

BETONARME YAPILARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TBDY'YE GÖRE İRDELENMESİ

Hami Ahıskalı
171412108

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı İkinci
İkinci Danışman: Doç. Dr. Fuat Aras

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şubat,2021

BETONARME YAPILARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TBDY'YE GÖRE İRDELENMESİ

Hami Ahıskalı

171412108

Orcid: 0000-0001-6221-810X

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı

İkinci Danışman: Doç. Dr. Fuat Aras

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Şubat,2020



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde çok kıymetli bilgileriyle yolumu aydınlatan değerli hocalarım Doç. Dr. Fuat Aras ve Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı'na teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 214M235 numaralı "Betonarme Yapılarda Bölme Duvarların Yapıların Dinamik Davranışlarına Etkilerinin Tam Ölçekli Ve Hasarlı Deneylerle Araştırılması" isimli proje kapsamında gerçekleşmiştir. Verilen destekten dolayı TÜBİTAK'a ve proje ekibine teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen sevgili aileme en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tezimi canım kızıma armağan ediyorum.

Hami Ahıskalı

Şubat 2021

ÖZ

BETONARME YAPILARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ' NE GÖRE İRDELENMESİ

Hami Ahıskalı

Yüksek Lisans Tezi

Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı

İkinci Danışman: Doç. Dr. Fuat Aras

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021

Ülkemiz, sınırları içerisinde bulunan Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Batı Anadolu fay hatları sebebiyle depremsellik açısından büyük bir tehlike altındadır. Son yıllarda yaşanan büyük depremler birçok can kaybına ve maddi hasara neden olmuştur. Bu nedenle ülkemizde deprem araştırmaları etkin bir şekilde devam etmektedir. Ülkemizde yeni yapıların tasarlanması, mevcut yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve yetersiz deprem performansına sahip olan yapılara müdahale edilmesi için en önemli yol gösterici durumda olan deprem yönetmelikleri geliştirilerek değiştirilmektedir. Bu kapsamda 1 Ocak 2019 tarihinden geçerli olmak üzere Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) yürürlüğe girmiştir.

Bu çalışma kapsamında TBDY'ye göre mevcut bir yapının performans değerlendirmesi yapılmış ve yapının deprem performansı farklı yöntemler kullanılarak iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ülkemizde ve dünyada mevcut betonarme yapıların güçlendirilmesi için sıklıkla kullanılan betonarme perde ekleme yöntemi ve TBDY ile detaylandırılan bölme duvarların hasır çelik ilaveli özel sıva ve lifli polimer ile güçlendirilmesi yöntemleri araştırılmıştır. Yapılan sayısal araştırmalarda yöntem olarak statik itme analizi kullanılmıştır. Bu sayede incelenen binanın mevcut hali ve üç farklı yöntemle güçlendirilmiş halleri için kapasite eğrileri elde edilmiş ve doğrudan grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Böylelikle yapıda uygulanan güçlendirme yöntemleri arasında performans değerlendirmesi yapılmıştır.

TBDY’de tanımlanan tasarım depremine ilişkin incelenen yapının dört farklı hali için dinamik özellikler, plastik mafsalları dağılımı ve performans seviyesi karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda yapılara uygulanması muhtemel deprem performansı iyileştirme teknikleri elde edilen sonuçlar çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bina güçlendirme, Performans analizi, Statik itme analizi, Dolgu duvar güçlendirme, Lifli polimerler ile güçlendirme, Taşıyıcı yapı elemanlarının performans değerlendirmesi, Özdeğer analizi.



ABSTRACT

EXAMINATION OF STRENGTHENING METHODS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES ACCORDING TO THE TURKISH BUILDING EARTHQUAKE REGULATION

Hami Ahıskalı

Master Thesis

Department of Structures and Earthquake Engineering
Structures and Earthquake Engineering Programme

Advisor: Asst. Prof. Seyit Çeribaşı

Second Adviser: Assoc. Prof. Dr. Fuat Aras

Maltepe University Graduate School, 2021

Our country is in great danger in terms of seismicity due to the North Anatolia, East Anatolia and West Anatolia fault lines within its borders. Major earthquakes in recent years have resulted in many loss of life and property damage. For this reason, earthquake research continues effectively in our country. In our country, earthquake regulations, which are the most important guides for designing new buildings, evaluating the earthquake performance of existing structures and intervening in structures with insufficient earthquake performance, are also developed and changed. In this context, the Turkish Building Earthquake Regulation (TBDY) entered into force as of January 1, 2019.

Within the scope of this study, according to TBDY, the performance evaluation of an existing building was made and the earthquake performance of the building was tried to be improved by using different methods. In this context, reinforced concrete curtain addition method, which is frequently used to strengthen the existing reinforced concrete structures in our country and in the world, and the methods of reinforcing the partition walls detailed with TBDY with special plaster with wire mesh and fibrous polymer were investigated. Static repulsion analysis has been used as a method in numerical research. In this way, the capacity curves for the current state of the studied building and its strengthened forms with three different methods were obtained and

compared directly graphically. Thus, performance evaluation was made among the strengthening methods applied in the building.

Dynamic properties, plastic articulated distribution and performance level were compared for the four different types of structure examined for the design earthquake defined in TBDY. In this context, earthquake performance improvement techniques that are likely to be applied to structures were evaluated within the framework of the results obtained.

Keywords: Building reinforcement, Performance analysis, Pushover analysis, Fill wall reinforcement, Reinforcement with fibrous polymers, Performance of structural elements, Eigenvalue analysis.



İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZ	v
ABSTRACT	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR.....	xvi
ÖZGEÇMİŞ	xviii
BÖLÜM 1.GİRİŞ	1
1.1 Konu.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.3. Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	2
BÖLÜM 2. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ.....	4
2.1. GİRİŞ	4
2.2. Beton ve Donatı Çeliği Malzemeleri İçin Gerilme- Şekil Değiştirme Bağlantıları	4
2.2.1. Sargılı Ve Sargısız Beton Modelleri	4
2.2.2. Donatı Çeliği Modeli	5
2.3. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri	5
2.4. Yığılı Plastik Davranış Modeli	5
2.5. Mevcut Betonarme Binalardan Bilgi Toplanması Ve Kapsamı	6
2.6. Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistem Modellemesine İlişkin Kurallar ..	7
2.6.1. Genel Modelleme Kuralları	7
2.6.2. Kiriş Ve Kolonların Modellemesi.....	7
2.5.3. Betonarme Yapısal Elemanları Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi.....	7
2.6. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	8
2.6.1 Tek Modlu İtme Yöntemleri	8
2.7. Betonarme Elemanların Şekildeğiştirme ve İç kuvvet Sınırları	8
2.7.1 Betonarme Elemanlarda Hasar Bölgeleri ve Sınırları.....	9
BÖLÜM 3. ÖRNEK ÇALIŞMA MEVCUT YAPININ DEPREM PERFORMANSI... ..	11
3.1 Giriş	11
3.2 Betonarme Bina Genel Bilgileri	11
3.2.2 Bina Beton Sınıfı Ve Donatı Tespit İşlemi	14
3.2.2.1 Kolon ve Kirişlerde Donatı Tespit İşlemi	16
3.2.2.2 Bina Dolgu Duvar Özellikleri	17
3.3 Betonarme Bina Sayısal Model Oluşturulması.....	18
3.3.1 Malzeme ve Kesit Özelliklerinin Tanımlanması	26
3.3.2. Plastik Mafsal Tanımlamaları ve Elemanlara Atanması.....	34
3.4. Statik İtme Analizi	38
3.5. Mevcut Binanın Sap2000 Ortamında Statik İtme Analizi	39

BÖLÜM 4. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	53
4.1. Taşıyıcı Sistemin Yerinde Dökme Betonarme Perdelerle Güçlendirilmesi	54
4.1.2. Taşıyıcı Perde Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	54
4.2. Mevcut Yapının Perde Eklenerek Güçlendirilmesi	56
4.3. Dolgu Duvarların Yapısal Sisteme Etkisi	63
4.3.1. TBDY Ölçeğinde Dolgu Duvarlar	65
4.3.2. Dolgu Duvarların Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ile Modellenmesi.....	65
4.4. Mevcut Yapı Dolgu Duvarlarının Hasır Çelik İlaveli Özel Sıva İle Güçlendirilmesi Ve Analizi	67
4.5. Lifli Polimerlerle Onarım ve Güçlendirme.....	75
4.5.1. TBDY Ölçeğinde Dolgu Duvarların Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi... ..	76
4.6. Mevcut Yapı Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi ve Analizi	77
BÖLÜM 5. MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLEN YAPILARIN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMALARI.....	84
BÖLÜM 6. SONUÇ	87
KAYNAKÇA	91

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Karot numuneleri	14
Tablo 2. Bina kullanım sınıfı katsayıları	19
Tablo 3. Deprem tasarım sınıfları	20
Tablo 4. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	20
Tablo 5. Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve değerlendirme yaklaşımları	20
Tablo 6. Hareketli yük kütle katılım katsayısı	21
Tablo 7. Modal kütle katılım oranları	26
Tablo 8. Mevcut malzeme bilgisi	27
Tablo 9. Kolon eksenel yükler	30
Tablo 10. Kolon etkin kesit rijitlikleri.....	31
Tablo 11. Kiriş etkin kesit rijitlikleri.....	32
Tablo 12. X yönü burulma düzensizliği kontrolü	42
Tablo 13. Y yönü burulma düzensizliği kontrolü	43
Tablo 14. Modal katkı çarpanı için gereken veriler	44
Tablo 15. X Doğrultusu kirişlerin hasar durumu	47
Tablo 16. Y doğrultusu kirişlerin hasar durumu	51
Tablo 17. Modal katkı çarpanı için gereken veriler	57
Tablo 18. X yönü eksenel basınç çubuğu genişlik değerleri (mm).....	68
Tablo 19. Y yönü eksenel basınç çubuğu genişlik değerleri (mm).....	68
Tablo 20. Modellere ait periyot değerleri	84
Tablo 21. Modellere ait tepe yerdeğiştirmeler	85
Tablo 22. Push-X yönü kat ötelenme değerleri.....	86
Tablo 23. Push-Y yönü kat ötelenme değerleri.....	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sargısız ve sargılı beton malzemeler için gerilme-şekildeğiştirme grafiği	4
Şekil 2. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği	5
Şekil 3. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (Celep Z. D., 2018)	9
Şekil 4. Kesit hasar durumlarından bina performans düzeyine geçiş (Celep Z. , 2014)	10
Şekil 5. İncelenen betonarme bina.....	12
Şekil 6. Binanın ayırık nizam olduğunu gösteren uydu fotoğrafı.....	12
Şekil 7. Bina bodrum kat planı	13
Şekil 8. Bina zemin kat planı.....	13
Şekil 9. Kolon sıyrımları.....	16
Şekil 10. Numunelerin basınç deneyleri.....	17
Şekil 11. Kesme göçmesi.....	17
Şekil 12. Mevcut binanın üç boyutlu modeli.....	22
Şekil 13. Mevcut yapının 1.mod şekli	23
Şekil 14. Mevcut yapının 2.mod şekli	23
Şekil 15. Mevcut yapının 3.mod şekli	24
Şekil 16. Mevcut yapının 4.mod şekli	24
Şekil 17. Mevcut yapının 5.mod şekli	25
Şekil 18. Mevcut yapının 6.mod şekli	25
Şekil 19. Beton birim uzama özelliklerinin tanımlanması	27
Şekil 20. Donatı çeliği birim uzama tanımlanması.....	28
Şekil 21. Kesit tanımlama.....	28
Şekil 22. Moment eğrilik grafiğinin elde edilmesi	29
Şekil 23. Kolonlar için rijitliği azaltma katsayısı tanımlanması.....	33
Şekil 24. Kirişler için rijitliği azaltma katsayısı tanımlanması.....	33
Şekil 25. Kolon kesitlere plastik mafsal atama işlemi.....	35
Şekil 26. Kolon kesitlerin plastik mafsal özellikler.....	35
Şekil 27. Kolon kesitlerinde moment-dönme ilişkisi	36
Şekil 28. Kiriş kesitlere plastik mafsal ataması	36
Şekil 29. Kiriş kesitlerin plastik mafsal özellikleri.....	37
Şekil 30. Statik itme düşey yön için veri girişi.....	39

Şekil 31. Statik itme x yönü için veri girişi	40
Şekil 32. Statik itme y yönü için veri girişi	40
Şekil 33. Statik itme deplasman veri girişi	41
Şekil 34. Modal kapasite diyagramı ile deprem spektrumunun birlikte gösterim.....	42
Şekil 35. X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme.....	44
Şekil 36. X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması.....	45
Şekil 37. DD-2 X yönü statik itme plastik mafsallık görünümü	46
Şekil 38. Y yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme.....	48
Şekil 39. Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması.....	49
Şekil 40. DD-2 Y yönü statik itme plastik mafsallık görünümü	50
Şekil 41. Yapı güçlendirme süreci.....	54
Şekil 42. Perde donatı detayı	55
Şekil 43. Deprem perdesi ilavesi örneği	56
Şekil 44. Güçlendirme perdelerinin bulunduğu akslar	57
Şekil 45. Perdeli bina modeli.....	58
Şekil 46. X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme.....	58
Şekil 47. X yönü 3. moda ait performans hedef noktasının bulunması.....	59
Şekil 48. DD-2 X yönü perdeli model XZ plastik mafsallık görünümü.....	60
Şekil 49. DD-2 X yönü perdeli model YZ plastik mafsallık görünümü.....	60
Şekil 50. X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme.....	61
Şekil 51. Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması.....	61
Şekil 52. DD-2 Y yönü perdeli model XZ plastik mafsallık görünümü.....	62
Şekil 53. DD-2 Y yönü perdeli model XZ plastik mafsallık görünümü.....	63
Şekil 54. Duvar çerçeve etkileşiminin kesilmesi sonrasında görünüş (Aras, 2018b).....	64
Şekil 55. Yönetmelikler ile deneysel elde edilen hâkim periyot değerleri (Aras, Monitoring the Dynamic Properties of a Nine-Story Reinforced Concrete Building During its Demolition,, 2019).....	64
Şekil 56. Modellenen eşdeğer basınç çubuğu ve iki ucu mafsallık görünümü.....	66
Şekil 57. Eşdeğer basınç çubuğu modellenmesi.....	67
Şekil 58. X yönü dolgu duvarların basınç çubuğu tanımlı bina modeli	69
Şekil 59. Y yönü dolgu duvarların basınç çubuğu tanımlı bina modeli	69

Şekil 60. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme grafiği	70
Şekil 61. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması	70
Şekil 62. DD-2 X yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsallık görünümü	71
Şekil 63. DD-2 X yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model YZ plastik mafsallık görünümü	72
Şekil 64. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme grafiği	72
Şekil 65. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması	73
Şekil 66. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsallık görünümü	74
Şekil 67. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsallık görünümü	74
Şekil 68. Lifli polimer ile güçlendirme detayı.....	75
Şekil 69. Lifli polimer uygulama detayları.....	76
Şekil 70. Dolgu duvarların basınç çubuğu olarak modellenmesi	77
Şekil 71. X yönü polimerler ile güçlendirilen dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu tanımlı bina modeli	78
Şekil 72. Y yönü polimerler ile güçlendirilen dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu tanımlı bina modeli	78
Şekil 73. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme grafiği	79
Şekil 74. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması	79
Şekil 75. DD-2 X yönü dolgu duvar lifli polimerli model XZ plastik mafsallık görünümü	80
Şekil 76. DD-2 X yönü dolgu duvar lifli polimerli model YZ plastik mafsallık görünümü	81

Şekil 77. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y taban kesme kuvveti- tepe yerdeğiştirmesi.....	81
Şekil 78. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması	82
Şekil 79. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model YZ plastik mafsall görünümü	83
Şekil 80. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsall görünümü	83
Şekil 81. X yönü modellere ait itme eğrileri	84
Şekil 82. Y yönü modellere ait itme eğrileri	85



KISALTMALAR

$(EI)_e$	: Yıgılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği
M_y	: Etkin akma momenti [kNm]
θ_y	: Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	: Kesme açıklığı [m]
L_p	: Plastik mafsalsal boyu [m]
d_b	: Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
f_{ye}	: Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	: Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
h	: Kesit yüksekliği [m]
$\theta_p^{(KH)}$	: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\theta_p^{(GÖ)}$	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\theta_p^{(SH)}$	: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
KH	: Kontrollü Hasar KH: Kontrollü Hasar SH: Sınırlı Hasar
SH	: Sınırlı Hasar
$a_1^{(x,k)}$	: (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal sözde-ivmesi [m/s ²]
C_R	: Spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(x,k)}$	: (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistem'in modal yerdeğiştirmesi [m]
$d_{1,max}^{(x)}$	: (X) deprem doğrultusu için modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesi [m]
$m_{tx1}^{(x,k)}$	: (X) deprem doğrultusu için x ekseninde birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen

sabit mod şekline göre hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi [t]

$V_{tx1}^{(X,K)}$: (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında x eksen doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvveti [kN]

$u_{nx1}^{(X,k)}$: (X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında N' inci katta (binanın tepesinde) x eksen doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme [m]

$r_1^{(X,1)}$: (X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan modal katkı çarpanı

$S_{de}(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme [m]

$S_{ae}(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal elastik spektral ivme [g]

$S_{di}(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme [m]

T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_1 : Birinci moda ait doğal titreşim periyodu [s]

T : Doğal titreşim periyodu [s]

w : Doğal titreşim açısal frekansı [rad/s]

ÖZGEÇMİŞ

Hami AHISKALI Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece Yıl	Üniversite, Enstitü, Anabilim/Ana sanat Dalı
Y.Ls.	2021 Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Y.Ls.	2015 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ls.	2013 Bozok Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

Lise 2009 Çorum Anadolu Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	Görev
2016-	Öğretim Görevlisi. Hitit Üniversitesi
2015 -	Gayrimenkul Değerleme Uzmanı Çınar Gayrimenkul Değerleme Ve Müşavirlik A.Ş.
2013 -	Şantiye Şef. Ahıskalı İnşaat Ltd. Şti.
2012	Stajyer. Sinpaş Holding

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	Kurum
2013 - Üye:	TMMOB /İnşaat Mühendisleri Odası

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

CUMHUR ALPER, AHISKALI HAMİ (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları: Hitit Üniversitesi Örneği. IVSS 2018 2nd International Vocational Science Symposium, 45-45. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4523817)

CUMHUR ALPER, AHISKALI HAMİ (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları: Hitit Üniversitesi Örneği. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 7(2), 310-319. (Kontrol No: 4522928)

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı	: Çorum, 1991 Cinsiyet: E
Yabancı diller	: İngilizce (orta düzey);
E-posta	: h.ahiskali19@gmail.com

BÖLÜM 1.GİRİŞ

1.1 Konu

Ülkemizde yaşanan depremler sonucunda mevcut yapı stokunun deprem etkileri karşısında büyük ölçüde dayanıksız olduğu görülmüştür. Yapı stokunun dayanıksız olmasının sebepleri; işçilik ve malzeme kalitelerin düşük olması, denetimin yetersiz olması şeklinde sıralanabilir. Depremi ülke çapındaki hasarını en aza indirmek için mevcut yapı stokunun taranarak riskli olanların ayrıştırılarak kentsel dönüşüm çalışmalarının hızlandırılması gerekmektedir.(Yılmaz 2008)

Ülkemizde gerçekleşen 7,5 büyüklüğündeki 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında 1998 Türk Deprem Yönetmeliği ile “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” kısmının hayatımıza girmesi güçlendirme çalışmalarında yol gösterici olmuştur. Yönetmeliğin güncelleştirilmesi çalışmaları böylelikle başlamış olup son olarak Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren “ Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” ile çeşitli güçlendirme yöntemleri de son halini almıştır.

Mevcut binaların performans hedefini yerine getirmesi için binalarda yapılan güçlendirme yöntemleri, mevcut binaya yapısal elemanlar eklemek, dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi ve dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi yöntemi olarak sıralanabilir. Geleneksel güçlendirme yöntemleri ile bina rijitliği artarken, hâkim doğal periyodu ise azalma göstermektedir.

Yönetmelik kapsamında kalarak mevcut bir binanın performans değerlendirilmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar neticesinde güçlendirilmesi için üç farklı güçlendirme yöntemi incelenmiş ve elde edilen bulgular ortaya konulmuştur.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Mühendisliğin deprem uygulamalarında mevcut yapıların deprem etkisinin altındaki performansının belirlenmesinde ve yeni yapılacak binaların tasarım hesaplarında şekil değiştirmeye göre tasarlanmaya başlanması ile bu alanda önemli bir gelişme elde edilmiştir. Ocak 2019’da yayınlanan TBDY bu ihtiyacı karşılamayı hedeflemektedir.

Yapılan bu çalışma kapsamında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yer alan performans yöntemlerinden bahsedilmiş ve mevcut bir binanın performans seviyelerini görmek için, TBDY'ye göre performans hesabı yapılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yer alan güçlendirme yöntemleri ile ayrı ayrı güçlendirilerek binanın yeni performans seviyeleri ayrı ayrı incelemeye çalışılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.3. Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yeryüzünde bulunun aktif fay hatları sebebiyle son yıllarda yaşanan büyük depremler ülkelerde üzücü bir şekilde mal ve can kaybına sebep olmuştur. Bu sebeple dünyada ve ülkemizde deprem araştırmaları ve buna bağlı olarak güçlendirme çalışmaları aktif bir şekilde devam etmektedir. Bu tez çalışmasında, mevcut binaların performans değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalara yer verilmiş ve ulaşılan sonuçlar paylaşılmıştır.

(Celep Z. , 2002) yapmış olduğu çalışma kapsamında güçlendirmesi yapılacak betonarme binalarda iki yönde en az iki adet deprem perdesi olması gerektiği, bina alanı arttıkça yerleştirilecek deprem perde sayılarının artması gerektiğini belirtmiştir. Yapıda kullanılan deprem perdelerinin yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini %70 oranında karşılaması gerektiğini belirtmiştir.

(Ersoy, 1993) Ersoy ve arkadaşlarının mevcut binalarda yapısal güçlendirme perdelerinin bina sisteminin davranışına olan katkısını irdelemek için kurulan deney elemanlarında güçlendirme için perde oranları alt sınırlarını belirtmişlerdir. Yapısal güçlendirme perdeleri için dikkat edilecek alt sınırların bina kat alanının %2 'sinden az olmaması gerektiği vurgulanmıştır. Yapısal güçlendirme perdelerinin kullanıldığı betonarme bina yapılarında rijitliğin artacak olması sebebiyle binada daha şiddetli depremlerin meydana geleceği ve güçlendirmesi yapılan bina dayanım kapasitesinin, deprem isteminden daha büyük olması gerektiği belirtilmiştir.

(Davis, 2004) Davis ve diğerleri çalışmalarında çerçevelere bağlantılı yapılan güçlendirilmiş dolgu duvarların yapı sistemine yatay mukavemet ve rijitlik katkısında bulunduğunu paylaşmışlardır.

(Dorji, 2009) Dorji ve Thambiratnam yaptıkları çalışma kapsamında gelişmekte olan ülkelerin kullandıkları yönetmeliklerde dolgu duvarların yapıların deprem davranışına etkilerinin dikkate alınmadığını fakat dolgu duvarların genişliği, kullanılan malzeme özellikleri vs. gibi çok geniş bir varyasyon sebebiyle yapıların davranışına etkilerinin göz ardı edilemez olduğunu belirtmişlerdir.

(Wakchaure, 2012) Wakchaure ve Ped yapmış oldukları çalışmada dolgu duvarların ereve ile etkileşimini dikkate almışlar ve bu etkileşim sonucu dolgu duvarların yapının rijitliğini büyük ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir.

(Govindan, 1986) Govindon ve arkadaşları tarafından yapılan deneyler 7 katlı betonarme çerçeveli bir yapının dolgu duvarlı olması durumunda yapısal dayanımının 2,7 katına, ilk rijitliğinin 5 katına çıktığını gözlemlemişlerdir.

(Smith & Carter, 1969) Dolgu duvarlı çerçevelerde, eşdeğer basınç çubuğu kabul görmüş bir modelleme tekniğidir. Buna göre, katlara etkiyen yatay kuvvetler dolgu duvarların, ereve içerisinde iki köşegen nokta arasında basınç çubuğu gibi çalıştığı kabul edilmektedir.

(Binici, ve diğerleri, 2019) yapmış olduğu çalışmada, tek katlı tek bölmeli 1/2 ölçekli betonarme ereve üzerinde düzlem içi ve düzlem dışı yk etkilerini araştırmıştır. Düzlem dışı etki altında, dolgu duvarları çerçevelerin deformasyonunda önemli ölçüde azalma meydana geldiğini görmüşlerdir.

Yapılan alışmalar neticesinde güçlendirme perdelerinin ve dolgu duvarların yapının rijitliğini artırdığı ve eklenen perde veya dolgu duvarların oranının ise yapı performansına etkisini anlaşılabilmesi açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada kullanılan yönetmelik esaslarına ikinci bölümde, mevcut yapının analizine üçüncü bölümde, güçlendirme yöntemleri ve sonuçlarına dördüncü bölümde, yöntemler arasında kıyaslamaya beşinci bölümde yer verilmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen bulgular son bölümde tartışmaya açılmıştır.

BÖLÜM 2. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

2.1. Giriş

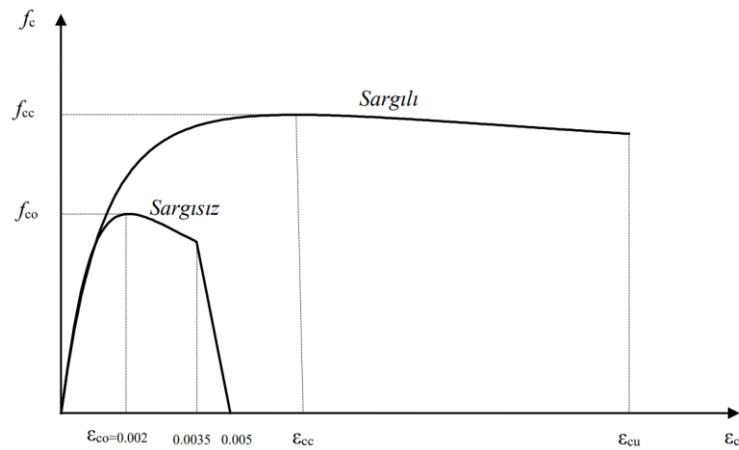
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 15’te mevcut binaların deprem etkileri sonucu performans değerlendirmesi ve güçlendirilmeleri için gereken hesap ilkelerine yer verilmiştir. Bu bölümde TBDY’nin ilkelerine göre mevcut binaların performans değerlendirme çalışmalarının yapılabilmesi için temel ilke ve hesap kuralları sunulmuştur.

2.2. Beton ve Donatı Çeliği Malzemeleri İçin Gerilme- Şekil Değiştirme Bağlılıkları

Beton ve donatı çeliğinin karmaşık bir içyapıya sahip olmaları sebebiyle bu malzemelere ait gerilme ve şekil değiştirme bağlantılarını grafik ile tanımlayabilmek çok zordur. TBDY’de hesaplar için bazı kabuller yapılarak gerçekçi bir yaklaşımla gerilme-şekildeğiştirme arasındaki tutarlılığın sağlanması amaçlanmıştır. Bu sebeple TBDY’de beton ve donatı çeliği için iki farklı model verilmiştir.

2.2.1. Sargılı Ve Sargısız Beton Modelleri

TBDY’de şekildeğiştirmeye göre değerlendirmede beton malzemesi için iki ayrı model Şekil 1’de gerilme-şekildeğiştirme grafiği ile tanımlanmıştır.

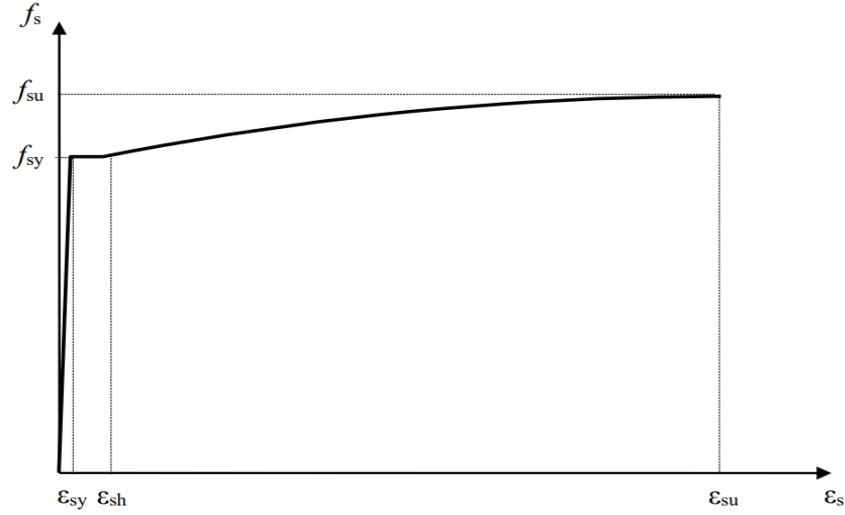


Şekil 1. Sargısız ve sargılı beton malzemeler için gerilme-şekildeğiştirme grafiği

“Sargılı betonun davranışı; donatı aralıkları, kullanılan malzemelerin basınç ve çekme dayanımları gibi birçok değişkene bağlıdır” (ZOLMAZ, 2019)

2.2.2. Donatı Çeliği Modeli

TBDY’de şekil değiştirmeye göre değerlendirmede kullanılmak üzere donatı çeliği modeli Şekil 2’de gerilme-şekil değiştirme grafiği ile tanımlanmıştır.



Şekil 2. Donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme grafiği

2.3. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

Betonarme yapı elemanlarında özellikle kolon, kiriş gibi elemanlarda eksenî boyunca değişiklik gösteren eğilme momentleri sebebiyle dönme meydana gelmektedir. Özellikle mesnede yakın yerlerde eğilme momenti yüksek olduğu durumda doğrusal olmayan davranış sonucu plastik dönme olacaktır. Plastik mafsallık hipotezi ise bu elastik olmayan dönmenin küçük bir bölgeye yoğunlaştığı ve diğer bölgelerde elemanın elastik olarak davranış gösterdiği kabulüne dayanır.

TBDY’de doğrusal olmayan davranış modelleri kısmında yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri ile alakalı açıklamalara yer verilmiştir.

2.4. Yığılı Plastik Davranış Modeli

Deneysel çalışmalarda ve gerçek binaların gözlemleri sonucunda kalıcı şekil değiştirmelerin bazı durumlarda kesitlerin mesnetlerine yakın bölgede yoğunlaşmakta ve bu bölgelerde şekil değiştirmeler daha fazla olabilmektedir. (Ercan., 1998.)

Yapıların çerçeve sisteminde oluşan hasarların en önemli sebebi olan kalıcı şekildeğiştirmeler taşıyıcı elemanların küçük bir bölgesinde toplanması ve iyimser bir yaklaşımla diğerk bölgelerin elastik davranış gösterdiği benzeşim plastik mafsall varsayımı olarak bilinmektedir. (Hodge, 1967)

Yığılı plastik davranış modeli kullanabilmek için kesit şekli mustatıl olan perdeler, planda yer alan en büyük perde kolunun uzunluğuna oranı 1/2'yi aşmaması gerekmektedir.

Pratik uygulamalarda plastik şekildeğiştirmeyi ifade eden plastik mafsallar, kolon ve kirişlerin uçlarına yakın bölgelere, perdelerde ise alt uca konulabilmektedir.

Betonarme yapılarda kesitler için akma momentlerinin tanımlanmasına ait kıstaslar maddeler halinde verilmiştir:

- (a) Mevcut binaların şekildeğiştirmeye göre değerkendirilmesinde malzeme dayanımları dikkate alınır.
- (b) Akma momenti hesabında TBDY'de verilen şekildeğiştirme sınırları alınabilir.
- (c) Etkin kesit rijitliği hesabında taşıyıcı kesitlere gelen eksenel yükler dikkate alınmalıdır.

