	0.44993
	2	0.10680	0.91268
	3	0.16408	1.13428
	4	0.18017	1.16811
	5	0.19083	1.17721
	6	0.20372	1.18340
	7	0.20650	1.18398
	8	0.20854	1.18477
	9	0.21410	1.18460
	10	0.21985	1.18623
	11	0.22456	1.18687
	12	0.23134	1.18795
	13	0.23644	1.18816
	14	0.24153	1.18838
	15	0.26192	1.18925
	16	0.28231	1.18947
	17	0.30270	1.18968
	18	0.31503	1.18981
	19	0.00000	0.00000
	20	0.00000	0.00000
		Toplam =	0.29242

Birinci modal Eğri		
d (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	
0.0837	0.9826	0.04110
0.3150	1.1898	0.25132
Toplam =		0.29242

Depremin Talebi	
$\omega^2 =$	11.74
$T (sn) =$	1.833
$a_{y1} =$	0.983
$S_{ael} =$	3.70
$R_{y1} =$	3.77
$C_{R1} =$	1.00
$S_{del} =$	0.3150
$S_{dl1} =$	0.3150
$u (m) =$	0.4836

u =Target displacement

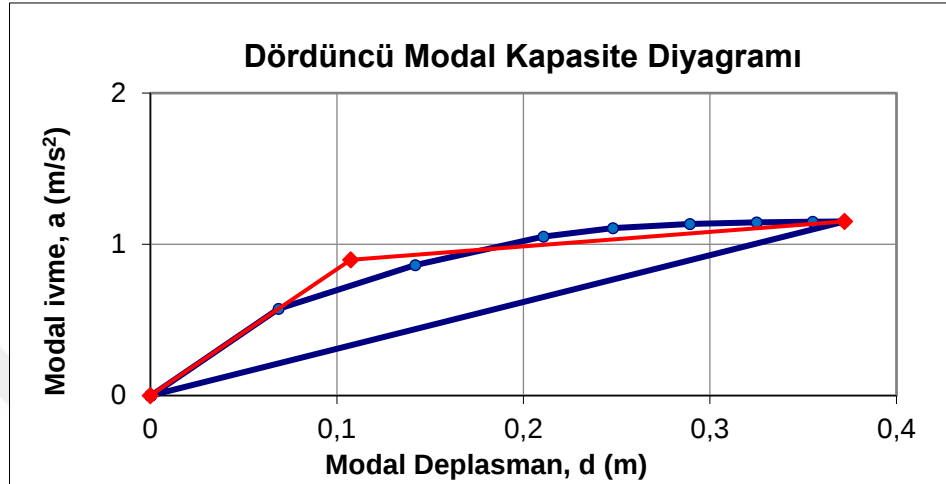
Üçüncü modelin modal kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği sismik yer değiştirmesi elde edildikten sonra Tablo 4.6.'da gösterilmiştir. Üçüncü modelin kapasite diyagram eğri toplamı 0.29242m ve depremin binadan talep ettiği veri 0.3150m çıkmıştır.



Şekil 4.13. Üçüncü modelin kapasite diyagramı

Bu grafik üçüncü modelin modal kapasite diyagramı, elastik davranış spektrumunun ve ikisinin kesiştiği noktasının göstermektedir.

Dördüncü modelin modal kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği sismik yer değiştirmesi elde edildikten sonra Tablo 4.7.'de gösterilmiştir. Dördüncü modelin kapasite diyagram eğri toplamı 0.31944m ve depremin binadan talep ettiği veri 0.3722m çıkmıştır.



Şekil 4.15. Dördüncü modelin kapasite diyagramı

Bu grafik dördüncü modelin modal kapasite diyagramı, elastik davranış spektrumunun ve ikisinin kesiştiği noktasının göstermektedir.

Şekillere göre depremin en büyük yer değiştirme talebi referans model ve model 4'ten dir. Bu iki modelin düzenli şekli ve büyük kütesinden dolayı taban katlarda en büyük şekil değişmesi meydana gelmektedir. Depremin en düşük yer değiştirme talebi model 2 ve model 3'ten dir. Çünkü bu iki modelde referans model üzerinden bazı akslardaki kolon, kiriş ve döşemelerin kaldırılarak belli katlardan sonra (dört, yedi ve onuncu katlar) katlarının alanları azaltılıp farklı tipte modeller oluşturulmuştur. Ve depreme karşı şekil değiştirme oranı düşüktür referans model ve model 4'ten daha dayanıklı ve yeterlidir.

4.1.2. Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Görelî kat ötelemelerinin yer değiştirmesi ardı ardına gelen iki katın arasındaki yer değişimini belirtir. On katlı modeller için yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar X yönünde Tablo 4.8. ve Y yönünde Tablo 4.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Modellerin (X) yönünde görel kat ötelemelerinin sınırlandırılması $\Delta_i(\text{mm})$

KAT	REFERNS	MODEL.1	MODEL.2	MODEL.3	MODEL.4
1	13.1	10.0	13.2	7.6	12.5
2	25.3	17.3	22.5	13.2	21.9
3	27.9	18.5	23.6	14.0	23.2
4	27.2	18.3	22.7	13.9	22.7
5	26.8	22.2	22.9	20.4	22.8
6	24.5	26.3	21.5	23.4	21.2
7	21.6	19.1	19.1	22.7	18.8
8	17.0	18.0	15.5	19.2	15.3
9	12.7	13.5	11.4	15.2	11.3
10	6.8	7.5	6.2	8.9	6.2

Tablo 4.8.'de belirtildiği gibi 10 katlı modeller arasında X doğrultusunda diğer modellere kıyasla daha çok yer değiştirmeyi yapan model referans modeldir. Referans modelin maksimum yer değiştirmesi 27.9mm ile üçüncü katındadır. depreme karşı yer değiştirme oranı da %30 düzensiz modellere göre fazladır. Model 3 de ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeyi sahip olup beşinci katındaki maksimum yer değiştirmesi 20.4 mm'dir.

Şekil 4.15.'te görüldüğü gibi referans model diğer modellere göre yüklere karşı daha yetersizdir. İlk modelde bu güvenlik açığının yüzdesi diğer modellere göre düşüktür. Referans modelin (1, 8, 9, 10) katları belirgin hasar bölgeler arasında yer alır (SH) ile (KH) arasında, ve (2, 3, 4, 5, 6, 7) katları ileri hasar bölgesinde yer alır (GÖ) bölgede. Birinci modelin (1, 10) katları sınırlı hasar bölgede dir, (2, 3, 4, 7, 8, 9) katları belirgin hasar bölgede, (5, 6) katları ileri hasar bölgesinde yer alır. X yönünde, düzensiz deformasyona rağmen en kararlı model birinci modeldir. Bu değişimler Şekil 4.15.'te grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Modellerin (Y) yönüne göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması $\Delta_i(\text{mm})$

KAT	REFERANS	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4
1	16.5	13.1	14.2	11.4	16.1
2	27.9	20.3	22.0	17.5	24.9
3	27.6	19.4	21.0	16.5	23.9
4	25.8	18.1	19.5	15.3	22.2
5	24.5	17.4	22.3	21.6	21.4
6	22.0	15.8	22.5	23.9	19.4
7	18.8	13.5	19.6	21.7	16.5
8	14.5	10.5	15.6	17.8	12.9
9	10.4	7.5	11.2	13.2	9.2
10	5.6	4.1	6.0	7.6	5.0

Tablo 4.2.'de verilen değerlere göre 10 katlı modeller içerisinde y yönünde diğer 4 modelden daha çok yer değiştirme yapan bir referans modeli olduğu anlaşılmakta olup maksimum yer değiştirmesi 27.9 mm olarak yapının ikinci katında yer almaktadır. Y yönünde de depreme karşı yer değiştirme oranı %30 düzensiz modellere göre fazladır.

