



**BENZER MİMARİYE SAHİP MEVCUT
BETONARME İKİ BİNANIN TBDY 2018'E GÖRE
DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

Gül ÖZDEN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ**

**BENZER MİMARİYE SAHİP MEVCUT BETONARME İKİ BİNANIN
TBDY 2018'E GÖRE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

Gül ÖZDEN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Mart 2023

Gül ÖZDEN tarafından hazırlanan “BENZER MİMARİYE SAHİP MEVCUT BETONARME İKİ BİNANIN TBDY 2018’E GÖRE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/03/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Doç. Dr. Selçuk BAŞ (BARÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Zehra Şule GARİP (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Gül ÖZDEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BENZER MİMARİYE SAHİP MEVCUT BETONARME İKİ BİNANIN TBDY 2018'E GÖRE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Gül ÖZDEN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ

Mart 2023, 151 sayfa

Türkiye sismik açıdan çok hareketli bir coğrafyada yer almaktadır. Belirli dönemlerde yaşanan depremler, yapılar üzerinde büyük ölçekte yıkımlara sebep olmuş ve bir doğa olayı olarak gerçekleşen depremler afete dönüşmüştür. İnsan yaşamına doğrudan ve/veya dolaylı olarak etki eden deprem, can ve mal güvenliği açısından Türkiye’de önemli bir sorun haline gelmiştir. Depremde meydana gelen yıkımlar halk arasında “doğal afet” olarak tabir edilen sentez bir kavramın oluşmasına neden olmuştur. Oysaki Türkiye’nin sismik hareketliliği depreme dayanıklı yapı tasarımı fikrini yıllardan beri zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda geçmişten günümüze yürürlüğe giren ve süreç içerisinde güncellenen deprem yönetmelikleri yapıların uygun şekilde tasarlanmasına hizmet etmiştir. Bu kapsamda hem yeni yapılacak binaların depreme karşı dayanıklı olarak nasıl tasarlanacağı, nasıl inşa edileceği, performans hedeflerinin belirlenmesi vb. hususlarda hem de mevcut yapıların olası depremlere karşı nasıl bir performans sergileyeceği noktasında kurallar ve öneriler getiren 2018 yılında yayınlanıp 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği güncelliğini korumaktadır. TBDY 2018 yönetmeliği kendisinden

önceki yönetmeliklere nazaran mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi, yapılacak yeni yapıların modellenmesi, analiz edilmesi ve deprem performans hedeflerinin tespiti hususlarında önemli değişiklikler içermektedir.

Mevcut yapıların deprem performanslarının tespit edilmesinde ekonomik, hızlı ve güvenilir bir metot kullanılması, tasarımda yapısal elemanlara gelen deprem etkilerinin azaltılması gerekmektedir. Türkiye’de ve Dünya’da mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesi adına farklı şekillerde hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Karabük il sınırları içerisinde KARDEMİR A.Ş.’ de yapılmış olan benzer mimariye sahip betonarme karkas iki binanın TBDY 2018’e uygunluk durumu incelenmiş, sahip oldukları fiziksel koşullar göz önünde bulundurularak STA4CAD paket programı vasıtasıyla sayısal modelleri oluşturulmuş ve günümüz şartlarında tasarım deprem düzeyleri etkisi altındaki performans analizleri yapılarak mevcut durum ve güçlendirme sonrası durumları karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler tez çalışması kapsamında ele alınan KARDEMİR A.Ş’ ye ait idari binaların mevcut durumlarının TBDY 2018 yönetmeliğine göre istenen performans seviyesini sağlayamadığını ortaya koymuştur. Ele alınan binalardan İdari Bina-1 için tasarlanan güçlendirme projesiyle güçlendirilmiş yapı hedeflenen performans seviyesine ulaşabilirken İdari Bina-2 için denenen geleneksel güçlendirme tasarımlarının hedef performansa ulaşmak için yeterli gelmediği görülmüştür. İdari Bina-2 için İdari Bina-1’e benzer şekilde tasarlanan güçlendirme modellerinde çok sayıda gevrek elemanın ortaya çıkması ve yönetmeliğe göre güçlendirilen söz konusu gevrek elemanların etrafında başka gevrek elemanların da oluşması sebebi ile yapının ekonomik ve geleneksel yöntemlerle güçlendirme olanaklarını ortadan kaldırmıştır. Ayrıca İdari Bina-1 için yapılan güçlendirme tasarımının yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır. Güçlendirme maliyetinin yapının yıkılıp yeniden yapım maliyetinin %20,50’i olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Betonarme yapılar, güçlendirme, performans analizi, Türkiye bina deprem yönetmeliği.

Bilim Kodu : 91102

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF TWO EXISTING REINFORCED BUILDINGS WITH SIMILAR ARCHITECTURE ACCORDING TO TBDY 2018

Gül ÖZDEN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineer**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Mehmet Fethi ERTENLİ

March 2023, 151 pages

Turkey is located in a very active geography in terms of seismicity. Earthquakes experienced in certain periods caused large-scale destruction on structures and earthquakes that occurred as a natural event turned into disasters. The earthquake, which directly and/or indirectly affects human life, has become an important problem in Turkey in terms of life and property safety. The destructions that took place in the earthquake led to the formation of a synthesis concept called "natural disaster" among the people. However, Turkey's seismic activity has necessitated the idea of earthquake resistant building design for years. In this context, earthquake regulations, which have come into force from the past to the present and have been updated in the process, have served to design the structures appropriately. In this context, how the new buildings to be built will be designed to be earthquake resistant, how they will be built, the determination of performance targets, etc. The Turkish Building Earthquake Regulation, which was published in 2018 and came into force in 2019, which brings rules and recommendations

on both issues and how the existing structures will perform against possible earthquakes, remains up-to-date. Compared to the previous regulations, the TBDY2018 regulation includes important changes in the evaluation of earthquake performance of existing buildings, modeling and analysis of new structures to be built, and determination of earthquake performance targets.

It is necessary to use an economical, fast and reliable method in determining the earthquake performance of existing structures, and to reduce the earthquake effects on structural elements in the design. In order to evaluate the earthquake performance of existing structures in Turkey and in the world, different rapid evaluation methods have been developed.

In this study, the suitability of two reinforced concrete carcass buildings with similar architecture, built in KARDEMİR A.Ş. The current situation and post-reinforcement situations were compared by performing performance analyzes under the influence of the levels of power. The examinations have revealed that the current conditions of the administrative buildings of KARDEMİR A.Ş, which are discussed within the scope of the thesis study, cannot provide the desired performance level according to the TBDY 2018 regulation. While the strengthened structure with the retrofit project designed for Administrative Building 1, among the buildings under consideration, could reach the targeted performance level, it was seen that the traditional reinforcement designs tried for Administrative Building-2 were not sufficient to reach the target performance. Due to the emergence of a large number of brittle elements in the reinforcement models designed for the Administrative Building-2, similar to the Administrative Building-1, and the formation of other brittle elements around the said brittle elements strengthened according to the regulation, economic and traditional methods of strengthening the building have been eliminated. In addition, the approximate cost of the retrofit design for the Administrative Building-1 has been calculated. It has been calculated that the cost of retrofitting is 20,50 % of the cost of demolition and reconstruction of the structure.

Key Word : Reinforced concrete structures, reinforcement, performance analysis, Turkish building earthquake code.

Science Code : 91102

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fethi ERTENLİ' ye ve merhum hocam Dr. Öğr. Üyesi Yüksel TURCAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÇalıŐmalarımnda desteklerini esirgemeyen meslektaşım Beyazıd ERER'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen değerli eşim Hasan ÖZDEN, annem Fazilet KALAFAT, babam Hüseyin KALAFAT, ablam Sema YILMAZ ile ağabeyim Serhat YILMAZ'a ve bununla birlikte uzakta da olsalar varlıklarını hep hissettiren ve beni destekleyen annem Fadimana ÖZDEN ve babam Ahmet ÖZDEN'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
ŞİMELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	5
2.1. MEVCUT YAPI SİSTEMLERİNİN TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ..5	
2.1.1. Kapsam ve Tanımlar	5
2.1.2. Binalardan Bilgi Toplanması	6
2.1.3. Bilgi Düzeyleri	6
2.1.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	8
2.1.5. Yapı Deprem Performans Düzeylerinin Belirlenmesi	9
2.1.6. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları	10
BÖLÜM 3	12
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	12
3.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ.....	23

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	25
YAPILARIN DEPREM PERFORMANSIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ	25
4.1. DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ.....	25
4.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	26
4.1.2. Mod Birleştirme Yönetimi	26
4.2. DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ.....	27
4.2.1. İtme Yöntemleri	27
4.2.1.1. Tek Modlu İtme Yöntemi	27
4.2.1.2. Çok Modlu İtme Yöntemi.....	28
4.2.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	28
4.3. BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	29
4.3.1. Eleman Güçlendirmesi	30
4.3.1.1. Kolonların Sarılması	30
4.3.1.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması	31
4.3.1.3. Kirişlerin Sarılması	32
4.3.2. Sistem Güçlendirmesi	32
4.3.2.1. Bölme Duvarlarının Güçlendirilmesi.....	33
4.3.2.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi.....	34
4.3.2.3. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi	34
4.3.2.4. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması.....	35
 BÖLÜM 5	 36
İNCELENEN BİNALARIN PERFORMANS DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ	36
5.1. ELE ALINAN İDARİ BİNA 1'E İLİŞKİN BİLGİLER.....	37
5.2. ELE ALINAN İDARİ BİNA 2'E İLİŞKİN BİLGİLER.....	68
 BÖLÜM 6	 115
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	115
6.1. İDARİ BİNA 1 İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	115
6.2. İDARİ BİNA 2 İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	118

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR	122
EK AÇIKLAMALAR A._NUMUNE SONUÇLARI	129
EK AÇIKLAMALAR B._NUMUNE SONUÇLARI.....	142
EK AÇIKLAMALAR C._MALİYET HESAP CETVEL DETAYI	147
ÖZGEÇMİŞ	151

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları	9
Şekil 2.2. Bina performans düzeyleri.....	10
Şekil 4.1. Kolon sargı uygulama görseli (a) Betonarme sargı uygulaması, (b) Çelik sargı uygulaması, (c) LP sargı uygulaması.....	30
Şekil 4.2. Kesit büyütme uygulaması	31
Şekil 4.3. Kiriş sargı uygulama görseli (a) Dıştan etriye ekleme uygulaması, (b) LP sargı uygulaması	32
Şekil 4.4. Bölge duvar güçlendirme uygulaması	33
Şekil 4.5. Betonarme perde güçlendirme uygulama görseli (a) Çerçeve sisteme betonarme perde ekleme uygulaması, (b) Çerçeve sisteme bitişik betonarme perde ekleme	34
Şekil 4.6. Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleme yöntemi.....	35
Şekil 5.1. İdari binaların uydu görüntüsü	36
Şekil 5.2. (a) İdari Bina-1 görseli (a) Ön cephe görseli, (b) Arka cephe görseli	37
Şekil 5.3. İdari Bina-1 tasarım spectrum bilgileri eğrisi (a) Yatay elastik spektrumu, (b) Düşey elastik spektrumu	39
Şekil 5.4. Alınan karot numune görselleri	40
Şekil 5.5. Sıyırma işlemi görselleri.....	41
Şekil 5.6. Temel muayene çukur işlemi görselleri.....	42
Şekil 5.7. Temel kesiti ve boyutları tespiti	43
Şekil 5.8. İdari Bina-1 STA4CAD yapı modeli görseli.....	44
Şekil 5.9. Tasarım depreme düzeyi DD2'ye göre yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları.....	45
Şekil 5.10. İdari Bina-1 zemin kat kalıp aplikasyon planı.	47
Şekil 5.11. DD2 deprem düzeyi performans sonucu Nonlineer analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analiz	48
Şekil 5.12. İdari Bina-1 performans sonucu	50
Şekil 5.13. Elemanları süneklik kontrolü.....	51
Şekil 5.14. Güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar	51
Şekil 5.15. Performans seviye durumu	52
Şekil 5.16. Güçlendirme perde detayı	53