2.5. Mevcut Betonarme Binalardan Bilgi Toplanması Ve Kapsamı

Betonarme binada bulunan yapısal elemanların kapasite belirlemeleri ve deprem dayanım değerkendirilmesi binanın mevcut malzeme özellikleri, taşıyıcı sistemin geometrisi, varsa bina projeleri ve raporları, yerinde yapılacak ve uygulanacak deneyler neticesinde elde edilir. Yapılan bu araştırmalar neticesinde elde edilen bilgiler kapsamına göre TBDY'de sınırlı ve kapsamlı bilgi düzeyi olarak sınıflandırılmıştır.

2.6. Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistem Modellemesine İlişkin Kurallar

2.6.1. Genel Modelleme Kuralları

Yapının taşıyıcı sistemleri TBDY yönetmeliği kapsamında üç boyut esas alınarak modellenenecektir. Deprem etkisi dikkate alınacaktır. Sönüm oranı, farklı bir yaklaşım söz konusu olmadıkça TBDY koşullarına uygun olarak %5 alınacaktır. Şekildeğiştirmiş taşıyıcı sistemde eksenel kuvvetler sebebiyle meydana gelen ikinci mertebe etkileri göz önünde bulundurulacaktır.

2.6.2. Kiriş Ve Kolonların Modellenmesi

Perde hariç olmak üzere taşıyıcı sistem elemanları, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modellenmeli. Doğrusal olmayan davranış, kesitler için yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri ile modellenebilir. Yönetmelik kapsamında yığılı plastik modeli kullanımı kabul edilmektedir.

Kesitlerin birleşim bölgelerinde serbestlik derecelerinin tümü gözönüne alınmasının yanı sıra döşemeler rijit diyafram olarak modellenmelidir.

Bina taşıyıcı sisteminin önemli elemanlarından kolon ve kirişlerde plastik mafsallar modellenirken, birleşim bölgelerinin hemen dışına yani net açıklığın uçlarına konulabilir.

2.5.3. Betonarme Yapısal Elemanları Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitlikleri Denk.(2.1) 'e göre belirlenir.

$$(EI)_e = \left(\frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \right) \quad (2.1)$$

Verilen formülde M_y ve θ_y kesit elemanlarının uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerine ait değerlerin ortalamalarını ifade etmektedir. L_s kesitte meydana gelen moment/kesme kuvveti oranını ifade eder. Kolon ve kiriş gibi taşıyıcı elemanlarda yaklaşık olarak açıklığın yarısı alınabilmekte olup,

perdelerde ise her kattaki perde boyunun yarısı olarak alınması uygun görülmektedir. Denk.(2.1)'de yer alan plastik mafsallık akma dönmesi θ_y Denk.(2.2) ile hesaplanacaktır:

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0,0015\eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \left(\frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \right) \quad (2.2)$$

Burada θ_y tanımlanan plastik mafsallığın yer aldığı kesitin akma eğriliğini göstermektedir. Formülde yer alan η kiriş ve kolonlar için 1, perdeler için 0,5 alınacaktır. Verilen formülde son kısımda yer alan d_b mesnette yer alan donatıların ortalama çapını, f_{ce} ye f_{ye} ise beton için ortalama basınç kapasitesi ile donatıların ortalama akma dayanımını göstermektedir.

2.6. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

ŞGDT ile ilgili olarak TBDY'de doğrusal olmayan hesaba ilişkin malzemenin elastik ötesi davranış hesabının göz önüne alınmasına dayanır. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yönteminde yapı elemanlarına tanımlı plastik mafsallarda oluşacak şekildeğiştirmelerin değerlendirilmesi amaçlanır.

ŞGDT kapsamında TBDY'de verilen doğrusal olmayan analiz yöntemleri: İtme yöntemleri ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleridir. Bu çalışmada TBDY'de verilen tek modlu itme yöntemi kullanılmıştır.

2.6.1 Tek Modlu İtme Yöntemleri

TBDY'de Tek Modlu İtme Yöntemlerini kullanabilmek için şu kriterler verilmiştir:

Dikkate alınan bir katta burulma düzensizliğinin yapılan hesap sonucunda 1,4'ten küçük olması istenir.

Hesap yapılan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik altında hakim periyoda ait taban kesme kuvveti kütle katılım oranının %70 olması gerekmektedir.

2.7. Betonarme Elemanların Şekildeğiştirme ve İç kuvvet Sınırları

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde betonarme bina elemanları için 3 farklı performans düzeyi belirlenmiştir. Bunlar şu şekilde sıralanmıştır;

- Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

- Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi
- Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

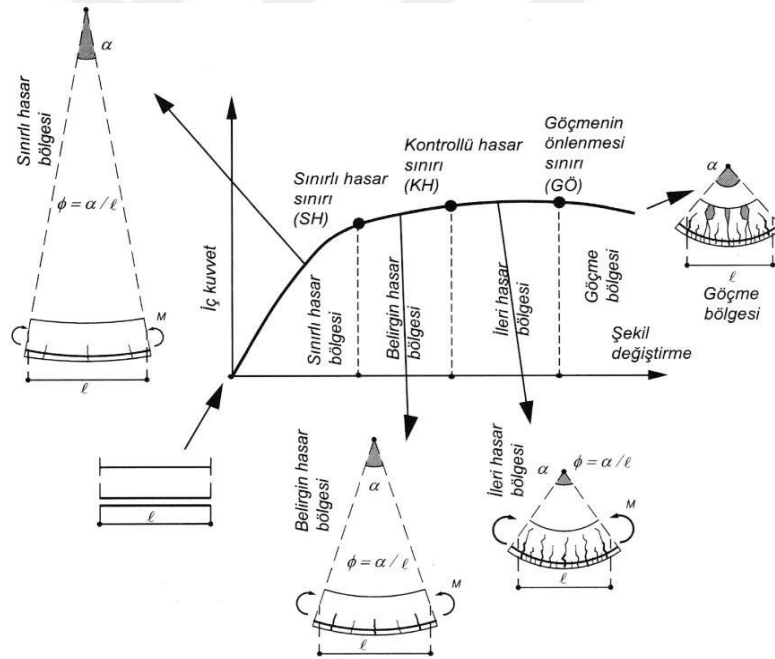
$$\phi_p^{(SH)} = 0 \quad (2.3)$$

$$\phi_p^{(KH)} = 0,75\phi_p^{(GÖ)} \quad (2.4)$$

$$\phi_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\Phi_u - \Phi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5 \Phi_u d_b \right] \quad (2.5)$$

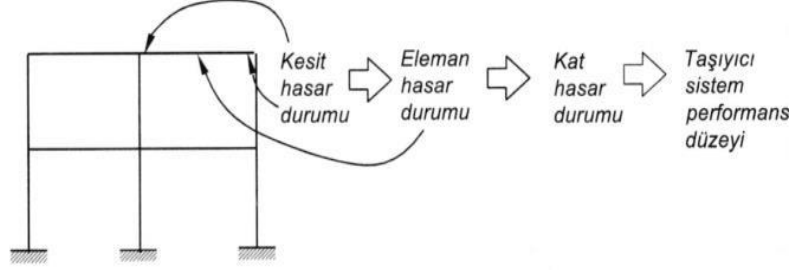
2.7.1 Betonarme Elemanlarda Hasar Bölgeleri ve Sınırları

Kesit elemanlar göstermiş oldukları farklı davranışlar sebebiyle sünek ve gevrek olarak ayrılırlar. Sünek bir davranışa sahip kesitteki iç kuvvet ve şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 23'te verilmiştir. (Celep Z. D., 2018).



Şekil 3. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (Celep Z. D., 2018)

Betonarme bir kesit üzerindeki etki artarken, elemanda meydana gelen şekildeğiştirmeler artar ve buna bağlı olarak eleman da elastik ötesi davranış gösterir. Betonarme binanın performans düzeyi, yapı elemanlarında meydana gelen hasarlara bağlıdır. Bina performansını belirleme süreci, öncelikle kesit hasarlarından eleman hasarlarına ardından eleman hasarlarından betonarme bina performans düzeyine geçiş yapılarak tamamlanır. Anlatılanlar aşağıdaki şekilde özetlenir.



Şekil 4. Kesit hasar durumlarından bina performans düzeyine geçiş (Celep Z. , 2014)

Bir kesitte, şekildeğiştirmelerin artmasının sebebi kesit etkisinin artmasıdır. Buna bağlı olarak elastik ötesi şekildeğiştirmeler meydana gelir. Taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan hasarla, binanın performans seviyesi ve hedefi birebir ilişkilidir. Şekilde 4’te görüldüğü şekliyle kesitlerin hasar durumundan başlayarak bina hasar durumu ve performans düzeyine kadar hesap yapılabilmektedir.

BÖLÜM 3. ÖRNEK ÇALIŞMA MEVCUT YAPININ DEPREM PERFORMANSI

3.1 Giriş

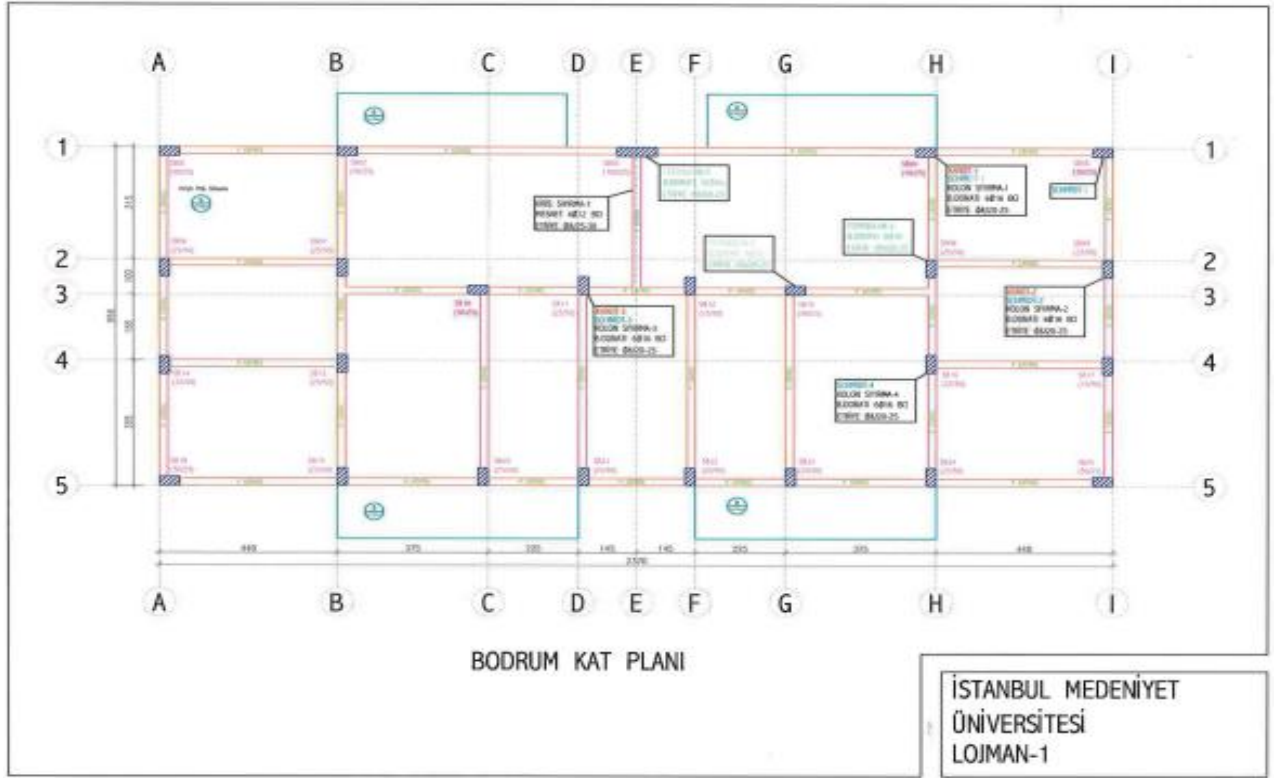
Gerçekleştirilen bu çalışma mevcut bir bina verileri kullanılarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında örnek yapının kolon, kiriş donatı durumları ve kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri dikkate alınarak sap2000 modeli oluşturulmuştur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yer alan hesap esaslarına göre performans analizi yapılmıştır.

3.2 Betonarme Bina Genel Bilgileri

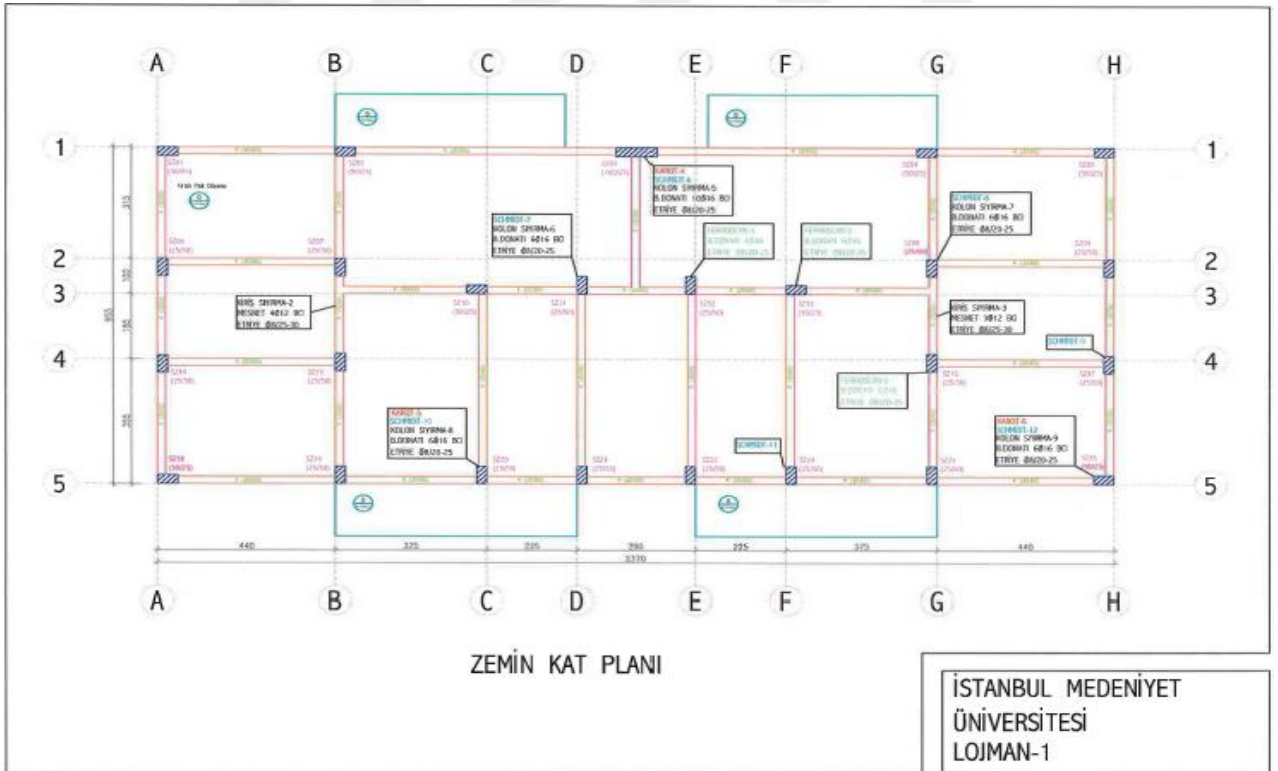
Betonarme yapı İstanbul ili, Üsküdar ilçesi, Bulgurlu mahallesi, 1059 ada 6 parsel adresinde yer alan lojman olarak hizmet veren bir binadır.

Yapı taşıyıcı sistemindeki kolonlar genel olarak bütün katlarda 25/50 cm olarak ölçülmüştür. Kolonlar, birbirlerine kirişlerle bağlanmış ve kirişler 20/50 cm olarak belirlenmiştir. Bütün katlarda döşeme kalınlığı 10-12 cm olarak belirlenmiştir. Bodrum kat yüksekliği döşeme üstüne 390 cm diğer katlarında hepsi 290 cm olarak ölçülmüştür.

Yapının beton kalitesi ve donatı detayları için beton karotu alınıp test edilmesi, Schnidt çekici uygulaması, FerroScan taraması ve eleman sıyırmadan oluşan malzeme araştırması yapılmıştır. Ayrıca bölme duvar özellikleri yapıdan alınan duvar numunelerinde gerçekleştirilen deneylerle belirlenmiştir.



Şekil 7. Bina bodrum kat planı



Şekil 8. Bina zemin kat planı

3.2.2 Bina Beton Sınıfı Ve Donatı Tespit İşlemi

Sahada yapılan çalışma neticesinde binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkartılmış ayrıca kolonlardan her katta toplam üçer taneden az olmamak üzere binadan toplam 18 adet beton örneği (karot) TS EN13791 'de belirtilmiş olan kriterler uyarınca deney yapılmıştır.

Binanın farklı katlarından toplam 18 adet karot numunesi alınmıştır. Karot basınç dayanımları; 8,97-28,20N/mm² değerleri aralığında olup beton basınç değerleri Tablo 1 'de sunulmuştur.

Tablo 1. Karot numuneleri

No	Karot Yeri	Küp Dayanımı(Mpa)
Karot 1	Bodrum Kat SB04	17,65
Karot 2	Bodrum Kat SB09	28,2
Karot 3	Bodrum Kat SB11	21,47
Karot 4	Zemin Kat SZ03	10,75
Karot 5	Zemin Kat SZ20	16,34
Karot 6	Zemin Kat SZ25	15,95
Karot 7	1.Normal Kat S10	14,93
Karot 8	1.Normal Kat S115	21,96
Karot 9	1.Normal Kat S116	11,48
Karot 10	2.Normal Kat S203	13,34
Karot 11	2.Normal Kat S210	10,6
Karot 12	2.Normal Kat S223	10,5
Karot 13	3.Normal Kat S304	8,97
Karot 14	3.Normal Kat S318	15,58
Karot 15	3.Normal Kat S325	17,76
Karot 16	4.Normal Kat S403	11,72
Karot 17	4.Normal Kat S407	18,97
Karot 18	4.Normal Kat S416	17,63

TS EN 13791 yönetmeliğine göre yapıdaki karakteristik basınç dayanımının belirlenmesi için;

$$a-) f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 * s \quad (3.1)$$

$$b-) f_{ck, is} = f_{is, en düşük} + 4 \quad (3.2)$$

Denklem 3.1 veya 3.2 kullanılması sonucunda bulunan değerlerden en küçük olan değer mevcut beton dayanımını verir.

$f_{ck, is}$ = karakteristik beton basınç dayanımı (MPa)

$f_{m(n), is}$ = n tane numune için basınç dayanımının ortalaması (MPa)

k_2 = n adet alınan karot sayısına göre katsayı $k_2 = 1,48$

s = standart sapma

$f_{is, en düşük}$ = alınan karotlar içerisindeki minimum karot dayanımı (MPa)

Alınan 18 adet karot numunesinin ortalama küp basınç dayanımı

$f_{m(n), is} = 15,77 \text{ N/mm}^2$

En düşük karot numunesi basınç dayanımı ise $f_{is, en düşük} = 8,97 \text{ N/mm}^2$

$s = 4,94$

$$b-) f_{ck, is} = f_{is, en düşük} + 4$$

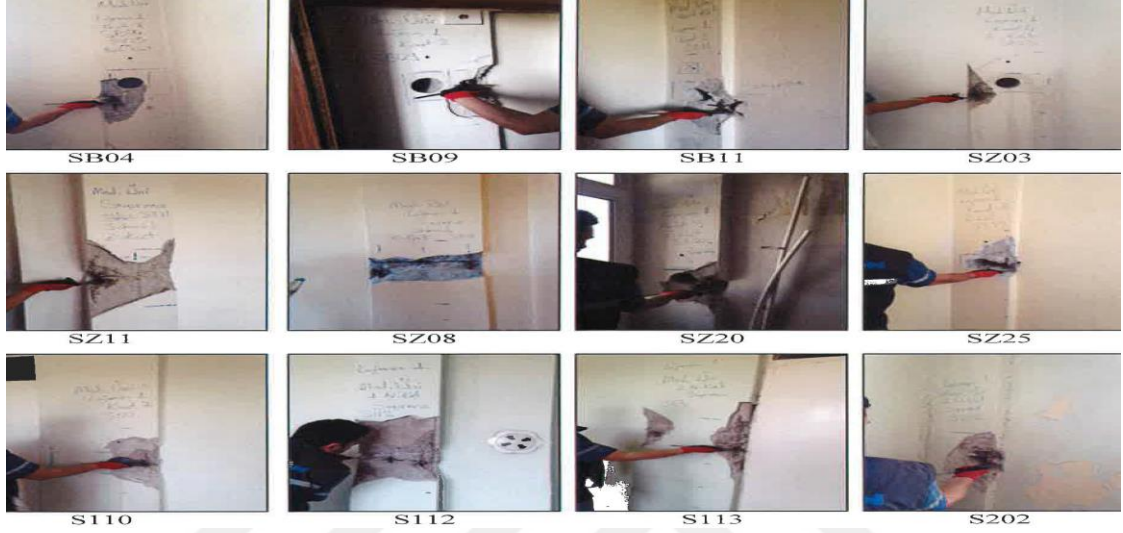
$$f_{ck, is} = 15,77 - 4,94 * 1,48 = 8,46 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck, is} = 8,97 + 4 = 12,97 \text{ N/mm}^2$$

Bu iki değerden küçük olan $8,46 \text{ N/mm}^2$ yapıdaki karakteristik dayanım ($f_{ck, is}$, kup) olarak elde edilmiştir. TBDY'ye göre 1. ve 2. Deprem bölgelerinde yapılarda min. C25 (30 N/mm^2) betonu kullanılması şartı aranmaktadır.

3.2.2.1 Kolon ve Kirişlerde Donatı Tespit İşlemi

Kolonlarda donatı tespiti yapılmış boyuna donatı çap ve adedi belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem betonarmesinde ferrosan cihazı ile yapılan ölçümlerde, kolonlarda sargı bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılmadığı, serbest açıklık bölgelerinde de etriye aralıklarının teknik şartname değerlerini sağlamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 9. Kolon sıyirmaları

Altına duvar gelmeyen kirişlerde hem mesnetten hem de açıklıktan donatı tespiti yapılabilmesi için sıyırma işlemi yapılmıştır. Ancak bütün binada açıklık olarak iki kiriş altı boş bulunmuş onunda sadece açıklık bölgesi sıyrılabilmiştir. Hem duvar üstüne gelmeyen kirişlerin az olması hem de boş olan kiriş altlarının sadece açıklık bölgelerinin sıyrılabilmesi sebebiyle kiriş sıyırması kısıtlı miktarda yapılmıştır.

3.2.2.2 Bina Dolgu Duvar Özellikleri

Betonarme yapının iç ve dış bölme duvarları için yapılan çalışmalarda farklı kalınlıklara sahip oldukları gözlemlenmiştir.

(Aras, Laboratory Tests and Vibration Surveys for the Mechanical Properties of Infill Walls, 2018c) bu çalışmada kullanılan yapı ile benzer yıllarda yapılmış betonarme binada yer alan dolgu duvarlar üzerinde yapmış olduğu çalışmalar neticesinde dolgu duvar malzemelerinin mekanik özelliklerine ait belli bulgular elde etmiştir.

Bu deneysel çalışmalar neticesinde dolgu duvar birim hacim ağırlığını 9.45kN/m³ ve elastisite modülünü 3400 MPa olarak bulmuştur. Deneyde kullanılan binaların dolgu duvar özellikleri ile tez kapsamında çalışılan örnek binanın dolgu duvar özellikleri ile uyduğundan oluşturulan modelde bu değerler alınmıştır.



Şekil 10. Numunelerin basınç deneyleri



Şekil 11. Kesme göçmesi

3.3 Betonarme Bina Sayısal Model Oluşturulması

Mevcut betonarme yapının sayısal modeli oluşturulurken Sap2000 v19.0 programı kullanılırken mevcut kalıp planlarına uyulmuştur. Rijit diyafram döşeme olarak modellenmiştir.

Sap2000 yazılımı, mühendislik yapılarının üç boyutlu ve iki boyutlu model geliştirilmesinde, analizi ve yapı elemanlarının boyutlandırılması için yaygın olarak kullanılan mühendislik programlarından biridir.

Mevcut yapı aşağıdaki sıra gözetilerek analiz edilmiştir.

- 1) Yapının mevcut donatı ve elemanları sayısal modelde dikkate alınarak performans seviyesi bulunmuştur.
- 2) Yapıya güçlendirme perdeleri eklendiği durumda performans seviyesinde ki kapasite artışı,
- 3) Yapının dolgu duvarlarının hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi neticesinde performans değişimi,
- 4) Yapının dolgu duvarlarının lifli polimer ile güçlendirilmesi neticesinde performans değişimi incelenmiştir.

Tablo 2. Bina kullanım sınıfı katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (<i>I</i>)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Yapı konut olarak değerlendirildiği için BKS = 3 seçilmiştir. AFAD Türkiye Deprem Tehlikeleri Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden yapının koordinatlarına göre alınan sismik tehlike raporunda DD-2 deprem hareketi için S_{DS} değeri 1.103 olarak okunmuştur.

Tablo 3. Deprem tasarım sınıfları

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Tablo 3 ‘de verilen değerlere göre yapının deprem tasarım sınıfı (DTS) DD-2 için 1a’dır.

Tablo 4. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Mevcut yapının bina yükseklik sınıfının (BYS) 5 olduğu Tablo 4’e göre belirlenmiştir.

Tablo 5. Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için performans hedefleri ve değerlendirme yaklaşımları

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları Bina performans hedefi TBDY Tablo 3.4(c)'ye göre belirlenmiştir. Yapının DD-2 deprem hareketi için ileri performans hedefi olarak Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyini sağlaması gerektiği anlaşılmıştır.

Tablo 6. Hareketli yük kütle katılım katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Mevcut bina için deprem parametreleri aşağıdaki şekildedir

BKS = 3

Kısa Periyot Spektral İvme Katsayısı S_{DS} = 1,103 (DD-2)

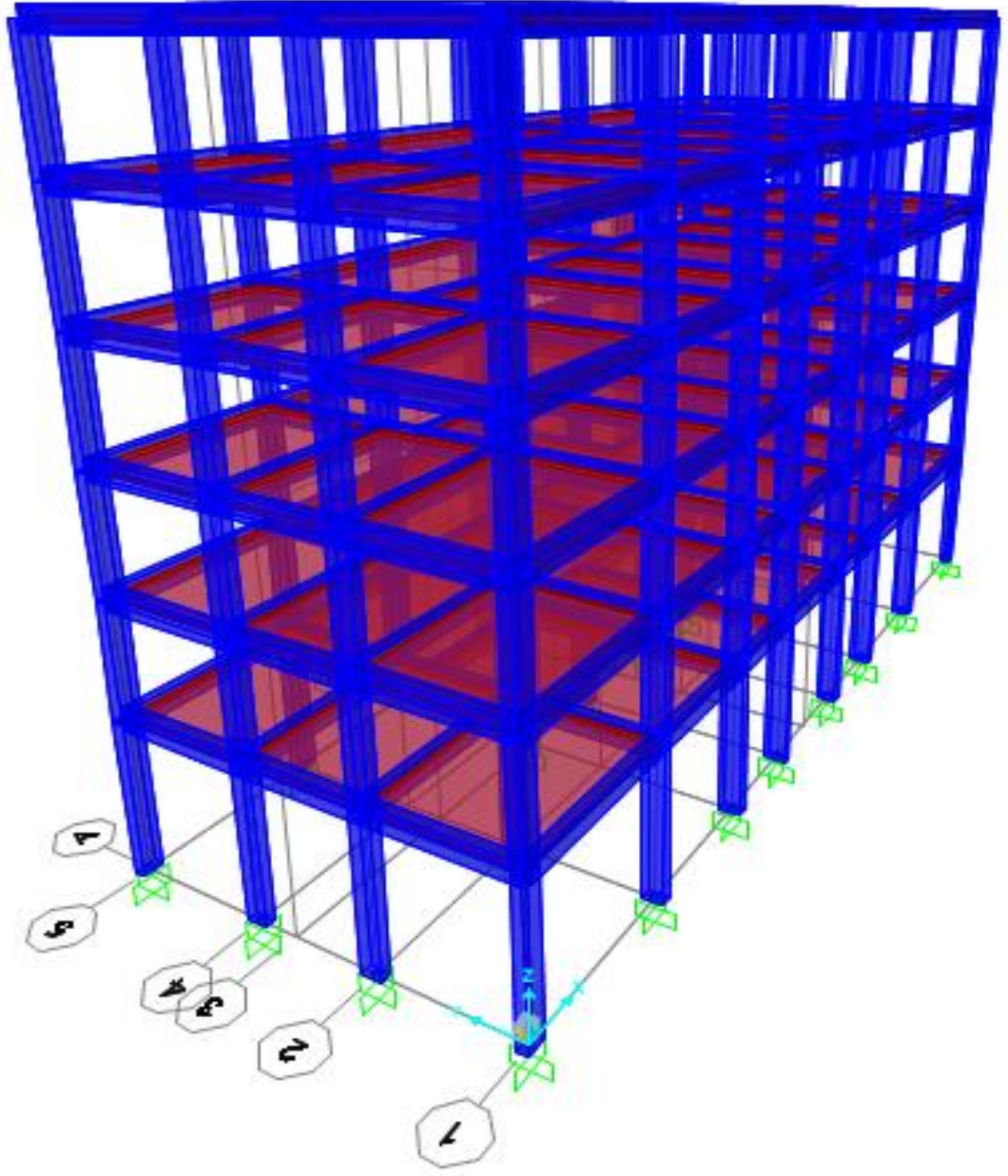
Bina Yüksekliği= 18,5 m

Bina Yükseklik Sınıfı= 5

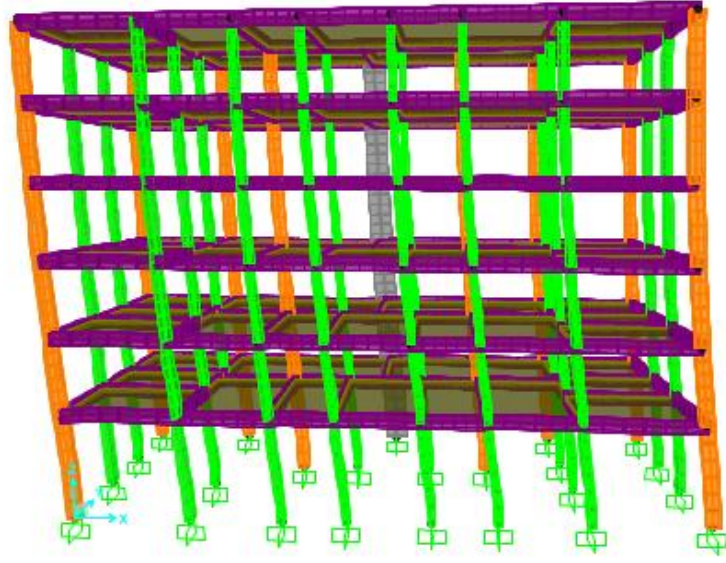
Deprem Tasarım Sınıf DTS= 1

Hareketli Yük Katsayısı n = 0,3

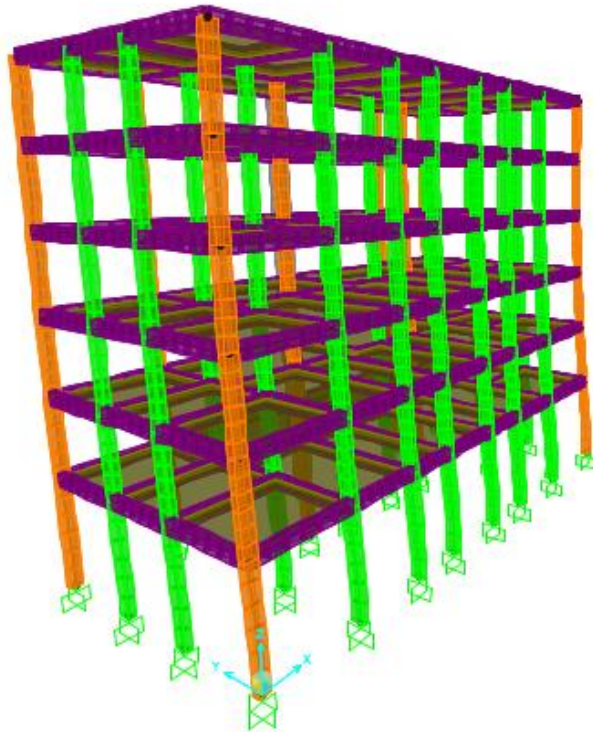
Yerel Zemin Sınıfı= ZC



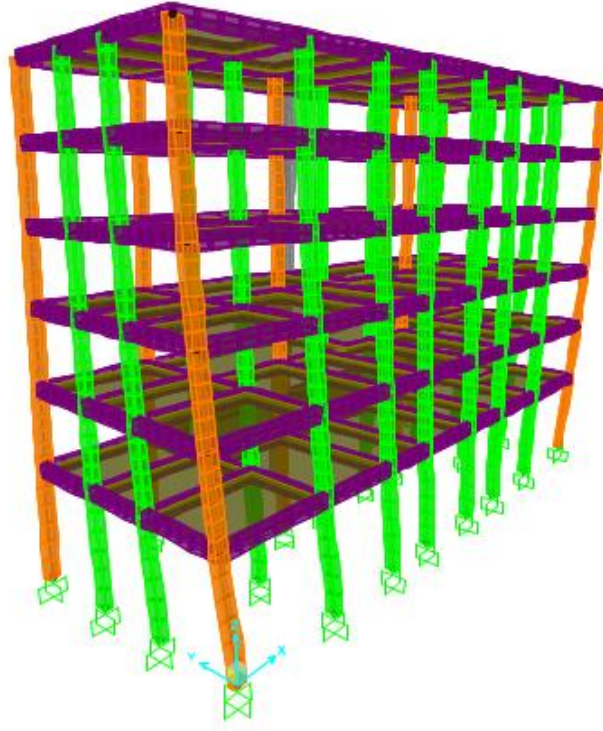
Şekil 12. Mevcut binanın üç boyutlu modeli