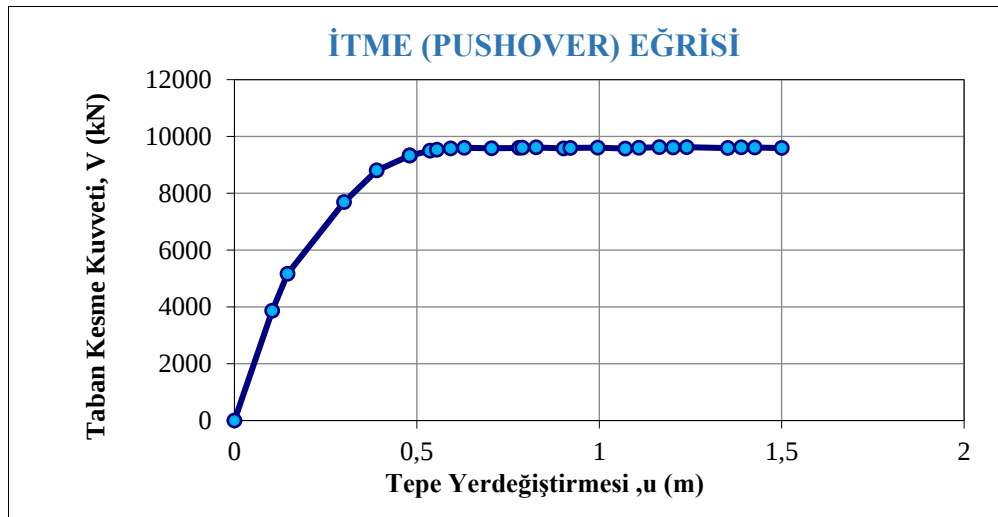
Şekil 4.16.'da görüldüğü gibi Referans modelin (1, 7, 8, 9, 10) katları (SH) ile (KH) yani belirgin hasar seviyeleri arasındadır ve (2, 3, 4, 5, 6) katları (KH) ile (GÖ) ileri hasar seviyeleri arasında yer alır. Y yönünde de en yetarsız model- referans modelidir. Bu güvenlik açığının nedeni, modelin diğer modellere göre yüksek kütlesidir. Birinci modelin tüm katları belirgin hasar seviyeleri (SH) ile (KH) arasında yer alır. Y yönünde en kararlı model birinci modeldir. Tüm modellerin performansını hem X hem de Y yönlerinde inceledikten sonra, güç ve kararlılık için kesin seçimin ilk model olduğu söylenebilir. Bu değişimler Şekil 4.16.'da grafiksel olarak gösterilmiştir.

direncini artırarak çatlama ve kırılmalara engel olur. Bu değişiklik büyük ölçüde zemin türüne bağlıdır. Zemin türü ne kadar iyi olursa, değişim o kadar az olur. Bu değişiklikler kiriş ve kolonlardaki mesnetlerde de incelenebilir. Bina simetrik değilse X ve Y yönüne göre ayrı ayrı incelenir, bina simetrik ise X veya Y yönlerinden biri incelenir. ve modeller arasındaki tepe yer değiştirme Şekil 4.17., 4.19., 4.21., 4.23. ve 4.25.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.10. Referans modelin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

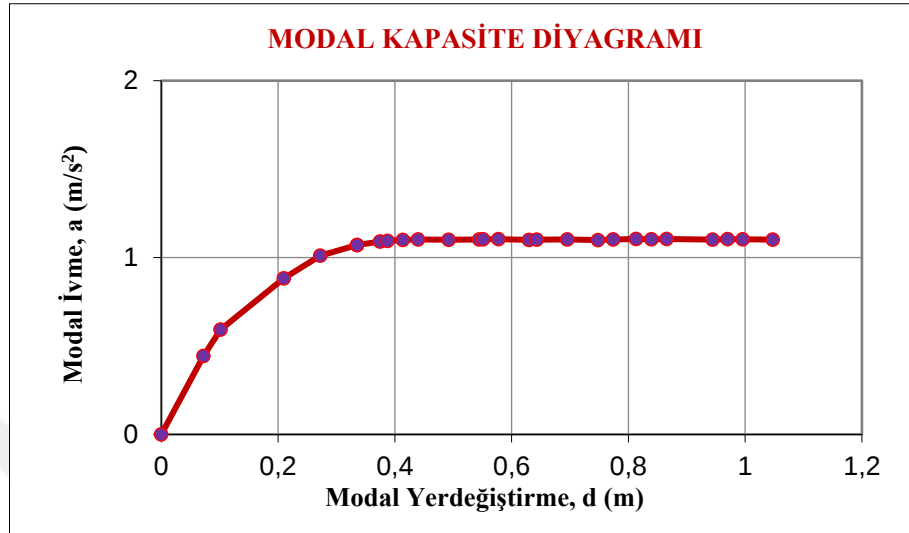
Periyot; T (s)	2.5290	
Kütle Katılım oranı	0.781	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	11153	2
Katki çarpanı; Γ_{x1}	93.13	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0154	+ X

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
#	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.1036	3861.39	0.07234	0.443
2	0.1457	5164.74	0.10171	0.593
3	0.3005	7686.64	0.20977	0.882
4	0.3900	8803.67	0.27226	1.011
5	0.4806	9326.78	0.33550	1.071
6	0.4806	9325.85	0.33550	1.071
7	0.5364	9498.39	0.37450	1.090
8	0.5552	9532.71	0.38759	1.094
9	0.5927	9576.85	0.41377	1.099
10	1.5003	9600.34	1.04745	1.102



Şekil 4.18. Referans modelin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 1,5 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 9600 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

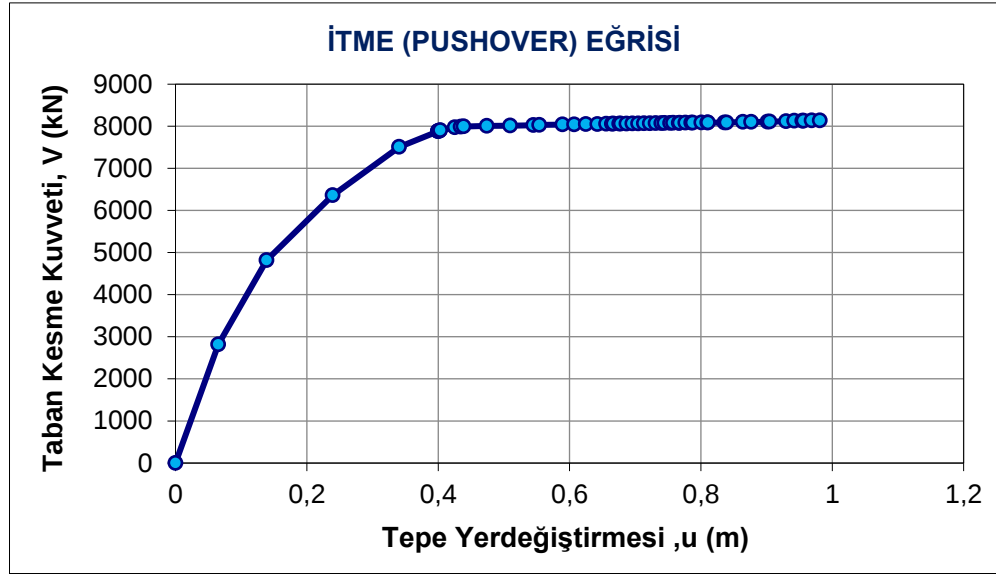


Şekil 4.19. Referans modelin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.11. Model birin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

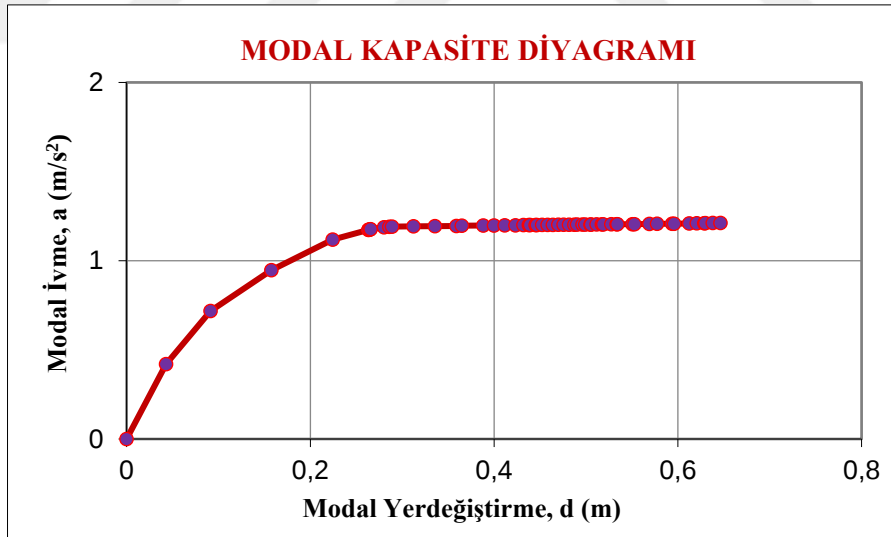
Periyot; T (s)	2.0100	
Kütle Katılım oranı	0.718	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	9352	2
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	81.75	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0186	+ X

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0652	2819.17	0.04292	0.420
2	0.1388	4819.11	0.09141	0.718
3	0.2393	6360.34	0.15762	0.947
4	0.3406	7508.66	0.22435	1.118
5	0.3998	7880.31	0.26333	1.174
6	0.3998	7880.32	0.26333	1.174
7	0.4021	7890.10	0.26489	1.175
8	0.4033	7903.85	0.26562	1.177
9	0.4254	7973.93	0.28021	1.188
10	0.9812	7990.05	0.64632	1.190



Şekil 4.20. Model birin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,9 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 7990 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