Şekil 5.17. Konstrüktif perde ankraj detayı	53
Şekil 5.18. Güçlendirilmiş İdari Bina-1'e ait 3 boyutlu görsel.....	54
Şekil 5.19. DD2 Nonlinear analiz güçlendirme performans sonucu	54
Şekil 5.20. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı.	56
Şekil 5.21. DD2 deprem düzeyi güçlendirilmiş performans sonucu Nonlinear analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analiz.....	57
Şekil 5.22. İdari Bina-1 güçlendirilmiş performans sonucu	58
Şekil 5.23. Güçlendirilmiş performans seviye durumu	59
Şekil 5.24. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvvetleri...	61
Şekil 5.25. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban momentleri.....	62
Şekil 5.26. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum perde taşıma oranı yüzdesi	63
Şekil 5.27. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları.....	65
Şekil 5.28. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları	65
Şekil 5.29. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları yüzdesi	66
Şekil 5.30. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları yüzdesi	67
Şekil 5.31. İdari Bina-2 görseli (a) Ön cephe görseli, (b) Arka cephe görseli.....	69
Şekil 5.32. İdari Bina-2 tasarım spectrum bilgileri eğrisi (a) Yatay elastik spektrumu, (b) Düşey elastik spektrumu	70
Şekil 5.33. Alınan karot numune görselleri	72
Şekil 5.34. Sıyırma işlemi görselleri	73
Şekil 5.35. Temel muayene çukur işlemi görselleri.....	74
Şekil 5.36. Temel kesiti ve boyutları tespiti	74
Şekil 5.37. İdari Bina-2 STA4CAD yapı modeli görseli	75
Şekil 5.38. DD2'ye göre yapılan doğrusal olmayan analiz performans analizi sonucu	76
Şekil 5.39. İdari Bina-2 mevcut durum zemin kat kalıp aplikasyon planı.....	78
Şekil 5.40. DD2 deprem düzeyi performans sonucu Nonlinear analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analiz	79
Şekil 5.41. İdari Bina-2 performans sonucu	80
Şekil 5.42. Elemanların süneklik kontrolü.....	81

Şekil 5.43. Güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar	82
Şekil 5.44. Performans seviye durumu	82
Şekil 5.45. Güçlendirilmiş İdari Bina-2'e ait 3 boyutlu görsel.....	83
Şekil 5.46. 1.güçlendirme modeli 3 boyutlu görsel	84
Şekil 5.47. DD2 Nonlinear analiz 1. güçlendirme performans sonucu	84
Şekil 5.48. İdari Bina-2 1. güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı. 86	
Şekil 5.49. DD2 deprem düzeyi 1.güçlendirilmiş performans sonucu Nonlinear analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.....	87
Şekil 5.50. 1.güçlendirme performans sonucu.....	88
Şekil 5.51. 1.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü	89
Şekil 5.52. 1.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar	90
Şekil 5.53. 2.güçlendirme modeli 3 boyutlu görsel	91
Şekil 5.54. İdari Bina-2 için 2. alternatif güçlendirme tasarımının DD2 için yapılan doğrusal olmayan performans analizi sonucu.....	91
Şekil 5.55. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı. . 93	
Şekil 5.56. DD2 deprem düzeyi 2.güçlendirilmiş performans sonucu Nonlinear analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.....	94
Şekil 5.57. 2.güçlendirme performans sonucu.....	95
Şekil 5.58. 2.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü	96
Şekil 5.59. 2.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar	97
Şekil 5.60. 3.alternatif güçlendirme modelinin 3 boyutlu görsel.....	98
Şekil 5.61. 3. Alternatif güçlendirme tasarımının DD2'ye göre doğrusal olmayan performans analizi sonucu	98
Şekil 5.62. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı. 100	
Şekil 5.63. DD2 deprem düzeyi 3.güçlendirilmiş performans sonucu Nonlinear analiz davranış spectrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.....	101
Şekil 5.64. 3.güçlendirme performans sonucu.....	102
Şekil 5.65. 3.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü	103
Şekil 5.66. 3.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar	104
Şekil 5.67. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvvetleri. 106	
Şekil 5.68. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban momentleri.....	107
Şekil 5.69. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum perde taşıma oranı yüzdesi	108

Sayfa

Şekil 5.70. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları.....	110
Şekil 5.71. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları	111
Şekil 5.72. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları yüzdesi	112
Şekil 5.73. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları yüzdesi	113
Şekil Ek A.1. İdari Bina-1 kat kalıp planları (a) Bodrum kat kalıp planı, (b) Zemin/normal kat kalıp planı.....	130
Şekil Ek A.2. İdari Bina-1 güçlendirilmiş kat kalıp planları (a) Güçlendirilmiş bodrum kat kalıp planları, (b) Güçlendirilmiş zemin/normal kat kalıp planı....	132
Şekil Ek A.3. İdari Bina-2 kat kalıp planları (a) Bodrum kat kalıp planı, (b) Zemin/normal kat kalıp planı.....	134
Şekil Ek A.4. İdari Bina-2 1. Güçlendirme modeli kat kalıp planları a) 1.güçlendirme modeli bodrum kat planı, (b) 1.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.....	136
Şekil Ek A.5. İdari Bina-2 2.güçlendirme modeli kat kalıp planları (a) 2.güçlendirme modeli bodrum kat kalıp planı, (b) 2.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.....	138
Şekil Ek A.6. İdari Bina-2 3.güçlendirme modeli kat kalıp planları (a) 3.güçlendirme modeli bodrum kat kalıp planı, (b) 3.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.....	140
Şekil Ek B.1. İdari Bina-1'e ait tüm karot numune sonuç grafikleri.	144
Şekil Ek B.2. İdari Bina-2'e ait tüm karot numune sonuç grafikleri.	146

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	7
Çizelge 2.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları	7
Çizelge 2.3. Yeni yapılacak veya mevcut betonarme binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme veya tasarım yaklaşım esasları	11
Çizelge 4.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	26
Çizelge 4.2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	27
Çizelge 5.1. İdari Bina-1 yapı bilgileri	38
Çizelge 5.2. Alınan karot numunelerinin ortalama basınç testi sonucu	40
Çizelge 5.3. İdari Bina-1 yapısal çözümlenmelerde kullanılan malzeme özellikleri	44
Çizelge 5.4. İdari Bina-1 mevcut durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları	46
Çizelge 5.5. İdari Bina-1 mevcut durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	48
Çizelge 5.6. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları	55
Çizelge 5.7. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	57
Çizelge 5.8. İdari Bina-1'in mevcut durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları	60
Çizelge 5.9. İdari Bina-1'in güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları	60
Çizelge 5.10. İdari Bina-1 mevcut durumda örnek alınan SZ33 kolonuna ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri	63
Çizelge 5.11. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durumda mantolonan SZ41 kolonuna ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri	64
Çizelge 5.12. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları	64
Çizelge 5.13. İdari Bina-2 yapı bilgileri	70
Çizelge 5.14. Alınan karot numunelerinin ortalama basınç testi sonucu	72
Çizelge 5.15. İdari Bina-2 yapısal çözümlenmelerde kullanılan malzeme özellikleri	75

Çizelge 5.16. İdari Bina-2 mevcut durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları.....	77
Çizelge 5.17. İdari Bina-2 mevcut durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	79
Çizelge 5.18. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları	85
Çizelge 5.19. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	87
Çizelge 5.20. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları	92
Çizelge 5.21. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	94
Çizelge 5.22. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları	99
Çizelge 5.23. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler	101
Çizelge 5.24. İdari Bina-2 mevcut durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları	104
Çizelge 5.25. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları.....	105
Çizelge 5.26. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları.....	105
Çizelge 5.27. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları.....	105
Çizelge 5.28. İdari Bina-2 mevcut durumda örnek alınan SZ40 kolonuna ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri	108
Çizelge 5.29. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durumda mantolonan SZ44 kolonuna ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri	109
Çizelge 5.30. İdari Bina-2 mevcut ve 1.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları.....	109
Çizelge 5.31. İdari Bina-2 mevcut ve 2.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları.....	109
Çizelge 5.32. İdari Bina-2 mevcut ve 3.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları.....	110
Çizelge 6.1. İdari Bina-1 için yapılan etüd çalışmaları.....	115
Çizelge 6.2. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için performans analizi	117
Çizelge 6.3. İdari Bina-2 için yapılan etüd çalışmaları.....	118

Sayfa

Çizelge 6.4. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için performans analizi	120
Çizelge Ek B.1. İdari Bina-1 alınan tüm karot numune sonuçları	143
Çizelge Ek B.2. İdari Bina-2 alınan tüm karot numune sonuçları	145
Çizelge Ek C.1. Maliyet hesap cetvel detayı.....	148

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: yüzde
°	: derece, açı birimi
C25/30	: beton sınıfları
cm	: santimetre
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3:	50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
ϵ_c	: beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_u	: maksimum birim şekildeğiştirmesi
H_N	: bina toplam yüksekliği
I	: bina önem katsayısı
kg	: kilogram
kN	: kilo newton
m	: metre
m^2	: metre kare
m^3	: metre küp
min.	: minimum
mm	: milimetre
MPa	: mega paskal
Ø	: çap
R_a	: taşıyıcı sistem davranış katsayısı
tm	: ton metre
V_e	: kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
β_v	: perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
η_{bi}	: i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ASCE	: ASCE/SEI 41 Seismic Rehabilitation Standard (Update to ASCE/SEI Concrete Provisions)
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BM	: Betonarme Manto
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfları
CFRP	: Carbon Fiber Reinforced Polymer (Karbon Elyaf Takviyeli Polimer)
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılar Hakkında Yönetmelik
DD-1	: Deprem Düzeyi 1
DD-2	: Deprem Düzeyi 2
DD-3	: Deprem Düzeyi 3
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfları
EKO	: Etki Kapasite Oranı
EUROCOD	: Design of Structures for Earthquake Resistance (Avrupa Birliği Deprem Yönetmeliği)
GÖ	: Göçme Öncesi Hasar
KH	: Kontrollü Hasar
KK	: Kesintisiz Kullanım
LP	: Lifli Polimer
SAP2000	: Structural Analysis Program (Yapısal Analiz Programı)
SH	: Sınırlı Hasar
STA4CAD	: Structural Analysis for Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım için Yapısal Analiz)
ŞDGT	: Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TDBY 2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TS	: Türk Standartları
XTRACT	: Kesit Analiz Programı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Türkiye gibi sismik hareketliliğin fazla olduğu coğrafyalarda meydana gelen depremler, kimi bölgelerde daha yıkıcı kimi bölgelerde ise daha az yıkıcı olabilmektedir. Depremde yıkımın ölçütü dolaylı olarak depremin büyüklüğü ile ilişkilendirilebilse de esas neden yapı stokunun depreme karşı yeterli düzeyde dayanıklı olmamasıdır. Bu nedenle depremler kimi bölgelerde neden oldukları maddi ve manevi kayıplar nedeniyle insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük felaketselere dönüşebilir. Nitekim 6 Şubat 2023 tarihinde aynı gün içinde birbirine yakın bölgelerde gerçekleşen 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki iki büyük depremin yıkıcılığı Cumhuriyet tarihimizde dünyada eşi görülmemiş ölçekte olmuştur.