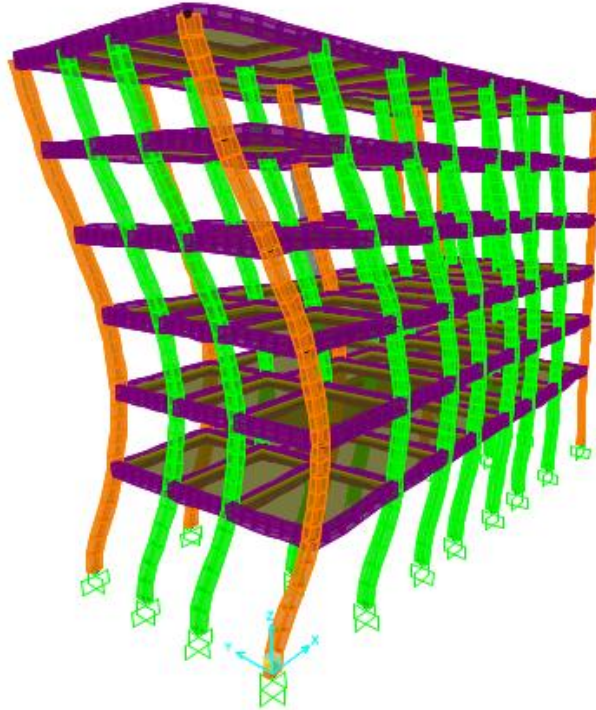
Şekil 13. Mevcut yapının 1.mod şekli



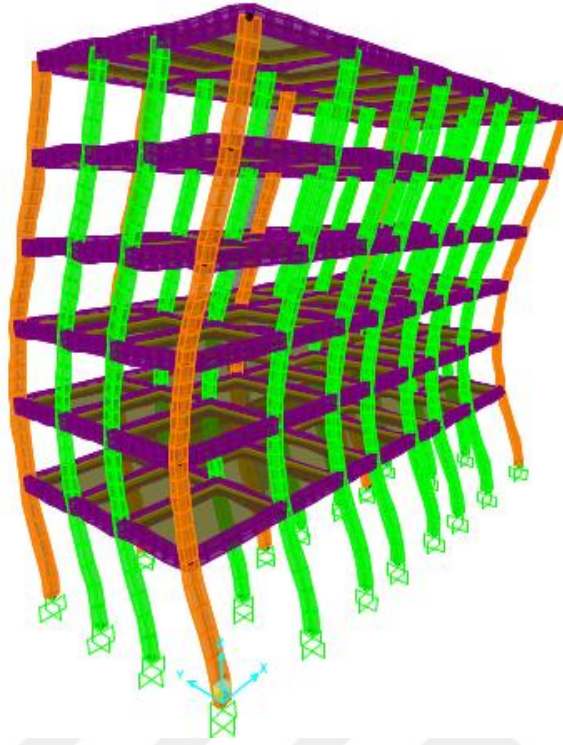
Şekil 14. Mevcut yapının 2.mod şekli



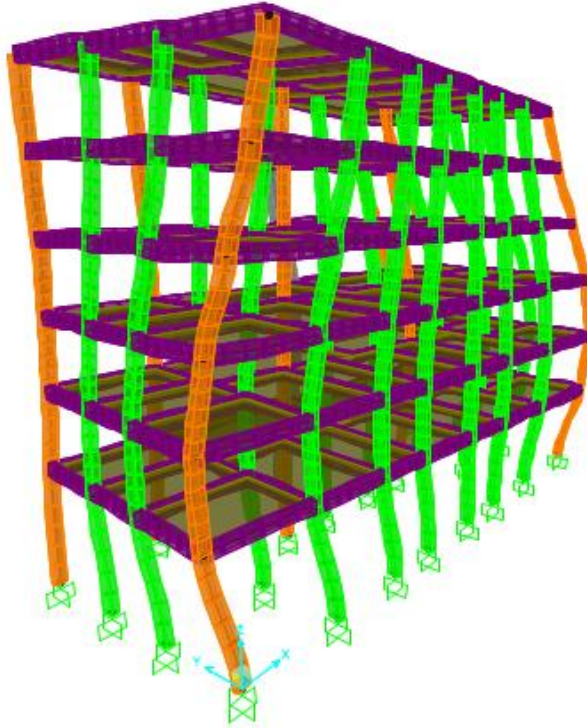
Şekil 15. Mevcut yapının 3.mod şekli



Şekil 16. Mevcut yapının 4.mod şekli



Şekil 17. Mevcut yapının 5.mod şekli



Şekil 18. Mevcut yapının 6.mod şekli

Tablo 7. Modal kütle katılım oranları

Mod Sayısı	Periyot	UX	UY	SumX	SumY
1	0,762299	0,855	2,919E-07	9,29E-11	0,855
2	0,698052	4,209E-07	0,89902	2,027E-07	0,855
3	0,625882	0,03398	3,376E-07	4,753E-12	0,88899
4	0,245579	0,07714	3,976E-08	1,015E-09	0,96612
5	0,226644	4,521E-08	0,07943	6,126E-06	0,96612
6	0,202835	0,00483	2,958E-08	5,832E-11	0,97095
7	0,138516	0,01789	3,826E-09	5,94E-10	0,98885
8	0,127617	7,691E-09	0,01559	6,898E-06	0,98885
9	0,114626	0,00187	6,065E-09	1,474E-12	0,99071
10	0,094495	0,00544	1,912E-09	6,025E-09	0,99615
11	0,088065	4,205E-09	0,00442	0,0001	0,99615
12	0,078462	0,00106	1,509E-09	6,507E-09	0,99721
13	0,072167	0,00165	1,037E-09	1,021E-08	0,99885
14	0,069583	1,381E-08	2,838E-05	0,60975	0,99885
15	0,068894	6,283E-06	1,621E-07	0,00104	0,99886
16	0,067719	1,781E-09	0,00118	0,00963	0,99886
17	0,067649	6,468E-09	5,831E-05	0,02204	0,99886
18	0,061344	0,00018	5,07E-09	4,073E-07	0,99904

3.3.1 Malzeme ve Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Mevcut yapı malzemelerinin tanımları yapılırken TBDY bölüm 5A ‘da yer alan bilgiler dikkate alınmıştır.

Mevcut yapının kolon ve kirişlerine atanacak mafsalların etkin kesit rijitliklerinin belirlenmesi için sap2000’de mevcut olan “Section Designer” aracı kullanılmıştır.

Tablo 8. Mevcut malzeme bilgisi

Blok	Beton, (MPa)	Beton Elastisite Modülü (Mpa)	Donatı,(Mpa)
Yapı	8	23400	220

TS500 yönetmeliği denklem 3.2 den;

$$E_{cj} = 3250\sqrt{f_{ck}} + 14000 \text{ (Mpa)} \quad (3.2)$$

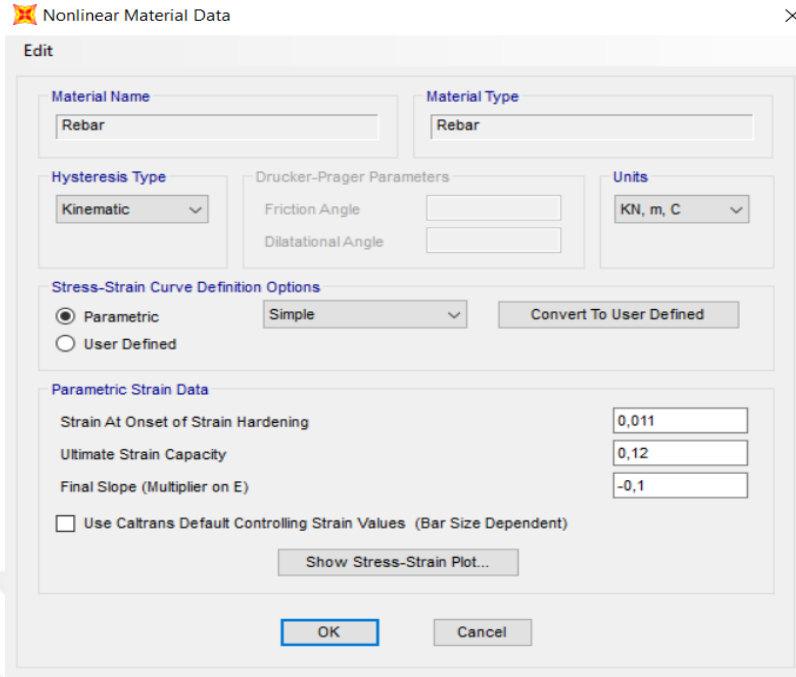
$$E_{cj} = 3250\sqrt{8} + 14000 \text{ (Mpa)}$$

Sargısız ve sargılı beton modelinin tanımlanması için sap2000 ortamında “Nonlinear Material Data” sekmesi kullanılarak Şekil.19’da gösterildiği gibi bilgi girişi yapılabilir.

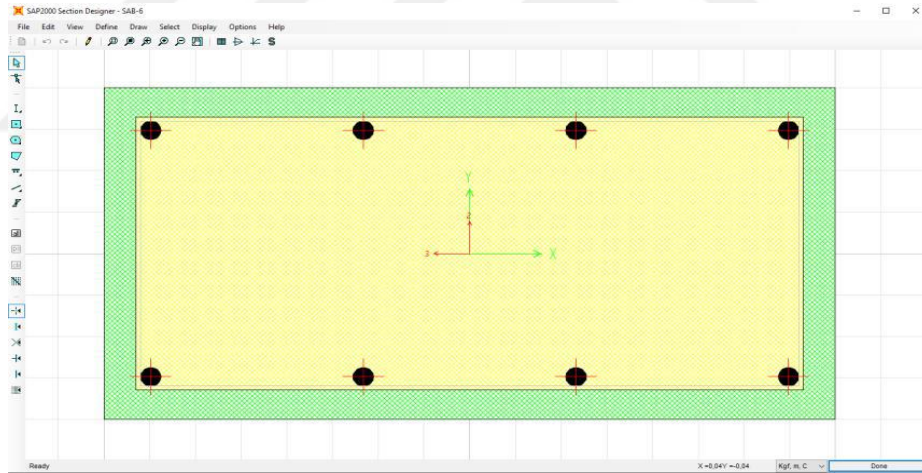
Şekil 19. Beton birim uzama özelliklerinin tanımlanması

Burada girilen değerler TBDY’de sargısız beton için verilen grafikten gelmektedir.

S220 donatı çeliği içinde program içerisinde aynı adımlar izlenerek TBDY’de verilen birim uzama hususlar dikkate alınarak tanımlanır.



Şekil 20. Donatı çeliği birim uzama tanımlanması

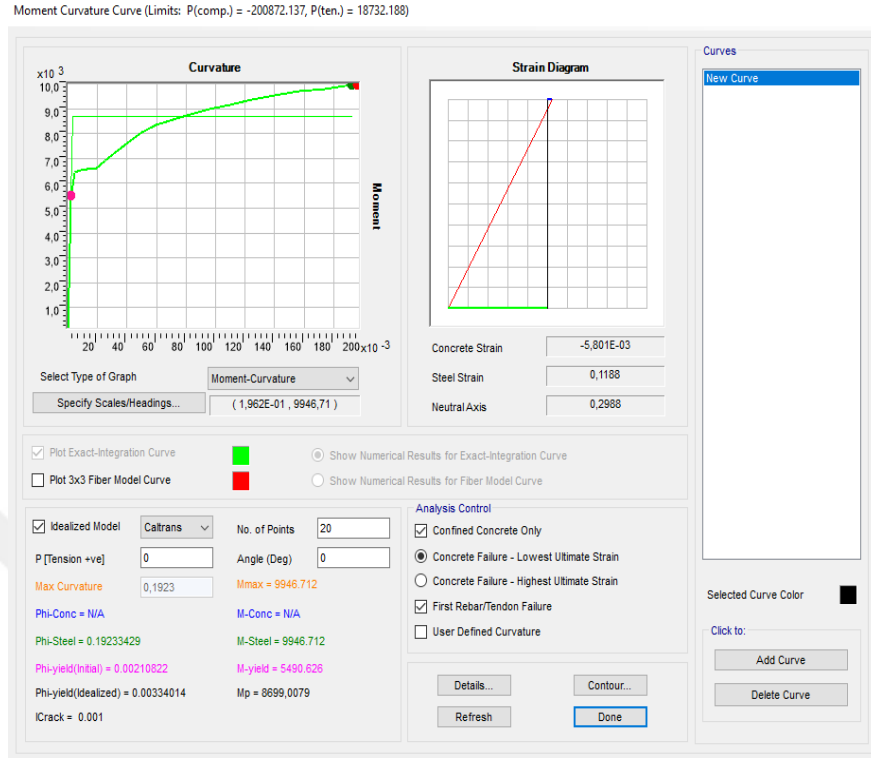


Şekil 21. Kesit tanımlama

Malzeme özelliklerinin tanımlanmasının ardından kesit tanımlama işlemleri yapılır. Bina inceleme raporundan elde edilen betonarme kesitler sap2000 programında “section designer” ara yüzünde oluşturulmuştur. Şekil 21. de mevcut binanın herhangi bir kolonuna ait kesit görülmektedir.

Elemanların etkin kesit rijitliklerinin hesaplanabilmesi için, bazı verilere ihtiyacımız vardır bunlar akma momenti ve akma eğriliğidir. Bu değerleri elde edebilmek için kesit tanımlaması yapıldıktan sonra moment – eğrilik grafiği elde

edilmesi gerekir. Bu işlem “ Display/ Show moment- Curvature Curve” sekmesine tıklanarak yapılır.



Şekil 22. Moment eğrilik grafiğinin elde edilmesi

Kolonların moment taşıma kapasiteleri eksenel yük değerine doğrudan bağlı değişme gösterdiğinden açılan ekranda kolon kesitler için eksenel yük değeri girerek moment – eğrilik grafiği buna bağlı çizdirilmelidir. Buna göre moment – eğrilik grafiği için ölü ve hareketli yüklerden meydana gelen (G + nQ yük kombinasyonu) eksenel yükler dikkate alınarak çizdirilmiştir.

Tablo 9. Kolon eksenel yükler

4.KAT KOLON				3.KAT KOLON				2.KAT KOLON				1.KAT KOLON				ZEMİN KAT KOLON			
0	G+0.3Q	Combination	-56,3	0	G+0.3Q	Combination	-127	0	G+0.3Q	Combination	-197	0	G+0.3Q	Combination	-265	0	G+0.3Q	Combination	-331
0	G+0.3Q	Combination	-56,3	0	G+0.3Q	Combination	-127	0	G+0.3Q	Combination	-197	0	G+0.3Q	Combination	-265	0	G+0.3Q	Combination	-331
0	G+0.3Q	Combination	-79,4	0	G+0.3Q	Combination	-191	0	G+0.3Q	Combination	-310	0	G+0.3Q	Combination	-423	0	G+0.3Q	Combination	-538
0	G+0.3Q	Combination	-72,4	0	G+0.3Q	Combination	-177	0	G+0.3Q	Combination	-292	0	G+0.3Q	Combination	-400	0	G+0.3Q	Combination	-509
0	G+0.3Q	Combination	-46,1	0	G+0.3Q	Combination	-119	0	G+0.3Q	Combination	-206	0	G+0.3Q	Combination	-276	0	G+0.3Q	Combination	-342
0	G+0.3Q	Combination	-46,5	0	G+0.3Q	Combination	-120	0	G+0.3Q	Combination	-191	0	G+0.3Q	Combination	-260	0	G+0.3Q	Combination	-326
0	G+0.3Q	Combination	-72,6	0	G+0.3Q	Combination	-178	0	G+0.3Q	Combination	-283	0	G+0.3Q	Combination	-391	0	G+0.3Q	Combination	-501
0	G+0.3Q	Combination	-79	0	G+0.3Q	Combination	-190	0	G+0.3Q	Combination	-304	0	G+0.3Q	Combination	-418	0	G+0.3Q	Combination	-533
0	G+0.3Q	Combination	-73,9	0	G+0.3Q	Combination	-168	0	G+0.3Q	Combination	-263	0	G+0.3Q	Combination	-357	0	G+0.3Q	Combination	-452
0	G+0.3Q	Combination	-106	0	G+0.3Q	Combination	-244	0	G+0.3Q	Combination	-382	0	G+0.3Q	Combination	-519	0	G+0.3Q	Combination	-655
0	G+0.3Q	Combination	-96,9	0	G+0.3Q	Combination	-234	0	G+0.3Q	Combination	-372	0	G+0.3Q	Combination	-508	0	G+0.3Q	Combination	-645
0	G+0.3Q	Combination	-65,2	0	G+0.3Q	Combination	-159	0	G+0.3Q	Combination	-254	0	G+0.3Q	Combination	-348	0	G+0.3Q	Combination	-443
0	G+0.3Q	Combination	-107	0	G+0.3Q	Combination	-240	0	G+0.3Q	Combination	-374	0	G+0.3Q	Combination	-509	0	G+0.3Q	Combination	-645
0	G+0.3Q	Combination	-107	0	G+0.3Q	Combination	-241	0	G+0.3Q	Combination	-375	0	G+0.3Q	Combination	-511	0	G+0.3Q	Combination	-647
0	G+0.3Q	Combination	-98,4	0	G+0.3Q	Combination	-237	0	G+0.3Q	Combination	-376	0	G+0.3Q	Combination	-514	0	G+0.3Q	Combination	-652
0	G+0.3Q	Combination	-98,7	0	G+0.3Q	Combination	-238	0	G+0.3Q	Combination	-377	0	G+0.3Q	Combination	-515	0	G+0.3Q	Combination	-653
0	G+0.3Q	Combination	-122	0	G+0.3Q	Combination	-277	0	G+0.3Q	Combination	-435	0	G+0.3Q	Combination	-596	0	G+0.3Q	Combination	-761
0	G+0.3Q	Combination	-68,2	0	G+0.3Q	Combination	-166	0	G+0.3Q	Combination	-265	0	G+0.3Q	Combination	-363	0	G+0.3Q	Combination	-462
0	G+0.3Q	Combination	-122	0	G+0.3Q	Combination	-278	0	G+0.3Q	Combination	-436	0	G+0.3Q	Combination	-597	0	G+0.3Q	Combination	-763
0	G+0.3Q	Combination	-68,2	0	G+0.3Q	Combination	-166	0	G+0.3Q	Combination	-265	0	G+0.3Q	Combination	-363	0	G+0.3Q	Combination	-462
0	G+0.3Q	Combination	-59,6	0	G+0.3Q	Combination	-136	0	G+0.3Q	Combination	-210	0	G+0.3Q	Combination	-281	0	G+0.3Q	Combination	-349
0	G+0.3Q	Combination	-108	0	G+0.3Q	Combination	-250	0	G+0.3Q	Combination	-393	0	G+0.3Q	Combination	-536	0	G+0.3Q	Combination	-680
0	G+0.3Q	Combination	-108	0	G+0.3Q	Combination	-250	0	G+0.3Q	Combination	-393	0	G+0.3Q	Combination	-536	0	G+0.3Q	Combination	-680
0	G+0.3Q	Combination	-50,9	0	G+0.3Q	Combination	-127	0	G+0.3Q	Combination	-201	0	G+0.3Q	Combination	-273	0	G+0.3Q	Combination	-340
0	G+0.3Q	Combination	-173	0	G+0.3Q	Combination	-397	0	G+0.3Q	Combination	-621	0	G+0.3Q	Combination	-844	0	G+0.3Q	Combination	-1065

Kolonların etkin kesit rijitliklerini elde edebilmek için öncelikle plastik mafsallak dönmeleri θ_y değeri hesaplanır. Akma dönmelerini hesaplayabilmek “ Section Designer ” sekmesinden elde ettiğimiz Moment – Eğrilik grafiğinden elde edeceğimiz Φ_y değeri kullanılır.

Kolon kesitlerinin eksenel rijitliğinin hesabında dikkate alınan kolon için, Şekil18’ de moment – eğrilik grafiği çizdirme ekranında yer alan “ Angle (Deg) ” 0 ve 90 yazılarak kesitin iki yönü içinde işlem yapılmış olunur. Bu işlem adımları her katta bulunan kolonlar için ayrı ayrı eksenel yük değerleri girilerek tekrarlanır. Yapılan hesaplarda excel programı kullanılmıştır. Tablo 9’da bodrum katta yer alan kolonların maruz kaldığı eksenel yükler KN cinsinden verilmiştir.

Tablo 10. Kolon etkin kesit rijitlikleri

				$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3}$													$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s}\right) + \left(\frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}\right)$
	b	h	E	EI	η	L_s	L_y	d_b	f_{ys}	f_{se}	M_y	Φ_y	θ_y	$(EI)_e$	EI ÇARPANI		
SB1	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,44	0,00414	0,005408	653,8035	0,107		
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	2,85	0,0092	0,00948	195,4093	0,032		
SB2	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	4,18	0,011	0,01064	255,3551	0,168		
	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	7,13	0,005	0,005812	797,4119	0,523		
SB3	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,17	0,013	0,012249	274,3384	0,180		
	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	9,047	0,0056	0,006295	934,2002	0,613		
SB4	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	8,93	0,0058	0,006744	860,6727	0,141		
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,1024	0,0133	0,012779	259,5251	0,043		
SB5	0,25	0,45	2340000	4442,344	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	4,63	0,00467	0,005777	520,9318	0,117		
	0,25	0,45	2340000	4442,344	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	2,69	0,00906	0,00931	187,8138	0,042		
SB6	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,15	0,012	0,011445	292,4915	0,192		
	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	8,97	0,00543	0,006158	946,8256	0,622		
SB7	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	4,87	0,02	0,017882	177,0184	0,116		
	0,5	0,25	2340000	1523,438	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	9,94	0,008	0,008226	785,4358	0,516		
SB8	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	8,95	0,0058	0,006744	862,6003	0,142		
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,1024	0,0133	0,012779	259,5251	0,043		
SB9	0,25	0,45	2340000	4442,344	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	5,17	0,00491	0,00597	562,872	0,127		
	0,25	0,45	2340000	4442,344	1	3,9	1,95	0,016	264	11,65	3,048	0,0096	0,009744	203,3192	0,046		

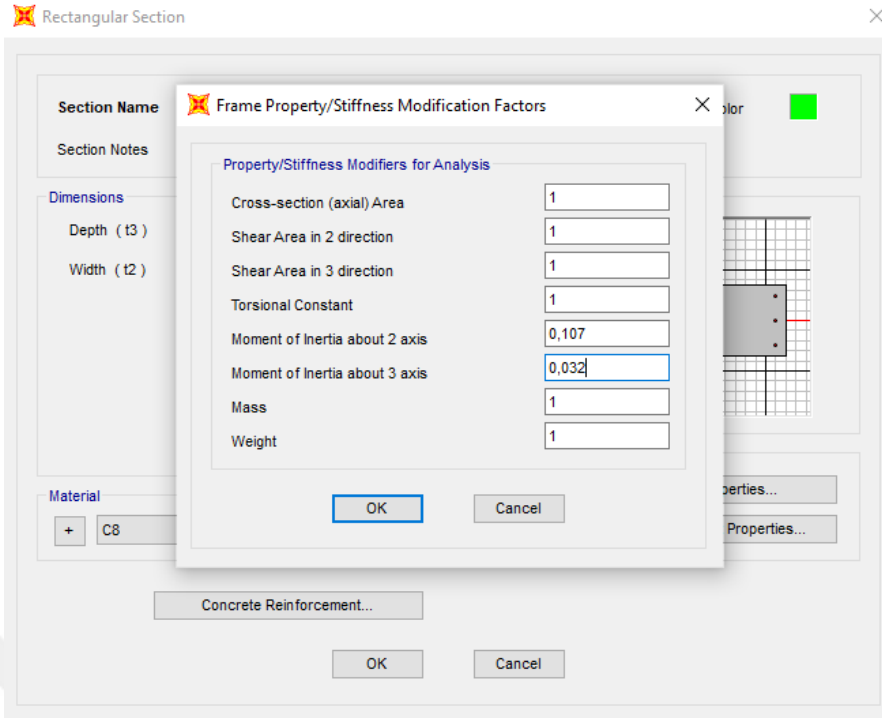
Çalışma konusu binada bulunan 150 adet kolonun ve 222 adet kirişin etkin kesit rijitlik değerleri kolonlar için eksenel yükse bağlı olarak 0 ve 90 dereceler için ayrı ayrı eksenel yük değerleri girilerek moment- eğrilik grafiği elde edilmiştir. Bu grafiklerden alınan değerler kullanılarak bütün kolonların etkin kesit rijitlikleri ayrı ayrı hesap edilmiştir.

Plastik davranışın göz önüne alınarak modellenen kirişlerin etkin kesit rijitliğini elde etmek amacıyla, pozitif ve negatif iki moment yönünde eğrilik grafiği çizdirilir. Bu işlem için program ortamında “Angle (Deg)” kutusuna 0 ve 180 dereceler ayrı ayrı girilerek her iki yön için akma momenti ve eğrilik değerleri elde edilir. Kiriş için plastik mafsalsal akma dönmesi hesabı için pozitif ve negatif yönünde elde edilen değerlerin ortalaması alınır. Bu hesaplamalarda excel programı kullanılmıştır. Toplamda 222 kiriş bulunan çalışma konusu bina için sadece bir kat kirişlerinin etkin kesit rijitliğinin bulunmasının sebebi kirişlerin kat benzerliğidir.

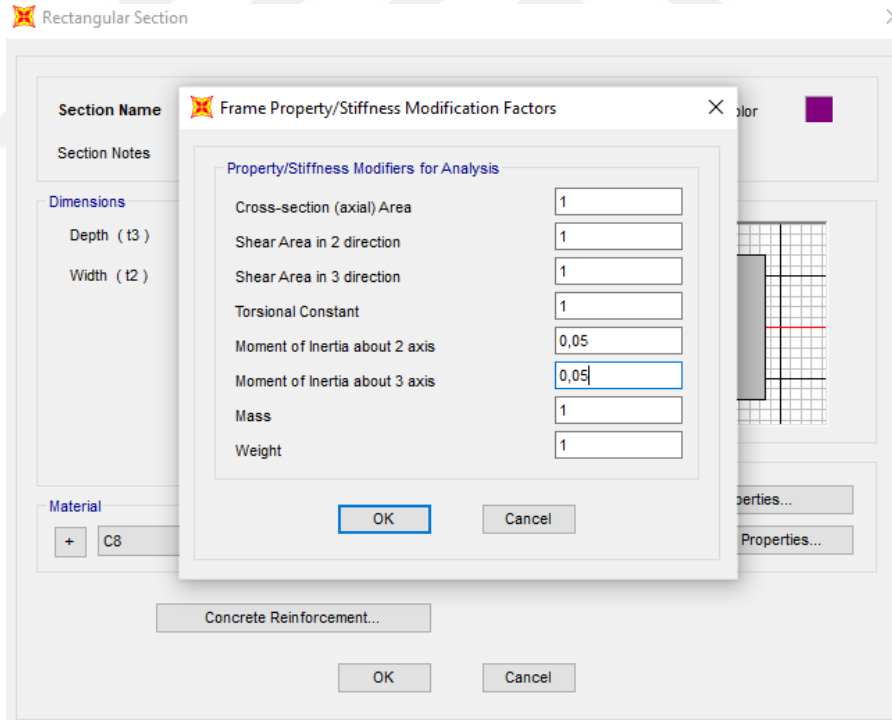
Tablo 11. Kiriş etkin kesit rijitlikleri

				$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3}$												$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \left(\frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \right)$
	b	h	E	EI	η	L_n	L_e	d_b	f_{ue}	f_{se}	M_y	Φ_y	θ_y	$(EI)_e$	EI ÇARPANI	
KB-1	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	3,398	0,00328	0,004373	429,944	0,071	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	1,176	0,0027	0,003985	163,2938	0,027	
KB-2	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	2,287	0,00299	0,004179	302,8117	0,050	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	3,398	0,00328	0,004217	377,3416	0,062	
KB-3	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	1,176	0,0027	0,003878	142,0046	0,023	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	2,287	0,00299	0,004048	264,5992	0,043	
KB-4	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,18	1,59	0,012	264	11,65	3,398	0,00328	0,004326	416,2587	0,068	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,18	1,59	0,012	264	11,65	1,176	0,0027	0,003952	157,7205	0,026	
KB-5	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	3,18	1,59	0,012	264	11,65	2,287	0,00299	0,004139	292,8406	0,048	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	3,398	0,00328	0,004789	518,0047	0,085	
KB-6	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	1,176	0,0027	0,004298	199,7416	0,033	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	2,287	0,00299	0,004543	367,4665	0,060	
KB-7	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	3,51	0,00343	0,004916	521,2645	0,107	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	1,18	0,0027	0,004298	200,421	0,041	
KB-8	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	2,345	0,003065	0,004607	371,5961	0,076	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	3,51	0,00343	0,004916	521,2645	0,107	
KB-9	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	1,18	0,0027	0,004298	200,421	0,041	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	2,345	0,003065	0,004607	371,5961	0,076	
KB-10	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	3,398	0,00328	0,004789	518,0047	0,085	
	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	1,176	0,0027	0,004298	199,7416	0,033	
KB-11	0,25	0,5	2340000	6093,75	1	4,38	2,19	0,012	264	11,65	2,287	0,00299	0,004543	367,4665	0,060	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	3,51	0,00343	0,004474	434,1478	0,089	
KB-12	0,2	0,5	2340000	4875	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	1,18	0,0027	0,003985	163,8492	0,034	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	3,32	1,66	0,012	264	11,65	2,345	0,003065	0,004229	306,8057	0,063	
KB-13	0,2	0,5	2340000	4875	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	3,51	0,00343	0,004305	381,8429	0,078	
	0,2	0,5	2340000	4875	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	1,18	0,0027	0,003878	142,4876	0,029	
KB-14	0,2	0,5	2340000	4875	1	2,81	1,405	0,012	264	11,65	2,345	0,003065	0,004092	268,4036	0,055	

Kolon ve kiriş kesitleri için hesapladığımız etkin kesit rijitlik değerleri, kesitin hesaplanan eğilme rijitliğine bölünerek kolon ve kirişleri için (Tablo 10 ve 11) elde edilir. Kolon ve kiriş kesitleri için elde edilen değerler program ortamında atama menüsünü kullanarak yapılabilir. Tüm bu işlemler için “Property Modifiers” sekmesi kullanılır. Bu işlemlerin her biri kolon ve kiriş elemanlar için ayrı ayrı yapılmak zorundadır.