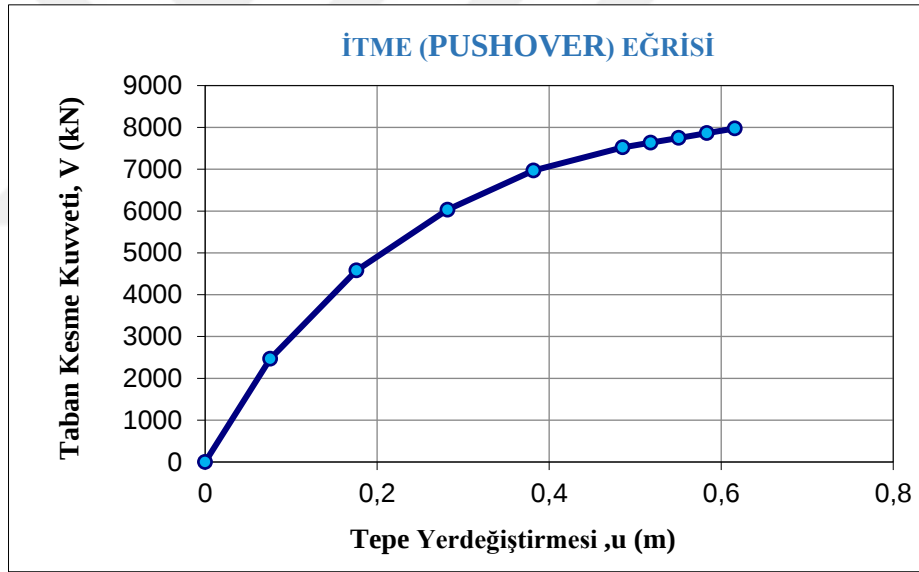


Şekil 4.21. Model birin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.12. Model ikinin (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

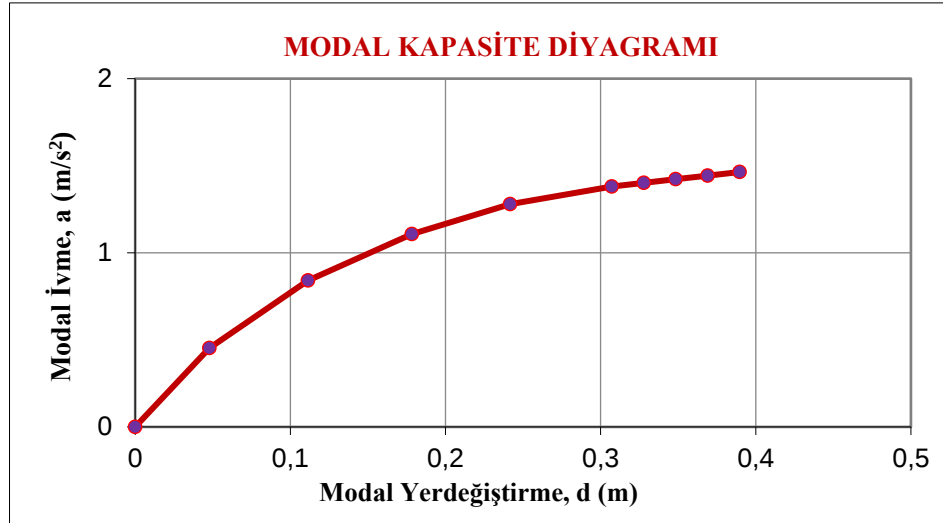
Periyot; T (s)	2.0440	
Kütle Katılım oranı	0.595	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	9157	2
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	73.65	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0215	+ X

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u^i_{xN1} (m)	V^i_{x1} (kN)	d (m)	a (m/s^2)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0757	2467.22	0.04787	0.453
2	0.1760	4580.38	0.11134	0.841
3	0.2818	6032.25	0.17832	1.107
4	0.3819	6970.42	0.24163	1.279
5	0.4854	7522.39	0.30714	1.381
6	0.5181	7635.76	0.32777	1.401
7	0.5507	7749.13	0.34839	1.422
8	0.5833	7862.50	0.36902	1.443
9	0.6159	7975.87	0.38965	1.464
10	0.6543	8089.19	0.41397	1.485



Şekil 4.22. Model ikinin (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,7 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 8089 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

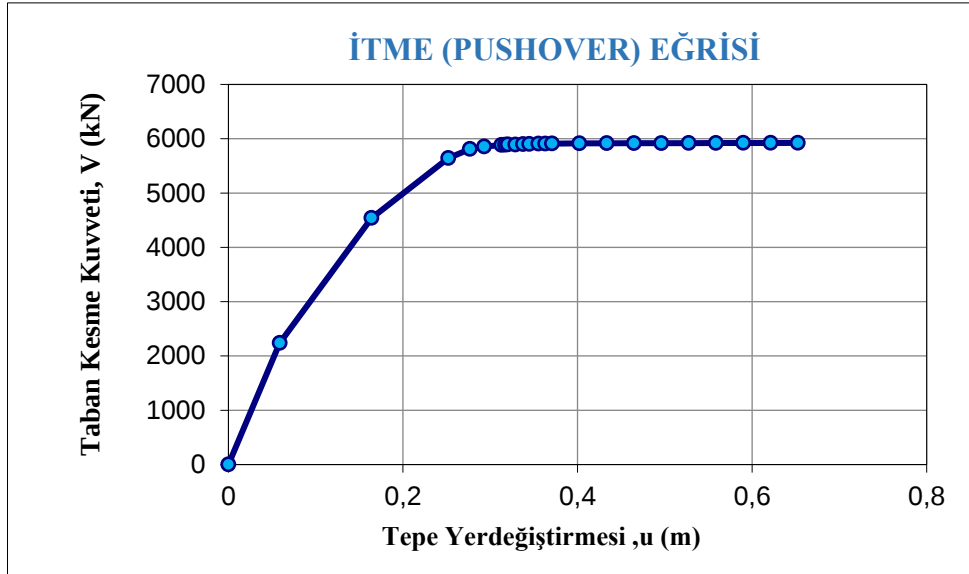


Şekil 4.23. Model ikinin (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.13. Model üçün (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

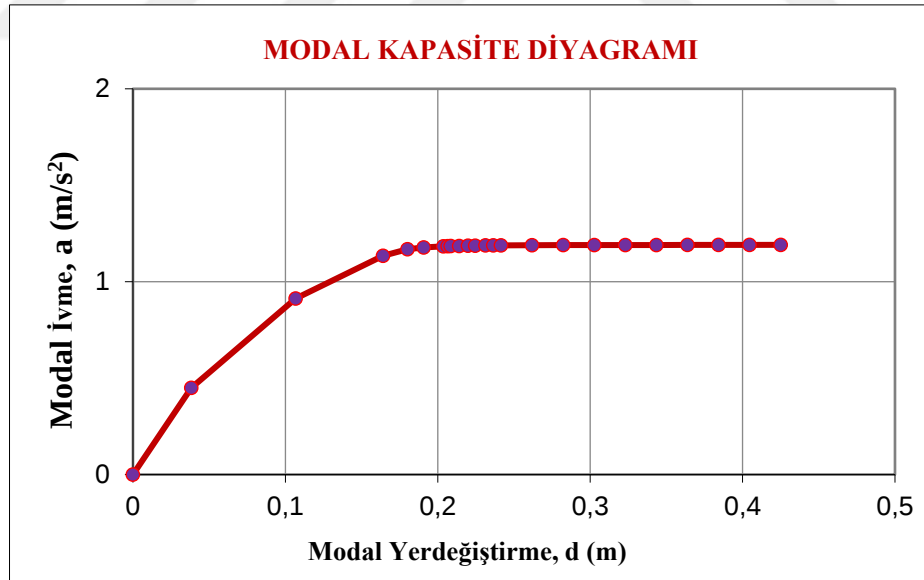
Periyot; T (s)	1.8240	
Kütle Katılım oranı	0.635	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	7833	2
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	70.28	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0218	+ X

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
#	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0588	2237.82	0.03831	0.450
2	0.1639	4539.39	0.10680	0.913
3	0.2519	5641.59	0.16408	1.134
4	0.2766	5809.85	0.18017	1.168
5	0.2929	5855.08	0.19083	1.177
6	0.3127	5885.89	0.20372	1.183
7	0.3170	5888.76	0.20650	1.184
8	0.3201	5892.69	0.20854	1.185
9	0.3286	5891.86	0.21410	1.185
10	0.6524	5899.97	0.42502	1.186



Şekil 4.24. Model için (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,7 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 5899 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

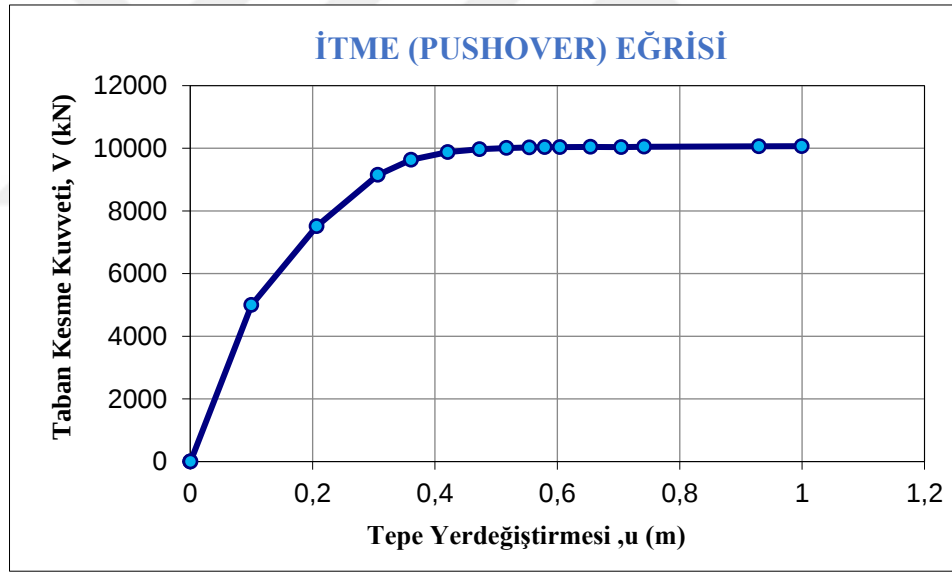


Şekil 4.25. Model için (X) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.14. Model dördün (X) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