Türkiye’de Cumhuriyet tarihi boyunca 6 Şubat 2023 tarihine kadar yaşanan depremleri kronolojik olarak sıraladığımızda ilk 5 sıradaki depremin; 1939 Erzincan Depremi (7.9), 1943 Ladik Samsun depremi (7.2), 1976 Van depremi (7.5), 1999 Gölcük depremi (7.8), 1999 Düzce depremi (7.5) şeklinde olduğunu görmekteyiz. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahraman Maraş merkezli depremler de bu listeye eklendiğinde yaşanan en büyük 5 depremin 4’ünün son 30 yılda gerçekleştiği söylenebilir. Deprem yönetmelikleri yaşanan depremler ve gelişen yeni teknolojiler ışığında revizyona uğramaktadır.

Yapıların deprem performansının belirlenmesi konusu özellikle son on yılda meydana gelen yıkıcı depremlerden sonra deprem mühendisliği konuları için önemli bir gündem haline gelmiştir [1].

Depremlerin neden olduğu hasarlar binaların sağlamlığı ve depreme dayanıklılığı konusunda daha fazla araştırma ve denetleme yapılmasını sağlamıştır. Bununla birlikte yapı projelendirme ve inşasında belirli kurallara ihtiyaç duyulmuştur. Böylece yapı inşasında kullanılan yönetmelikler ortaya çıkmıştır [2]. Türkiye’nin coğrafi konumu

göz önünde bulundurulduğunda bir deprem ülkesi olması sebebi ile yapıların projelendirilmesinden inşasına kadar her aşamada sıkı denetimlerin yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Deprem Yönetmeliği kavramı ile Türkiye 1975 yılından itibaren tanışmış ve bu tarihten beridir yapı projelendirmelerinde deprem yönetmelikleri kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ve hesaplama alanındaki yenilikler bu yönetmeliklerin geliştirilip değiştirilme ihtiyacını doğurmuştur. Ülkemizde yakın tarihte yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) bir önceki yönetmelik olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)'den bazı farklılıklar içermektedir. Yönetmeliklerin güncellenmesi ve yenilenmesi hususu; gelişen teknoloji ile ortaya çıkan yeni yapıım teknikleri ve sismik hareketleri geçmiş dönemlere göre daha iyi seviyede takip edebiliyor olmamızdan ileri gelmektedir.

Birbirini takip eden iki yönetmelik (DBYBHY 2007 / TBDY 2018) arasındaki farklılıklardan ilki deprem bölgesi tanımı olup, güncel yönetmelikte deprem bölgesi tanımı (I, II, III, IV ve V. Bölge) kaldırılmıştır. Bu tanım ile DBYBHY 2007'de daha genel deprem hesapları yapılırken TBDY 2018'e göre artık Türkiye'de her yerleşim birimi için daha hassas deprem verilerinin elde edilebildiği AFAD tarafından sağlanan "Türkiye Deprem Tehlike Haritası" vasıtasıyla konum bazlı sismik verilere dayalı bir deprem hesabı sistemine geçilmiştir.

Bir başka farklılık ise yapıları yüksekliklerine göre ayıran bina yükseklik sınıfı (BYS) kavramıdır. Bu kavram ile çeşitli binalar için farklı yükseklik kısıtları belirtilerek 8 farklı yükseklik tanımı yapılmıştır. Bahsedilen yükseklik sınıfları için belirtilen tasarım ilkeleri yine yönetmelik içerisinde ilgili bölümlerde sunulmuştur.

DBYBHY 2007'de mevcut binalar için göz önüne alınan performansa dayalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı TBDY 2018'de geliştirilerek hem yeni inşa edilecek binalar hem de mevcut binalar için detaylı şekilde irdelenmiştir.

TBDY 2018'de deprem etkisi altında yapısal sistem tasarımının yapılması konusunda dayanıma göre tasarım (DGT) ve şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım

(ŞGDT) olmak üzere iki temel yaklaşıma yer verilmiştir. DGT yaklaşımı, doğrusal hesap ilkelerinin kullanıldığı, binaların yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik şartlarını sağlayacak şekilde dizayn edilmesini öngören kuvvete dayalı tasarım yaklaşımıdır. ŞGDT yaklaşımı, elastik ötesi lineer olmayan yöntemlerle taşıyıcı sistemde yer alan elemanların dayanım ve şekildeğiştirme talepleri hesaplanarak bunlara karşılık gelen dayanım ve şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırıldığı tasarım yaklaşımıdır [3].

Mevcut yapıların deprem performansı TBDY 2018 yönetmeliğe göre lineer veya lineer olmayan hesap yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Lineer hesap yöntemi; kuvvet kontrollü bir yöntem olup, deprem kuvvetinin taşıyıcı sistem elemanlarına etkisi esasına dayanmaktadır. Lineer olmayan hesap yöntemi ise; deplasman kontrollü bir yöntem olup, taşıyıcı sistem elemanların deprem etkisi altında plastik şekildeğiştirme kapasitesini değerlendirmektedir [4]. Her iki yöntemde de binaların deprem etkisi altındaki performansları için büyük oranda doğru sonuçlar elde edilmektedir. Mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi işi için her iki yöntemde de zaman ve paraya ihtiyaç duyulmaktadır [5].

Betonarme yapıların zaman içerisinde yıpranması, yapının üzerinde bulunduğu zeminde oturmaların olması, mevcut bir yapının kullanım amacının değişmesi, uygun koşullarda imal edilmemiş beton ile inşa edilmesi, mevcut yapının taşıyıcı sisteminde sonradan birtakım değişikliklerin yapılması, yapının deprem kuvveti alması, yapım aşamasında gerektiği şekilde kontrollerin yapılmaması ve yapıların inşası hakkındaki yönetmeliklerin değişmesi mevcut yapılarda güçlendirme ihtiyacını doğurmaktadır. Mevcut birçok binanın herhangi bir inceleme yapılmaksızın yıkılıp yeni yönetmeliklere göre tekrar yapılması mühendisliğin ekonomiklik ilkesine uygun bir davranış olmayacağı için gerekli testler yapıldıktan sonra, yapının performans hedefinin güçlendirme ile artırılabilceği değerlendirilebiliyor ise yapıların güçlendirilmesi daha uygun olacaktır. Bu durum hem maliyet açısından hem de zaman bakımından oldukça önemlidir [6]. TBDY 2018 yönetmeliğe göre, mevcut yapıların deprem performans analiz sonucu can güvenliğini sağlayamayan her yapı için sistem veya eleman bazında çeşitli güçlendirme yöntemleri detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Bu alışma kapsamında; incelenen KARDEMİR AŐ'ye ait mevcut betonarme binalar sahip oldukları fiziksel koşullar göz önünde bulundurularak paket program vasıtasıyla modellenmiş ve günümüz şartlarında tasarım deprem düzeyleri etkisi altındaki performans analizleri yapılmıştır.

BÖLÜM 2

TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut betonarme binaların taşıyıcı sistemlerinin deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanması gereken performans analizi öncesi adımlar ve ilgili kurallar TBDY2018'e göre bu bölümde incelenmiştir.

Mevcut binaların taşıyıcı sistem durumunu tahlil edebilmek için bina hakkındaki bilgi düzeyinin sınırlı veya kapsamlı olma durumlarına göre analiz aşamalarındaki girdiler değişebilmektedir. Bu kapsamda yüksek lisans tezine konu olan KARDEMİR A.Ş.'nin binaları için de değerlendirmeler göz önüne alınmış, binaların taşıyıcı sistemini oluşturacak olan elemanlara ait kesit hasar bölgeleri ve yapıların performans düzeylerinin nasıl belirleneceği irdelenmiştir.

2.1. MEVCUT YAPI SİSTEMLERİNİN TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1.1 Kapsam ve Tanımlar

Türkiye'nin sismik açıdan oldukça hareketli bir coğrafyada yer alması sebebiyle sismolojik açıdan kendisine benzer tüm ülkelerde inşa edilmiş veya edilecek binaların deprem güvenliğinin tespiti önemlidir. Özellikle son zamanlarda yaşanan depremler kimi ülkelerin deprem güvenli yapı konusunda ve depreme hazırlık noktasında eksik yönlerinin bulunduğunu göstermiştir. Bu kapsamda mevcut yapıların olası depremlere karşı dayanımlarının tespiti büyük önem taşımaktadır. Türkiye özelinde değerlendirdiğimizde bugüne kadar yapılan incelemelerde görülen eksiklikler giderilerek bu yönetmelikle birlikte mevcut yapıların değerlendirilmesini ve uygulanabilecek metotları içeren kriterlere yer verilmiştir. Ayrıca yetersiz olduğu belirlenen binalar için farklı tipte güçlendirme metotları ile ilgili açıklama ve

tanımlamalar sunulmaktadır. Mevcut bir yapının değerlendirilebilmesi için öncelikli olarak yapı hakkında detaylı bilgi toplanması gerekmektedir.

2.1.2 Binalardan Bilgi Toplanması

TBDY 2018 yönetmeliğinde ifade edilen mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem mukavemetlerinin değerlendirilmesinde yapısal bilgilere ait verilerin toplanması önem teşkil etmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının tespit edilmesi, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özelliklerinin tespit edilmesi, mevcut deformasyonlar ve önceden yapılmış olan tadilat veya güçlendirmelerin tespit edilmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi ve özelliklerinin tespit edilmesi ve sahada toplanan bütün verilerin yapının varsa projesine uygunluğunun kontrolü bu kapsamda yapılması gereken işlemler olarak tanımlanmaktadır [7].

Her yapı için yukarıda ifade edilen bütün bilgilere erişmek mümkün olmayabilir. Mevcut yapıların dış etkiler (örneğin geçmişte depremlere maruz kalması) sonrası yapıda ne oranda taşıma gücü kaybına neden olduğu gibi konular yapının kullanım süresince taşıyıcı sistemine ait olan belirsizliklerdendir. Bu bağlamda mevcut yapı, yeni yapılacak binalarla kıyaslandığında belirsizlikler daha fazladır. Bu belirsizlikler, TBDY 2018 yönetmelikte belirtilen bilgi düzeyi katsayıları dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

2.1.3. Bilgi Düzeyleri

Bölüm 2.1.2 de ifade edilen belirsizlikleri göz önüne alabilmek için mevcut binadan toplanan mevcut durum bilgilerine göre TBDY2018'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları Çizelge 2.1'de tanımlanmaktadır.

Çizelge 2.1. Binalar için bilgi düzeyi ve katsayıları [8].