Şekil 23. Kolonlar için rijitliği azaltma katsayısı tanımlanması



Şekil 24. Kirişler için rijitliği azaltma katsayısı tanımlanması

3.3.2. Plastik Mafsal Tanımlamaları ve Elemanlara Atanması

Taşıyıcı elemanlar için plastik mafsal tanımlamalarında eğilme ve eksenel kuvvet etkileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Kirişler için sadece eğilme etkisi (M) dikkate alınırken kolonlarda iki farklı yön için eğilme ve eksenel kuvvet (P, M, M) dikkate alınmalı ve tanımlamalar buna göre yapılmalıdır.

Program ortamında tanımlama yaparken sırası ile “Assign” sekmesi kullanılarak kolonlar için P, M, M mafsalı oluşturulur ve mafsal tipi girilir.

TBDY’ye göre kesitlerde plastik dönmeler akma momenti sınırına ulaştıktan sonra başlar ve tanımlanan kesitte akma momenti sınırına ulaşmaya kadar elastik dönme gerçekleşir.

Sap2000 programında kesitlerin malzeme özelliğine ve geometrisi gibi değişkenlerine bağlı olarak otomatik plastik mafsal ataması yapılabilmektedir. Çalışma konusu bina modelinde Sap2000 programının otomatik plastik mafsal atama özelliği kullanılmıştır. Plastik mafsallar her elemanın iki ucuna tanımlamak için 0,1 ve 0,9’ ına mafsal ataması yapılmıştır.

Kolon elemanlar eksenel yüke maruz kaldıkları için bu kesitlere mafsal ataması yaparken P-M2-M3 kutucuğu işaretlenmiş böylelikle eksenel yük ve iki yönlü eğilme altındaki etkilerini görebilmek için programda atanmıştır. Hasar bölgeleri program ortamında seçilirse, TBDY’ye göre otomatik olarak ilgili değerler gelmektedir.

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables in ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-8 (Concrete Columns)

Degree of Freedom
☐ M2 ☐ P-M2 ☐ Parametric P-M2-M3
☐ M3 ☐ P-M3
☐ M2-M3 ☒ P-M2-M3

Concrete Column Failure Condition
☐ Condition i - Flexure ☐ Condition iv - Development
☒ Condition ii - Flexure/Shear
☐ Condition iii - Shear

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

P and V Values From
☒ Case/Combo MODAL
☐ User Value
V2 V3

Shear Reinforcing Ratio $p = A_v / (b_w * s)$
☒ From Current Design
☐ User Value

OK Cancel

Şekil 25. Kolon kesitlere plastik mafsals atama işlemi

Frame Hinge Property Data for S60X30HINGE - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type
☒ Moment - Rotation
☐ Moment - Curvature
Hinge Length
☒ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)
☐ SF is Yield Rotation per ASCE 41-13 Eqn. 9-2 (Steel Objects Only)
☒ User SF 1.

Load Carrying Capacity Beyond Point E
☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition
☐ Moment Rotation Dependence is Circular
☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3
☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition
1 Specify curves at angles of 0° and 90°.
2 If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

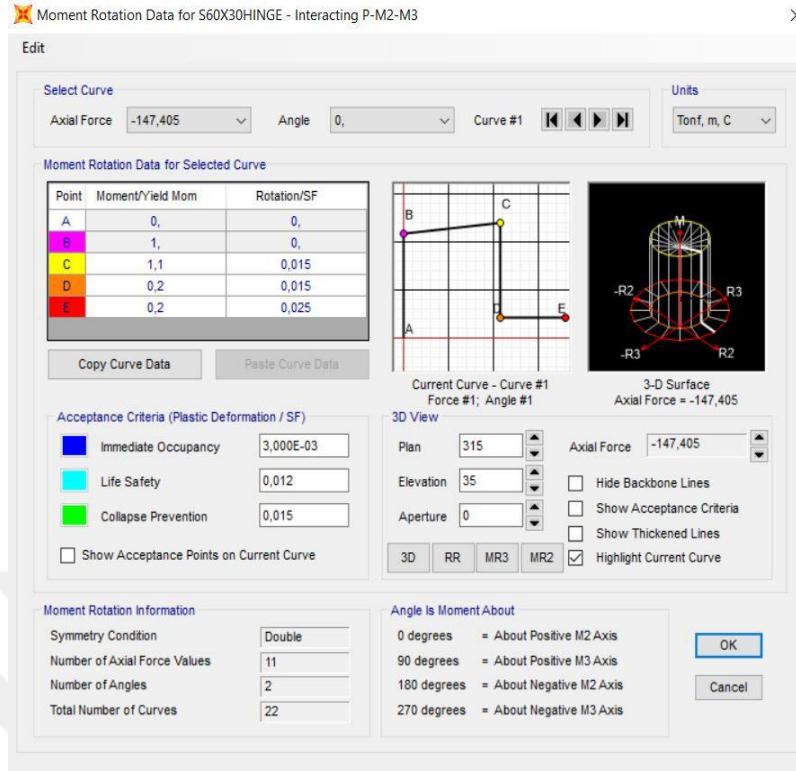
Axial Forces for Moment Rotation Curves
Number of Axial Forces 11
Modify/Show Axial Force Values...

Curve Angles for Moment Rotation Curves
Number of Angles 2
Modify/Show Angles...

Modify/Show Moment Rotation Curve Data...
Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data...

OK Cancel

Şekil 26. Kolon kesitlerin plastik mafsals özellikler



Şekil 27. Kolon kesitlerinde moment-dönme ilişkisi

Auto Hinge Type
 From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table
 Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

V Value From
☒ Case/Combo MODAL
☐ User Value V2

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Şekil 28. Kiriş kesitlere plastik mafsal ataması

Frame Hinge Property Data for 1002H1 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0,2	-0,05
D-	-0,2	-0,0253
C-	-1,1	-0,025
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1,1	0,025
D	0,2	0,0253
E	0,2	0,05

☒ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation

(Steel Objects Only)

Positive

Moment SF

Rotation SF

Negative

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Positive

Negative

OK Cancel

Şekil 29. Kiriş kesitlerin plastik mafsal özellikleri

Kirişler için plastik mafsal tanımlaması yapılırken sadece eğilme etkisine maruz oldukları için M3 kutucuğu seçilmiştir. Bu atamalar Şekil 28 ve 29’ te görülmektedir. Bu sayede kiriş kesitleri için sadece M3 plastik mafsal özelliği tanımlanmıştır.

Mafsal tanımlamaları program ortamında yapılırken özellikle kolon ve kirişlerde mafsal tanımlamalarının farklı olduğu unutulmamalıdır. Modellemeye ilişkin esaslar anlatıldıktan sonra bir sonraki başlıkta statik itme analizine yer verilmiştir.

3.4. Statik İtme Analizi

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden itme yöntemi bina kapasiteleri hakkında bilgi edinme amacıyla yapılan çalışmalarda performansa dayalı çalışma yapılırken diğer yöntemlere nazaran fazlaca kullanılan bir yöntemdir.

“Statik itme analizi yapılmasındaki maksat; uygulanan tasarım depreminde yapının performansına ait dayanım kapasitesini ve deplasman istemini bulmak ve bu verileri TBDY’de verilen önce kesit bazında performans düzeyleri sonrasında taşıyıcı sistem bazında verilen performans düzeyleri ile karşılaştırmaktır.

(Krawinkler, 1998; TINAS, Aralık 2017)

Yüksek modların yakalanması durumunda sabit modlu itme analizi uygulanacak olup, binanın performans değerlendirilmesi buna göre yapılacaktır. Sabit modlu itme analizi sonrasında tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti ile itme eğrisi çizilecek ve sonrasında bu eğriye koordinat değişimi uygulanarak modal kapasite diyagramı elde edilecektir.

Sabit modlu statik itme analizinin teorik olarak anlatımının ardından uygulama adımları şu şekilde olmalıdır.

- Model üç boyutlu olarak program ortamında oluşturulur.
- Kesitlerin i ve j uçlarına plastik mafsalları tanımlamaları yapılır.
- Binaya ilgili düşey yük atamaları yapılır.
- Binanın hakim doğal titreşim periyotları bulunur.
- Bu periyotlara uygun olarak yatay yükleme belirlenir.
- Yapıya etkiye düşey ve artan yükler altında tepe yerdeğiştirmesi kaydedilerek, tepe yerdeğiştirme – taban kesme kuvveti grafiği elde edilir.
- Yapı belirlenen miktarda ötelenmeye maruz bırakılır veya mekanizma durumuna gelene kadar itme devam eder.
- İtme analizi neticesinde elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirme sonuçlarından itme eğrisi çizilir.
- Herhangi bir katta burulma düzensizliği kat sayısı 1,4’ ten daha fazla olmamalıdır.
- Hakim moda ait kütle katılım oranı en az %70 seviyelerinde olmalıdır.

3.5. Mevcut Binanın Sap2000 Ortamında Statik İtme Analizi

Sabit modlu itme analizi için Sap2000 ortamında farklı yükleme durumları söz olup bunlardan bir tanesi de yükleme yapılacak noktanın seçilerek istenilen yönler için yük tanımları yapmak şeklinde olabilir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSH-O **Set Def Name** **Notes**: Modify/Show...

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

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

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G	1,
Load Pattern	G	1,
Load Pattern	Q	0,3

Add **Modify** **Delete**

Analysis Type: ☐ Linear ☒ Nonlinear ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters: ☒ None ☐ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: MSSSRC1

Other Parameters: **Load Application**: Full Load **Modify/Show...** **Results Saved**: Final State Only **Modify/Show...** **Nonlinear Parameters**: Default **Modify/Show...**

OK **Cancel**

Şekil 30. Statik itme düşey yön için veri girişi

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSH-X_mode 1 [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [PUSH-O]

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.
Load Pattern	1	1.
Accel		
Mode		

[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

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [MSSSRC1]

[OK] [Cancel]

Şekil 31. Statik itme x yönü için veri girişi

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSH-Y_mode 2 [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [PUSH-O]

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.
Load Pattern	2	1.
Accel		
Mode		

[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

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

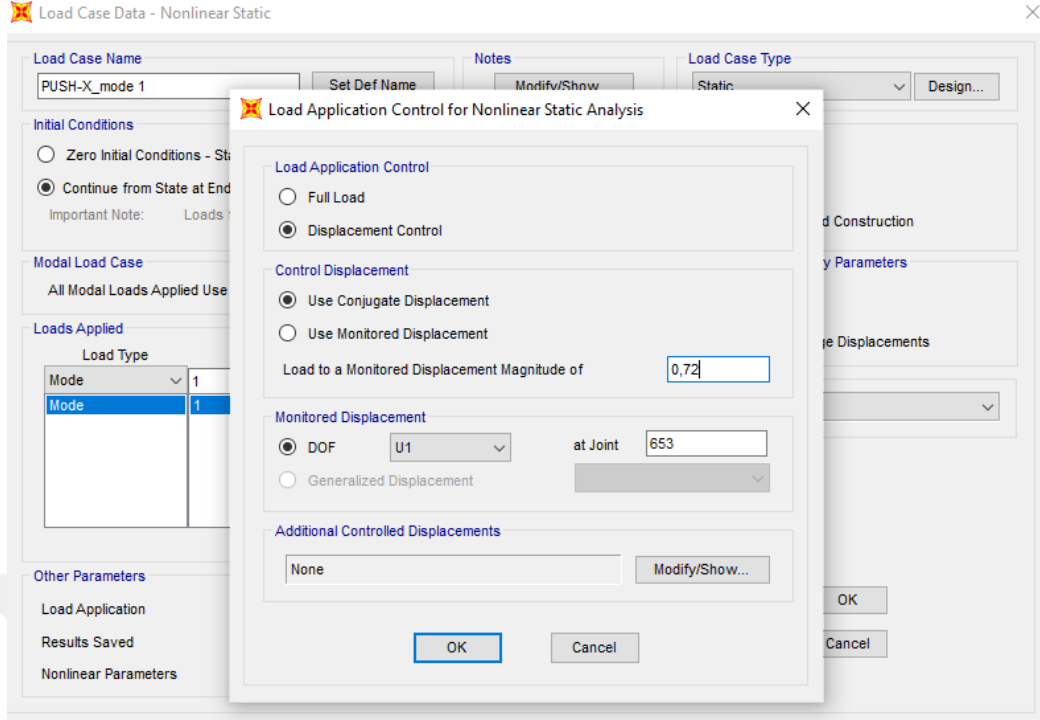
☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [MSSSRC1]

[OK] [Cancel]

Şekil 32. Statik itme y yönü için veri girişi



Şekil 33. Statik itme deplasman veri girişi

Sabit modlu itme analizi sonrasında tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilecek ve elde edilen bu eğriye koordinat değişimi uygulanarak modal kapasite diyagramı elde edilecektir.

$$a_1^{(X,k)} = \left(\frac{V_{tx1}^{(X,K)}}{m_{tx1}^{(X,K)}} \right) \quad (3.4)$$

$$d_1^{(X,K)} = \left(\frac{u_{nx1}^{(X,k)}}{\theta_{Nx1}^{(1)} r_1^{(X,1)}} \right) \quad (3.5)$$

$$S_{de}(T_1) = \frac{S_{ae}(T_1)}{w_1^2} \quad (3.6)$$

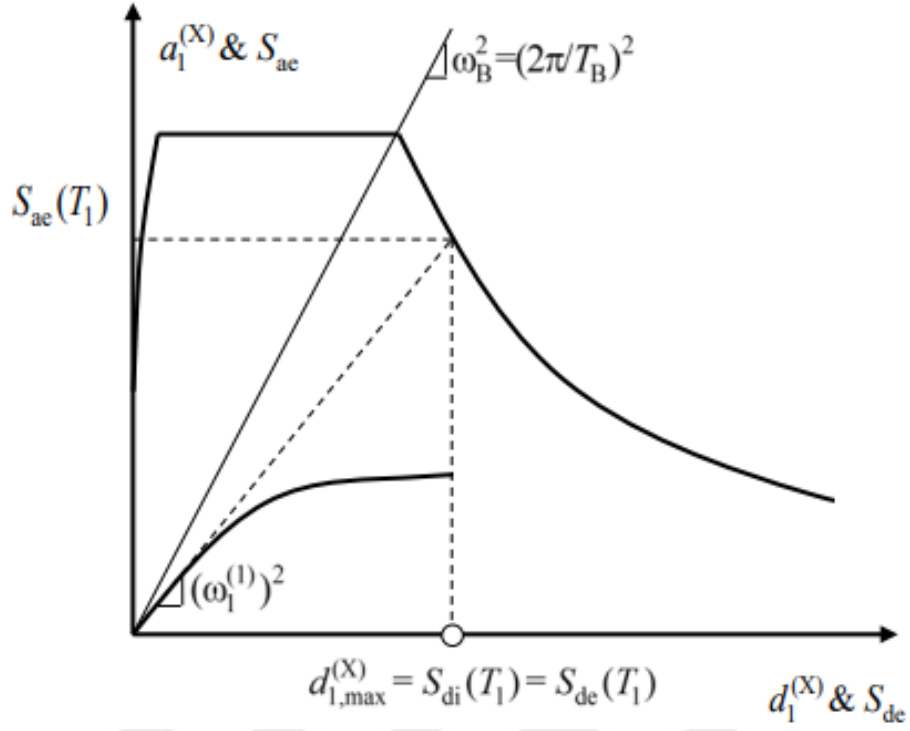
$$w = \frac{2\pi}{T} \quad (3.7)$$

$$d_{1,max}^{(x)} = S_{di}(T_1) \quad (3.8)$$

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} C_R &= 1 & T_1 > T_B \\ C_R &= \frac{1+(R_y-1)\frac{T_B}{T_1}}{R_y} & T_1 \leq T_B \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$r_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \theta_{i(X)n}}{\sum_{i=1}^N (m_i \theta_{ixn}^2 + m_i \theta_{iyn}^2 + m_i \theta_{i\theta n}^2)} \quad ; \quad m_{txn}^{(X)} = r_n^{(X)} \sum_{i=1}^N m_i \theta_{i(X)n} \quad (3.11)$$



Şekil 34. Modal kapasite diyagramı ile deprem spektrumunun birlikte gösterim

TBDY’ye göre mevcut bir bina statik itme analizi gerçekleştirmek için ilk adım mevcut yapının burulma düzensizliğinin bulunmasıdır. Mevcut bina için yapılan hesaplar sonucunda elde edilen burulma verileri x ve y yönleri için Tablo 12 ve 13’te verilmiştir.

Tablo 12. X yönü burulma düzensizliği kontrolü

X yönü Burulma düzensizlik kontrolü				
KAT	En büyük Yerdeğiştirme	En küçük Yerdeğiştirme	Ortalama yerdeğiştirme	η_{bi}
4.KAT	3,343869	3,19098	3,2674245	1,02
3.KAT	3,107736	2,95672	3,032228	1,02
2.KAT	2,720466	2,579082	2,649774	1,03
1.KAT	2,190292	2,063502	2,126897	1,03

ZEMİN	1,548959	1,456255	1,502607	1,03
BODRUM	0,825257	0,745776	0,7855165	1,05

Tablo 13. Y yönü burulma düzensizliği kontrolü

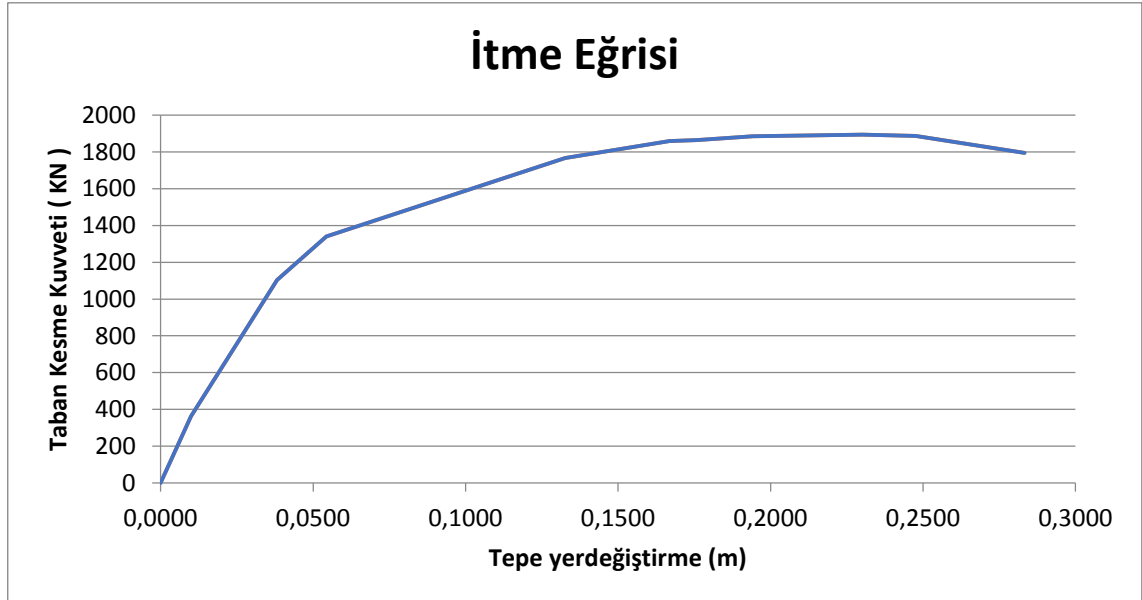
Y yönü Burulma düzensizlik kontrolü				
KAT	En büyük Yerdeğiştirme	En küçük Yerdeğiştirme	Ortalama yerdeğiştirme	η_{bi}
4.KAT	2,464906	2,464136	2,464521	1,00
3.KAT	2,300507	2,299779	2,300143	1,00
2.KAT	2,018533	2,017887	2,01821	1,00
1.KAT	1,631254	1,63072	1,630987	1,00
ZEMİN	1,162155	1,161756	1,1619555	1,00
BODRUM	0,63265	0,6324	0,632525	1,00

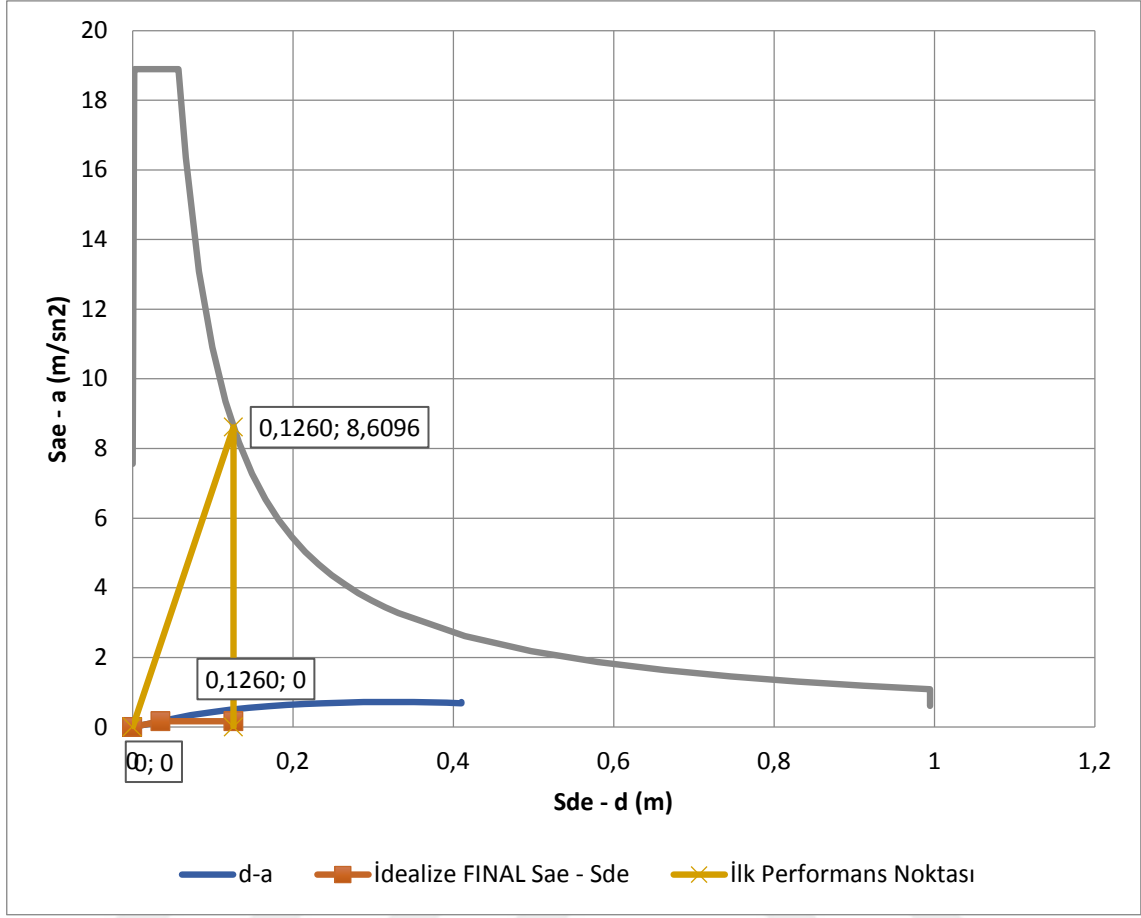
Tablo 14. Modal katkı çarpanı için gereken veriler

Nokta no	Yön					Kat	Ağırlık
44	x	1	0,01582	-4,175E-06	0,00024	BODRUM	2567
185	x	1	0,00829	-2,315E-06	3,5E-07	BODRUM	2567
213	x	1	0,02247	-5,829E-06	0,00036	1.KAT	2490
243	x	1	0,02785	-7,184E-06	6,2E-07	1.KAT	2490
645	x	1	0,03167	-8,167E-06	0,00046	2.KAT	2490
673	x	1	0,03396	-8,751E-06	8,5E-07	2.KAT	2490
44	y	2	-0,0167	-5,058E-06	0,00054	3.KAT	2490
185	y	2	-0,0091	-0,00000252	1E-06	3.KAT	2490
213	y	2	-0,0233	-7,297E-06	0,00059	4.KAT	2490
243	y	2	-0,0286	-9,092E-06	1,2E-06	4.KAT	2490
645	y	2	-0,0323	-0,00001	0,00061	5.KAT	2490
673	y	2	-0,0344	-0,000011	1,2E-06	5.KAT	2490

Modal katkı çarpanları $r_x = 37,343$ ve $r_y = 36,603$ olarak Denklem 3.11' e göre bulunmuştur.

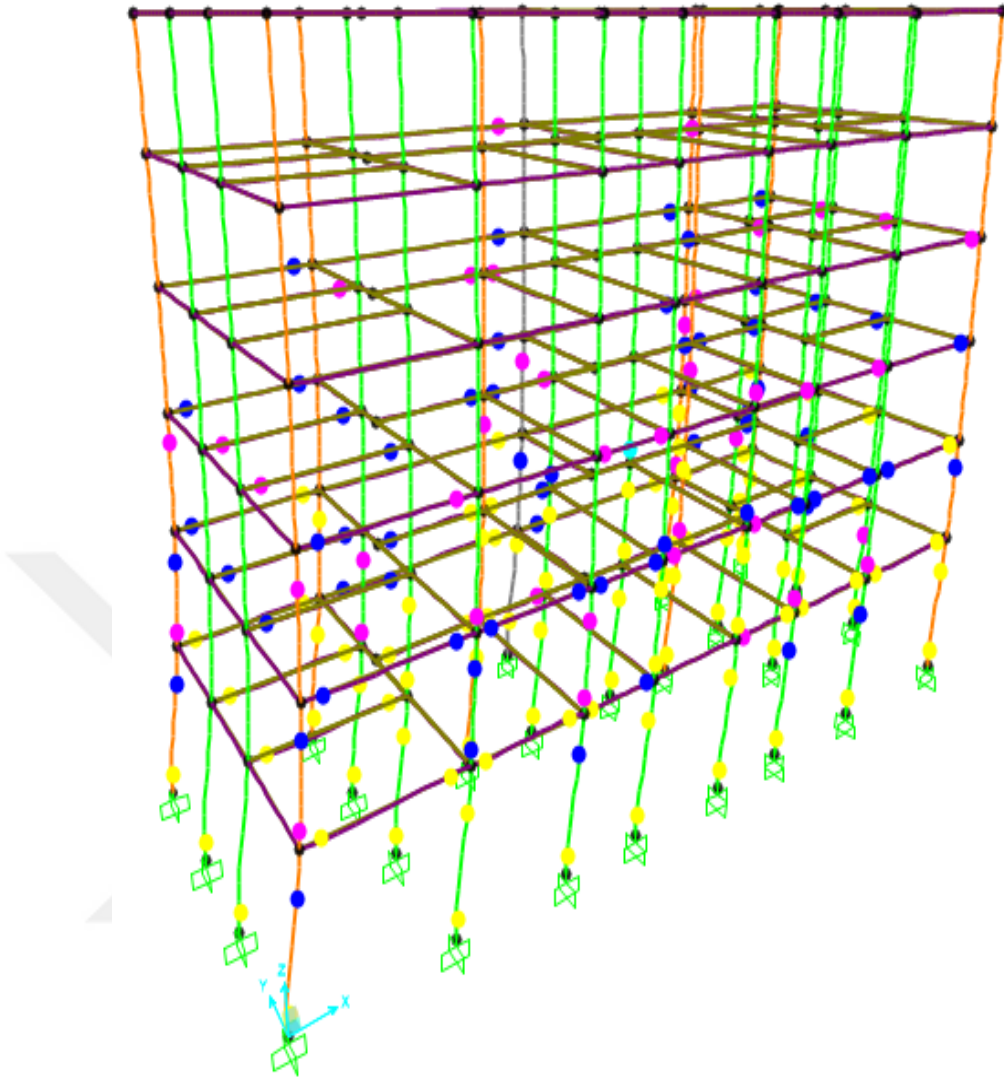
TBDY'de tek modlu itme yönteminin uygulanabilmesi için hesap yapılacak yönde kütle katılım oranının %70 olması ve burulma düzensizliğinin $\eta_{bi} < 1,4$ olması gerekmektedir. Tablo 12 ve 13'te verildiği üzere mevcut bina analizi için tek modlu itme yönteminin uygun olduğu görülmektedir.

**Şekil 35.** X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme



Şekil 36. X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Yapının birinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Belirlenen deplasman talebi mevcut durum DD-2 deprem yer hareketi için X yönü 0,27 m olarak belirlenmiştir. Tek modlu itme analizi sonucunda mevcut binanın çubuk elemanlarında oluşan plastik dönmeler aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.