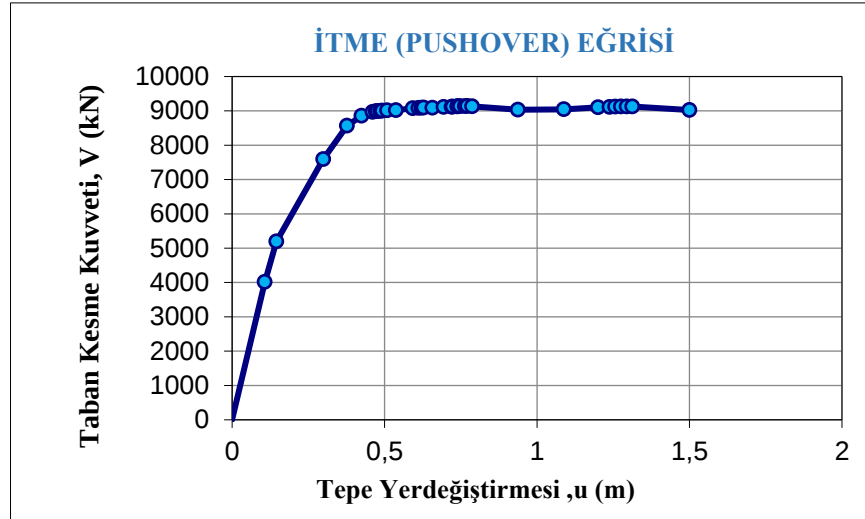
Periyot; T (s)	2.1650	
Kütle Katılım oranı	0.781	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	11145	2
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	93.18	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0156	+ X

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s^2)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0006	0.00	0.00041	0.000
2	0.1000	4997.36	0.06871	0.574
3	0.2067	7511.62	0.14204	0.863
4	0.3067	9151.01	0.21074	1.051
5	0.3610	9634.03	0.24800	1.107
6	0.4210	9877.30	0.28927	1.135
7	0.4731	9970.58	0.32504	1.146
8	0.5168	10009.35	0.35509	1.150
9	0.5543	10026.64	0.38086	1.152
10	0.9994	10033.99	0.68662	1.153



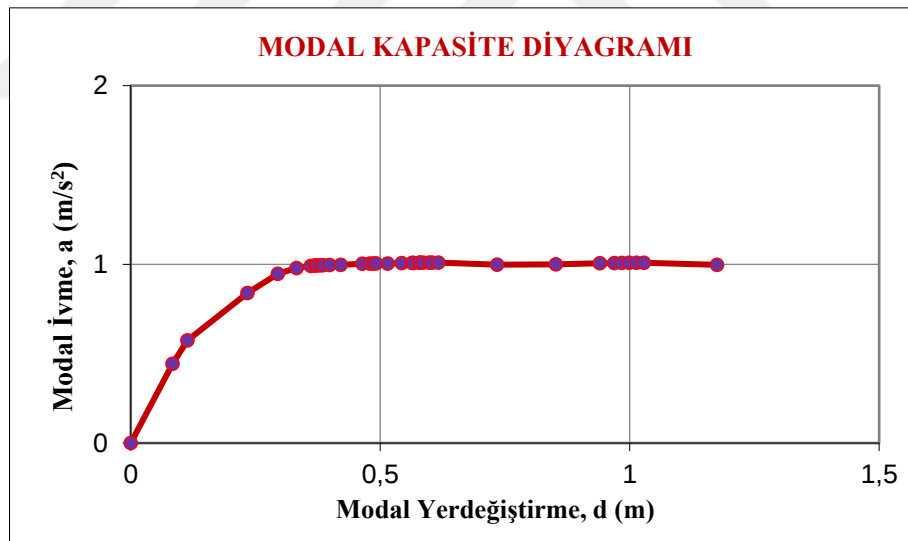
Şekil 4.26. Model dördün (X) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 1 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 10033 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.



Şekil 4.30. Referans modelin (Y) doğruştusunda itme (pushover) Eğrişi

Şekilde görüldüğü gibi yapı y yönünde kademeli itilmiş, en son 1,5 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 9003 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

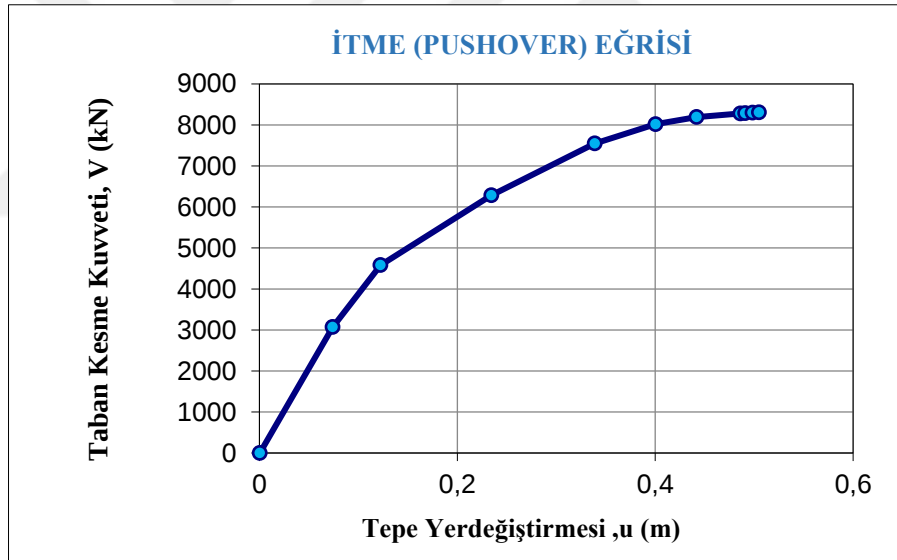


Şekil 4.31. Referans modelin (Y) doğruştusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.16. Model birin (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

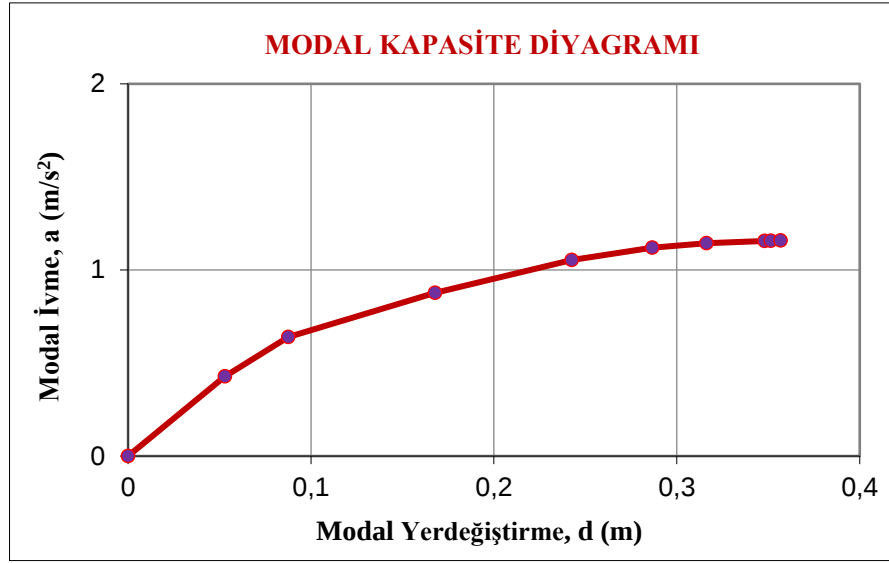
Periyot; T (s)	2.2000	
Kütle Katılım oranı	0.766	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	9352	1
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	84.41	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0166	+ Y

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0004	0.00	0	0
1	0.0740	3069.92	0.05299	0.429
2	0.1224	4581.96	0.08761	0.640
3	0.2345	6285.28	0.16785	0.877
4	0.3388	7547.64	0.24254	1.054
5	0.4004	8018.72	0.28658	1.119
6	0.4418	8192.71	0.31622	1.144
7	0.4861	8279.97	0.34797	1.156
8	0.4909	8284.47	0.35138	1.156
9	0.4984	8296.78	0.35674	1.158
10	0.5049	8306.88	0.36140	1.160