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

Bilgi düzeyleri sınırlı ve kapsamlı olarak sınıflandırılmaktadır. Sınırlı bilgi düzeyinde binada yapılacak ölçümlere göre binanın taşıyıcı sistem özellikleri belirlenmektedir. Sınırlı bilgi düzeyi, Çizelge 2.2’de açıklanmış olan bina kullanım sınıflarında (BKS) “3” değerine karşılık gelen bina türleri için uygulanmaktadır. Kapsamlı bilgi düzeyinde daha fazla ölçüm yapılmaktadır. Malzeme mukavemetleri özellik belirtilmedikçe mevcut malzeme dayanımları esas alınmaktadır [8].

Çizelge 2.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları [8].

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	I = 1,5
	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	
BKS = 2	d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	I = 1,2
	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	
BKS = 3	Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb	I = 1,0
	Diğer binalar	
	BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.	

Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi; Çizelge 2.2’de belirtilen diğer binalar kapsamına giren yapılar için uygulanmaktadır. Sınırlı bilgi düzeyi kabulü yapılan binaların modeli, TBDY 2018 yönetmeliğine göre sahada yapılacak uygulama doğrultusunda bina geometrisi, kullanılacak eleman detayları ve malzeme özellikleri belirlenmiştir.

Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyinde ise bir önceki bilgi düzeyine oranla daha çok ölçüm yapılmaktadır. Kapsamlı bilgi düzeyi kabulü yapılan yapıların analizi için, TBDY 2018 yönetmeliğine uygun şekilde sahada yapılan uygulamalar doğrultusunda bina geometrisi, kullanılacak eleman detayları ve malzeme özellikleri belirlenmiştir.

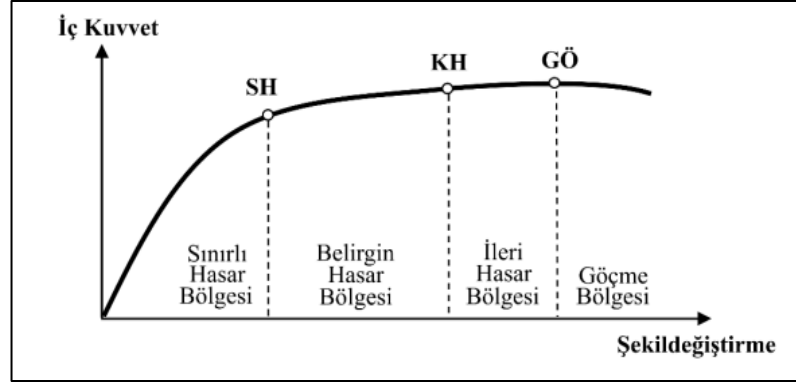
2.1.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapılar için en önemli kavramların başında gelen süneklik, deprem etkisi nedeniyle elastik ötesi davranışta şekil değiştirme ve yer değiştirmeler artarken yapısal elemanın dayanımının önemli bir kısmını kaybetmeden tesir eden kuvvete karşı direnç göstermeye devam edebilmesi özelliği olarak tanımlanmaktadır. Yapı elemanının hasar sınırı ve hasar durumu bağlamında değerlendirildiğinde sünek davranış sergilemesi istenmektedir [8].

TBDY 2018 [8] yönetmeliğinde sünek davranış sergileyen elemanlar için kesit düzeyinde Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olmak üzere üç hasar durumu ve sınırları belirtilmektedir. Kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranış varsa sınırlı hasar olarak, kesit mukavemetinin güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranış varsa kontrollü hasar olarak ve kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranış söz konusu ise göçme öncesi hasar ile ifade edilmektedir. Bu sınıflandırma sünek davranış gösteren elemanlar için yapılmaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlar bu tür bir sınıflandırmaya tabi tutulmamakta, her koşulda yapıda gevrek elemanlar istenmemektedir.

TBDY 2018 yönetmeliğinde yapının kritik kesitlerindeki hasar seviyesi Sınırlı Hasar’a (SH) ulaşmayan elemanların Sınırlı Hasar Bölgesi’nde, SH ile KH arasında kalan

elemanların Belirgin Hasar Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ' yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde olduğu değerlendirilmektedir. Şekil 2.1'de yönetmelikte verilen kuvvet-şekil değiştirme grafiğinde kesit hasar sınırları gösterilmektedir [8].



Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları [8].

Taşıyıcı sistem elemanlarının iç kuvvet veya şekil değiştirmeleri TBDY 2018 yönetmeliğinde tanımlanan doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle hesaplanarak, Şekil 2.1'de belirtilen iç kuvvet-şekil değiştirme grafiği göz önüne alınarak kesit hasar sınırı belirlenmektedir. Bu aşamadan sonra eleman bazında hasar seviyesinin belirlenmesine geçilmekte olup, eleman hasarı en çok hasar gören kesite göre belirlenmektedir [8]. Eleman hasarının ardından kat hasarı tespit edilmekte ve nihayetinde yapının performansı belirlenmektedir.

2.1.5. Yapı Deprem Performans Düzeylerinin Belirlenmesi

Binaların performans seviyeleri, TBDY 2018 yönetmeliğinde oluşabilecek hasar durumlarına göre dört farklı performans düzeyinde tanımlanmıştır. Bu hasar durumları;

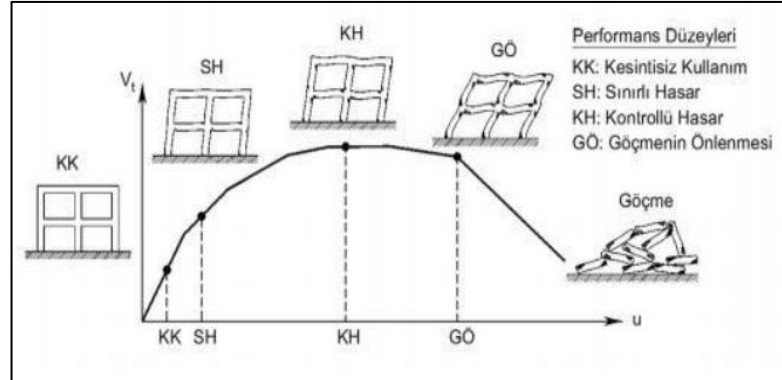
Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi: Taşıyıcı elemanlarda deformasyonun olmadığı veya ihmal edilebilir ölçüde olduğu durumlar için geçerli olan performans düzeyidir.

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi: Yapısal elemanlarda belirli seviyede deformasyonun olduğu durumlar için geçerli olan performans düzeyidir.

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi: Taşıyıcı elemanlarda hafif ve onarılması muhtemel olan deformasyon seviyesine karşı gelen performans düzeyidir.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi: Yapısal elemanlarda ağır seviyede deformasyonun olduğu göçme öncesine karşılık gelen performans düzeyidir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlendiği durumdur.

TBDY2018’de yukarıda açıklanan bina performans düzeyleri Şekil 2.2’de verilen yük deplasman grafiği üzerinde farklı performans düzeylerinde yapı davranışı sembolize edilmiştir.



Şekil 2.2. Bina performans düzeyleri [8].

2.1.6. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları

TBDY 2018’de tanımlanan deprem tasarım sınıflarına göre bağlı deprem yer hareketi düzeyleri dikkate alınarak mevcut yapıların deprem etkisi altındaki bina performans hedefleri doğrultusunda binalarda hedeflenen performans düzeylerini açıklamaktadır. Çizelge 2.3’te yapılacak yeni veya mevcut betonarme yapılar için bina performans hedefi ve uygulanacak olan değerlendirme veya tasarım yaklaşım esasları gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Yapılacak yeni veya mevcut betonarme binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme veya tasarım yaklaşım esasları [8].

Deprem Yer Hareket Düzeyi	DTS = 1, 2, 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

BÖLÜM 3

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusunda yapılan literatür araştırmalarına yer verilmiştir.

Çakıroğlu (1975) çalışmasında, yapıya etkileyen ve en olumsuz şartları oluşturan deprem koşullarını belirlemiştir. Bu bağlamda, deprem etkisi altında doğrusal davranış gösteren taşıyıcı sistemlerin hareket denklemlerini elde etmiş olup, en olumsuz değer nasıl elde edileceğini belirlemiştir. Ayrıca, deprem yer hareketi süresince, iç kuvvetlerin en elverişsiz değerlerini elde edebilecek bir formül önermiştir. Çalışmada, deprem yüklerinin yapı planındaki yatay ve düşey doğrultularından etkimesi durumunda elde edilen deplasman, iç kuvvet, gerilme gibi davranışlar için yapılan kesit tasarımının, bazı durumlarda gerekli koşulları sağlayamadığını belirtmiştir [9].

Çakıroğlu (1987) çalışmasında, deprem yüklerinin olabilecek tüm ara doğrultulardan etkimesi durumu için birleştirilmiş iç kuvvetlerin, bir elips üzerinde tanımlanabileceğini belirtmiştir. Çalışmada, elipsin belirlenmesi ve elips üzerindeki her bir nokta için eleman tasarımının oldukça zor olması nedeniyle, elips üzerindeki birçok elverişsiz nokta civarında sonuçları elde etmek için bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem ile eleman tasarımının doğrusal veya doğrusal olmayan teoremin esas alınarak yapılabileceği belirtmiştir. Çalışmanın sonunda, önerilen yöntemin sayısal uygulaması iki örnek üzerinde gösterilmiştir [10].

Öztorun ve Çıtıptıoğlu (1997) yapmış oldukları çalışmada, geçmiş depremlerin yapılarda bıraktığı hasarlar göz önüne alınarak, tasarım ve inşaat aşamasında uygulanmasında fayda sağlayabilecek bazı önerilere yer vermişlerdir. Bu öneriler, perde duvarların yerleştirilmesi ve döşemelerde oluşan düzlem içi gerilmeler, kolon düşey donatısının döşeme üzerinde ve kat ortasında olmak üzere iki ayrı kesitte

bindirme ile ilave edilmesi, bölme duvarların dayanımlarının tasarım sırasında hesaba katılması, kolon-kiriş birleşim yerlerinde inşaat aşamasında oluşan soğuk derzlerin kesme anahtarları kullanılarak aşılması, şeklinde açıklanmıştır [11].

Ekinci (2002) çalışmasında, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998'i inceleyerek, kavramlar ve yaklaşımları özetlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre hesap yöntemleri üç adet planda ve düşeyde farklı çok katlı yapıya uygulamıştır. Mod Birleştirme, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemleri kullanılarak her biri için, kat kesme kuvvetleri ve kat yer değiştirmelerini belirlemiştir. Master düğüm noktalarına ait yer değiştirmeler de bulunmuş, değerler karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiklerle açıklamıştır. Tüm uygulamalarını SAP 2000 programı ile analizler gerçekleştirerek yapmıştır [12].

Öztorun, Çelik, Yıldızlar, Damcı ve Gürsoy (2002) yapmış oldukları çalışmada, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binalarının onarım ve güçlendirme analizleri sonucunda, mevcut temel sisteminin yetersiz kaldığı ve büyütülmesi gerektiğini belirtmiş, eski ve yeni yapısal elemanların monolitik bir davranış içinde çalışması sağlanarak, zemin-yapı etkileşiminin göz önüne alınması gibi amaçlarla detaylı analizler gerçekleştirmiştir. Yapılan detaylı analizler sonucunda, mevcut temel sistemi ve ilave edilecek kısımlar üç boyutlu (solid) kübik sonlu elemanlarla modellenmiş, donatı ve filizler ise kafes kiriş elemanlar ile tanımlanmıştır. Zemin-yapı etkileşimi ise yay elemanları kullanılarak göz önüne alınmıştır [13].