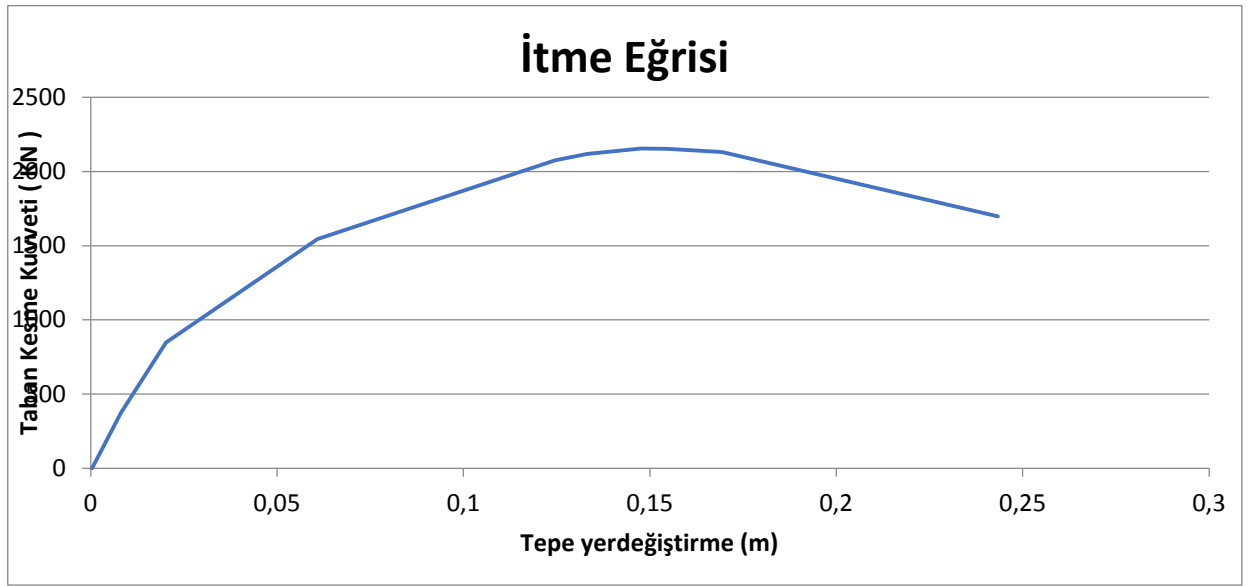
Şekil 37. DD-2 X yönü statik itme plastik mafsall görünümü

Tablo 15. X Doğrultusu kirişlerin hasar durumu

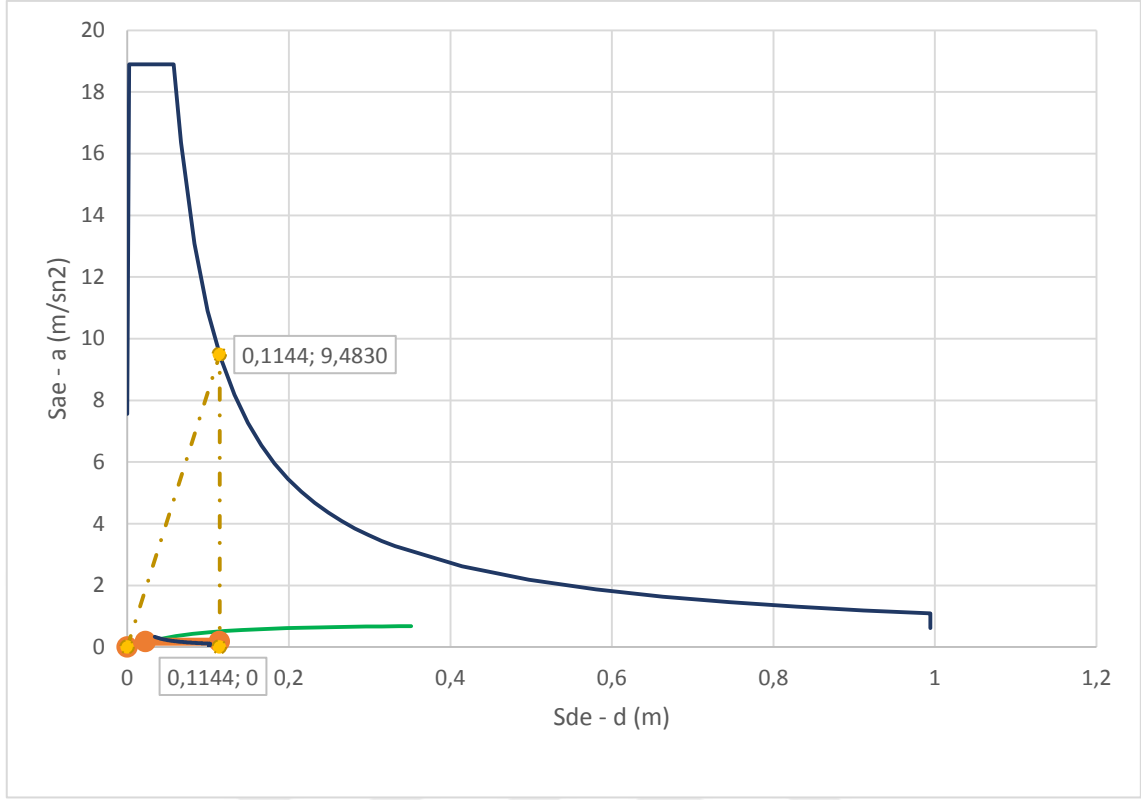
Frame	h	L_n	$\phi_p^{(G\ddot{O})}$	$\phi_p^{(KH)}$	$\phi_p^{(SH)}$	HASAR BÖLGESİ
KB-1	0,5	3,32	0,00049	0,00037	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-2	0,5	2,81	0,00058	0,00043	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-3	0,5	3,18	0,00049	0,00037	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-4	0,5	4,38	0,00059	0,00044	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-5	0,5	4,38	0,00048	0,00036	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-6	0,5	4,38	0,00058	0,00044	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-7	0,5	4,38	0,0005	0,00037	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-8	0,5	4,38	0,00058	0,00044	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-9	0,5	4,38	0,00048	0,00036	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-10	0,5	3,32	0,00057	0,00043	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-11	0,5	2,81	0,00049	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-12	0,5	3,18	0,00057	0,00043		GÖÇME BÖLGESİ
KB-13	0,5	3,52	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-14	0,5	3,52	0,00059	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-15	0,5	5,43	0,0005	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-16	0,5	7,45	0,00059	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-17	0,5	2,45	0,00048	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-18	0,5	2,45	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-19	0,5	5,43	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-20	0,5	2,96	0,00058	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-21	0,5	2,96	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-22	0,5	3,88	0,00059	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-23	0,5	5,43	0,00049	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-24	0,5	2,45	0,00057	0,00043		GÖÇME BÖLGESİ
KB-25	0,5	2,45	0,00048	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-26	0,5	7,45	0,0006	0,00045		GÖÇME BÖLGESİ
KB-27	0,5	5,43	0,00049	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-28	0,5	3,52	0,00058	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-29	0,5	3,52	0,00048	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-30	0,5	3,32	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-31	0,5	2,81	0,00049	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-32	0,5	3,18	0,00057	0,00043		GÖÇME BÖLGESİ
KB-33	0,5	4,38	0,00048	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-34	0,5	4,38	0,00059	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-35	0,5	4,38	0,0005	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-36	0,5	4,38	0,00059	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ

Tablo 15’da itme analizi sebebiyle meydana gelen plastik mafsall oluşumlarının sınır değerleri hesaplanmış ve bodrum katta bulunan 37 adet kirişin 19 tanesi göçme bölgesinde bulunmuştur. TBDY’nin 15. Bölümünde binaların göçme durumu için herhangi bir katta bulunan kirişlerin %20’ den fazlası göçme bölgesine geçmiş ise bina can güvenliği bakımından sakıncalı olarak tanımlanmıştır.

Mevcut binanın bodrum katında bulunan 37 adet kirişin itme analizi sonucunda 19 tanesi göçme bölgesinde olduğu hesaplanmıştır. Bu durumda diğer katların incelenmesine gerek kalmamıştır. Buna göre binamız Göçme durumundadır.

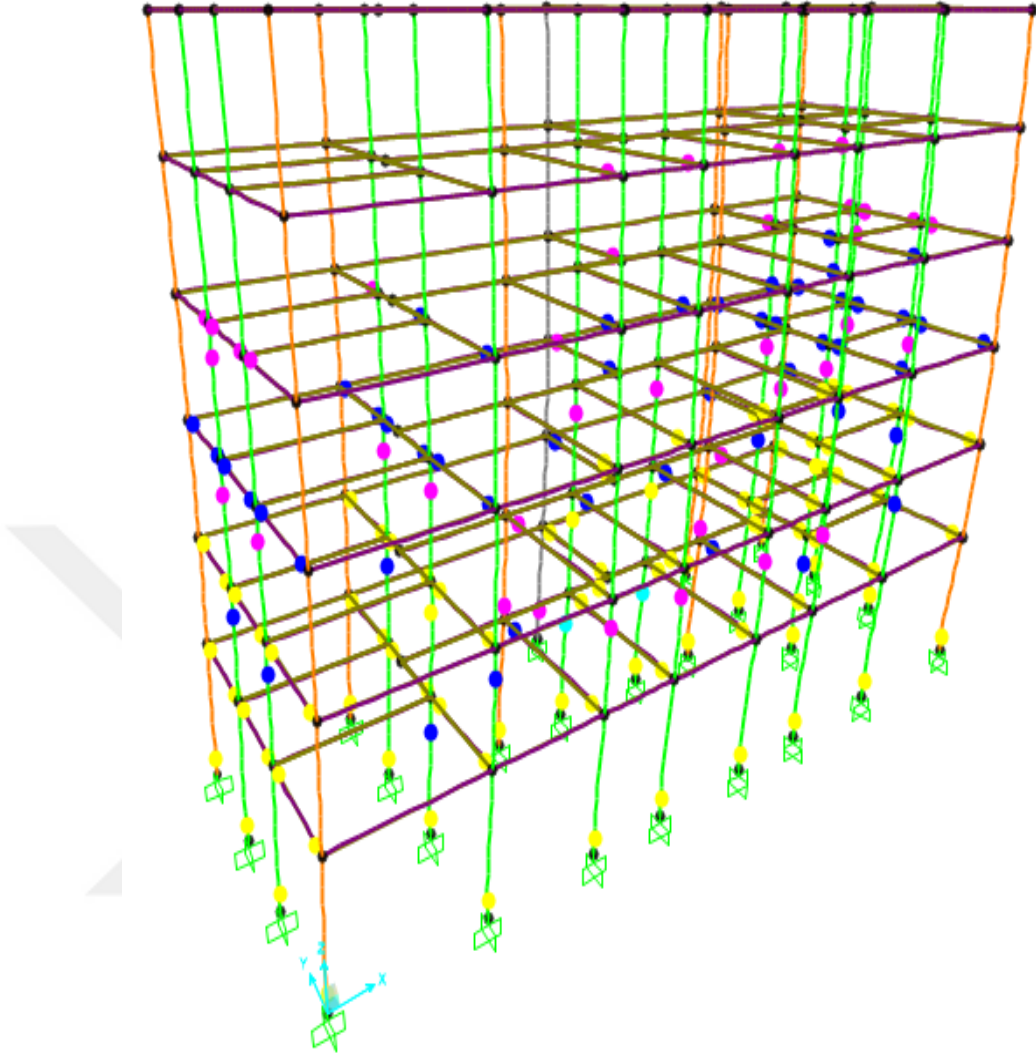


Şekil 38. Y yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme



Şekil 39. Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Yapının ikinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Belirlenen deplasman talebi mevcut durum DD-2 deprem yer hareketi için Y yönü 0,24 m olarak belirlenmiştir. Tek modlu itme analizi sonucunda mevcut binanın yapı çubuk elemanlarında oluşan plastik dönmeler aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.



Şekil 40. DD-2 Y yönü statik itme plastik mafsall görünümü

Tablo 16. Y doğrultusu kirişlerin hasar durumu

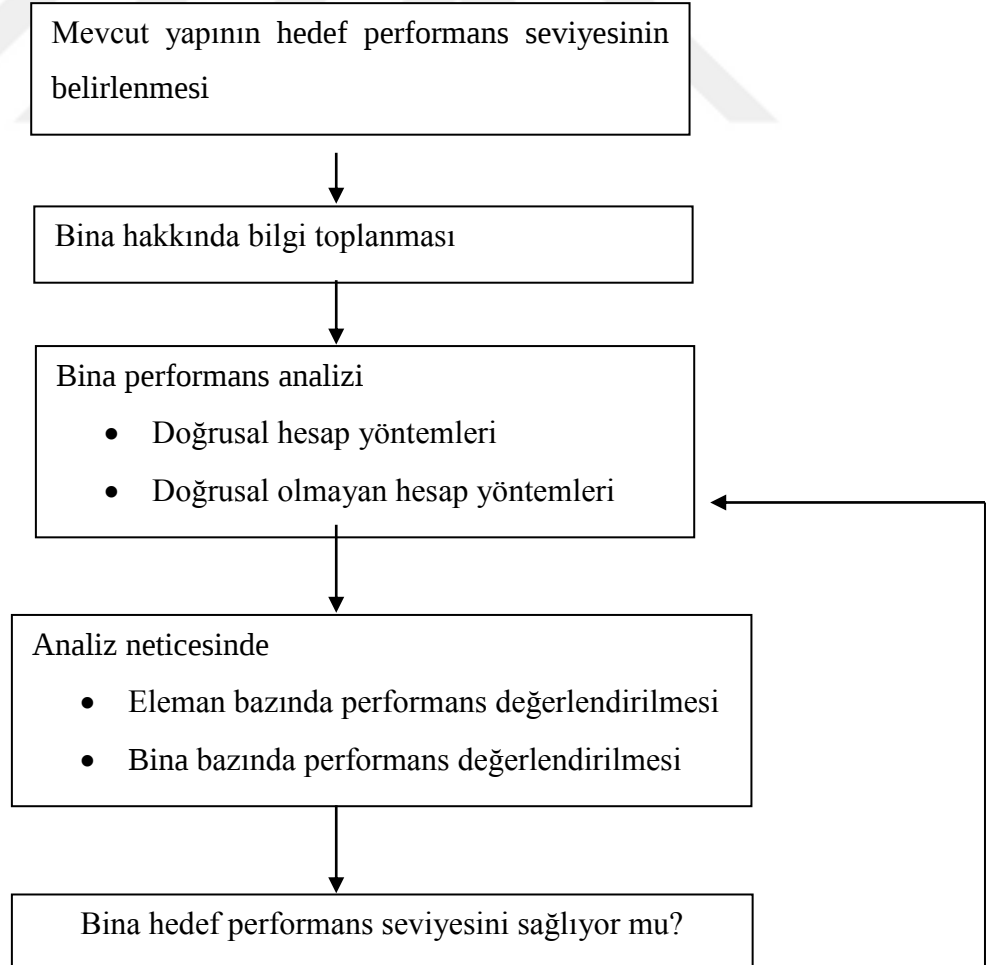
Frame	h	L _n	$\phi_p^{(G\ddot{O})}$	$\phi_p^{(KH)}$	$\phi_p^{(SH)}$	HASAR BÖLGESİ
KB-1	0,5	3,32	0,00049	0,00037	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-2	0,5	2,81	0,00058	0,00043	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-3	0,5	3,18	0,00049	0,00037	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-4	0,5	4,38	0,00059	0,00044	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-5	0,5	4,38	0,00048	0,00036	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-6	0,5	4,38	0,00058	0,00044	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-7	0,5	4,38	0,0005	0,00037	0	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-8	0,5	4,38	0,00058	0,00044	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-9	0,5	4,38	0,00048	0,00036	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-10	0,5	3,32	0,00057	0,00043	0	GÖÇME BÖLGESİ
KB-11	0,5	2,81	0,00049	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-12	0,5	3,18	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-13	0,5	3,52	0,00049	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-14	0,5	3,52	0,00059	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-15	0,5	5,43	0,0005	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-16	0,5	7,45	0,00059	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-17	0,5	2,45	0,00048	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-18	0,5	2,45	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-19	0,5	5,43	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-20	0,5	2,96	0,00058	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-21	0,5	2,96	0,00049	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-22	0,5	3,88	0,00059	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-23	0,5	5,43	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-24	0,5	2,45	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-25	0,5	2,45	0,00048	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-26	0,5	7,45	0,0006	0,00045		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-27	0,5	5,43	0,00049	0,00037		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-28	0,5	3,52	0,00058	0,00043		GÖÇME BÖLGESİ
KB-29	0,5	3,52	0,00048	0,00036		GÖÇME BÖLGESİ
KB-30	0,5	3,32	0,00057	0,00043		GÖÇME BÖLGESİ
KB-31	0,5	2,81	0,00049	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-32	0,5	3,18	0,00057	0,00043		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-33	0,5	4,38	0,00048	0,00036		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-34	0,5	4,38	0,00059	0,00044		SINIRLI HASAR BÖLGESİ
KB-35	0,5	4,38	0,0005	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ
KB-36	0,5	4,38	0,00059	0,00044		GÖÇME BÖLGESİ
KB-37	0,5	3,32	0,00049	0,00037		GÖÇME BÖLGESİ

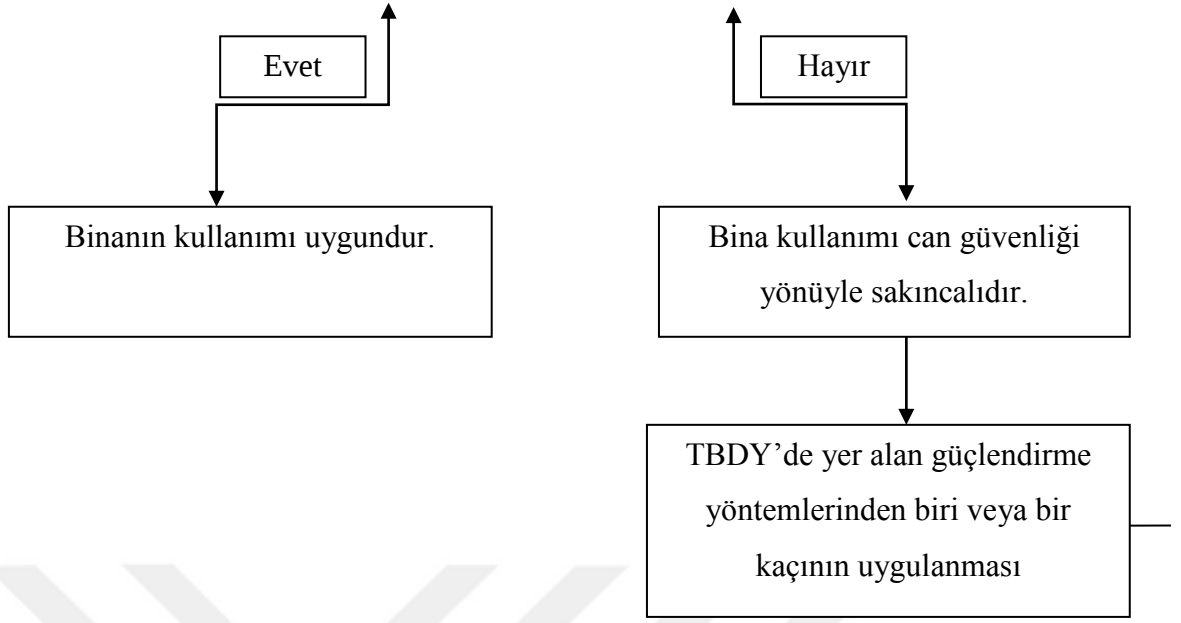
Tablo 16’ da itme analizi neticesinde meydana gelen plastik mafsalların sınır değerleri denklem 2.5, 2.6, 2.7’ ye göre tetkik edilmiş ve bodrum katta bulunan 37 adet kirişin 17 tanesi göçme bölgesinde bulunmuştur. TBDY’ye 15. Bölümde binaları göçme durumu için şu şekilde bahsedilmektedir. Herhangi bir katta bulunan kirişlerin %20 den fazlası göçme bölgesine geçmiş ise bina göçme durumda kabul edilir ve can güvenliği için sakıncalıdır. İncelemesini yaptığımız mevcut binamızın bodrum katında bulunan 37 adet kirişin itme analizi sonucunda 17 tanesi göçme bölgesinde olduğu hesaplanmıştır. Bu durumda diğer katların incelenmesine gerek kalmamıştır. Buna göre mevcut bina göçme durumunda olup can güvenliği yönünden sakıncalıdır. Bu sebeple mevcut binanın güçlendirilmesi için TBDY’de yer alan farkı yöntemler kullanılmış ve sonraki bölümde güçlendirilmesine yönelik çalışmalara yer verilmiştir.

BÖLÜM 4. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

TBDY’ye göre çeşitli güçlendirme yöntemleri mevcuttur. TBDY’de yer alan güçlendirme yöntemleri arasından uygulama en çok kullanılan ve rağbet gören güçlendirme yöntemi, yapılara perde eklenmesidir. Bunun yanı sıra kolonların ve kirişlerin sarılması, elemanların eğilme kapasitelerinin bazı yöntemler kullanılarak artırılması, sisteme yeni çerçeveler eklenmesi ve bölme duvarların çeşitli yöntemlerle güçlendirilmesi olarak sıralanabilir.

Bu tez kapsamında takip eden bölümlerde TBDY’de yer alan güçlendirme yöntemlerinden taşıyıcı sisteme betonarme perde eklenmesi, dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi ve bölme duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi yöntemleri arasında kıyaslama yapılacaktır. Güçlendirme çalışmaları sırasında Şekil 41’ de yer alan adımlar izlenecektir.





Şekil 41. Yapı güçlendirme süreci

4.1. Taşıyıcı Sistemin Yerinde Dökme Betonarme Perdelerle Güçlendirilmesi

Depreme karşı dayanımı yetersiz olan bina taşıyıcı sistemlerinin, yerinde dökme perdelerle güçlendirilmesi mümkündür. Deprem perdeleri mevcut çerçeve sistem içerisinde düzenlenebileceği gibi çerçeve sistemine bitişik olarak düzenlenebilir. (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. "Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Kurallar" , 2018.)

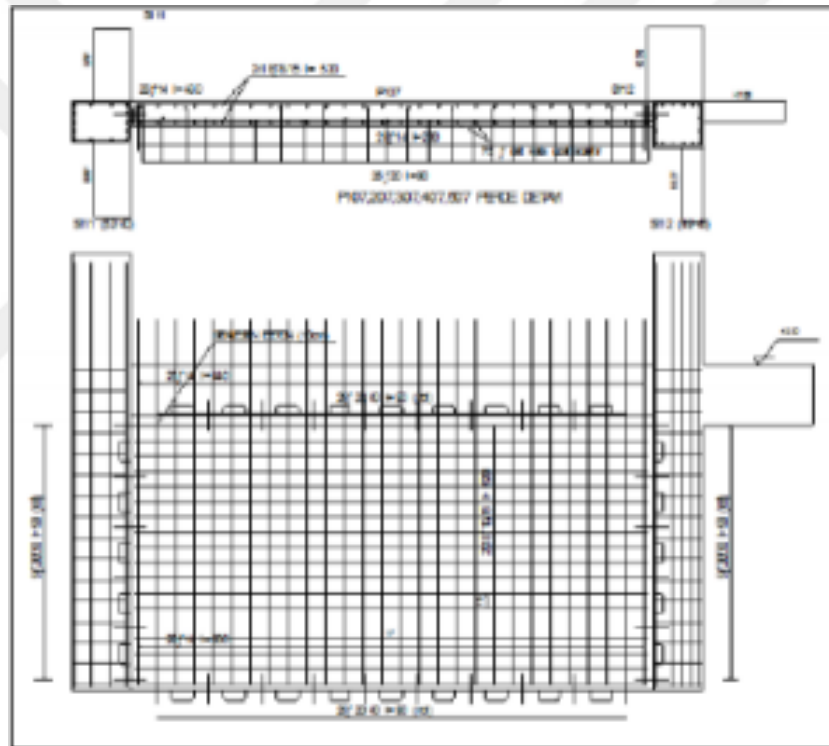
Deprem etkisi altında taşıma kapasitesini en son kaybeden elemanlar deprem perdeleridir. Kolonların deprem esnasında yetersiz dayanımları sebebiyle elastik ötesi davranışa geçmesi durumunda, deprem yükü daha çok perde elemanlar tarafından taşınacak olması kaçınılmazdır. Bu sebeple yapıya yeni eklenecek deprem perdelerinin mevcut taşıyıcı elemanlara göre deprem yüklerini taşıyabilecek kapasitede ve rijitlikte yapılması gerekmektedir. (ATAY, 2010)

4.1.2. Taşıyıcı Perde Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Tasarlanacak deprem perdeleri benzer ölçülerde düzenlenmelidir. Deprem perdeleri yapı planı üzerinde yerleştirilirken rijitlik ve ağırlık merkezlerinin yakın olmasına dikkat edilmeli ve burulmalara karşı koyacak şekilde yerleştirilmelidir.

Yerleştirilecek deprem perdelerinin toplam moment taşıma kapasitesi depremden gelecek momenti karşılayacak seviyede olması gerekir. Yapının bodrum katında yer alan deprem perdeleri varsa tasarımında temellere gelecek tesirlerin bu kat ile karşılanabilmesi adına rijit perdeler olarak tasarlanmalıdır. (ATAY, 2010)

Taşıyıcı sisteme sonradan eklenen perdeler kendi öz ağırlıklarından başka normal kuvvetlerden etkilendikleri söylenemez. Buna bağlı olarak perdelerde meydana gelen büyük momentler, perde temelinde çekme gerilmeleri oluşmasına sebep olur. Temelde çekme gerilmesini engellemek adına kolonların ve perdelerin temelleri plak temellerle birleştirilebilir. (Doğanay, 2010)



Şekil 42. Perde donatı detayı

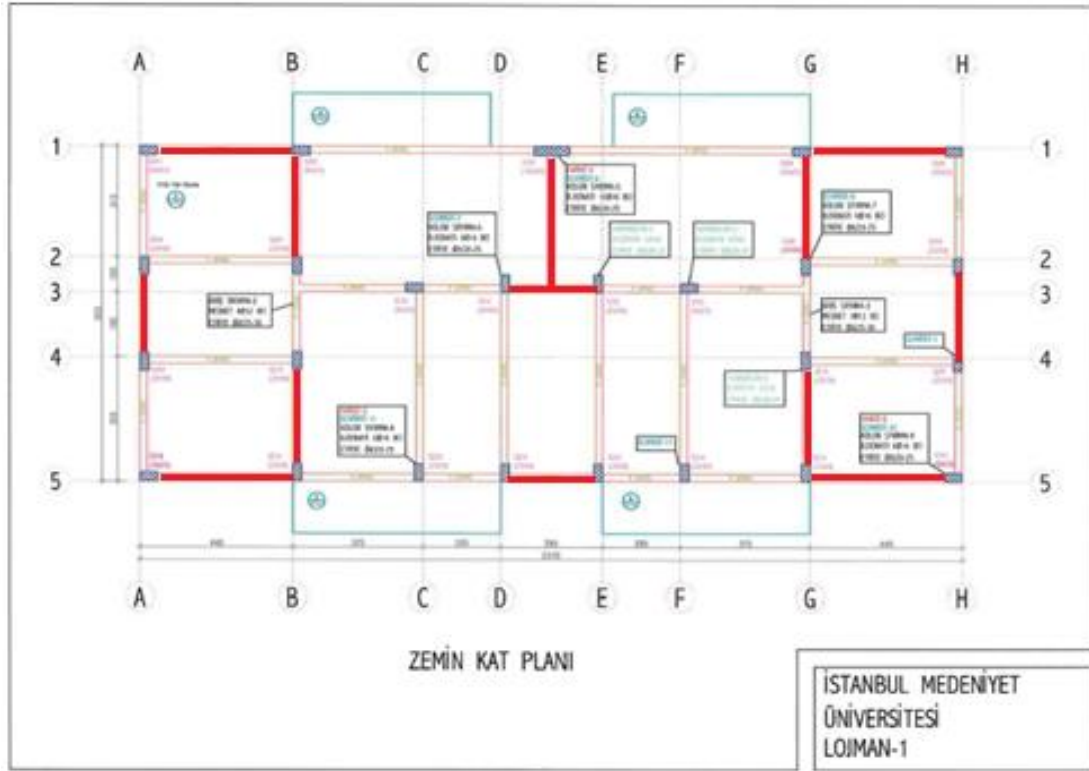


Şekil 43. Deprem perdesi ilavesi örneği

4.2. Mevcut Yapının Perde Eklenerek Güçlendirilmesi

Mevcut bina TBDY'ye göre yapılan analizler neticesinde can güvenliği bakımından yetersiz bulunmuştur. Binaya X ve Y doğrultusunda gelen deprem yüklerini karşılamak için deprem perdeleri eklenmesine karar verilmiştir. Binaya perde eklenirken dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi binanın ağırlık ve rijitlik merkezinin arasındaki uzaklığın artmamasıdır. Eklenen deprem perdeleri mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmeli ve binanın mimari koşullarına aykırı olmaması gerekir.

İlk aşamada mevcut binanın perde eklenmiş hali ile modal analizi yapılmış ve kütle katılımının en yüksek olduğu iki mod dikkate alınarak tek modlu itme analizi yapılmıştır. Yapı analizi için programa güçlendirilmiş binanın 15 cm ye kadar ittirilmesi istenmiş ve analiz sonucunda taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme grafiği elde edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak spektral yerdeğiştirme – spektral ivme grafiği her iki yön içinde ayrı ayrı çizilmiştir. Modal ivme – modal yerdeğiştirme grafiğinin spektral yerdeğiştirme – spektral ivme grafiğini kestiği nokta yapının deplasman talebi olarak belirlenmiştir.

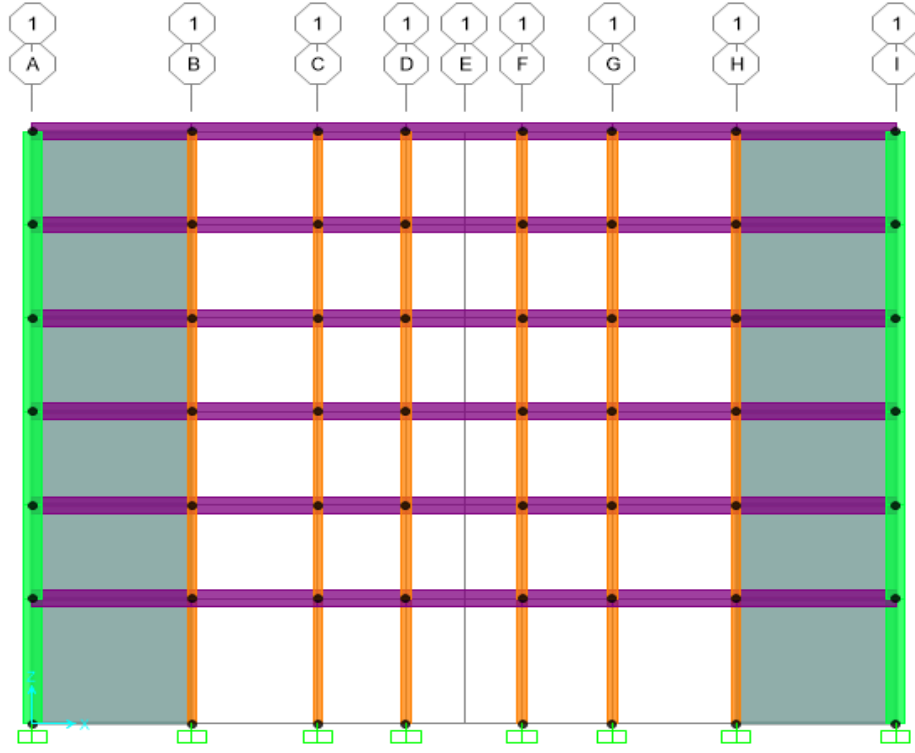


Şekil 44. Güçlendirme perdelerinin bulunduğu akslar

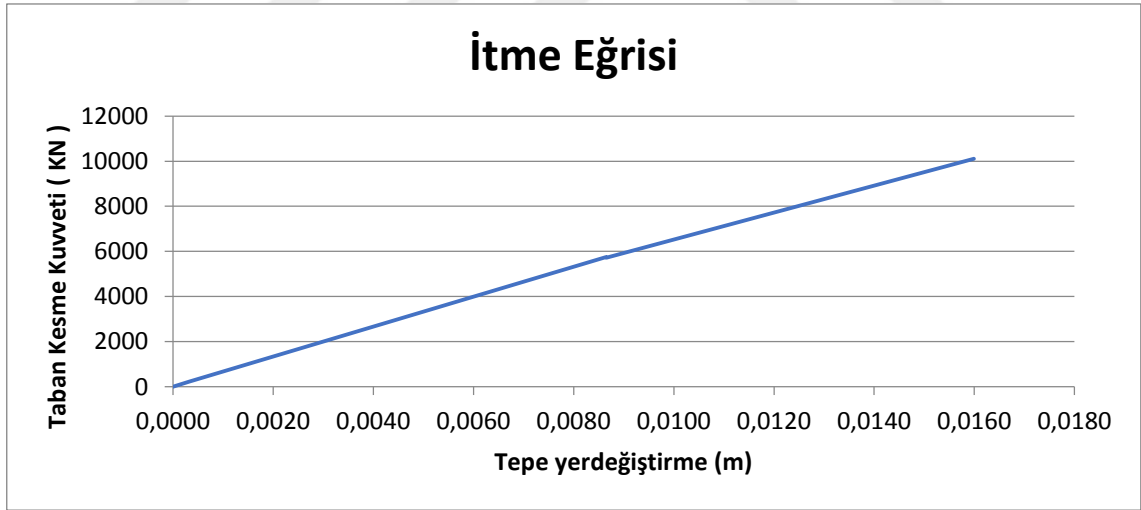
Tablo 17. Modal katkı çarpanı için gereken veriler

44	x	1	0,008	-4,175E-06	0,00024	BODRUM	3273
185	y	1	0,00285	-2,315E-06	3,5E-07	BODRUM	3273
213	x	1	0,01481	-5,829E-06	0,00036	Zemin	3175
243	y	1	0,02261	-7,184E-06	6,2E-07	Zemin	3175
645	x	1	0,03087	-8,167E-06	0,00046	1.KAT	3175
673	y	1	0,03922	-8,751E-06	8,5E-07	1.KAT	3175
44	x	2	-0,0083	-1,759E-08	0,00054	2.KAT	3175
185	y	2	-0,0031	-6,217E-09	1E-06	2.KAT	3175
213	x	2	-0,0151	-3,193E-08	0,00059	3.KAT	3175
243	y	2	-0,0228	-4,722E-08	1,2E-06	3.KAT	3175
645	x	2	-0,0308	-6,24E-08	0,00061	4.KAT	3175
673	y	2	-0,0389	-7,759E-08	1,2E-06	4.KAT	3175

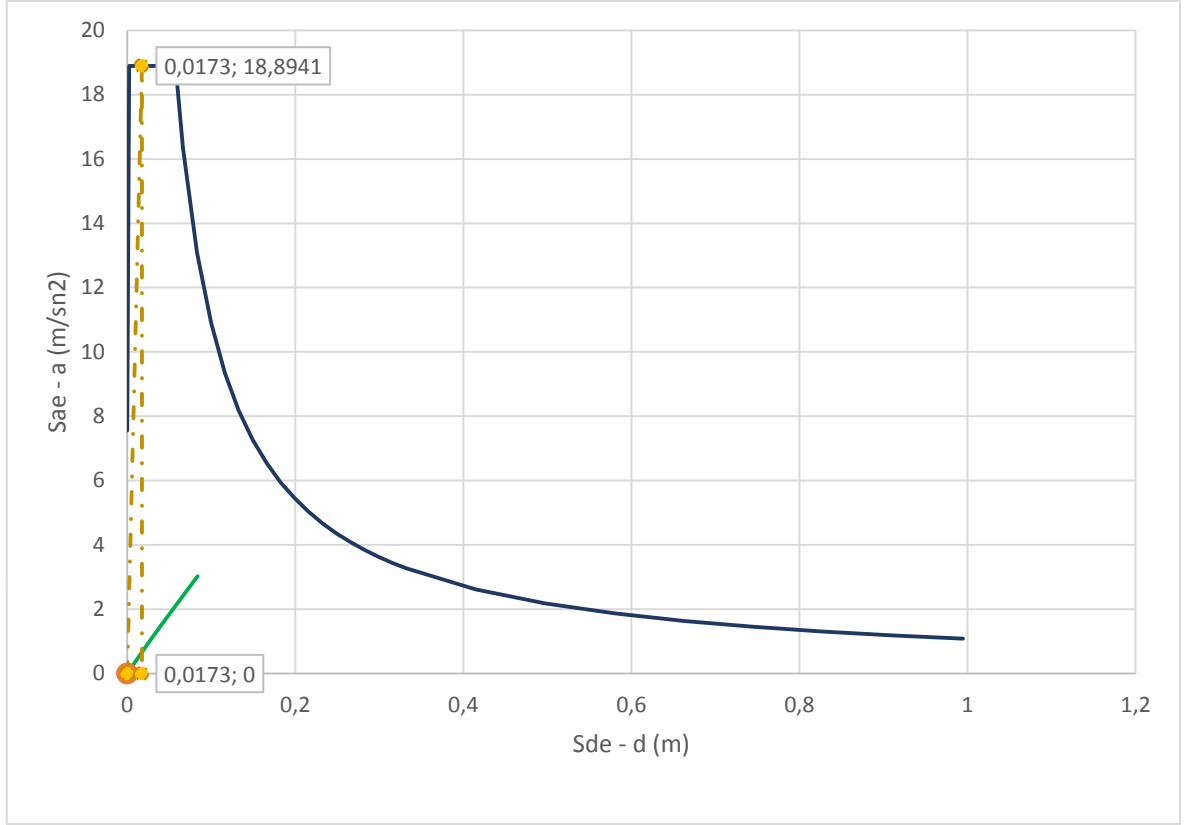
Modal katkı çarpanları $r_x = 35,99$ ve $r_y = 36,25$ olarak Denklem 3.11' e göre bulunmuştur.