Şekil 4.32. Model birin (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,5 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 8306 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

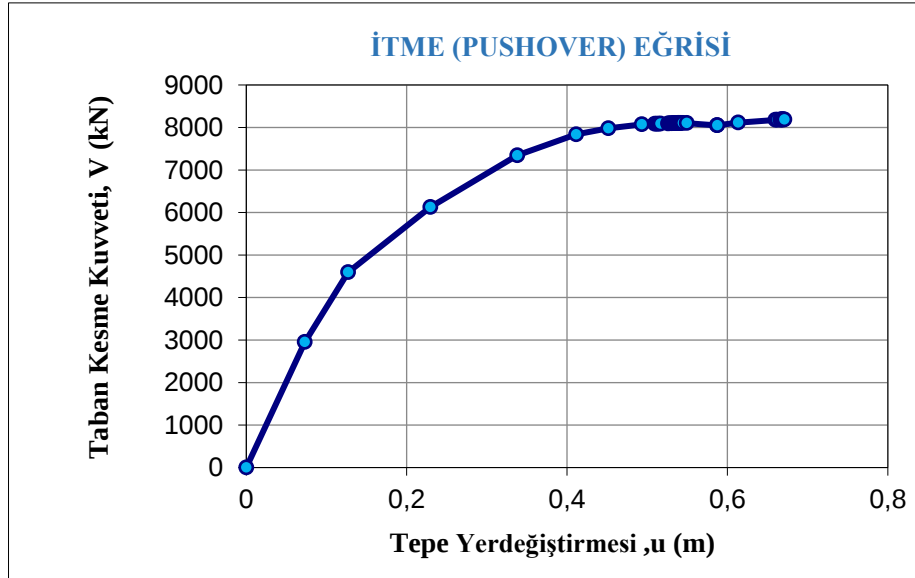


Şekil 4.33. Model birin (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.17. Model ikinin (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

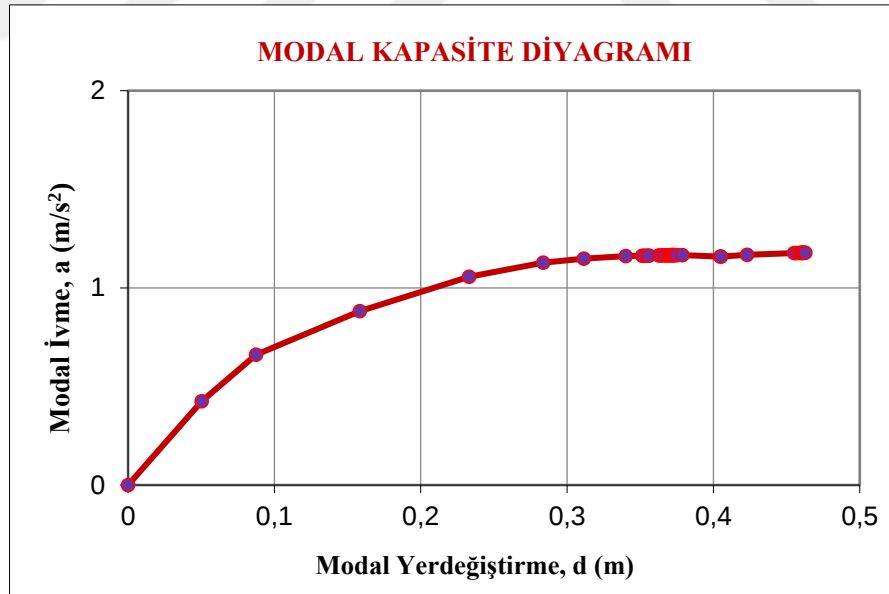
Periyot; T (s)	2.1670	
Kütle Katılım oranı	0.759	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	9157	1
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	83.17	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0174	+ Y

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0730	2952.05	0.05034	0.425
2	0.1270	4593.60	0.08758	0.661
3	0.2297	6127.40	0.15842	0.882
4	0.3379	7343.90	0.23307	1.057
5	0.4114	7837.69	0.28377	1.128
6	0.4516	7979.92	0.31149	1.148
7	0.4932	8071.83	0.34022	1.161
8	0.5094	8083.21	0.35139	1.163
9	0.5118	8083.40	0.35303	1.163
10	0.6710	8086.56	0.46286	1.163



Şekil 4.34. Model ikinin (Y) doğruştusunda itme (pushover) Eğrişi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,7 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 8086 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

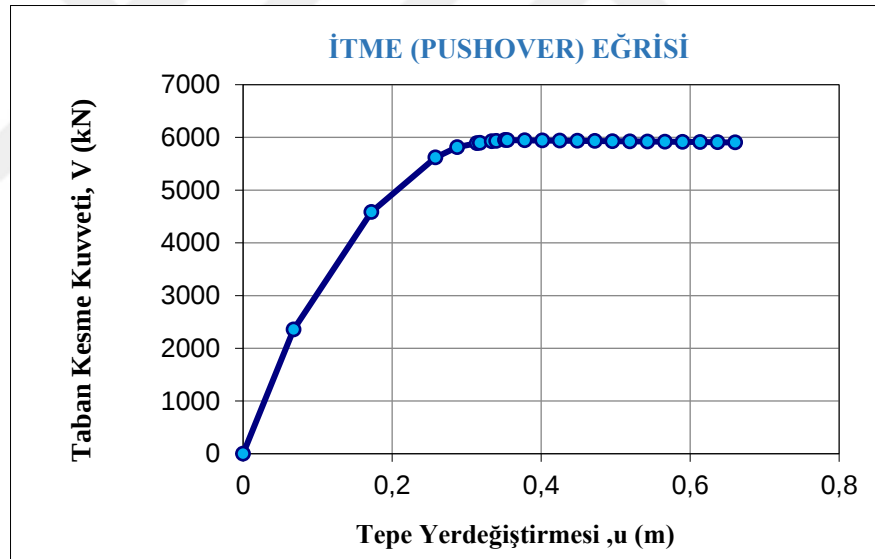


Şekil 4.35. Model ikinin (Y) doğruştusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.18. Model için (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

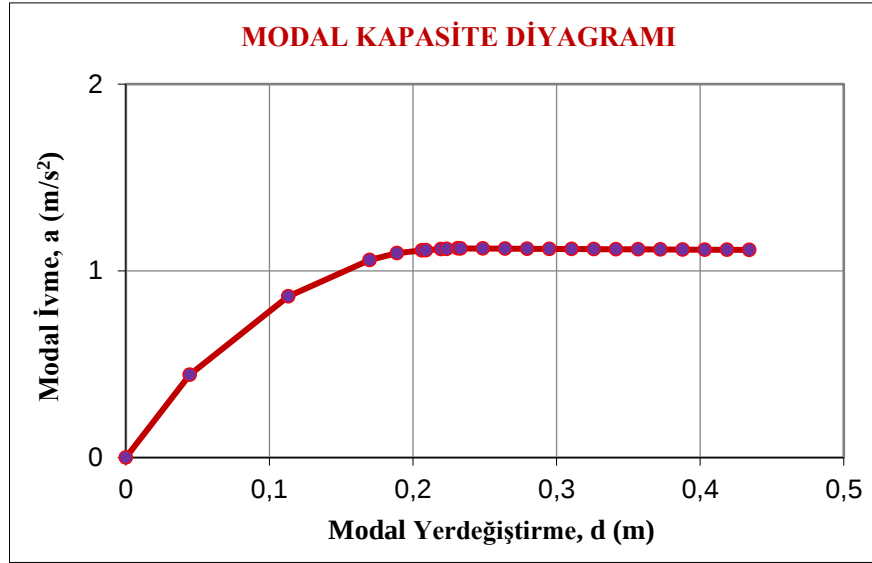
Periyot; T (s)	2.0020	
Kütle Katılım oranı	0.678	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	7833	1
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	73.13	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0208	+ Y

Adım	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0678	2356.44	0.04456	0.444
2	0.1722	4583.74	0.11318	0.863
3	0.2582	5620.15	0.16975	1.058
4	0.2873	5815.23	0.18887	1.095
5	0.3137	5890.23	0.20623	1.109
6	0.3179	5896.04	0.20902	1.110
7	0.3338	5926.67	0.21946	1.116
8	0.3399	5931.78	0.22344	1.117
9	0.3516	5951.56	0.23116	1.121
10	0.6604	5948.24	0.43416	1.120



Şekil 4.36. Model için (Y) doğrultusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 0,7 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 5948 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.