Altun, Kara, Haktanır, Özcan, Karahan ve Kaya (2002) yapmış oldukları çalışmada, inşaat sonrası işletmeye açılmadan çatlakların başladığı bir yapı için hazırlanmış olan güçlendirme projesi aşamalarını ele almışlardır. Güçlendirme projesi hazırlama çalışmasında, yapıda düşey yüklerin oluşturduğu farklı deplasmanları ve deformasyonları önlemek için "kolon mantolama-perdeleme-temel takviyesi" sistemi kullanılarak yapı dayanımını arttıran bir çözüme gidilmiştir [14].

Öztorun, Çelik, Yıldızlar ve Gürsoy (2003) yapmış oldukları çalışmada, inşaat aşamasında çeşitli nedenlerle ağır bir korozyon hasarına uğramış olan İ.Ü. Mühendislik Fakültesi bloklarının, 1999 Marmara depremiyle birlikte artan deprem

hasarlarının giderilmesine yönelik yapılan onarım ve güçlendirme tekniklerine değinmişlerdir. Yapılan detaylı analizler sonucunda tercih edilen sistem, kısa kenara paralel, bina dışına doğru ve uzun kenara paralel dış akslarda ilave perde eklenmesi olmuştur [15].

Sezen vd. (2003) yapmış oldukları çalışmada, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremindeki betonarme yapıların performansı ve Türkiye'deki inşaat uygulamaları hakkında çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda yapıların zarar görmesine neden olan etmenleri şu şekilde sıralamışlardır: Zayıf kolonlar, kiriş-kolon derzlerinde zayıf detaylandırma, güçlendirilmemiş dolgu duvarlar [16].

Sayın, Yıldızlar ve Kaplan (2004) yapmış oldukları çalışmada, betonarme yapılarda taşıyıcı eleman olarak ele alınmayan, yalnızca sistem analizlerinde yer alan dolgu duvarlar üzerinde deneysel ve analitik çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, dolgu duvarların sistem davranışını önemli ölçüde etkileyebildiklerini ve diyagonal basınç çubuğu olarak modellenip yatay yük etkisine maruz bırakıldığında, dolgu duvarlı çerçevenin çıplak çerçeveye oranla daha rijit davranabildiği sonucuna ulaşılmıştır [17].

Yıldızlar (2004) çalışmasında, betonarme yapılarda, kolonlara sargı yapılması, açıklıkta ilave betonarme perdeler yerleştirilmesi, çerçeve dışına ilave betonarme perdeler yapılması gibi güçlendirme uygulamalarının avantaj ve dezavantajlarını araştırmış, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Eğitim Hastanesi binasının performans hesabında bazı varsayımlar doğrultusunda davranışını incelemiştir [18].

Önal ve Tokgöz (2005) yapmış oldukları çalışmada, deforme olmuş betonarme kirişlerin onarılması konusuna odaklanarak, onarılan kiriş davranışını araştırmıştır. Bu çalışma, 6 adet referans kiriş, 6 adet alttan U şeklinde etriyeler ve ilave çekme donatısı ile mantolanan toplam 12 kiriş üzerinde yapılmıştır. Onarım sonucunda kesit alanının büyümesi ve donatı yüzdesinin artmasının; kirişlerin rijitleşmesine, yük taşıma kapasiteleri ve enerji yutma kapasitelerinin artmasına neden olduğu görülmüştür. U şeklindeki etriye ile yapılan kiriş onarımlarını basit ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle önermiştir [19].

Öztorun (2006) çalışmasında, düzgün aks sistemine sahip olan ve çevresinde yeterli boşluk alanı bulunan betonarme binaların dışarıdan perde duvar ile güçlendirilmesine yönelik bir yöntem önermiştir. Yaptığı çalışma ile güçlendirmenin dışarıdan yapıldığında imalatının daha hızlı, kolay olabileceği, maliyeti azalttığı, dışta imal edilen perde duvarlar ile her iki doğrultuda yapıya minimum malzeme ile maksimum mukavemet artışı sağlandığı, ilave temellerin yapıya zarar vermeden eski betonla yeni sistemin birlikte çalıştığı sonucuna ulaşmıştır [20].

Dilek (2006) çalışmasında, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapıya gelen deprem yüklerini belirlemiştir. 98 Yönetmeliğinin genel prensip ve kuralları tanıtılıp deprem hesap yöntemleri ve betonarme yapıların çerçeve sistemleri ile ilgili tasarım kuralları verilmiştir. Çalışma kapsamında betonarme perde duvar ve çerçeve sistemden oluşan çok katlı betonarme bir yapının tasarımı yapılmıştır. Yapının 3 boyutlu modellenmesi sonlu elemanlar analiz programı ile yapılmış, yapıdaki deprem etkisi, “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ve “Mod Birleştirme Yöntemi” ne göre analiz edilerek incelenmiştir. Sonlu elemanlar analiz programından elde edilen sonuçlar kullanılarak, zemin kat betonarme perdeleri, kolon ve kirişleri için analizler yapılmıştır [21].

Öztürk ve Onur (2006) yapmış oldukları çalışmada, belirlenen bir örnek yapının mevcut durumunu incelemiş, yapıda düzensizliklerin olduğunu, yapının moment kapasitesi, kesme kuvveti ve düşey yük taşıma gücü yetersizliklerinin bulunduğunu belirlemiş ve bu yetersizlikleri ortadan kaldırmak amacıyla mevcut yapıya betonarme perde duvar, kiriş, kolon, döşeme ve temel gibi taşıyıcı elemanlar ekleyerek 7 adet güçlendirme modeli oluşturulup yapının niteliklerini irdelemiştir. Modeller arasında en yeterli sonuçları veren model seçilerek yetersizlikler ilavelerle giderilmiştir [22].

Kaltakçı, Arslan ve Yılmaz (2006) yapmış oldukları çalışmada, iki katlı iki açıklıklı, 1/3 geometrik ölçekle modellenen, depreme karşı dayanımı yetersiz olan 8 adet eşdeğer betonarme çerçevenin 4 adedi boş, 4 adedi ise betonarme perde ile güçlendirilerek, tekrarlı yatay yük altında incelemiştir. Çalışma sonucunda, dış perde duvar ilavesi ile mevcut betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesi önemli oranda (3.74 ile 4.19 kat arasında) artmıştır. Çalışma ile; güçlendirilmiş yeni sistemin

başlangıç rijitliği güçlendirilmemiş çerçevelere göre 6.21 ile 8,26 kat, maksimum yükteki rijitlikleri ise 1.46 ile 8.52 kat arasında arttığı sonucuna ulaşılmıştır [23].

Kaplan, Yılmaz ve Tama (2006) yapmış oldukları deneysel çalışmada, yapıyı güçlendirmek için sonradan ilave edilen dış perdelerin yapı ile birlikte çalıştığını deneysel olarak kanıtlamıştır. Yöntemin uygulandığı örnek yapının güçlendirmeden önceki ve sonraki performansları karşılaştırıldığında, yapı rijitliğinin oldukça arttığı, kat deplasmanlarının %90 oranında azaldığı görülmüştür [24].

Kuyucular (2006) çalışmasında, bir yapının en alt katının ‘havuz dış perde’ ile tamamen kuşatılması ve üst katlara ait yeni güçlendirme perdelerinin de bu havuz dış perdeye oturtulması ile ilgili bir öneri getirmiştir [25].

Demir, Türkmen, Korkmaz, Tekeli ve Çırak (2006) yapmış oldukları çalışmada, yeni betonarme perdelerle güçlendirilmiş yapılarda, perde-kolon ve perde-kiriş yüzeylerindeki aderans çözümlerine bağlı yapısal davranış ve bunun elemanlar ve yapı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Modellemede bu davranış farklı rijitlikte yay elemanları kullanılarak dikkate alınmıştır. Yapılan çözümlerden elde edilen yatay yük taşıma kapasiteleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur [26].

Bal vd. (2007) çalışmasında, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre Türkiye’de birçok yapının güvensiz olduğunu belirtmiştir. Bu yapıların, deprem esnasında göçme riskini analiz etmek için itme yönteminin kullanılmasının zor olacağına değinmiştir [27].

Çelik vd. (2007) çalışmalarında, “Kanada Sismik Tarama Yöntemi” ile Avrupa kentlerindeki farklı türdeki yapıların deprem riskini değerlendirmek istemiştir. Seçtikleri 9 adet konsolosluk işlevli yapıdan 2 adet yapıda Kanada Sismik Tarama Yöntemini uygulamış, bu yöntemin Türkiye’deki yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde kullanılabileceğini fakat yumuşak kat düzensizliğinin bulunmasının yöneme etkiyebilecek en olumsuz durum olduğu sonucuna varmıştır [27].

Ersoy (2007) çalışmasında, sistem iyileştirilmesinde oldukça fazla kullanılan dolgu çerçeve yöntemi Ersoy (2007) çalışmasında, sistem iyileştirilmesinde oldukça fazla kullanılan dolgu çerçeve yöntemi ile ilgili ODTÜ’de sürdürdükleri deneysel çalışmalara değinmiş ve onarım/güçlendirme aşamasında boşaltılabilecek binalar için “Betonarme Dolgu Çerçeve Yöntemi”nin kullanımı engellemeden yapılacak güçlendirmede ise, mevcut dolgu duvarların CFRP veya benzeri bir malzeme veya prefabrik panolarla güçlendirilmesine dayanan yöntemleri önermiştir [28].

Yılmaz (2007) yapmış olduğu deneysel çalışmada, Pamukkale Üniversitesi laboratuvarında 1/3 ölçeğinde üretilmiş iki katlı üç adet üç boyutlu betonarme modeller oluşturmuştur. Çalışma kapsamında üç adet numune üretilmiş, tersinir tekrarlı yük altında testleri gerçekleştirilmiştir. İlk deneyde, birinci model güçlendirilmeden denenmiş ve hasar verilmiş, ikinci deneyde ikinci modele hasar verilmiş ve epoksi enjeksiyonu ile onarıldıktan sonra dış betonarme perde ilavesi ile güçlendirilerek davranışı incelenmiştir. Üçüncü deneyde ise hiç hasar görmemiş olan üçüncü model aynı tip betonarme dış perde duvar ilavesi ile güçlendirilerek davranışı incelenmiştir. Çalışmalar neticesinde, birinci deneydeki güçlendirilmemiş yapının kapasitesi 68,10 kN’a, onarıldıktan sonra epoksi enjeksiyonu ile güçlendirilmiş hasarlı yapının kapasitesinin 2,27 kat artarak 152,95 kN’a, hasarsız halde güçlendirilmiş yapının kapasitesinin de 3 kat artarak 206,60 kN’a ulaştığı belirtilmiştir [29].

Can ve Aykaç (2007) yapmış oldukları deneysel çalışmada, beş adet dikdörtgen kesitli betonarme kolon hazırlamış ve bunlar üzerinde dokuz adet deneysel araştırma yapmışlardır. Deney elemanlarına yüksüz ortamda onarım, güçlendirme ve yeniden onarım işlemleri uygulanmış ve konsantrik yükler altında testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; dayanım, süneklik, rijitlik gibi davranış belirleyici değişkenler incelenmiş ve mantolama yönteminin kolon enkesiti dikdörtgen olanlarda onarım ve güçlendirilmesinde uygulanabileceği sonucuna ulaşılmıştır [30].