Şekil 45. Perdeli bina modeli



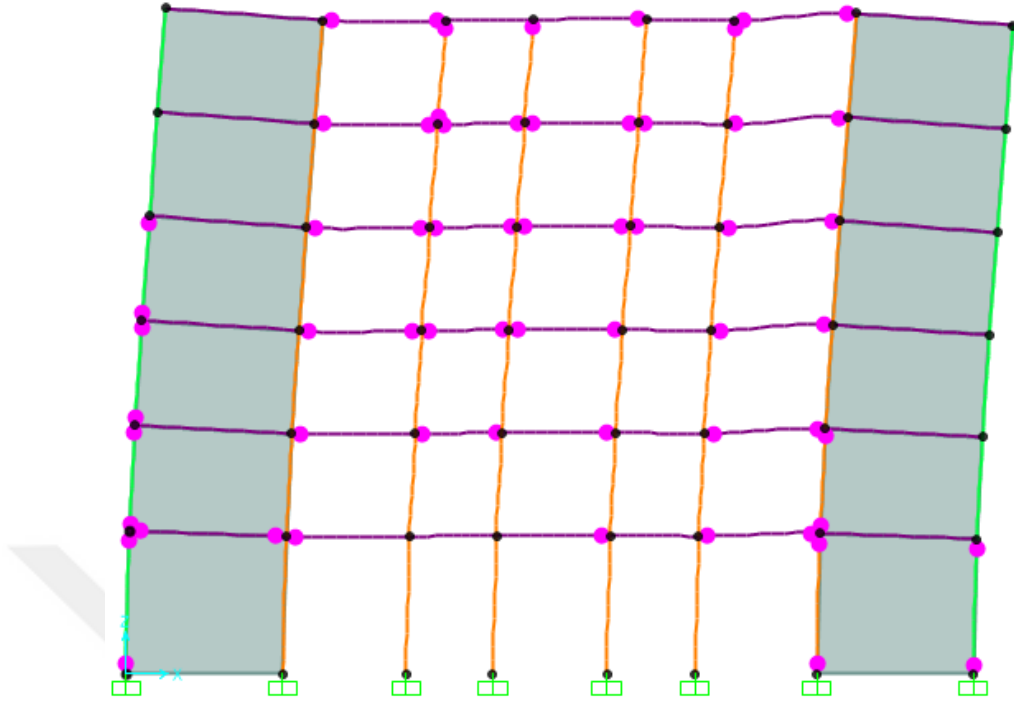
Şekil 46. X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme



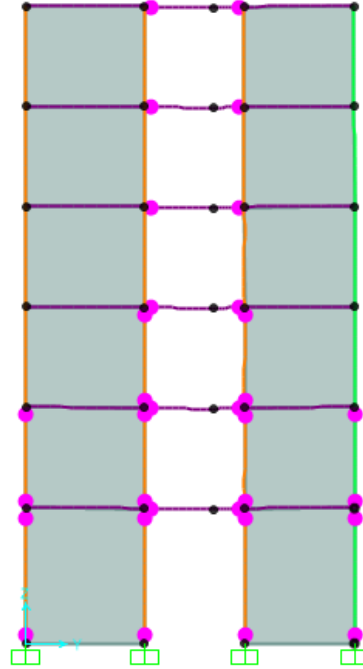
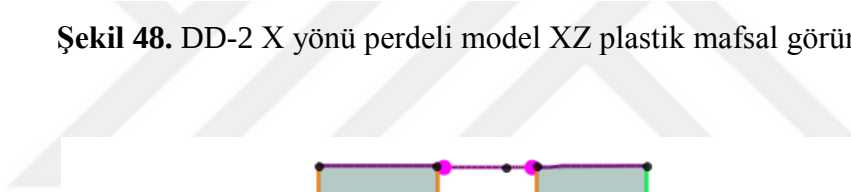
Şekil 47. X yönü 3. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Yapının birinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Mevcut binanın deprem perdeleri ile güçlendirme yapılması sonrasında belirlenen deplasman talebi DD-2 deprem yer hareketi için X yönünde 0,017 m olarak belirlenmiştir.

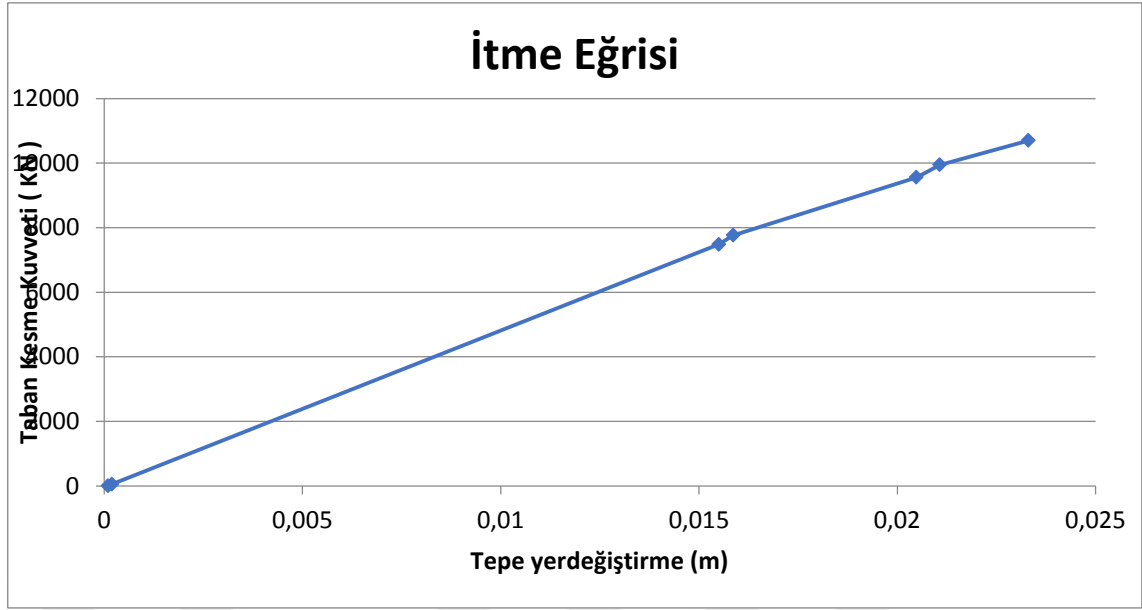
Perde ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında X yönünde mafsallaşma durumu Şekil 48 ve 49’da gösterilmektedir. Analiz sonucunda taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği ve deplasman noktası bulunmuştur.



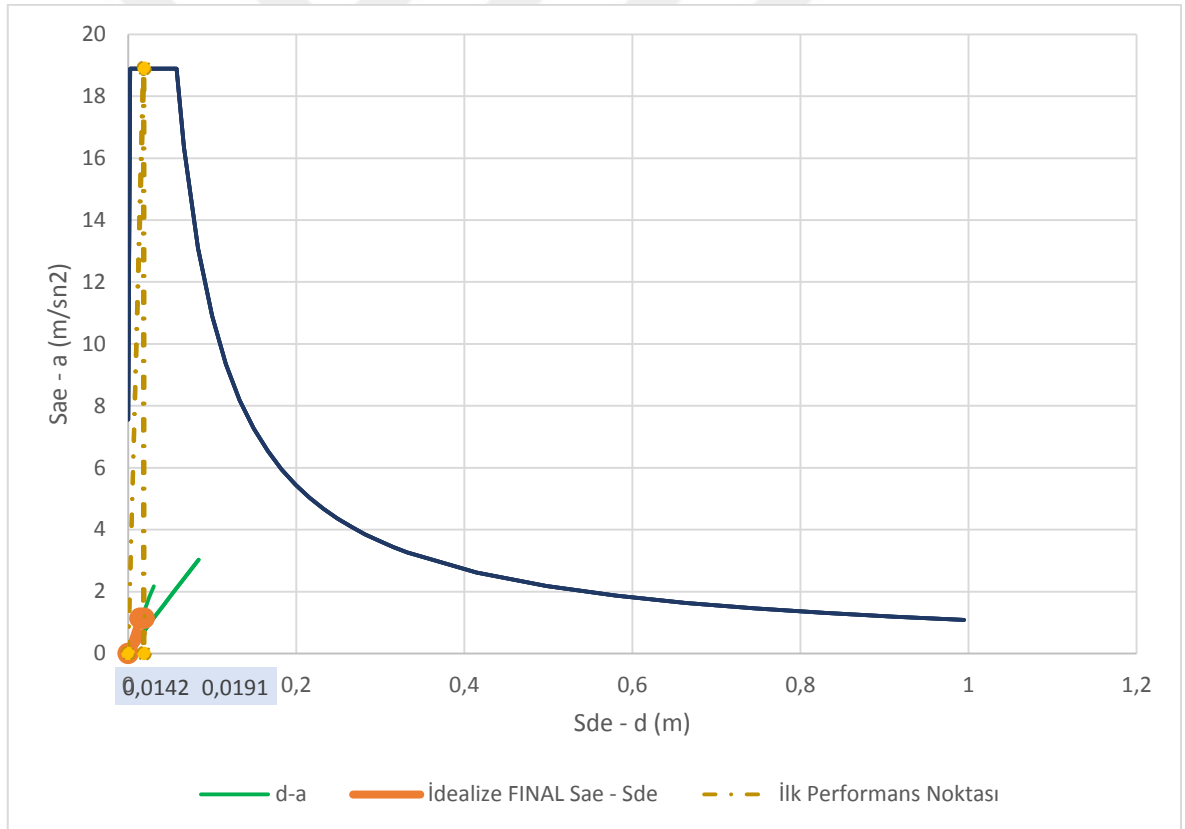
Şekil 48. DD-2 X yönü perdeli model XZ plastik mafsall görünümü



Şekil 49. DD-2 X yönü perdeli model YZ plastik mafsall görünümü



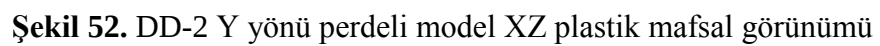
Şekil 50. X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme

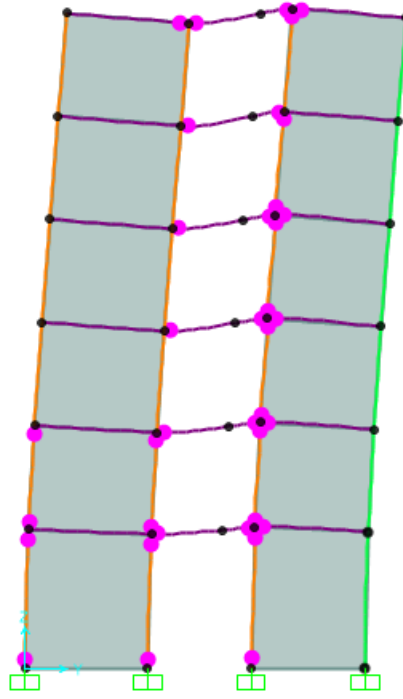


Şekil 51. Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Perdeli modellenen yapının ikinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Mevcut binanın deprem perdeleri ile güçlendirme yapılması sonrasında belirlenen deplasman talebi DD-2 deprem yer hareketi için Y yönünde 0,019 m olarak

Perde ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında Y yönünde mafsallaşma durumu Şekil 52 ve 53'te gösterilmektedir. Analiz sonucunda taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği ve deplasman noktası bulunmuştur.





Şekil 53. DD-2 Y yönü perdeli model XZ plastik mafsalları görünümü

4.3. Dolgu Duvarların Yapısal Sisteme Etkisi

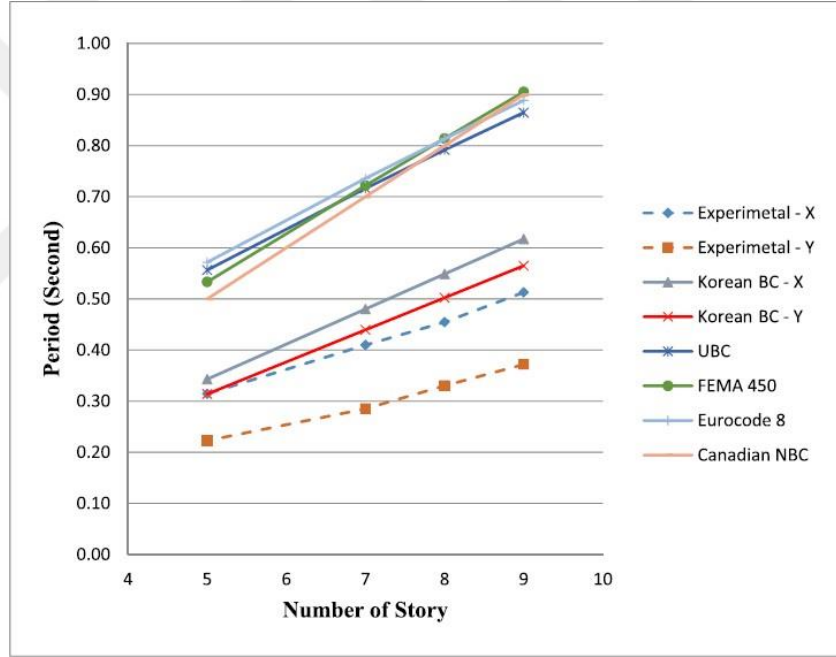
Dolgu duvarları betonarme çerçeveli yapı sistemleri genellikle konut ve iş merkezi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. TBDY'ye göre yapısal tasarım sırasında dolgu duvarların rijitlikleri genellikle hesap modelinde dikkate alınmayıp toplam yüklerinin taşıyıcı sisteme etkisi dikkate alınır.

Yapılan çalışmalar neticesinde dolgu duvarların yapısal sistemle etkileşime geçerek, sistemin dinamik karakterinde değişikliğe sebep olup yapısal bir eleman gibi çalıştıklarını göstermiştir.

(Aras, "Betonarme Binalarda Bölme Duvar Etkilerinin Tam Ölçekli Deneylerle Araştırılması", 2018b) çalışmasında dolgu duvarların mevcut yapılarda dinamik özelliklerini incelemek için bina içerisinde titreşim analizleri yapmış ve sonrasında zemin kat duvarlarının bina taşıyıcı sistemi ile olan bağlantılarını kestikten sonra binanın X ve Y yönü frekans değerlerinde artış olduğunu saptamıştır.



Şekil 54. Duvar çerçeve etkileşiminin kesilmesi sonrasında görünüş (Aras, 2018b)



Şekil 55. Yönetmelikler ile deneysel elde edilen hâkim periyot değerleri (Aras, Monitoring the Dynamic Properties of a Nine-Story Reinforced Concrete Building During its Demolition,, 2019)

(Aras, Monitoring the Dynamic Properties of a Nine-Story Reinforced Concrete Building During its Demolition,, 2019) yapmış çalışmada olduğu 9 katlı betonarme bina sistemi için deneysel olarak elde ettiği periyotları Fema 450, Eurocode 8, NBC, UBC ve Kore yönetmelikleri ile karşılaştırmış ve depremlerde göçme durumuna geçmeyen dolgu duvarların varlığı sebebiyle yapılara yönetmeliklere göre hesap edilen deprem kuvvetlerinden fazlasının gelebileceğini vurgulamıştır.

4.3.1. TBDY Ölçeğinde Dolgu Duvarlar

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yürürlüğe girmeden önce mühendislik çözümlerinde dolgu duvarlar zati yük olarak dikkate alınmaktaydı. 1 Ocak 2019 tarihinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte dolgu duvarların mühendislik hesaplarında dikkat alınmasını gerektiği TBDY Madde 6.3.1. ile mühendislik hesapları kapsamına girmiştir.

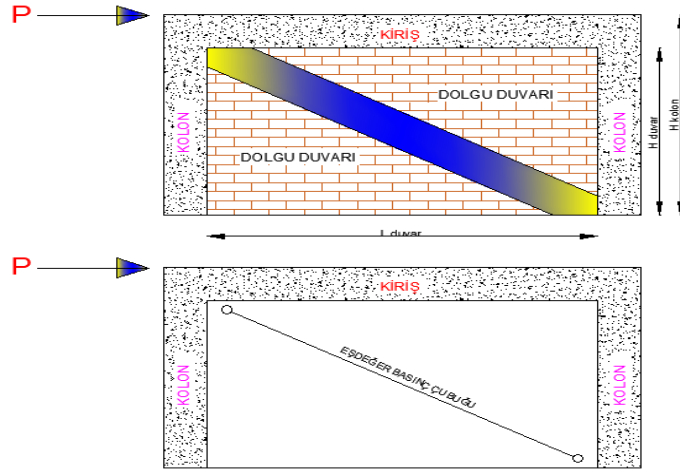
TBDY kapsamında bir katta bulunan dolgu duvar toplam ağırlığının o katın toplam ağırlığına oranı 1/10'dan fazla olduğu durumda dolgu duvar rijitlik özelliğinin hesaplarda dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

TBDY Bölüm EK 15C. “Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi” bölümünde güçlendirme yöntemi olarak Madde 15C.2.’de “Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva İle Güçlendirilmesi” yöntemi alt maddesi olan “15.C.2.1 ile nasıl modelleneyeceği hususu verilmiştir.

4.3.2. Dolgu Duvarların Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ile Modellenmesi

“Küçük değerlerdeki yatay yük etkilerine maruz kalan betonarme çerçeve sistem ve dolgu duvarlar genellikle birlikte hareket ederler. Yatay yükler arttıkça taşıyıcı sistemler oluşan yerdeğiştirmeler ve çerçevelerin eğilme istemleri de artar. Dolgu duvarlar ise buna eğilme karşı koymaya çalışır. Yükler arttıkça dolgu duvarda basınç çubuğu oluşumuna sebep olmaktadır.” (Kaltakçı, 2005)

Şekil 56’da yatay yük etkisine maruz kalan dolgu duvarlar üzerinde oluşan basınç çubuğu oluşumu verilmiştir.



Şekil 56. Modellenen eşdeğer basınç çubuğu ve iki ucu mafsallı görünümü

Duvarları eşdeğer basınç çubuğu olarak modellemek amacıyla araştırmacılar tarafından bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır (Smith Carter, 1969), (Köse Sunca, 2019), (Holmes M. , 1961), (Liauw, 1984.), (Moghaddami, 1988), (Paulay, 1992), (Al-Chaar, Ghassan, 2002), (Bayülke N. , 2003), (Polyakov, 1956).

Duvarların eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi hususunda, TBDY Madde 15C.2.“de “Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva İle Güçlendirilmesi” bölümünde güçlendirme çalışması yapılacak dolgu duvarlar için “15.C.2.1 – Modelleme Esasları, (a)” verilen formüller kullanılarak eşdeğer basınç çubuğu genişliği elde edilmiştir. Benzer formül FEMA 356 (2000)’da yer almaktadır. Dolgu duvarların basınç çubuğu olarak modellenmesinde basınç çubuğu kalınlığı ile dolgu duvar kalınlığı aynı alınırken, basınç çubuğu genişliği ise a_d ile hesaplanır.

$$a_d = 0.175 (\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (4.1)$$

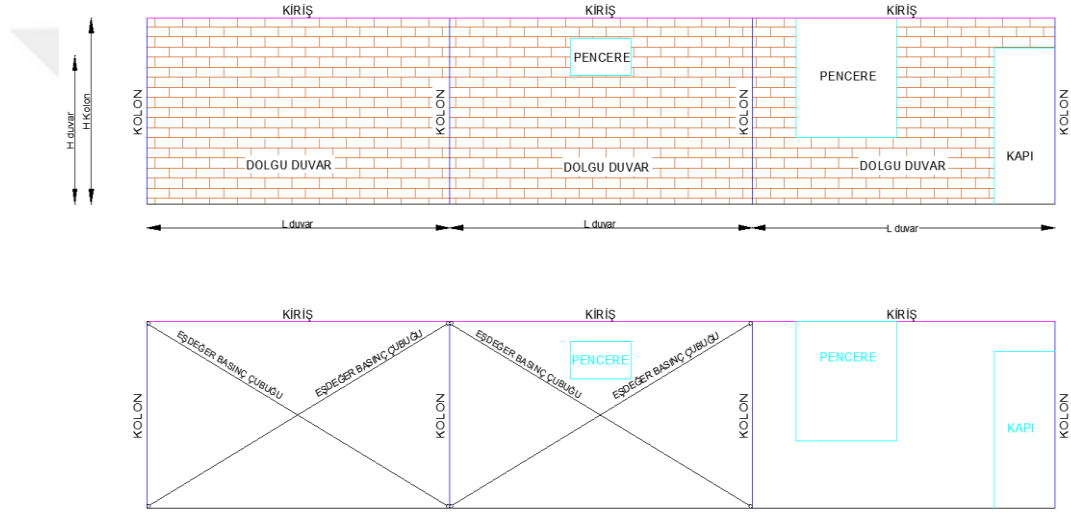
Burada verilen tanımlardan a_d Eşdeğer basınç çubuğu genişliği(mm), h_k kolon yüksekliği(mm), r_d dolgu duvar köşegen uzunluğu. λ_d ile hesaplanır.

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta E}{4 E_t c l_k h_d} \right]^{1/4} \quad (4.2)$$

4.4. Mevcut Yapı Dolgu Duvarlarının Hasır Çelik İlaveli Özel Sıva İle Güçlendirilmesi Ve Analizi

TBDY Madde 15C.2.’de “Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva İle Güçlendirilmesi” bölümünde güçlendirilen duvarlar için “ 15.C.2.1 – Modellenebilmesi için ilgili kriterler verilmiştir.

Örnek modelde yer alan dolgu duvarların TBDY’de verilen şartları yerine getirmesi halinde dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu olarak sisteme modellenmiştir. Eşdeğer basınç çubuklarının genişliklerinin bulunabilmesi için Denklem 4.1 ve 4.2’ den yararlanılmıştır. Aşağıda verilen Şekil 54’te eşdeğer basınç çubuğu modelleme örneği verilmiştir.



Şekil 57. Eşdeğer basınç çubuğu modellenmesi

Modelde kullanılan ve hasır çelik ilaveli özel sıva ile güçlendirilmiş olan duvarların eşdeğer basınç çubuklarının genişlik ve kalınlık değerleri Tablo 18 ve Tablo 19’ de sunulmuştur.

Tablo 18. X yönü eksenel basınç çubuğu genişlik değerleri (mm)

Kat	Eşdeğer Basınç Çubuğu Genişlikleri
BODRUM	633,6 mm, 589,6 mm 517,3 mm, 568,5 mm 519,3 mm, 633,6mm
NORMAL KATLAR	619,6 mm, 523,0 mm 619,6 mm, 551,8 mm 523,0 mm, 548,0 mm

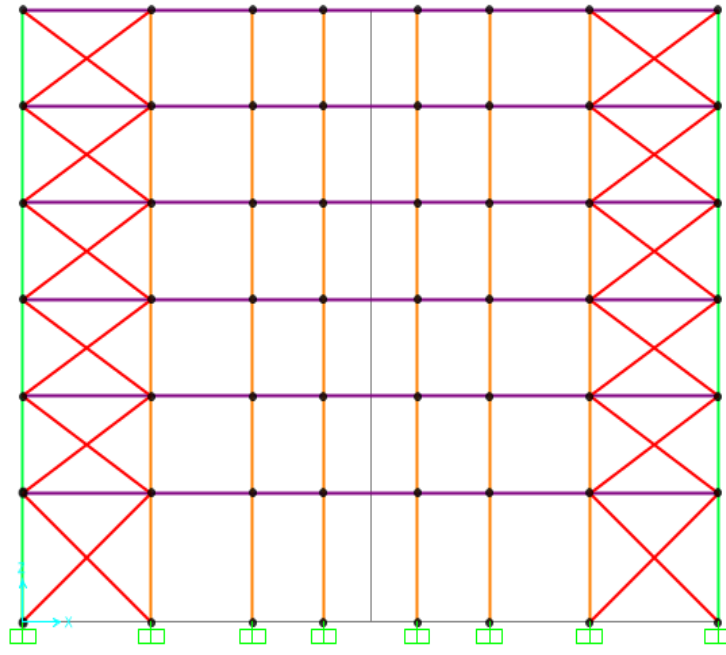
Tablo 19. Y yönü eksenel basınç çubuğu genişlik değerleri (mm)

Kat	Eşdeğer Basınç Çubuğu Genişlikleri
BODRUM	550,9 mm, 461,2 mm 532,6 mm, 550,9 mm 558,8 mm, 532,6 mm
NORMAL KATLAR	485,5 mm, 510,8 mm 485,5 mm, 510,8 mm 485,5 mm, 621,0 mm 515,8 mm, 485,5 mm

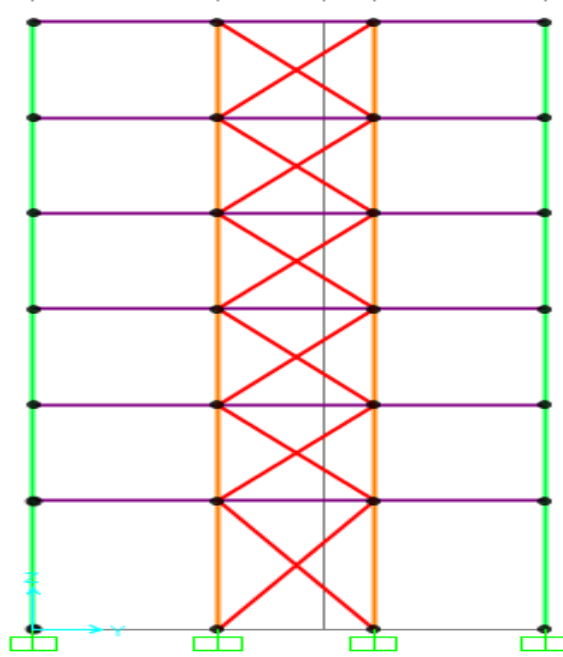
$$f_{dolgu} = \left(\frac{f_{duvar} \cdot t_{duvar} + f_{sıva} \cdot t_{sıva} + f_{beton} \cdot t_{beton}}{t_{dolgu}} \right) \quad (4.3)$$

$$E_{dolgu} = \left(\frac{E_{duvar} \cdot t_{duvar} + E_{sıva} \cdot t_{sıva} + E_{beton} \cdot t_{beton}}{t_{dolgu}} \right) \quad (4.4)$$

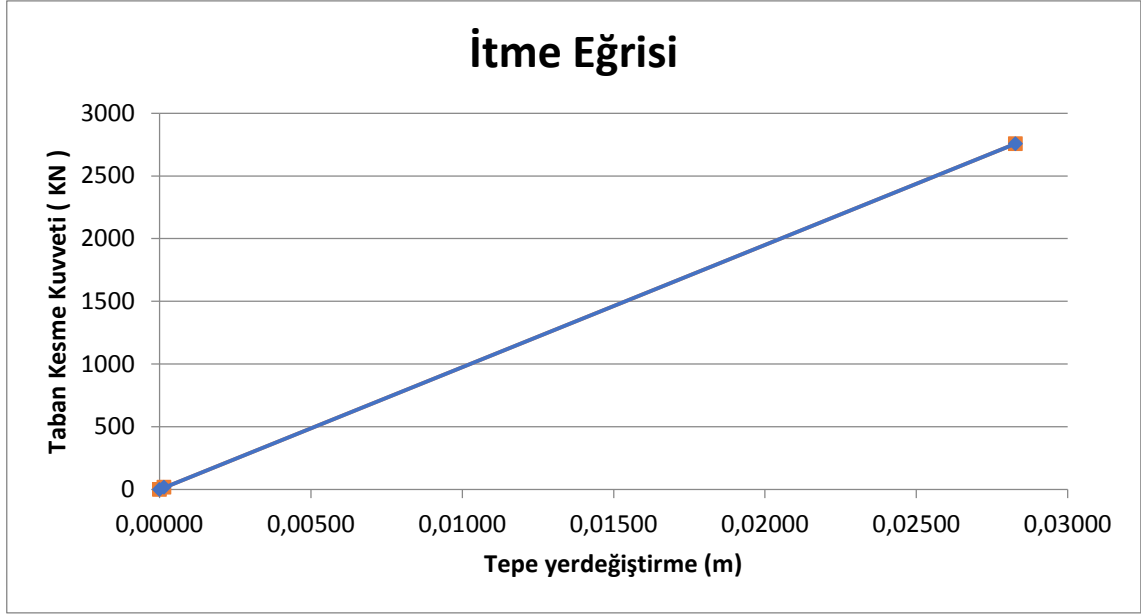
Bu bağıntılarla hesaplanan hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilen dolgu duvar elastisite modülleri ve dolgu duvar basınç dayanımları Sap2000 ortamında eşdeğer basınç çubuğu için tanımlanan malzeme özellikleri olarak girilmiştir.