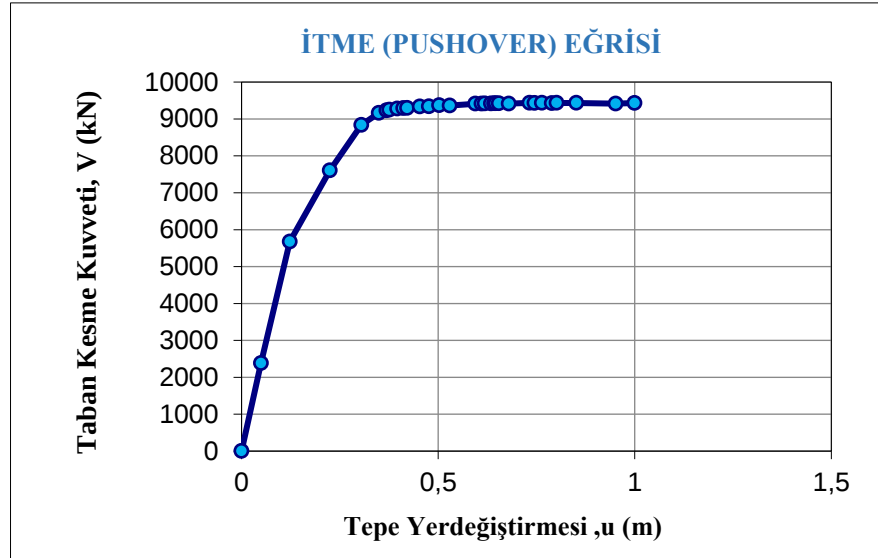


Şekil 4.37. Model uçun (Y) doğrultusunda Model kapasite diyagramı

Tablo 4.19. Model dördün (Y) doğrultusunda itme eğrisi ve model kapasitesi

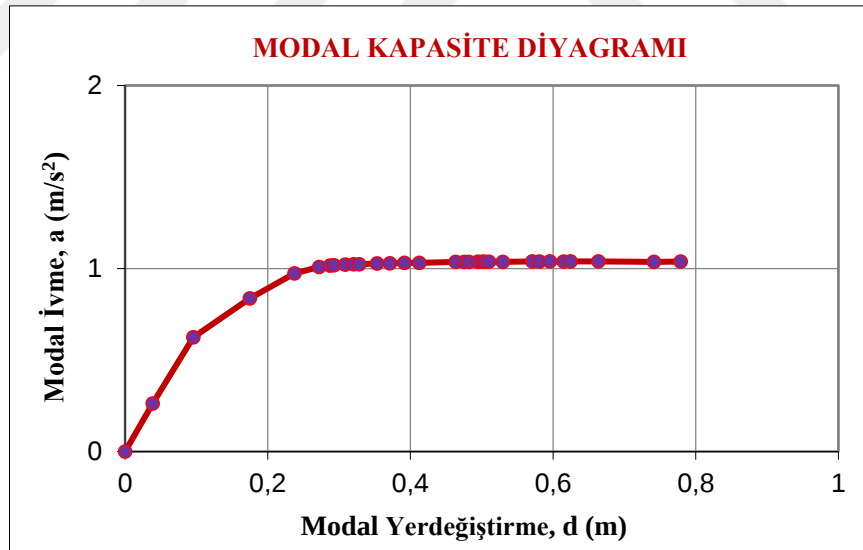
Periyot; T (s)	2.4130	
Kütle Katılım oranı	0.815	MODE
Toplam Kütle; M (ton)	11145	1
Katkı çarpanı; Γ_{x1}	95.21	Direction
Modal büyüklük; Φ_{xN1}	0.0135	+ Y

#	İtme (Pushover) Eğrisi		Modal Kapasite Diyagramı	
	u_{xN1}^i (m)	V_{x1}^i (kN)	d (m)	a (m/s ²)
0	0.0000	0.00	0	0
1	0.0496	2384.32	0.03861	0.263
2	0.1228	5675.98	0.09570	0.625
3	0.2244	7603.82	0.17488	0.837
4	0.3047	8837.67	0.23739	0.973
5	0.3491	9160.66	0.27205	1.009
6	0.3686	9233.04	0.28719	1.017
7	0.3760	9248.56	0.29296	1.018
8	0.3960	9278.13	0.30854	1.021
9	0.4114	9292.53	0.32058	1.023
10	0.9996	9294.73	0.77889	1.023



Şekil 4.38. Model dördün (Y) doğruştusunda itme (pushover) Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi yapı x yönünde kademeli itilmiş, en son 1 m'ye kadar itilen yapının bundan sonra daha fazla yük taşıyamadığı görülmüştür. 9294 kN'lık bir taban kesme kuvveti oluşturulmuştur.



Şekil 4.39. Model dördün (Y) doğruştusunda Model kapasite diyagramı

4.1.5. Modellerde oluşan kesme kuvvetleri

Bu kuvvetler elemanların kaymasına neden olur ve kesme ve dış kuvvetlerin etkisiyle oluşur. Dikey olarak işlenmektedir. Bu kuvvetler binalar için bir güçlü elaman olarak belirlenmektedir. 10 katlı modeller için yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar taban kat kesme kuvveti ve katlar arası kesme kuvvetleri Tablo 4.22.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Modellerin katlar arası kesme kuvveti (ton)

KAT	REFERNS	MODEL.1	MODEL.2	MODEL.3	MODEL.4
1	1046.89	1046.89	1046.89	1046.89	1046.89
2	1046.89	1046.89	1046.89	1046.89	1046.89
3	1040.78	1040.78	867.32	1040.78	722.76
4	1611.59	1611.59	1074.39	1611.59	1119.16
5	1605.48	1070.32	1070.32	1605.48	856.25
6	1605.48	1070.32	1070.32	1605.48	856.25
7	1594.49	1353.03	797.90	1594.86	398.31
8	1594.86	531.08	797.90	1594.86	398.31
9	1852.99	617.66	617.66	1593.24	199.90
10	617.66	318.44	208.88	185.30	617.66

Tablo 4.22.'de görüldüğü gibi referans model ve model 4 ağır taban katlara sahip olması nedeniyle taban katlarda en fazla kesme kuvvetine sahiptir, bu kesme kuvveti bina elemanlarının mesnetlerde kesmesine sebep olur. Model 3 taban katlarda en az ağırlığa sahip olmasından dolayı taban katlarda en az kesme kuvvetine sahiptir. Bu kesme kuvvetleri model 3'ün diğer modellere göre sağlam olduğunu göstermektedir. Bu değişiklikler Şekil 4.43.'teki grafikte gösterilmiştir.

4.1.6. Plastik mafsallar

İnşaat mühendisliğinde son yıllarda en çok konuşulan kavramlardan biri de "plastik mafsallık" kavramıdır. Özellikle deprem odaklı tasarımları için iyi anlaşılması gereken bir terimdir. Mafsallık genellikle eklem anlamına gelir. Eklemlerimizde olduğu gibi dönmeye izin veren bağlantı noktalarıdır yani momentin etkisine karşı direnemezler yani eklemlerde moment değeri sıfırdır. Plastik mafsallar, eğilme momentini belirli bir seviyeye kadar taşıyan ve kapasitelerini aşan eğilme momenti büyüklüklerinde dönmeye izin veren bağlantı noktalarıdır. Plastik mafsallığın belirli bir değere ulaştıktan sonra dönmeye izin verilmesi, elemanlarda büyük yer değiştirmelere (deformasyonlara) neden olur. Büyük yer değiştirmeler istenmese de plastik mafsallık özelliği tasarımın amacına uygun olarak kullanılırsa yapının genel davranışında ve maliyetinde büyük kolaylık sağlar, çünkü bu plastik birleşim oluştururken büyük miktarda enerji tüketir. Yapıya ulaşan enerji, deprem veya farklı bir yanal yükün etkisiyle bir miktar sönmülenecektir. Tasarım yapılırken bu enerjinin soğurulacağı noktaların belirlenmesi, yapının deprem yükü etkisi altında nasıl davranacağını ve oluşacak hasarın belirlenmesi anlamına gelmektedir. Plastik mafsallığın oluşumu, yapıların sünekliğine, yani büyük yer değiştirmeler olmaksızın enerji dağılımına büyük ölçüde katkıda bulunur.

Ek olarak hem x hem de y yönündeki analiz sonuçlarına göre, bazı belirli bileşenlerin hasar seviyeleri, Toprak etkileri nedeniyle artabilir veya azalabilir. Ancak her geçen gün daha fazla elemanın hasar durumları incelenirken çoğunda plastik rotasyon artmıştır ve buna bağlı Sistemin genel hasarı, sabit temel duruma kıyasla artar. Ayrıca, daha önce de belirtildiği gibi, Toprağın analize dahil edilmesi, iç kuvvetlerin yeniden dağılımına neden olur ve bu da binalardaki plastik mafsallık oluşumunu değiştirir. Örnek olarak ZC zemin tipi göz önüne alındığında, itme analizinin son aşamasına karşılık gelen plastik mafsallık oluşumu Şekil 4.15.'te gösterilmektedir. Şekil 4.15. x yönündeki 10 katlı model için plastik mafsallık oluşumlarının karşılaştırması sabit taban durumunu göstermektedir.