Yüksel (2008) çalışmasında, deprem sonrasında hasar tespit çalışmalarının hızlı bir şekilde yapılarak yapının kullanılabilirlik durumunun ivedilikle değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Çalışmasında yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarları belirlemiş ve bu hasarların yapı deprem dayanımına etkilerini açıklamıştır.

Ayrıca deprem sonrası alınacak kararlar için deprem öncesi tatbikat düzenlenmesini önermiştir [27].

Yılmaz (2008) çalışmasında, performans kavramına değinmiş, doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerini incelemiş, mevcut bir yapının doğrusal olmayan statik analiz ile performansını değerlendirmiştir. 6 katlı betonarme bir yapının deprem performansına bakmıştır. Çalışmasında analiz yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü yöntemini ile artımsal itme analizini kullanmıştır. [31].

Yıldırım (2008) çalışmasında, 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış 8 katlı, perdeli-çerçeveli sistemli betonarme bir binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre öngörülen “can güvenliği” performansı seviyesini karşılayıp karşılamadığını araştırmış ve bina için farklı bir güçlendirme önerisi sunmuştur [32].

Görgülü (2008) çalışmasında, mevcut betonarme yapıların çerçeve dışından olacak şekilde tahliyeye gerek olmadan çelik çaprazlar ile güçlendirilmesi tekniğini deneysel olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, çerçeve dışından uygulanan çelik çaprazların hızlı bir şekilde güçlendirme olanağı sağladığı ve yapıya önemli derecede rijitlik kattığı ortaya konulmuştur [33].

Gökalp (2009) çalışmasında, 2007 Deprem Yönetmeliğinde yer alan performans analiz yöntemlerinden doğrusal olan ve olmayan metotları ele alarak 3 katlı ve planda düzensizlik içeren bir bina üzerinde uygulamış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır [34].

Arıcı (2010) çalışmasında, mevcut deprem yönetmeliğinde bulunan üç farklı analiz yöntemini mevcut bir yapı üzerine uygulayarak deprem performanslarını belirlemiş ve sonuçlarını incelemiştir [35].

Arısoy vd. (2010) yapmış olduğu çalışmada, benzer plana sahip, 1 adet çerçeve sistem ve 1 adet perde-çerçeve sistemden oluşan 2 adet 8 katlı betonarme binanın performans analizlerini yapıp, sonuçları karşılaştırmıştır [36].

Birol (2010) çalışmasında, 2007 öncesi inşa edilen yapıların 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında farklı bilgi düzeylerine ve kat adetlerinin artışına göre analizlerini gerçekleştirmiş ve deprem performansına etkisini incelemiştir [37].

Yılmaz, Arslan ve Kaltakçı (2010) yapmış oldukları çalışmada, deprem dayanımı düşük betonarme çerçeve sistemlerin, dış betonarme perde uygulaması ile güçlendirilmesi ile oluşan davranışı incelenmiştir. Bu amaçla, iki açıklıklı, 1/3 ölçekte modellenen, özdeş 8 adet betonarme çerçeve sistem belirlenmiş ve 4 adet mevcut haliyle, 4 adet ise çerçeve sistem dışından betonarme perde uygulaması ile güçlendirilmeye tabi tutulmuş haliyle, tekrarlanan yatay yük etkisi altında test etmiştir [38].

Yıldırım (2011) çalışmasında, TS500 ve 2007 Deprem Yönetmeliği koşullarına göre inşa edilen sekiz katlı bir binanın, DBYBHY 2007'e göre performans analizini yapmıştır [39].

Ekici (2011) çalışmasında, DBYBHY 2007, Eurocode 8 ve ASCE/SEI 41 yönetmeliklerine göre mevcut bina ve elemanlarının deprem performanslarının tespiti ve analiz sonuçlarının karşılaştırılması olarak incelenmesini gerçekleştirmiştir [40].

Denizer (2012) çalışmasında, doğrusal olan ve olmayan metotlar ile bir betonarme yapının performansının tespiti ve analiz sonuçlarının karşılaştırılmasını gerçekleştirmiştir [41].

Dedeoğlu (2014) çalışmasında, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre doğrusal olmayan analiz yöntemini kullanarak İstanbul'da bulunan 3 katlı bir okul yapısının deprem performansını irdelemiştir. Çalışma kapsamında aynı yapıyı, aynı kat planına sahip olacak şekilde 5 katlı olarak modelleyip güçlendirilmeye tabi tutuktan sonrasında deprem performansını yeniden değerlendirmiştir [42].

Toy (2016) çalışmasında, 2007 Deprem yönetmeliğine göre, Van depreminde hasar almış bir binanın farklı durumlar doğrultusunda tasarlanan üç farklı modelinin deprem performansı değerlendirmesi yapmıştır [43].

Gürpınar (2016) çalışmasında, rijit ötelenme hareketine maruz mevcut dolgu duvarlı bir binanın deprem performansının artımsal eşdeğer deprem yükü metodu ile belirlenmesi hususunda çalışmıştır [44].

Koçer vd. (2018) çalışmasında; yönetmeliklerde yer alan tasarım spektrumlarından elde edilen spektral ivme değerlerini her iki yönetmeliğe göre incelemiştir. Dört farklı ilde ve farklı zemin sınıflarına ait bina üzerinde yapmış 5 oldukları çalışmada TBDY 2018'in DBYBHY 2007'ye göre daha güvenli tarafta olduğunu tespit etmiştir [45].

Hamsici (2019) çalışmasında; 1996 yılı deprem tehlike haritasında 4 farklı deprem bölgesinde ve 4 farklı zemin cinsi için 4, 7 ve 10 katlı binalar modellenmiştir. TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerine göre analizleri yapılarak taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelenmeleri elde edilmiş ve kıyaslanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetinin kat sayısının artmasıyla birlikte yeni yönetmelikte eski yönetmeliğe kıyasla daha düşük değerler aldığı sonucuna ulaşılmıştır [46].

Dalyan ve Şahin (2019) yapmış oldukları çalışmada, mevcut betonarme bir yapının TBDY 2018 ve DBYBHY 2007'ye göre taşıyıcı sistem performansının değerlendirilmesini yapmıştır. Çalışma içeriğinde 5 kata sahip bir betonarme yapının her iki deprem yönetmeliği ile doğrusal olmayan itme analizleri ile performansı belirlenmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır [47].

Kürkçü (2019) çalışmasında, TBDY 2018'e göre 20 kata sahip bir betonarme binanın tasarımını ve deprem performansını belirlemiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemini kullanarak yapmış olduğu analizler sonucunda, yapının herhangi bir kolonunda plastikleşme meydana gelmediğini gözlemlemiştir [48].

Bayrak ve Bikçe (2019) yaptığı çalışmada, mevcut bir yapının dolgu duvarlarının yapısal düzensizliklere ve yapı performansına olan etkisini incelemiştir. Yapısal analizlerde bölme duvarların modele dahil edilmesinin, yapısal davranışın daha iyi gözlemlenebilmesi açısından önemli olduğunu vurgulamıştır [49].

Şahin (2019) çalışmasında, mevcut bir betonarme binanın TBDY 2018 kurallarına göre zaman tanım alanında analizini yaparak deprem performansını belirlemiştir. Bu analizler neticesinde her elemanda oluşan birim şekil değiştirme taleplerini bulmuş ve TBDY 2018 sınır değerleri ile karşılaştırmıştır. Elemanların hasar seviyesini belirledikten sonra yapının performans seviyesinin hedeflenen performans seviyesini sağlamadığını gözlemlemiştir [50].

Tuncay Kap, Ercan Özgan ve Metin Mevlut Uzunoğlu (2019) yapmış oldukları çalışmada, mevcut betonarme bir okul yapısının TBDY 2018 teknik şartnamesine göre deprem performansını belirlemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, okul binasının depreme karşı güçlendirilebilir bir düzeyde olduğunu ortaya koymuştur [51].

Zolmaz (2019) çalışmasında, İstanbul ili Beyoğlu ilçesinde bulunan, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş olan Z+3 katlı betonarme atölye yapısı incelenmiştir. Yapının mevcut durumu 2007 Deprem Yönetmeliğine göre İdecad Statik programında irdelenmiş olup yapının “Can Güvenliği Performans Düzeyi”ni sağlamadığı görülmüştür. Yapıya belli oranda betonarme perde ilavesi yaparak TBDY 2018 kurallarına göre güçlendirme uygulanmış betonarme yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine göre incelemesini Etabs 16.2.0 programı vasıtası ile yapmıştır. Yapılan performans analizi sonuçları eleman ve sistem esası olmak üzere iki farklı şekilde incelenmiştir. Hem sistem hem de eleman bazında yapılan analizler güçlendirilen yapının deprem güvenliği açısından yeterli olduğunu ortaya koymuştur [52].

Çapa (2020) çalışmasında, yeni tasarım olarak tasarımı yapılan farklı katlardaki üç adet binayı, mevcut bina kabul ederek deprem performanslarını inceleyip kıyaslamıştır. Çalışmada doğrusal olmayan hesap yöntemini kullanmak için Statik İtme Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı; SAP2000 programı yardımı ile yapmış olduğu analizler sonucunda plastik dönme sınır değerlerini elde etmiş, yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırmıştır. Bunun sonucunda çok katlı olan binaların az katlı olan binalara göre, taban kesme kuvvetinin ve bina performans noktasına karşılık gelen tepe yer değiştirme değerlerinin daha fazla olduğunu gözlemlemiştir [53].

Tekdemir (2020) çalışmasında, farklı özelliklerde betonarme binaları doğrusal olan ve olmayan hesap yöntemlerini kullanarak TBDY 2018' e göre değerlendirmiştir. SAP2000 programını kullanarak yapmış olduğu analizler neticesinde plastik mafsal oluşum düzenleri ve taban kesme kuvvetleri incelenmiştir. Kuvvetli kolon zayıf kiriş tasarımı için kolonlardan önce kirişlerde plastik mafsal oluşması gerektiğini belirtmiştir. Bu sebeple kuvvetli kolon zayıf kiriş tasarımı yapılması için plastik mafsal düzeninin etkili olduğunu göstermiştir [54].

Muhammet B. Navdar (2020) çalışmasında, kesme mukavemeti yetersiz olan betonarme kolonların, karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) ve betonarme sargı ile güçlendirilmiş kolonların sonlu eleman modellerini oluşturmuş ve tekrarlı yükler altındaki davranışlarını irdelemiştir [55].

Korkmaz (2020) çalışmasında, TBDY 2018 yönetmeliği ile değişikliğe uğrayan ve binanın kullanım amacına göre farklılık gösteren bina önem katsayısına vurgu yapmıştır. Bina önem katsayısı (I)'nın DBYBHY 2007 yönetmeliğinde, okul ve eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. ve müzelerin kullanım sınıfları olarak tanımlanmış ve bu tanım yeni yönetmeliğe göre depremden sonra kullanılması zorunlu binalar olarak değiştirilmiştir. Yapılan çalışmada, aynı koşullar altında bir eğitim binasının, 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda, binanın genel durumunda önemli bir farklılık gözlenmemiş olmakla birlikte deprem raporu sonuçlarında bazı periyot farklılıkları dikkat çekmiştir. Periyot farkının nedenini, 2007 yönetmeliğinde bir deprem için yalnızca yatay spektrumun oluşturulmasına bağlamıştır. Yeni yönetmelikte ise 2475 yıl, 475 yıl, 72 yıl ve 43 yıllık tekrar süreleri için hem yatay hem de düşey deprem spektrumları oluşturulmuştur. Ek olarak yeni deprem yönetmeliğinde, hesaba etki eden deprem parametrelerinin koordinat üzerinden alınmasıyla birlikte sonuçların daha duyarlı olacağını savunmuştur [56].