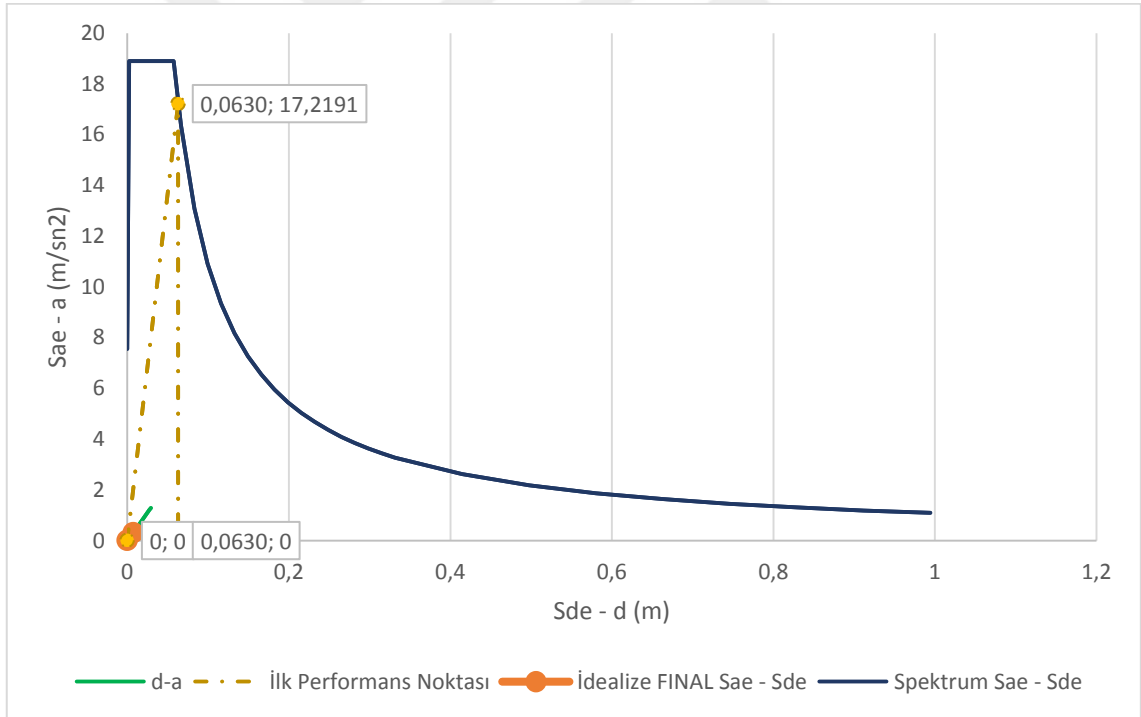
Şekil 58. X yönü dolgu duvarların basınç çubuğu tanımlı bina modeli



Şekil 59. Y yönü dolgu duvarların basınç çubuğu tanımlı bina modeli

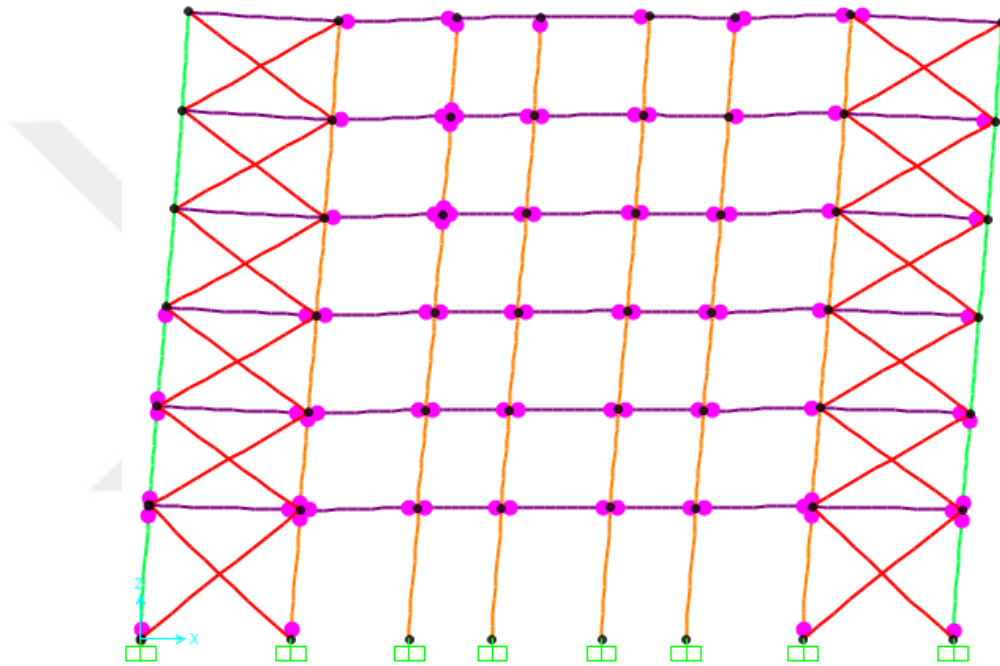


Şekil 60. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme grafiği

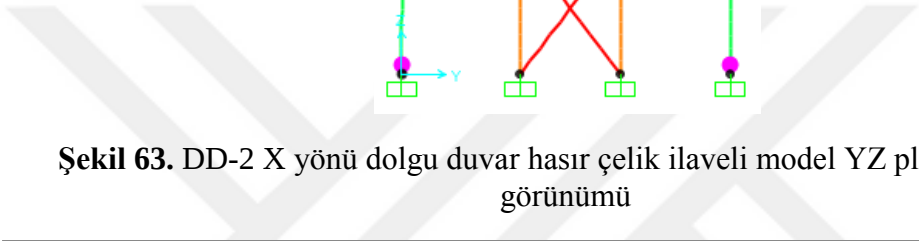


Şekil 61. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında X yönünde mafsallaşma durumu Şekil 62 ve 63'te verilmiştir. Analiz sonucunda taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği ve deplasman noktası bulunmuştur.



görünümü



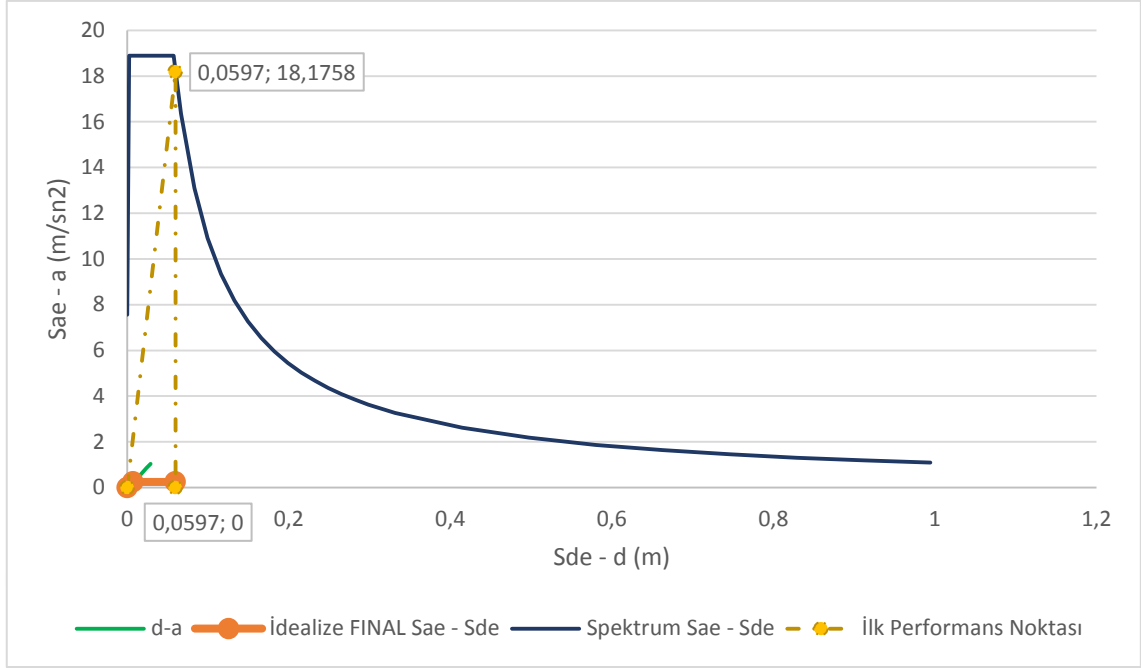
İtme Eğrisi

Taban Kesme Kuvveti (KN)

Tepe yerdeğiştirme (m)

Tepe yerdeğiştirme (m)	Taban Kesme Kuvveti (KN)
0	0
0,005	500
0,01	1000
0,015	1500
0,02	2000
0,025	2500
0,03	3000
0,031	3050

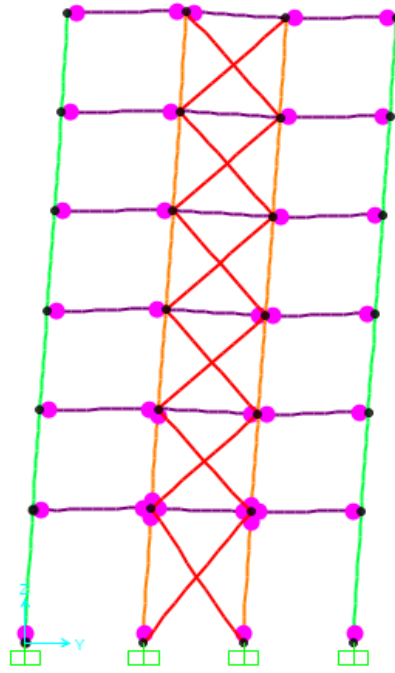
72



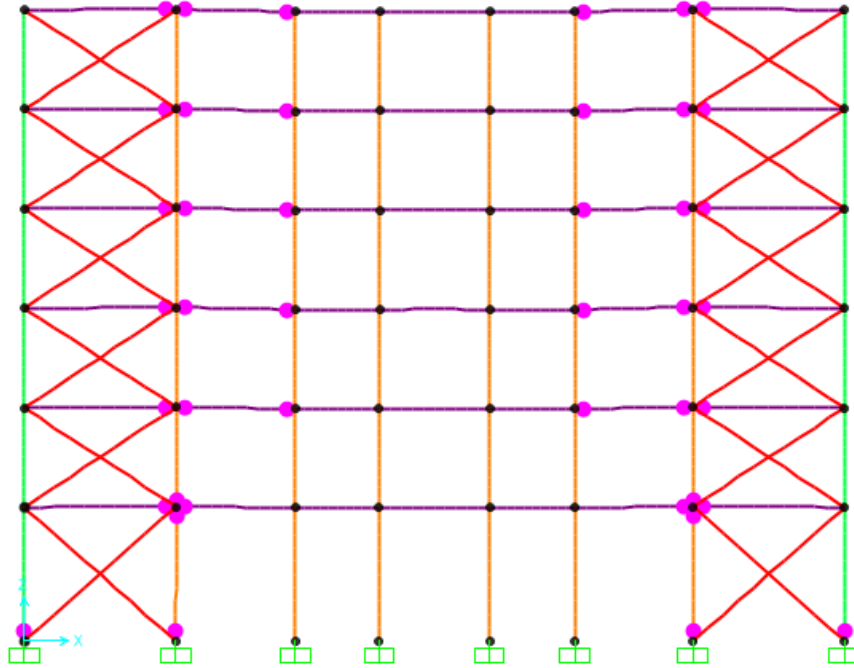
Şekil 65. Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modellenen yapının birinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Mevcut binanın Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirme yapılması sonrasında belirlenen deplasman talebi DD-2 deprem yer hareketi için Y yönünde 0,0597 m olarak belirlenmiştir.

Hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında Y yönünde mafsallaşma durumu Şekil 66 ve 67’de gösterilmektedir.



Şekil 66. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsal görünümü



Şekil 67. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsal görünümü

4.5. Lifli Polimerlerle Onarım ve Güçlendirme

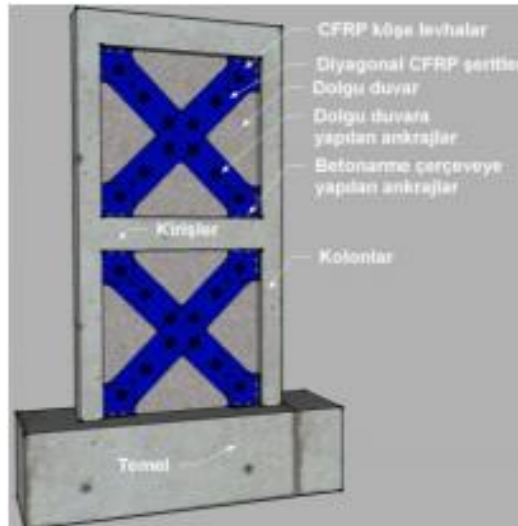
“FRP malzemeler düşük ağırlıklara sahip olmalarına karşın yüksek mukavemet ve yüksek mekanik değerlere sahiptir. FRP malzemeler çeşitli üretim yöntemleriyle üretilmektedirler. Çelik malzemelerle karşılaştırıldığında 10 kata kadar fazla çekme dayanımı gösterirler.” (ATAY, 2010)

Lifli polimer (FRP) kullanımının üstünlükleri aşağıda özetlenmektedir.

- ✓ Program ortamında tasarım kolaylığı sağlamaktadırlar.
- ✓ Lifli polimerler korozyona karşı dayanıklıdır.
- ✓ Yaşam koşullarını engellemeden uygulanabilir olması.
- ✓ Uygulama kolaylığı sağlaması.
- ✓ Yüksek maliyetli makine ekipman ihtiyacı olmaması.
- ✓ Bütün yapı eleman türlerinin güçlendirmesinde kullanılabilirler.

Bunların yapıya sağlamış olduğu katkılar ise aşağıda verilmektedir.

- ✓ Yapının deprem etkileri karşısında mukavemetini artırır.
- ✓ Bina mimarisi ve geometrik şeklinde değişikliğe sebep olmazlar. Elemanlara etki eden sabit yükü artırmaz ve elemanlarda meydana gelmenin azalmasına katkıda bulunurlar.

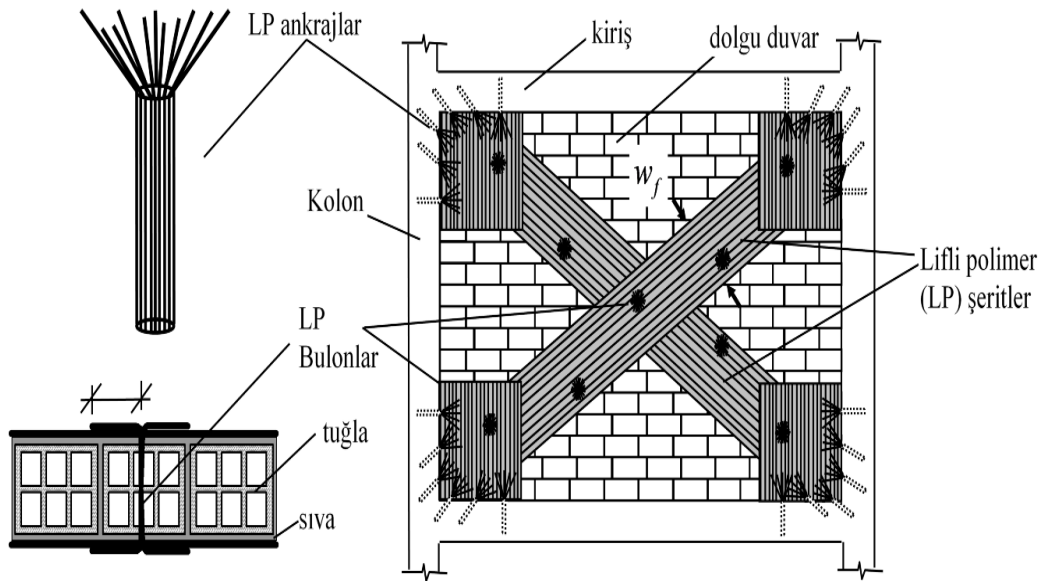


Şekil 68. Lifli polimer ile güçlendirme detayı

Lifli polimerler deprem etkisi altında elemanların yanal rijitlik ve yük kapasitelerinde önemli bir artış yapmamakla birlikte yerdeğiştirme kapasitesini artırdığından tercih edilmektedir. Deprem etkisi altında yeterli dayanıma sahip olmayan binalarda geleneksel güçlendirme yöntemlerinin yanı sıra lifli polimerler ile yapılan güçlendirme uygulamaları daha kolay ve ekonomiktir.

4.5.1. TBDY Ölçeğinde Dolgu Duvarların Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi

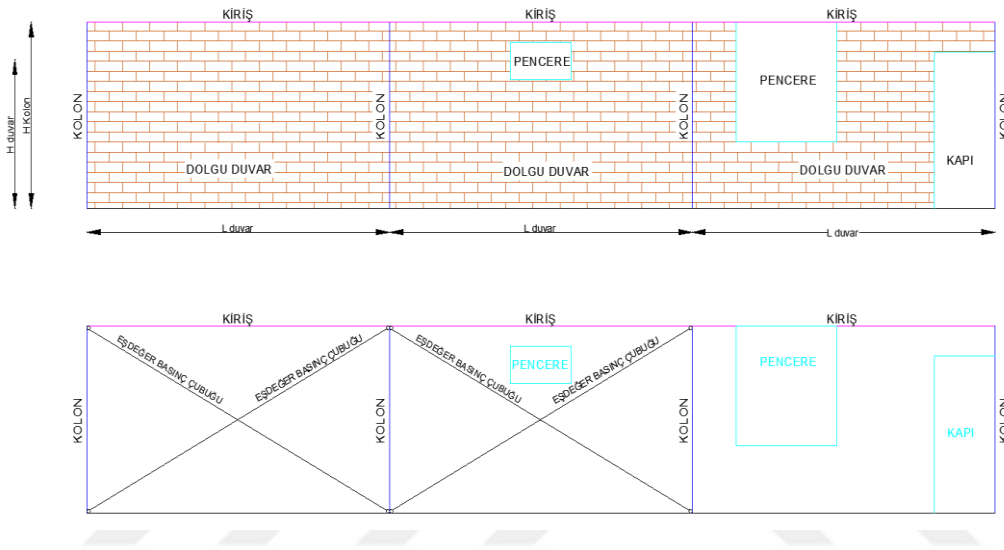
TBDY Madde 15C.2.’de “Dolgu Duvarların Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi” bölümünde güçlendirilen duvarlar için “ 15.C.3.1 maddesinde dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi için uzunluğu yüksekliği oranı 0,5- 2 arasında olan dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilebileceği belirtilmiştir. TBDY’de gerekli kriterler açıklanmıştır.



Şekil 69. Lifli polimer uygulama detayları

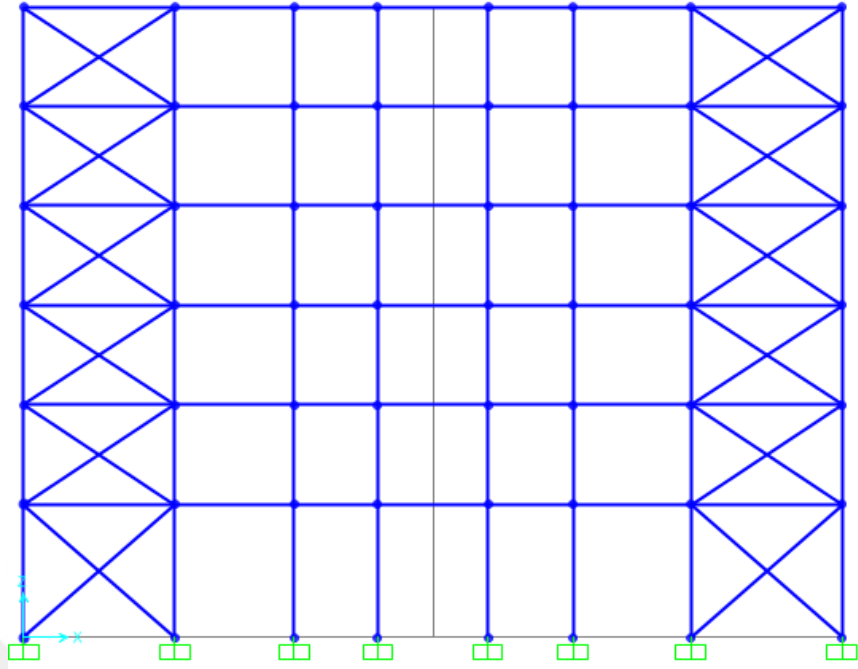
4.6. Mevcut Yapı Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi ve Analizi

Örnek modelde yer alan dolgu duvarların TBDY’de verilen şartları sağlayan akslar dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu olarak sisteme modellenmiştir. Eşdeğer basınç çubuklarının genişliklerinin bulunabilmesi için Denklem 4.1 ve 4.2’ den yararlanılmıştır. Şekil 70’te modellemeye ait örneğe yer verilmiştir.

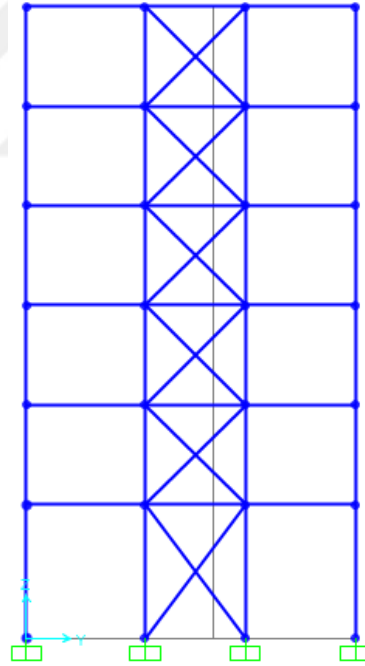


Şekil 70. Dolgu duvarların basınç çubuğu olarak modellenmesi

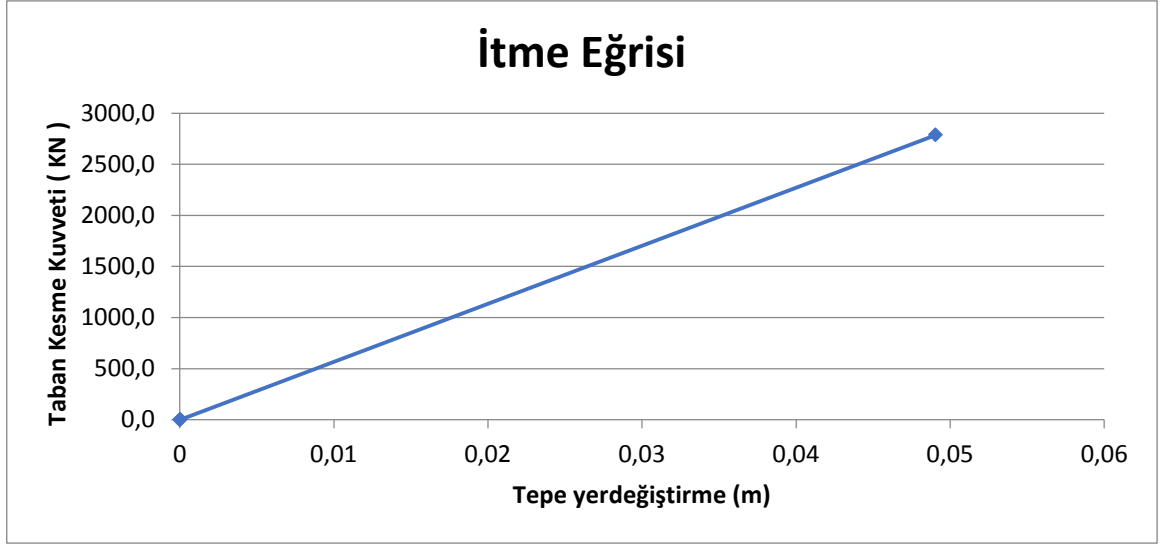
Lifli polimerler ile güçlendirilecek dolgu duvarların genişlik değerleri için Tablo 18 ve 19’dan faydalanılmıştır. (ARSLAN, 2013) dolgu duvarların FRP ile güçlendirilmesi üzerine deneysel ve teorik olarak çalışmış ve FRP’li tuğla dolgu duvarlar için basınç kapasitesini 12,39 Mpa, elastisite modülünü 2282 Mpa olarak bulmuştur. Lifli polimerler ile güçlendirmede sayısal model için bu veriler kullanılmıştır.



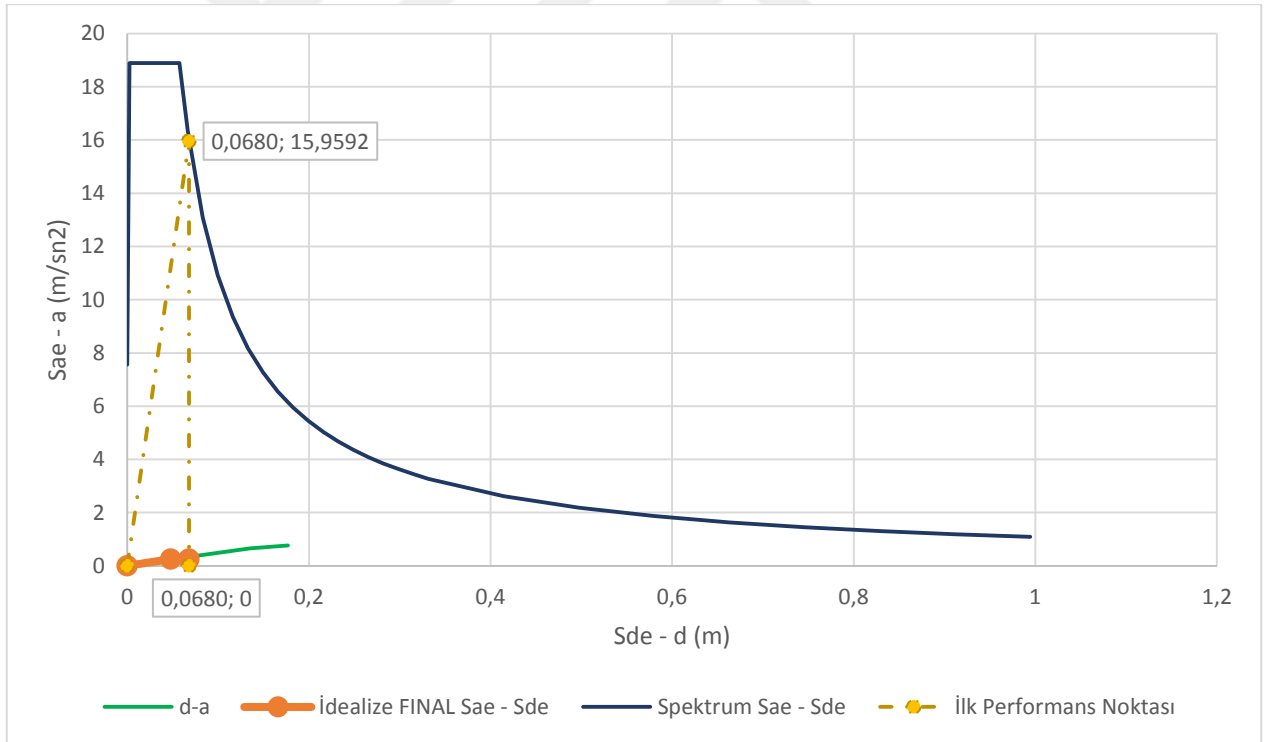
Şekil 71. X yönü polimerler ile güçlendirilen dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu tanımlı bina modeli



Şekil 72. Y yönü polimerler ile güçlendirilen dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu tanımlı bina modeli



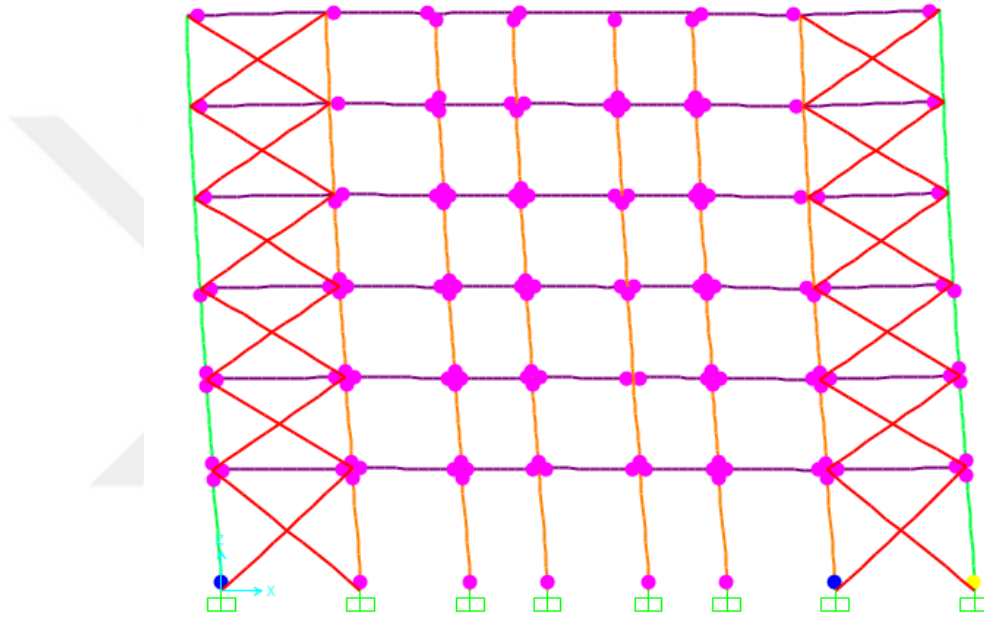
Şekil 73. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme grafiği



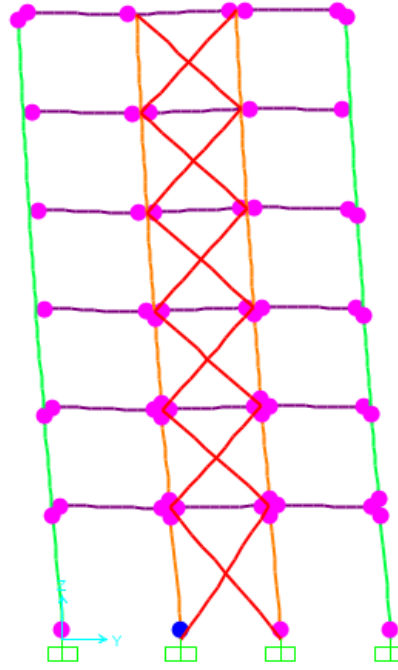
Şekil 74. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin X yönü 1. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Lifli Polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modellenen yapının birinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Mevcut binanın lifli polimerler ile güçlendirme yapılması sonrasında belirlenen deplasman talebi DD-2 deprem yer hareketi için X yönünde 0,0663 m olarak belirlenmiştir.

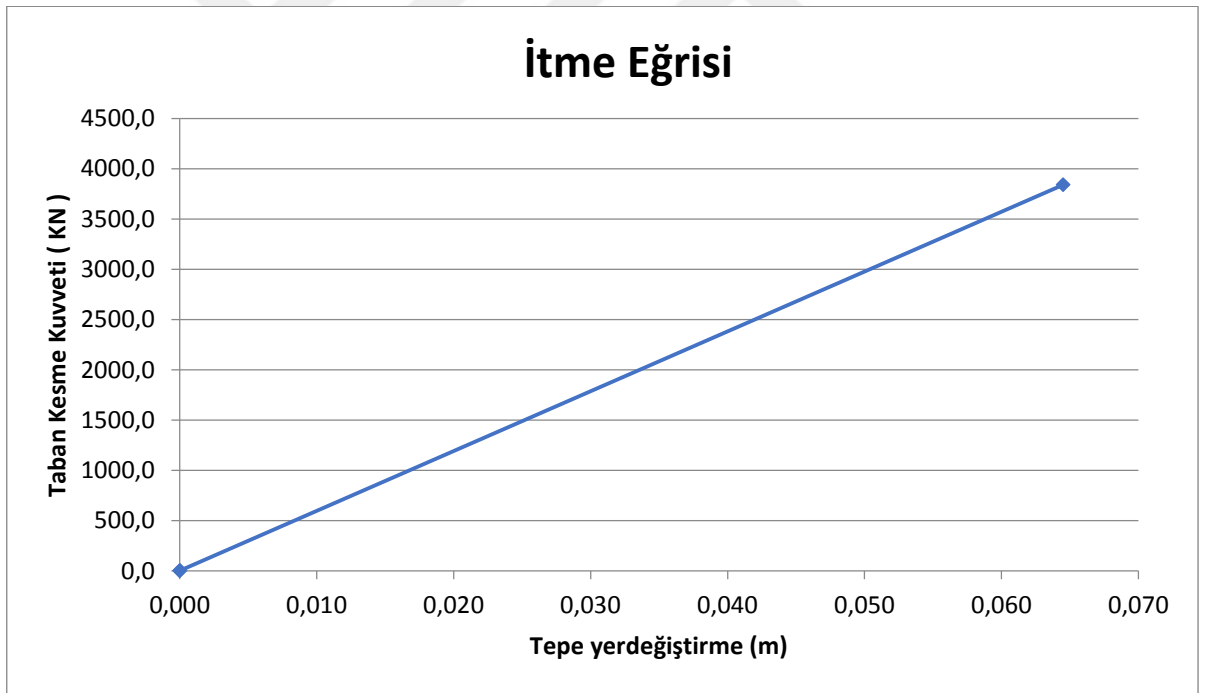
Lifli polimerler ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında X yönünde mafsallaşma durumu Şekil 75 ve 76’da gösterilmektedir. Analiz sonucunda taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği ve deplasman noktası bulunmuştur.