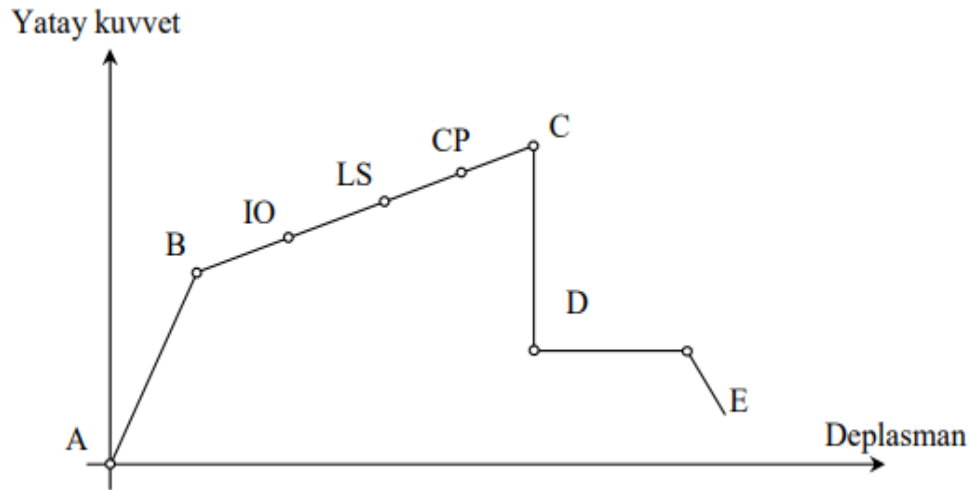
gerilmelere maruz kalan zemin kat kolonlarının plastikleşme ve hasar seviyesi diğer kat kolonlarına kıyasla yüksektir. Plastik mafsalların hasar seviyeleri, ayrıca bulundukları renge karşılık gelen hasar aralığı ile de gösterilebilir. Bu mesafeler,

- A-B: Doğrusal elastik davranış bölgesi (gösterilmez)
- B-IO: Elastik ötesi-hemen kullanım seviyesi aralığı (minimum hasar, pembe)
- IO-LS: Hemen kullanım-can güvenliği seviyesi aralığı (belirgin hasar, mavi)
- LS-CP: Can güvenliği-göçmenin önlenmesi seviyesi aralığı (ileri hasar, turkuaz)
- CP-C: Göçmenin önlenmesi-göçme sınırı aralığı (göçme öncesi hasar, yeşil)
- C-D: Gerilmenin boşalıp kırılmaların başladığı aralık (sarı)
- D-E: Göçme bölgesi (turuncu)
- E: Tamamen göçme noktası (kırmızı)

Şekil üzerinden ifade edilebilir. Bu hasar aralıklarının FEMA-356 yönetmeliği ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Bu hasar mesafelerinin FEMA-356 yönetmeliği ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ayrıca modellerde PUSH-X yükleme kombinasyonu ile oluşan son plastik mafsalların kuvvet ve deplasman durumuna göre miktarları ve seviyeleri grafik 4.17, 4.19, 4.21, 4.23, 4.25'te verildiği gibi çıkmıştır.



Şekil 4.56. Taslak bir kapasite eğrisi üzerinde performans mesafelerinin gösterilmesi

Referans modelin PUSH-X yüklemede toplam 364 adet plastik mafsall oluşmuş (kiriş ve kolon uç bölgelerinde) birinci katta 56 adet 42'si B-IO yani minimum hasar aralığında ve 14'si A-B yani hasar görülmeyen aralıktadır, ikinci katta 42'si B-IO aralığında, üçüncü katta 21'si B-IO aralığında, 21'si IO-LS yani belirgin hasar aralığındadır, dördüncü katta 21'si B-IO aralığında, 21'si IO-LS aralığında, beşinci katta 42'si IO-LS aralığında, 14'si B-IO aralığında, altıncı katta 42'si B-IO aralığında, yedinci katta 42'si B-IO aralığında, sekizinci katta da 42'si B-IO aralığında plastik mafsall vardır.

Birinci modelin PUSH-X yüklemede toplam 189 adet plastik mafsall oluşmuş (kiriş ve kolon uç bölgelerinde) ikinci katta 14'si A-B yani hasar görülmeyen aralıktadır, üçüncü katta 21'si A-B aralığında, dördüncü katta da 42'si A-B aralığında, beşinci katta 28'si IO-LS yani belirgin hasar aralığındadır, altıncı katta 28'si IO-LS aralığında, yedinci katta 28'si A-B aralığında, sekizinci katta 14'si IO-LS aralığında, dokuzuncu katta da 14'si A-B seviyeler arasındadır.

İkinci modelin PUSH-X yüklemede toplam 154 adet plastik mafsall oluşmuş (kiriş ve kolon uç bölgelerinde) üçüncü katta 21'si A-B yani hasar görülmeyen aralıktadır, dördüncü katta 35'si A-B aralığında, beşinci katta 28'si IO-LS yani belirgin hasar aralığındadır, altıncı katta 28'si IO-LS aralığında, yedinci katta 21 adet mafsall 14'si A-B ve 7'si IO-LS aralığında, sekizinci katta 21'si A-B seviyeler arasındadır.

Üçüncü modelin PUSH-X yüklemesinde toplam 170 adet plastik mafsal oluşmuş (kiriş ve kolon uç bölgelerinde) ikinci katta 35'si A-B yani hasar görülmeyen aralıkta, üçüncü katta da 30 adet mafsal 24'si A-B aralığında, 6'si IO-LS belirgin hasar aralığında, dördüncü katta 36 adet mafsal 24'si IO-LS, 12'si A-B aralığında, beşinci katta 20'si IO-LS aralığında, altıncı katta 25 adet mafsal 20'si IO-LS ve 5'si A-B aralığında, yedinci katta 9'si IO-LS aralığında, sekizinci katta 15 adet mafsal 9'si IO-LS, 6'si A-B seviyeler arasındadır.

Dördüncü modelin PUSH-X yüklemesinde toplam 280 adet plastik mafsal oluşmuş (kiriş ve kolon uç bölgelerinde) beşinci katta 28 adet mafsal 14'si A-B yani hasar görülmeyen aralıkta, 14'si da CP-C yani göçme öncesi hasar aralığındadır.

Altıncı katta 42 adet mafsal 21'si IO-LS belirgin hasar aralığında, 14'si CP-C aralığında ve 7'si LS-CP yani ileri hasar aralığındadır, yedinci katta 56 adet mafsal 42'si IO-LS, 14'si CP-C aralığında, sekizinci katta 56 adet mafsal 21'si IO-LS, 14'si LS-CP, 7'si A-B ve 14'si CP-C aralığında, dokuzuncu katta 56 adet mafsal 21'si IO-LS, 14'si LS-CP ve 21'si CP-C aralığında, onuncu katta 42 adet mafsal 28'si IO-LS, 14'si CP-C seviyeler arasındadır.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Bu çalışmada 10 katlı olmak üzere bir referans model ile dört adet farklı betonarme yapı modelleri ayrı ayrı tasarlanıp düşey düzensizliğine yapısal davranış üzerine etkileri incelenmiştir, yapı modellerin üzerindeki etkiler binaların şeklindeki düzensizlikleri, binaların yüksekliği ve bu düzensizliklerin özellikle depremler olmak üzere dış etkenlere karşı binaların sağlamlığı ve dayanımı, periyot değişimi, görelî kat ötelemeleri, kat yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri ile performans durumu gibi parametreleri karşılaştırılmalı olarak grafikler ve tablo halinde gösterilmiştir. Referans modelinden alınan modeller dört tip deformasyona sahiptir. Dördüncü modelde, sadece üstündeki birkaç katın tabanları ve diğer modellerde üst katlar farklı şekillerde azaltılmıştır bu sebepten her modelde farklı düzensizlikler oluşturulmuştur. Modellerde C25 sınıfı beton, S420 sınıfı çelik kullanılmıştır, SAP2000 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların karşılaştırması, her birinin avantajları ve işlevleri aşağıda listelenmiştir.

Düşey düzensizlik içeren binalar deprem etkisi altında olumsuz davranış sergilemektedir özellikle görelî kat ötelemelerinde ve kat deplasmanlarında önemli farklılıklar oluşmaktadır.

Yapı modellerinde düşey düzensizliklerle birlikte burulme düzensizliği oluşmuştur. Özellikle 4 modelde ara kat kolon ve kirişlerinin kaldırılmasıyla oluşan düzensizlikte diğer elemanlarda önemli zorlanmalar oluşmuştur. bu tip sistemlerde kolon ve kirişlerin kaldırılması halinde ortaya çıkan olumsuz durumları karşılamak için perde elemanlar kullanılmalıdır.

Modellerin periyot değişimlerinde, modeller arasında X ve Y yönünde referans modeli yani düzenli model %20 yüksek periyoda ve model 3 düzensiz model %30 düşük periyoda sahiptir. Bu farklılıkların nedeni simetrik olmayan döşeme düzensizliği olan referans modelin katlarının ağırlılığından ve yüksekliğinden ayrıca model 3 ve diğer modellerin kat alanlarının farklı şekillerde azalmasından kaynaklanıyor.

Görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılmasında 10 katlı modeller arasında X doğrultusunda diğer modellere göre daha çok yer değiştirmeyi yapan model referans modelidir. Referans modelin X yönde maksimum yer değiştirmesi 27.9mm ile üçüncü katındadır ve Y yönde de maksimum yer değiştirmesi 27.9 mm olarak yapının ikinci katında yer almaktadır. Model 3 ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeyi sahip olup beşinci katındaki maksimum yer değiştirmesi 20.4 mm'dir.

Kat deplasmanlarının karşılaştırılmasında depremden en çok yer değiştirme yapan referans model ve model 4'tür bu iki modelin simetrik olmayıp döşeme düzensizliği olan düzenli bir şekle ve büyük bir kütleye sahiptir ve bu ağırlık, modellerin son katlarda en büyük deformasyona sahip olmasına neden olur. Depremden en az deformasyon yapan model 2 ve model 3'te dir. Bu iki model depremlerde üst katlarındaki alanlarının azalmasından daha az deformasyona uğrar ve referans model ve dördüncü modele göre daha sağlamdır.

En büyük deformasyona sahip olan döşeme düzensizliği olan referans model büyük bir kütleye sahip olduğundan daha yetersizdir. Model 3 ise kat alanları farklı şekillerde azalmasından dolayı en az deformasyona sahip olup. Bu nedenle model 3 diğer 4 modele göre sağlam ve dayanıklıdır.

Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılmasında referans model ve model 4'in düzenli şekilde olduğu için herhangi bir kat alanlarının azalmamasından dolayı ağır taban katlara sahip olması nedeniyle taban katlarda en fazla kesme kuvvetine sahiptir. Model 3 ise kat alanlarının azalmasından dolayı taban katlarda en az kesme kuvvetine sahiptir. Bu kesme kuvvetleri model 3'ün diğer modellere göre sağlam olduğunu göstermektedir.

Güvenlik davranış açısından - en yetersiz model- referans modeldir katlarının çoğu ileri hasar bölgede yani (KH) ve (GÖ) bölgeler arasında yer almaktadır. Ve en yeterli model 3'tür Güvenlik açığı davranışından minimum hasar bölge (SH) ve belirgin hasar bölge (SH) ile (KH) bölgelerin arasındadır. Birinci modelin güvenlik açığından yüzdesi diğer modellere göre daha düşüktür. Tüm modellerin hem X hem de Y yönündeki performansları incelendikten sonra kesin seçimin ilk modelden olduğu söylenebilir.

Simetrik olmayan ve kısmi olarak yapılan düşey düzensizlik içeren model 4 durumunda kat yer değiştirmeleri ve periyotlar olumsuz sonuç vermektedir. Model 4 te düzensizlik oluşturulan 6 katta seçilen kolonlardaki (S4B, K5D) moment, kesme kuvveti ve normal kuvveti değerleri diğer modellerle karşılaştırıldı.

Tablo 5.1. Model 4'in S4B ve K5D kolonlardaki moment kesme kuvveti ve normal kuvveti karşılaştırılması

6.KAT		S4B				K5D					
MODELLER	R.MODEL	MODEL.1		MODEL.2		MODEL.3		MODEL.4			
S4B	3m	1.03 KN	3m	1.3 KN	3m	0.52 KN	3m	0.63 KN	3m	1.55 KN	
MOMENT	0m	-0.83 KN	0m	-1.76 KN	0m	-0.48 KN	0m	-0.85 KN	0m	-1.34 KN	
K.KUVVETİ	-4.7 KN		-1.02 KN		-0.34 KN		-0.49 KN		-0.97 KN		
N.KUVVETİ	-0.062 KN		-0.17 KN		-0.34 KN		-0.13 KN		-0.89 KN		
K5D	3m	6.11 KN	3m	2.33 KN	3m	1.40 KN	3m	2.11 KN	3m	10.41 KN	
MOMENT	0m	-5.82 KN	0m	-2.99 KN	0m	-1.29 KN	0m	-1.18KN	0m	-13.54 KN	
K.KUVVETİ	-3.99 KN		-1.77 KN		-0.9 KN		-1.01 KN		-7.99 KN		
N.KUVVETİ	-0.083 KN		0.64 KN		0.62 KN		-0.16 KN		2.09 KN		

KAYNAKLAR

- [1] Ulucan, Zülfü Çınar, Alyamaç, Kürşat Esat A3 Düzensizliğine Sahip Yapıların Doğrusal Olmayan Kat Kesme, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Dergisi. 20. 145-155. 01.01.(2008)
- [2] Mwafy, Aman, Khalifa, Sayed, El-Ariss, Bilal, Relative Safety Margins of Code-Conforming, second european conference on earthquake engineering and seismology, istanbul Aug 25-29, (2014)
- [3] İrtem, Erdal, Deprem etkisindeki betonarme binaların taşıyıcı sistem maliyetine yapısal düzensizliklerin etkisi, Balıkesir Üniversitesi MMF İnşaat Müh. Bl., 10145, Çağış Kampüsü, Balıkesir, 77-91, (2007)
- [4] Ark., Korkmaz, Bozok Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Düşeyde düzensiz yapıların dinamik davranışına deprem bölgelerinin ve zemin sınıflarının etkisinin incelenmesi, 941-946, (2005)
- [5] İnan,Tuğba, Korkmaz, Koray, Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi, İnan ve Korkmaz Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(3):240-248. (2012)
- [6] Shelke , Ravindra N, Seismic Analysis of Vertically Irregular, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET), 8(1):155-169. (2017)
- [7] Mustafa, Ihsan Ahmed, Düzensiz binaların sismik davranışı üzerine sayısal bir çalışma, Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı / Yapı Bilim Dalı, 93s. (2017)
- [8] J, Landingin; H, Rodrigues, H, Varum; A, Arêde, A, Costa, Comparative analysis of RC irregular buildings designed according to different seismic design codes, The Open Construction and Building Technology Journal, 7, 221-229. 93s. (2013)
- [9] Çelik, Hakan, Mevcut bir yapının statik itme analizi (pushover) yöntemi ile güçlendirme performansının değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı / Yapı Bilim Dalı, 117s. (2009)

- [10] İrtem, Erdal; Türker, Kaan ; Hasgül, Umut, Betonarme Binalarda Yumuşak Kat Düzensizliğinin, Balıkesir Üniversitesi, MMF İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, 10s.
- [11] Stefano, Mario De; Pintucchi, Barbara, A review of research on seismic behaviour of irregular, Bull Earthquake Eng (2008) 6:285–308, 25s. (2007)
- [12] Men, Jinjie ; Zhou , Qi ; Shi , Qingxuan, Fragility Analysis Method for Vertically Irregular Reinforced Concrete, © 2009 Trans Tech Publications, Switzerland, 400(402): 587-592s, (2008)
- [13] Barbude, Prashant ; Momin, Mohammed Fakhruddin ; Boob, Dr. T.N, An Overview of Seismic Performance of Reinforced Concrete, International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences, 5(5): (2017)
- [14] Das, Satrajit; Nau, James M, Seismic Design Aspects of Vertically Irregular Reinforced Concrete Buildings, the professional journal of the earthquake engineering research institute, 19(3): (2003)
- [15] Güler¹, Kadir ; Güler, M. Gökhan ; Taşkın, Beyza ; Altan, Melike, Taşıyıcı Sistemi Düşeyde Düzensiz Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 16-20 Ekim (2007)
- [16] Faruk, Ömer, Düşey düzensizliğe sahip bitişik nizam betonarme binaların depremde çarpışma analizi, Adıyaman Üniversitesi Kurumsal Arşivi, (2016)
- [17] Emre, Turhan, Düşey Düzensizliğe Sahip Betonarme Bir Konut Binasının Sismik Performansının İrdelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007)
- [18] De Stefano, M; Mariani, V, Pushover analysis for plan irregular building structures, Springer International Publishing, 429-448, (2014)
- [19] Mustafa, Ihsan Ahmed, Düzensiz binaların sismik davranışı üzerine sayısal bir çalışma, Gaziantep Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı / Yapı Bilim Dalı, 93s, (2017)
- [20] oğuz kağan, ceyhan; ensar , aydoğdu; yusuf, eraslan, mevcut konut türü betonarme bir yapının deprem performansının TBDY-2018'DE verilen sabit tek modul itme yöntemi ile belirlenmesi, sakarya üniversitesi mühendislik fakültesi, 71s. (2020)
- [21] TBDY, Ek Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarımı İçin Esaslar, şehir, ankara türkiye, (2018)
- [22] TBDY-2018, Bölüm 3- Deprem Etkisi Altındaki Binaların Değerlendirilmesi.

- [23] Nzapfakumuns, Alexis, T Tipi Düzensizliği Olan Betonarme Binalar, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2018).
- [24] Varol, Selman, Betonarme Çerçeve Yapılarda Farklı Taşıyıcı Sistemler, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2019)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Najibullah AHMADI

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü /İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Jawzjan Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi /İnşaat Mühendisliği	2017
Lise	Ghulbian Lisesi	2012

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016	Hamid Najib İnşaat Firma Afganistan	Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce, Hindçe, Arabça

HOBİLER

Kitap Okumak, Spor Yapmak