İbiş (2021) çalışmasında, tasarımı TBDY 2018'e göre yapılan ve inşaatına devam edilen 8 katlı bodrumlu bir binanın proje bilgileri kullanılarak, binanın Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ilkeleri kapsamında düzensizlik kontrolleri ile birlikte betonarme perdelerin devrilme momenti kontrolü, etkin görelî kat ötelenmeleri kontrolü ve ikinci

mertebe etkileri incelenmiştir. Söz konusu bu kontroller mod birleştirme yöntemi ile yapılmıştır. Ayrıca binanın tek modlu itme analizi ile performans analizi yapılmış olup elde edilen bina performans düzeyi TBDY 2018'e göre değerlendirilmiştir [57].

Taş (2021) çalışmasında, TBDY 2018 yönetmelik esasları dikkate alınarak kat adetleri farklı (3, 5, 7 ve 10) betonarme binaların performans analizini yapmıştır. Güncel yönetmelik esas alınarak tasarımı yapılan binaların performans seviyelerinin belirlenebilmesi için doğrusal olmayan davranış modellerinden olan yığılı plastik mafsal davranışı modelini kullanmıştır. Bu binalara statik itme analizi yöntemi uygulanmıştır. Araştırmacı; kolon ve kirişlerin doğrusal olmayan malzeme davranışlarını dikkate alarak, eleman kesitlerinin seçilmesi ve analizlerin gerçekleştirilmesi işlemlerini XTRACT programıyla yapmıştır. Yine bu program ile plastik mafsal hesabını yapmış olup XTRACT programından elde edilen bu bilgiler, SAP2000 programında tanımlanmıştır. Bina modellerinin oluşturulması ve statik itme analizlerinin uygulanması amacıyla yine SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Statik itme analizleri ile tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrileri oluşturulmuştur [58].

Coşkun (2022) çalışmasında, betonarme binaların DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'göre güçlendirmesi ilişkin tasarım ilkelerinin karşılaştırılarak aralarındaki farklılıkları incelemiştir. Bu amaçla Karabük İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı betonarme iki adet okul binasının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre STA4CAD programıyla performans analizleri yapılarak mevcut ve güçlendirilmiş durumları karşılaştırılmıştır [59].

3.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Türkiye'nin bir deprem ülkesi olduğu gerçeği ve yapı stokunun depreme karşı zafiyet gösterebilmesi konuları uzun yıllardır akademik camiada tartışma konusu olup özellikle son zamanlarda meydana gelen depremlerden sonra mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi giderek önem kazanmış ve bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Nitekim mevcut binaların büyük ölçüde deprem mukavemetlerinin düşük olduğu gerçeği, ilerleyen veri ve teknolojilere bağlı ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılan yapı modellerinin ve malzeme çeşitliliğinin artması, yapısal risk azaltma çalışmaları ve kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirme ve güçlendirmesi vb. gerekçeler ile Türkiye’de; bugüne kadar 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve halen yürürlükte olan 2018 olmak üzere toplam 8 adet deprem yönetmeliği çıkarılmıştır.

Yapının bulunduğu deprem bölgesi ve zemin özellikleri göz önünde bulundurularak binaların, depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için gerekli olan asgari şartlar hazırlanan bu yönetmeliklerde ifade edilmiştir.

Türkiye’de son zamanlarda yaşanan depremler, mevcut yapıların deprem etkisini karşılayacak seviyede olmadığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple KARDEMİR A.Ş.’de mevcut betonarme idari binaların deprem performans analizi yapılmasına karar verilmiştir. Bu çalışma ile idari binaların depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi ve KARDEMİR A.Ş. personelinin güvenli bir yapıda çalışmalarını devam ettirmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 4

YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ

TBDY 2018’de mevcut binaların iki ayrı hesap yöntemi kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bunlar “Doğrusal Hesap Yöntemi” ve “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi” şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal hesap yöntemi; binaların yeterli rijitlik, mukavemet ve süneklik şartlarını sağlayacak şekilde dizayn edilmesini öngören kuvvete dayalı hesaplama yöntemidir. Doğrusal olmayan hesap yöntemi ise, elastik ötesi lineer olmayan yöntemlerle taşıyıcı sistemde yer alan elemanların dayanım ve şekil değiştirme talepleri hesaplanarak bunlara karşılık gelen dayanım ve şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırıldığı bir hesaplama yöntemidir. Bu iki yöntemde kendi içerisinde alt yöntemler içermektedir [3].

4.1. DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ

Doğrusal hesap yöntemleri; yapı malzemesinin, kuvvet esasına dayanarak, doğrusal elastik olacak şekilde deforme olması ve deplasmanları minimum varsayan yöntemlerdir. Bu yöntemler, yapıya etkiyen dış yüklerin oluşturduğu iç kuvvetlerin yapı elemanlarının taşıma kapasitesine kıyasını amaçlamaktadır. Bu yöntem malzemenin doğrusal olmayan davranışını değerlendirme dışında tutarak ve hesap edilen deprem etkisini azaltarak yapıya etkitmektedir. Bu durum yaklaşık sonuçlar elde etmemize neden olacaktır [8].

Bu metot, TBDY 2018’de iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Yapıya etki şekli ve deprem yükünün hesabı olarak birbirinden farklılık gösteren bu yöntemlerin performans değerlendirmesi kuvvet bazlı olup, kapasite/etki oranları göz önüne alınarak eleman hasar seviyeleri elde etmektedir [4].

4.1.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Yöntem, kat rijitlikleri veya kat kütleleri dikkate alınarak; yapıya ait 1. hâkim periyot değeri ile hesaplanan deprem kuvvetinin katlara paylaştırılması ilkesine dayanmaktadır. Taşıyıcı sistemi ve geometrisi nispeten daha sade yapılar için uygulanan basit bir yöntemdir. (X) ve (Y) deprem doğrultuları bu yöntemde ayrı ayrı uygulanmaktadır. Bu basit yöntemin bina tasarımında kullanılabilmesine TBDY 2018 belirli koşullarda izin vermektedir. Çizelge 4.1’de söz konusu koşullar sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar [8].

Bina Sınıfı	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıf	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1, 1a, 2, 2a olan yapılar içerisinde; planda A1 türü burulma düzensizliği sınırlandırılmış ($\eta_{bi} \leq 2.0$) ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında yumuşak kat (B2 türü düzensizlik) bulunmayan yapılar için izin verilen bina yükseklik sınıfı $BYS \geq 4$ olan ve diğer tüm binalar için ise $BYS \geq 5$ dir binalarda eşdeğer deprem yükü yönteminin tasarımda kullanılmasına izin verilmektedir.

DTS’nin 3, 3a, 4, 4a olan yapılar içerisinde; yine A1 tipi düzensizliğin sınırlandırılmış ($\eta_{bi} \leq 2.0$) olduğu ve yumuşak kat (B2 türü) düzensizliğin bulunmadığı yapılar için bina yükseklik sınıfı $BYS \geq 5$ olan, diğer tüm binalarda için ise $BYS \geq 6$ binaların tasarımında eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılmasına izin verilmektedir.

4.1.2. Mod Birleştirme Yönetimi

Yapısal sistem elemanlarının her bir serbest titreşim modunda göstermiş olduğu davranışının, deprem hareketine olan karşılıkları sonucu deprem kuvvetlerinin bulunmasını sağlayan yöntemdir [8].

4.2. DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ

Yapısal malzemenin doğrusal olmayan bölgedeki davranışının da hesaba katıldığı bir yöntemdir. Şekil değiştirme esaslı olan bu tür metotlarda amaç; tasarımda kullanılan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşacak plastik mafsalların ve de şekil değiştirmelerinin değerlendirilmesidir. Bu yöntemler, TBDY 2018’de “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz” ve “Doğrusal Olmayan İtme Analizleri” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar [8].

4.2.1. İtme Yöntemleri

Bu yöntemler, tek modlu ve çok modlu itme yöntemi olmak üzere TBDY 2018 yönetmeliğinde iki sınıfa ayrılmaktadır.

4.2.1.1. Tek Modlu İtme Yöntemi

Tek modlu itme yöntemleri de eşdeğer deprem yükü yönteminde olduğu gibi belirli şartları sağlayan binaların tasarımında kullanımına izin verilmektedir. Çizelge 4.2’ye göre bina yükseklik sınıfı (BYS) $5 \geq$ olan ve aşağıda belirtilen koşulları sağlayan binalar için kullanılmaktadır.

Çizelge 4.2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları [8].

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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Ayrıca burada ifade edilen tek modlu itme yöntemi, sabit ve değişken itme yöntemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. TBDY2018'e göre sabit tek modlu itme yöntemi, hesap yapılacak deprem doğrultusunda her bir itme hesabı adımı için katlara etkiyen deprem yükü artımlarının itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olması şartına dayanmaktadır. Değişken tek modlu itme yönteminde ise, her bir itme adımında yapıda oluşan plastik mafsalların göz önüne alınmasıyla elde edilen serbest titreşim hesabıyla orantılı deprem yükleri hesaplanmaktadır. Her bir aşamada bu hesap tekrarlanarak, yapı kapasitesi bulunmaktadır [8].

4.2.1.2. Çok Modlu İtme Yöntemi:

Bu yöntemin, verilen tasarım spektrumuna göre özel durumda başlangıç (elastik) rijitlikleri kullanılarak doğrusal hesap için uygulanması sonucunda elde edilen tüm iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin, aynı tasarım spektrumu esas alınarak mod birleştirme yöntemine göre elde edilen büyüklüklerle birebir aynı olduğu hesap raporunda gösterilmektedir.

Bu yöntemde taşıyıcı binanın farklı titreşim modları için tanımlanan mutlak sabit modal yük vektörlerinin yapıya artımsal olarak ayrı ayrı uygulanması durumunda, elde edilen modal iç kuvvetler istatistiksel olarak birleştirilmeden tam karesel birleştirme kuralına (TKB) göre birleştirilmiş model eleman uç yer değiştirmeleri ve akma dönmeleri ile uyumlu olarak hesaplanmaktadır [8].

4.2.2. Zaman Tanım Alanında Nonlineer Hesap Yöntemi

Bu yöntem, geçmişte yaşanmış depremlerden elde edilen kayıtların veya sentetik olarak üretilmiş deprem kayıtlarının etkisi altında bina taşıyıcı sisteminde doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak taşıyıcı sistemin hareket denklemlerinin zaman artırımları ile her bir adımında doğrudan integrasyonu yapılarak analizi temeline dayanmaktadır [8].

TBDY 2018 yönetmeliğinde öngörülen zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplar için en az on bir deprem yer hareketine ait ivme kayıtlarının kullanılması

gerekmektedir. İvme kayıtlarını içeren çeşitli veri tabanlarından elde edilen deprem yer hareketine ait X ve Y doğrultularındaki deprem yer hareketleri taşıyıcı sisteme aynı anda etki ettirilmektedir. Bununla birlikte; X ve Y doğrultularında aynı anda uygulanan deprem yer hareketlerinin 90° döndürülmesi ile oluşan yeni bir depreme de yapı taşıyıcı sistemi maruz bırakılmaktadır [8].