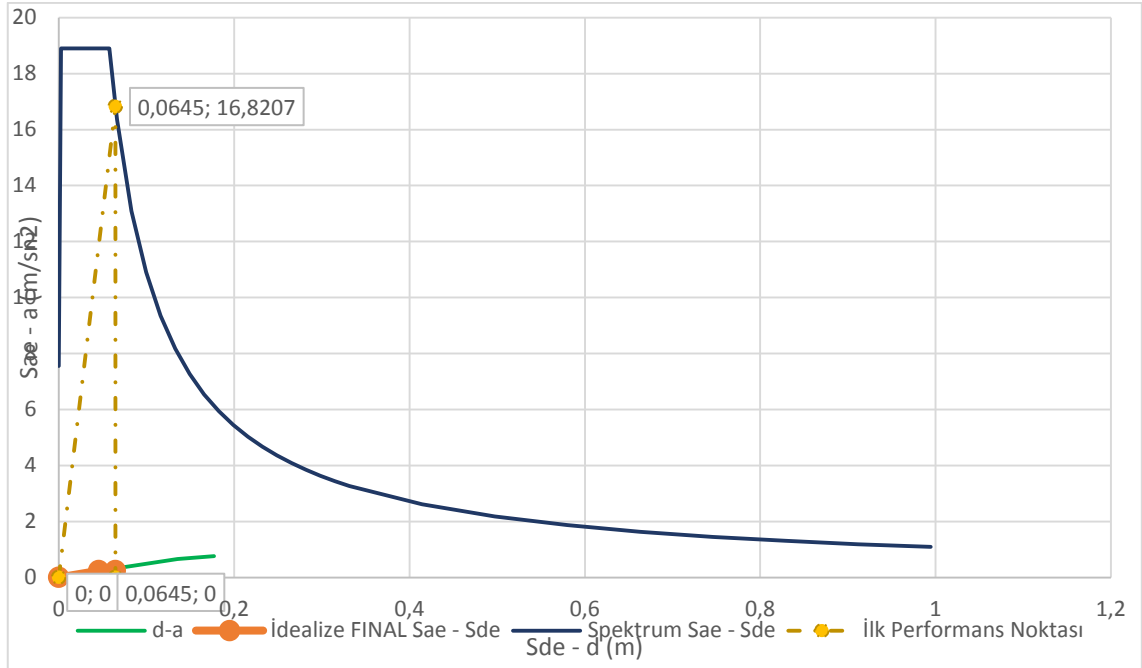
Şekil 75. DD-2 X yönü dolgu duvar lifli polimerli model XZ plastik mafsalları



Şekil 76. DD-2 X yönü dolgu duvar lifli polimerli model YZ plastik mafsal görünümü



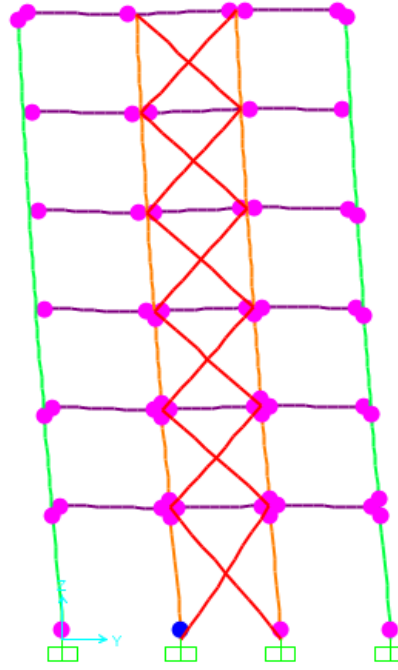
Şekil 77. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y taban kesme kuvveti- tepe yerdeğiştirmesi



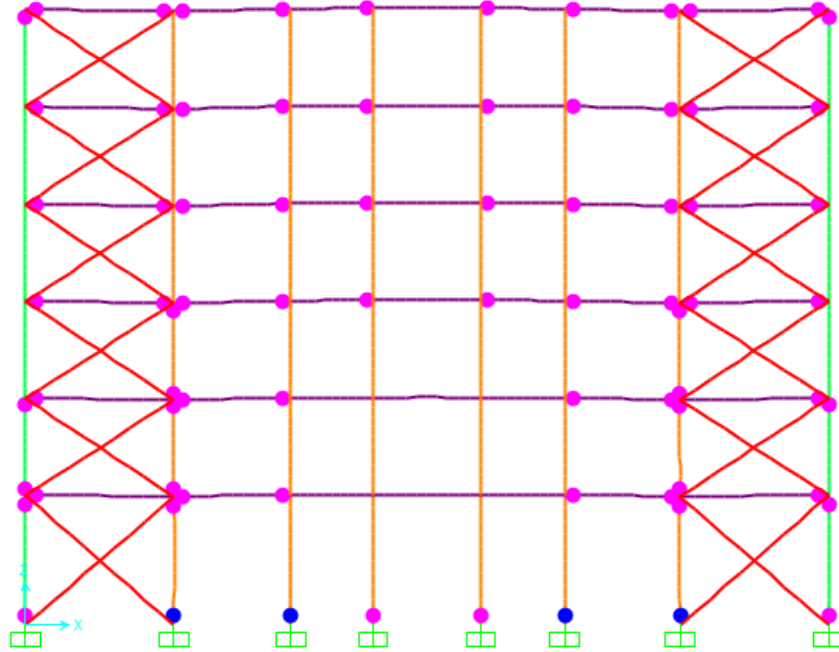
Şekil 78. Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı modelin Y yönü 2. moda ait performans hedef noktasının bulunması

Lifli polimerler ile güçlendirilmiş yapının birinci moduna ait yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi. Mevcut binanın lifli polimerler ile güçlendirme yapılması sonrasında belirlenen deplasman talebi DD-2 deprem yer hareketi için Y yönünde 0,063 m olarak belirlenmiştir.

Lifli polimerler ile güçlendirilmiş yapının Sap2000 programı ile yapılan tek modlu statik itme analizi sonrasında Y yönünde mafsallaşma durumu Şekil 79 ve 80’de gösterilmektedir.



Şekil 79. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model YZ plastik mafsall görünümü



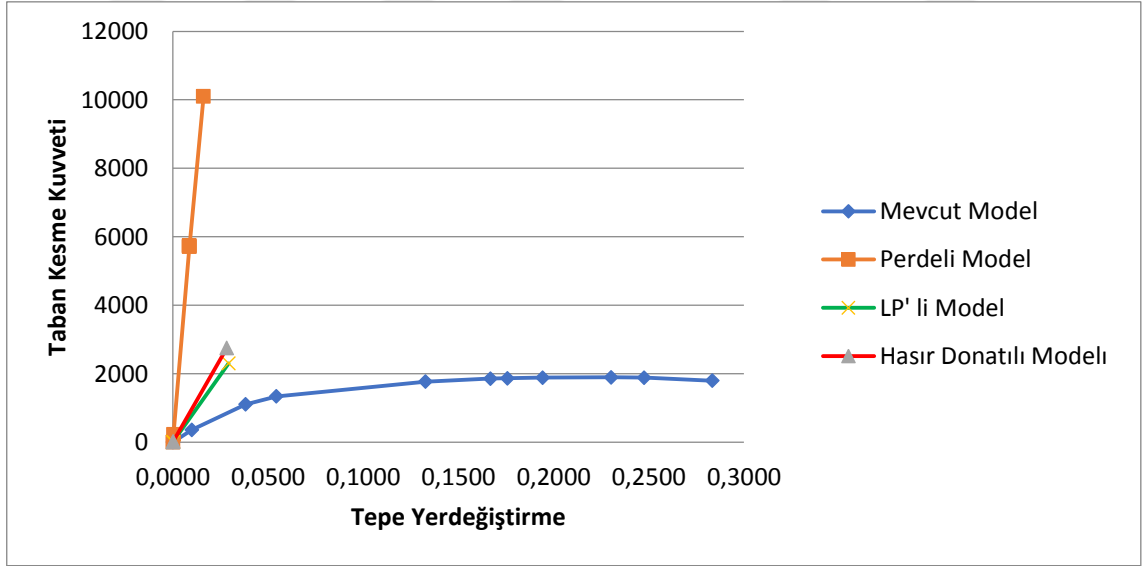
Şekil 80. DD-2 Y yönü dolgu duvar hasır çelik ilaveli model XZ plastik mafsall görünümü

BÖLÜM 5. MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLEN YAPILARIN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMALARI

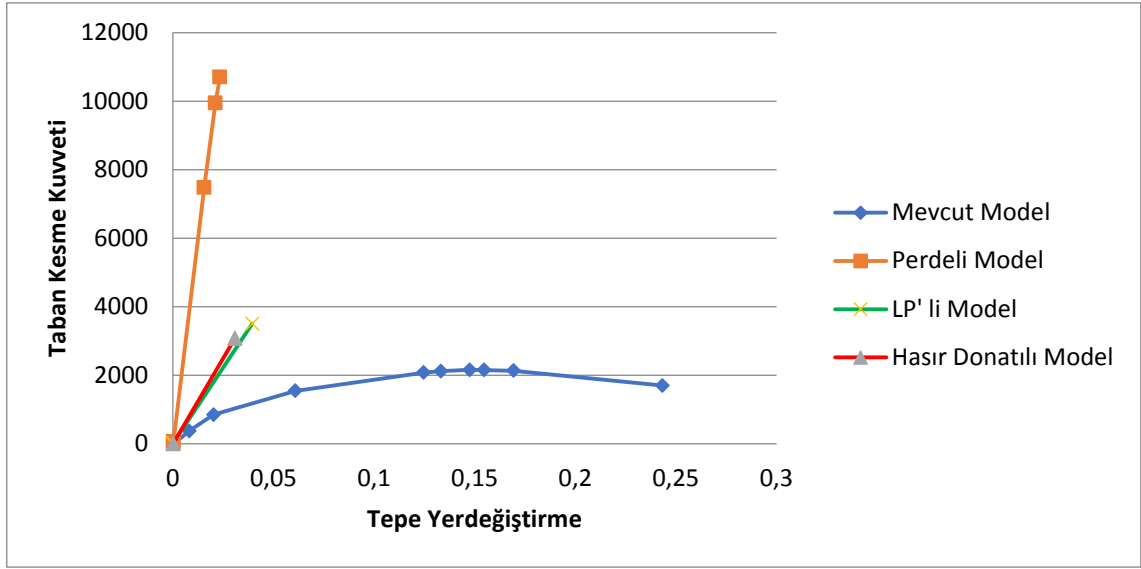
Statik itme analizi sonrası mevcut bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerin analizinden elde edilen bulgular aşağıda, bina periyotları, kapasite eğrileri ve performans noktaları açısından irdelenmektedir.

Tablo 20. Modellere ait periyot değerleri

	T_x (sn)	T_y (sn)
Mevcut Model	0,76	0,698
Perde ile güçlendirilmiş ile güçlendirilmiş model	0,191	0,207
Hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş model	0,37	0,35
Lifli polimerler ile güçlendirilmiş model	0,415	0,389



Şekil 81. X yönü modellere ait itme eğrileri



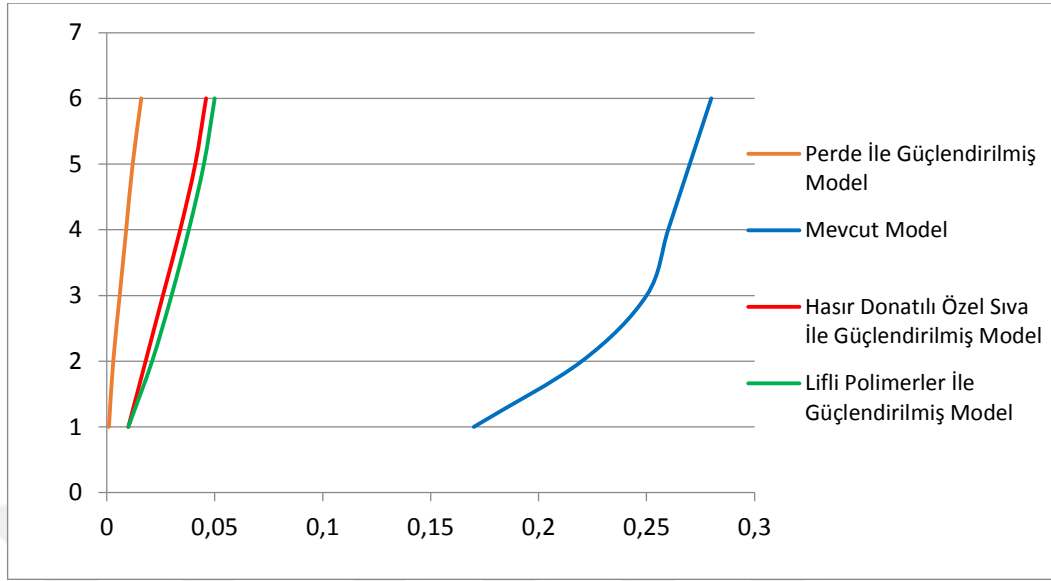
Şekil 82. Y yönü modellere ait itme eğrileri

Mevcut model ve güçlendirilmiş modellerden analiz sonrası elde edilen periyot değerleri, taban kesme kuvvetleri ve performans değerleri x ve y yönleri için ayrı ayrı paylaşılmıştır. Mevcut modelin periyot değerleri x yönü için 0,76 sn, y yönü için 0,698 sn olarak bulunmuştur.

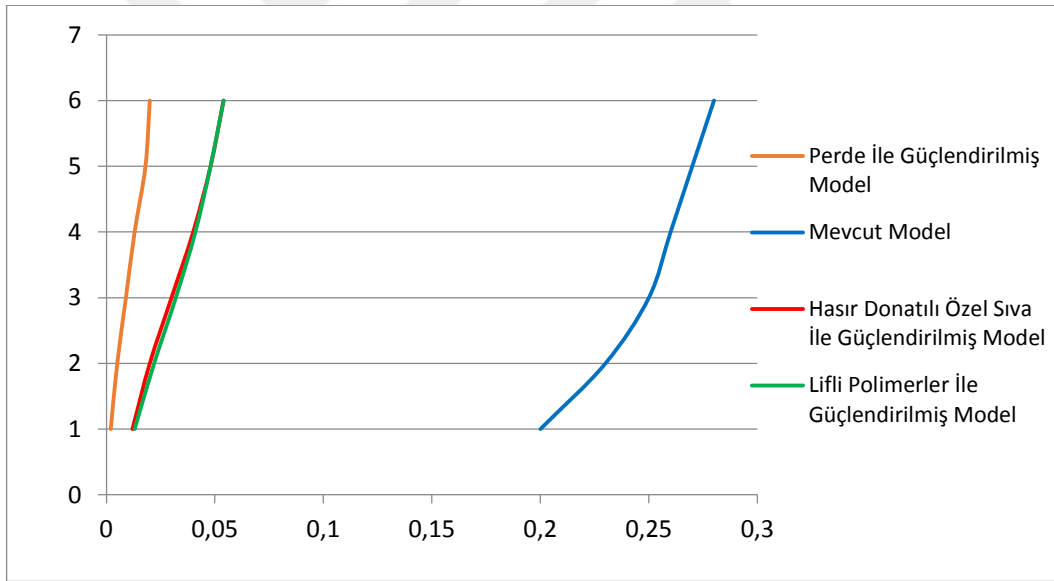
Tablo 21. Modellere ait tepe yerdeğiştirmeler

	X(m)	Y(m)
Mevcut model	0,126	0,1144
Perde ile güçlendirilmiş model	0,0173	0,0191
Hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmiş model	0,061	0,058
Lifli polimerler ile güçlendirilmiş model	0,068	0,064

Perde ilaveli, hasır donatılı ve lifli polimerli dolgu duvarlı modelleri x yönü için sırasıyla 0,191 sn, 0,37 sn, 0,415 sn ve y yönü için sırasıyla 0,207 sn, 0,35 sn, 0,289 sn olarak bulunmuştur. Mevcut model hedef tepe yer değıştirmesi x yönü için 12,6cm, y yönü için 11,4cm olurken, perde ilaveli, hasır donatılı ve lifli polimerli dolgu duvarlı modellerin sırasıyla x yönü için 1,73cm, 6,1cm, 6,8cm, y yönü için 1,91cm, 5,8cm, 6,4cm olarak elde edilmiştir.



Tablo 22. Push-X yönü kat ötelenme değerleri



Tablo 23. Push-Y yönü kat ötelenme değerleri

BÖLÜM 6. SONUÇ

Ülkemizin üzerinde bulunduğu deprem plakası olan Anadolu plakası kuzeyinde Avrasya Plakası, Güneyinde Afrika Plakası, doğusunda Doğu Anadolu plakası, batısında ise Ege Bloğu tarafından çevrilmiş durumdadır. Ülkemizde 5,5 ve üzeri deprem üretebilecek aktif fay sayısının 485 olduğu göz önüne alındığında, deprem riski bakımından yüksek riskli bir ülke olarak değerlendirilebilir. Geçmişte yıkıcı depremlerle yüzleşmiş olan ülkemiz birçok can ve mal kaybına uğramıştır. Tarihsel sürece bakıldığında bu tür yıkıcı depremlerin tekrarladığı ve önlem alınmadığı takdirde yine yıkıcı etkileri olacağı şüphesizdir. Depremin yıkıcı etkileri gibi birçok sebep nedeniyle dünyada ve ülkemizde riskli yapıların güçlendirilmesi konusunda çalışmalar yürütülmüş ve özellikle malzeme biliminde yaşanan gelişmelere paralel olarak yeni malzemelerle yeni çalışmalar yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında ise İstanbul'da inşa edilmiş bodrum, zemin ve 4 normal kattan oluşan toplamda 6 katlı betonarme binanın mevcut halinin ve TBDY'de yer alan çeşitli yöntemlerle güçlendirilmiş modellerinin, TBDY'nin doğrusal olmayan hesap ilkelerine göre sabit modlu itme analizi gerçekleştirilmiştir.

Mevcut bina için TBDY'de yer alan tekrarlanma periyodu 475 yıl ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (DD-2) yer hareketi için bina performans hedefi Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi olarak görülmektedir.

Tez çalışmasının ilk kısmında çalışmanın amacı ve literatür araştırmasını yer verilmiş. İkinci kısımda TBDY'de yer alan yığılı plastik davranış modeli, mevcut betonarme binalar hakkında bilgi toplanması ve kapsamı, binaların doğrusal olmayan analizi için taşıyıcı sistemin modelleme kuralları, doğrusal olmayan hesap yöntemleri ve betonarme elemanlarda hasar bölgeleri ve sınırlarına değinilmiştir.

Üçüncü kısımda ise tez kapsamında incelenecek bina hakkında bilgiler aktarılmış ve bu yapının TBDY'ye göre özelliklerine yer verilmiştir. Daha sonra Sap2000 programında veri girişleri yapılmış ve ilgili açıklamalara değinilmiştir. TBDY'ye göre doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden, sabit modlu itme yöntemi hakkında bilgi verilerek çözümleme yapılmıştır. Elde edilen verilerden yola çıkarak

TBDY’de yer alan eleman hasar sınırlarına göre mevcut binanın elemanlarında yapılan hesaplar sonrası binanın göçme durumunda olduğu paylaşılmıştır.

Dördüncü bölümde dünyada ve ülkemizde mevcut binaların yapısal performansını iyileştirmek için sıklıkla kullanılan betonarme perde ekleme ve TBDY ile detaylandırılan dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi ve dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden tek modlu itme analizi kullanılarak tetkik edilen göçme durumundaki binanın, betonarme perde eklenmesi, dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi ve dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi yapılmış ve sonuçları paylaşılmıştır.

Son olarak mevcut bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerinin analizinden elde edilen bulgular, bina periyotları, kapasite eğrileri ve hedef performans noktaları açısından irdelenmiştir.

Mevcut yapıya uygulanan güçlendirme yöntemleri, yapının kapasitesini artırmış ve dinamik özelliklerini değiştirmiştir. Güçlendirme sonrası binanın iç kuvvet dengesi de değişmektedir. Özellikle güçlendirme yapılacak aksların nasıl ve ne şekilde seçileceği ile doğrudan alakalıdır. Ayrıca iç kuvvet dengesi doğru bir şekilde dağıtılmadığı takdirde taşıyıcı elemanlar veya betonarme sistemde burulma meydana gelmesine neden olabilir.

Betonarme binaya deprem perdesi eklemek veya dolgu duvar güçlendirmesi tek başına yeterli olmayabilir. Kolon ve kirişlerde de güçlendirme ihtiyacının olup olmadığı kontrol edilmelidir. Güçlendirme yapılan modellerde rijitlik ve kapasite artışı meydana gelmiş ama kapasite spektrum eğrilerinin %5 sönümlü talep spektrum eğrisinin altında kalması tek başına bir güçlendirme yönteminin yeterli olmadığı, taşıyıcı elemanlarında güçlendirilme yöntemlerinin uygulanması gerektiğini göstermektedir.

Dolgu duvarların betonarme yapıların deprem sırasında sönümleme özellikleri üzerine büyük katkıları olduğu bilinmektedir. (Özkaynak, Yüksel, Yalçın, Dindar, & Büyüköztürk, 2014) betonarme çerçevelerin, dolgu duvarlı ve lifli polimerle güçlendirilmiş durumları için ayrı ayrı sönümleme özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel olarak çalışmışlardır. Yapıların performans noktasının bulunmasında

kullanılan talep spektrum eğrisinin sönüm oranını dolgu duvarlı ve lifli polimerler ile güçlendirmiş çerçeveler için sönüm oranını %10-13 arasında tavsiye etmiştir.

Mevcut bina ve güçlendirilmiş bina modellerinin sayısal analizi sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

Mevcut yapı periyodu, perde eklenerek güçlendirilmesi sonrasında x yönünde %75, dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi sonrasında %52, dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi sonrasında %46 oranında azalmıştır. Y yönünde ise sırasıyla %70, %50, %45 oranında azalma olmuştur.

Yapının maksimum kat yer değiştirmesi, perde ilave sonrasında x yönünde %95, dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi sonrasında %83,6, dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi sonrasında %82 oranında azalmıştır. Y yönünde ise sırasıyla %92, %81, %81,2 oranında azalma olmuştur.

Yapının maksimum taban kesme kuvveti, perde ilave sonrasında x yönünde %590, dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi sonrasında %194, dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi sonrasında %175 oranında artmıştır. Y yönünde ise sırasıyla %700, %262, %235 oranında artma olmuştur.

Yapının hedef performans noktası, perde ilave sonrasında x yönünde %86, dolgu duvarların hasır donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi sonrasında %53, dolgu duvarların lifli polimerler ile güçlendirilmesi sonrasında %46 oranında azalmıştır. Y yönünde ise sırasıyla %83, %50, %47 oranında azalmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ışığında bazı öneriler aşağıda sunulmaktadır:

Yapıya eklenen betonarme perdelerinin ve diğer iki güçlendirme yönteminin binanın yatay rijitliğini artırdığı, taban kesme kuvvetinin büyük bölümünün güçlendirilen dolgu duvarlar ve eklenen perdelerle karşılanması sebebiyle kolon ve kirişler daha az yüke maruz kalmıştır.

Burada dikkat edilmesi konu özellikle betonarme perde ekledikten sonra binanın ağırlığı çok artmaktadır. Bu nedenle bazı kolonlara gelen eksenel yük arttığı için taşıyıcı sistemde yer alan diğer elemanlar içinde güçlendirme gerekli olup olmadığı tahkik edilmelidir.

Eklenen perde ve güçlendirilen dolgu duvar oranları mimari proje uygunluğuna dikkat ederek, artırma veya azaltma yoluyla bir kalibrasyon yapmak mümkün olabilir.

Betonarme yapıya eklenecek deprem perdelerinin veya güçlendirilecek dolgu duvarların bina mimari kat planına göre simetrik olmasına dikkat edilerek güçlendirilmiş yapıda olası burulma momentlerinin önüne geçilmelidir.



KAYNAKÇA

- Al-Chaar, Ghassan. (2002). *Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures*. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center.
- Altunışık, A. C. (2018). *İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları*. Trabzon: Dynamic Academy Yazılım İnşaat San. Ltd. Şti., .
- ANONİM. (tarih yok). 2009c. <http://www.megainsaatvemimarlik.wordpress.com>: <http://www.megainsaatvemimarlik.wordpress.com> adresinden alındı
- Aras, F. (2018b). "Betonarme Binalarda Bölme Duvar Etkilerinin Tam Ölçekli Deneylerle Araştırılması". *İMO Teknik Dergi.* , 29: 8651-8667.
- Aras, F. (2018c). Laboratory Tests and Vibration Surveys for the Mechanical Properties of Infill Walls. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 1: 04017117, 32.
- Aras, F. (2019). Monitoring the Dynamic Properties of a Nine-Story Reinforced Concrete Building During its Demolition,. *Structural Control & Health Monitoring*.
- Arslan, M. E. (2013). *Deprem Kumaşıyla Güçlendirilen Çevrimsel Yük Etkisindeki Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Davranışlarının Deneysel Ve Teorik Olarak İncelenmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi)*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ARSLAN, M. E. (2013). *Deprem Kumaşıyla Güçlendirilen Çevrimsel Yük Etkisindeki Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Davranışlarının Deneysel Ve Teorik Olarak İncelenmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi)*. TRABZON: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ATAY, H. (2010). *Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler (Yayımlanmamış Tez)*. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayülke, N. (2003). "Betonarme Yapının Dolgu Duvarı". " *Türkiye Mühendislik Haberleri*. 4 , 426: 85-98.
- Bayülke, N. (2012). *Zemin ve Betonarme Yapı Deprem Davranışı*. Evrim Yayınevi ve Bilgisayar San. Tic. Ltd. Şti. .
- Binici, B., Canbay, E., Aldemir, A., Demirel, I., Uzgan, U., & Eryurtlu, Z. (2019). Seismic Behavior and Improvement of Autoclaved Aerated Concrete Infill Walls. *Engineering Structures*, 68-81.

- Celep, Z. (2002). Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi Ve Güçlendirilmesi Genel Kurallar. *Prof. Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri, Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Alanında Gelişmeler. İstanbul, Türkiye : İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul, Türkiye : İstanbul Teknik Üniversitesi.*
- Celep, Z. (2014). *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme 3.Baskı.* İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Celep, Z. D. (2018). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. 6. Baskı.* . İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Dağ, R. (2014). *Betonarme Binaların Deprem Etkileri Altındaki Davranışına Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 169s, 2014.
- Davis, R. K. (2004). Effect of infill stiffness on seismic performance of multi-storey RC framed buildings in India. *Effect of In 13th world conference on earthquake engineering, Vancouver, BC. Canada.*
- Doğanay. (2010). *Yapıların Onarım ve Güçlendirme Maliyetlerinin Excel Programıyla Belirlenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).* Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doran, B. A. (2019). *Yapı Mühendisliği Problemlerinde SAP2000 Uygulamaları.* . İstanbul: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Dorji, J. a. (2009). Modelling and analysis of infilled frame structures under seismic loads. . *Open Construction and Building Technology Journal*, 3, , 119-126.
- Ercan., Y. (1998.). *Bazı Düzensizlikler İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersoy, U. (1993). 1992 Erzincan depreminden alınması gereken dersler. *2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.* . İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Govindan, P. L. (1986). Ductility of Infilled Frames. *ACI Structural Journal*(83(4)), 567-576.
- Hodge, P. G. (1967). *Yapıların Plastik Analizi.* Çev.: Erdoğan Şuhubi & Vural Cinemre.
- Holmes, M. (1961). "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling," . *Proceedings of the Institution of Civil Engineers.* , 19, 4, 473-478.
- Holmes, M. (1961). "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling,". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 19,4(473-478).

- Kaltakcı, M. &. (2005). Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi. *Deprem Sempozyumu*, (s. 598-605). Kocaeli.
- Karadoğan, F. S. (2015). *Yapı Mühendisliğine Giriş Yapısal Çözümleme Cilt 2.* . İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Köse Sunca, G. Ç. (2019). Farklı Oran Ve Düzendeki Dolgu Duvarlara Sahip Betonarme Yapıların Sismik Performanslarının Belirlenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gümüşhane: Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,.
- Krawinkler, H. v. (1998). Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Performance Evaluation, *Engineering Structures. Elsevier Science Ltd.*, 20, Sf. 452-464.
- Liau, T. C. (1984.). " Non-Linear Behaviour of Non-Integral Infilled Frames,". *Computers & Structures*. 18, 3, 551-560.
- Moghaddami, H. &. (1988). Earthquake Resistant Design of Brick Infilled Frames,, *Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference*, (s. 774-784). Dublin.
- Özkaynak, H., Yüksel, E., Yalçın, C., Dindar, A., & Büyüköztürk, O. (2014). Masonry infill walls in reinforced concrete frames as a source of structural damping. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 949-968.
- Özmen, G. E. (2018). *Örneklerle SAP2000 v20*. İstanbul:: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Paulay, T. &. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. USA: John Wiley.
- Polyakov, S. (1956). *Masonry in Framed Buildings : An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling*. Çev.: G.L. Cairns. Moscow.
- RJ, M. (1971). On the stiffness and strengths of infilled frame. *Proceedings Institution of Civil Engineers, Supplement IV*, 57-90.
- SAP2000, v. (2019). *"Yapısal Analiz Programı," USA: Computers and Structures, Inc.*, .
- Silva, V., Crowley, H., Varum, H., & Pinho, R. (2014). Development of a Fragility Model for Moment-Frame RC Buildings in Portugal. *Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management*, 525-534.
- Smith Carter, C. (1969). A Method of Analysis for Infilled Frames. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1(44), 31-48.
- Smith, B. S. (1969). A Method of Analysis for Infilled Frames. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 44, 1: 31-48.

- Smith, B., & Carter, C. (1969). A Method of Analysis for Infilled Frames. *Institution of Civil Engineers (ICE)*, 44, 31-48.
- TINAS, A. D. (Aralık 2017). Betonarme Çok Katlı Yapıların Performansının Statik İtme Ve Zaman Tanım Alanında Doğrulsal Olmayan Yöntemlerle İncelenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkay. (2013). Bir Okul Binasının Tasarımı ve Deprem Performansının Belirlenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. "Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Kurallar" . (2018.). Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Wakchaure, M. R. (2012). Earthquake Analysis of High Rise Building with and Without In filled Walls. *International Journal of Engineering and Innovative Technology Volume, 2*.
- Yılmaz, C. (2008). Statik İtme Analiziyle Mevcut Bir Yapının Performansının Değerlendirilmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Zolmaz, Y. (2019). Mevcut Betonarme Bir Yapının Perdelerle Güçlendirilmesi Ve Yapısal Performansının TBDY-2018'e Göre Değerlendirilmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İSTANBUL: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.