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabın başlangıç adımında hareketli yük katılım katsayısı ile azaltılan bina ağırlığı esas alınarak doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılmaktadır. Bina ağırlığı esas alınarak yapılan artımsal statik hesap neticesinde iç kuvvetler, yapılacak olan deprem hesabının başlangıç adımını oluşturmaktadır. Bununla birlikte; zaman tanım alanında nonlineer hesap yönteminde kullanılacak olan zaman arttırımı değeri hem ivme-zaman kayıtları ile hem de taşıyıcı sisteme ait titreşim modlarını temsil edecek şekilde seçilmektedir [8].

4.3. BETONARME YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Yapıların güçlendirilmesi, TBDY 2018 koşulları doğrultusunda deprem performansının artırılması amacıyla yapılan uygulamalardır. Bu uygulamalar, yapıya yeni elemanın eklenmesi, yapı ağırlığının azaltılması, mevcut yapı elemanlarının rijitliklerinin artırılması gibi uygulamaları içermektedir [60].

Mevcut bir yapının yönetmeliklerce gerekli görülen deprem performans hedeflerini sağlayacak duruma getirilmesi için uygulanabilecek birçok güçlendirme metodu bulunmaktadır. Bunlar çeşitli kriterlere (uygulanabilirlik, maliyet, verimlilik) göre belirlenmektedir [61].

Güçlendirme uygulamaları, hasarlı veya hasarsız yapı elemanlarının performansının iyileştirmesine yönelik yapılan işlemler olup, binanın deprem güvenliğinin istenen düzeye getirilmesini hedeflemektedir. Bina güçlendirmesi, eleman ve sistem düzeyinde olmak üzere iki grupta incelenmektedir [62].

4.3.1. Eleman Güçlendirmesi

Eleman güçlendirmesi; yapının taşıyıcı sistem elemanlarının depreme karşı taşıma ve şekil değiştirme mukavemetlerinin artırılması için uygulanan işlemler olarak tanımlanmaktadır. TBDY 2018’de önerilen eleman güçlendirme uygulamaları; kirişlerin sarılması, kolonların eğilme kapasitesinin artırılması ve kolonların sarılması olmak üzere üç grupta incelenmektedir [8].

4.3.1.1. Kolonların Sarılması

Kolonların gerilme-şekil değiştirme mukavemetini arttırmak ve bindirmeli eklentilerin zayıflıklarının giderilmesi amacıyla; çelik mantolama, betonarme mantolama, lifli polimer (LP) mantolama gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, kolonların eğilme kapasitesini arttırmaya yönelik değildir. Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesiti arttırılmalı, kesite boyuna donatı ilave edilmeli ve donatı sürekliliği sağlanmalıdır [8]. Şekil 4.1’de kolon sargılaması uygulamalarına ait görsellere yer verilmiştir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.1. Kolon sargı uygulama görseli (a) Betonarme sargı uygulaması, (b) Çelik sargı uygulaması, (c) LP sargı uygulaması [63].

4.3.1.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

Kolonların eğilme kapasitesinin, kesme ve basınç dayanımının artırılması için kolon kesitini büyütme işlemi uygulanmaktadır. Yeni ve eski betonun aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılmakta ve beton yüzeyleri pürüzlendirilmektedir. Kesit büyütme işleminin yapılması için eklenen donatılar kat döşemelerinden açılan deliklerden geçirilerek süreklilik sağlanmaktadır.

Kesiti büyütülen kolonların eğilme, kesme ve basınç dayanımlarının hesabında kesit boyutu olarak eski ve yeni betonun toplam kesit boyutu, beton dayanımı olarak yeni betonun dayanım değerleri kullanılarak dayanım değerleri hesaplanmaktadır ve hesaplanan bu değerler 0.9 ile çarpılarak mevcut dayanım değerleri olarak kabul edilmektedir [8]. Bu aşamada kullanılan 0.9 katsayısı güçlendirilmiş kolonun dayanımının monolitik kolon (güçlendirilmiş kolon ile aynı kesitte bir dökümde inşa edilmiş kolon) dayanımına oranının %90 mertebesinde olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu kapsamda yapılmış deneysel çalışmalar söz konusu oranın %95 seviyesine çıkabildiğini gösterse de yönetmeliğin konservatif tutumu dolayısıyla bahsi geçen çarpan 0.9 olarak TBDY 2018 yönetmeliğinde yer almaktadır. Şekil 4.2’de kesit büyütme uygulaması görseli verilmiştir.



Şekil 4.2. Kesit büyütme uygulaması [63].

4.3.1.3. Kirişlerin Sarılması

Hasar gören veya dayanımı ve rijitliği yetersiz olan kirişler farklı şekilde güçlendirilmektedir. Kirişlerin süneklik ve kesme dayanımının artırılması için dıştan etriye ekleme ve LP sargı gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, kirişlerin eğilme kapasitesini arttırmaya yönelik değildir. Şekil 4.3’de kiriş sargı uygulamasına ilişkin görsellere yer verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.3. Kiriş sargı uygulama görseli (a) Dıştan etriye ekleme uygulaması, (b) LP sargı uygulaması [63].

4.3.2. Sistem Güçlendirmesi

Sistem güçlendirmesi, iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması yapı elemanlarının mukavemet ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması, yapıya yeni elemanların ilave edilmesi, birleşim kısımlarının güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla yapının ağırlığının azaltılmasına yönelik uygulanan işlemler olarak tanımlanmaktadır.

TBDY 2018’de önerilen sistem güçlendirme uygulamaları; betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi, bölme duvarların güçlendirilmesi ve betonarme sistemin kütlelerinin azaltılması, betonarme sisteme yeni çerçeveler eklenmesi olmak üzere dört grupta incelenmektedir [8].

4.3.2.1. Bölme Duvarlarının Güçlendirilmesi

Yapı içerisinde düşey doğrultuda süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki bölme duvarların kesme kuvveti dayanımı ve rijitliğinin artırılması amacıyla yapılmaktadır. Bu yöntemin yapı için temel güçlendirilme metodu seçilmesi durumunda bodrum hariç en fazla üç katlı yapılar için geçerli olmaktadır. Bu güçlendirme yöntemi bilinen diğer yöntemlere nazaran zaman artırımını sağlamakta ve binanın boşaltılmasına ihtiyaç duyulmadan güçlendirme işlemi yapılmasına olanak sağlamaktadır [8]. Şekil 4.4’de bölme duvar güçlendirme uygulama görseli verilmiştir.



Şekil 4.4. Bölme duvar güçlendirme uygulaması [60].

Bu güçlendirme yöntemine ilave olarak Prof. Dr. Güney Özcebe vd. 2008 yılında Antakya’da bulunan 9 katlı bir betonarme binanın LP ile güçlendirilmiş tuğla dolgu duvarlar ve sayıca azaltılmış dış merkezli betonarme perdeler kullanılarak karma bir güçlendirme uygulaması gerçekleştirmiştir. LP ile güçlendirilmiş tuğla dolgu duvarlar, basitleştirilmiş tasarım formülleri kullanılarak modellenmiş, 2007 deprem yönetmeliğinde yer alan tasarım deprem düzeyine (TBDY 2018’de yer alan DD-2 deprem düzeyi) göre 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip elastik spektrum kullanılarak mod birleştirme analizi gerçekleştirilmiş ve kuvvet tabanlı doğrusal elastik bina değerlendirme yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca doğrusal elastik olmayan analitik çalışmalar çok modlu artımsal itme ve zaman tanım alanında hesaplar yapılarak gerçekleştirilmiş ve istem anındaki plastik dönmeler ve akma dönmelerinin toplamından yola çıkılarak kritik kesitler içindeki birim şekil değiştirmelere dayalı

performans değerlendirmesi yapılmıştır. Türkiye’de bir ilke imza atılan bu çalışma süresince bina sakinlerinin binayı boşaltmasına gerek kalmadan güçlendirme çalışmaları tamamlanmıştır. Bu alışma sonucu 6 şubat 2023 yılında meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremde güçlendirme uygulanmayan ikiz bina kmş, güçlendirme uygulaması yukarıda anlatıldığı üzere yapılmış olan bina ise can güvenliği performans hedefine (TBDY 2018’de sınırlı hasar performans seviyesi) ulaşmıştır [64].

4.3.2.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Taşıyıcı sisteme betonarme perde duvarlar eklenmesi sistemin yanal rijitliğini ve dayanımını arttırmaktadır. Betonarme perde duvarlar mevcut ereve içinde veya çerçevelere bitişik olarak düzenlenmektedir. şekil 4.5’te betonarme perde duvar güçlendirme uygulamalarına ilişkin örnek görseller verilmiştir.



(a)

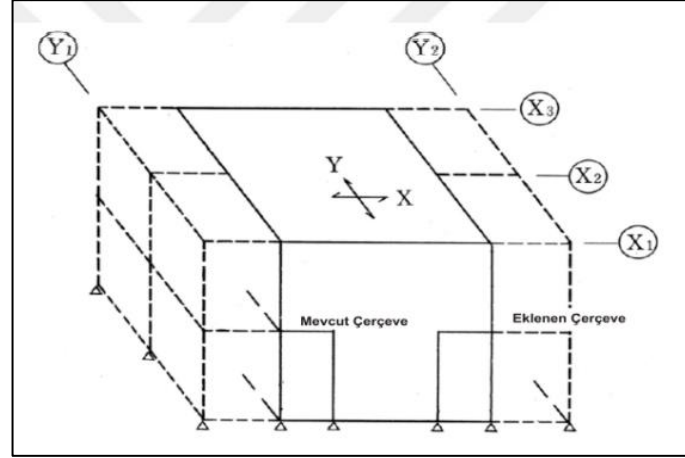
(b)

şekil 4.5. Betonarme perde güçlendirme uygulama görseli (a) ereve sisteme betonarme perde ekleme uygulaması [63], (b) ereve sisteme bitişik betonarme perde ekleme [65].

4.3.2.3. Betonarme Sisteme Yeni ereveler Eklenmesi

Betonarme sisteme yeni ereve eklenmesi ile yatay kuvvetlerin dağıtılması ve böylece düşey taşıyıcı sistem elemanlarının deprem kuvvetinden aldıkları payın

azaltılması sağlanmaktadır. Taşıyıcı sisteme eklenecek çerçeve sistemin temeli mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenmektedir. Bu yöntem ile yeni ve eski çerçevelerin birlikte çalışarak yük aktarımı düzgün bir şekilde sağlanabilmektedir [8]. Şekil 4.6'da betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleme yöntemine ilişkin teorik bir görsel verilmiştir.



Şekil 4.6. Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleme yöntemi [66].

Bu yöntem binanın yanal yük mukavemetini artırmakta olup, binaya iç kısımdan erişimin söz konusu olmadığı ve yapıda geniş açıklıklar istenildiği durumlarda tercih edilmektedir [66].

4.3.2.4. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Betonarme sistemin kütlesinin azaltılması bir güçlendirme yöntemi değildir. Sistem kütlesi açısız frekans değerini buna bağlı olarak yapı doğal titreşim periyodunu doğrudan etkilemektedir. Buna ek olarak mevcut yapıda yük azalması taşıyıcı sistemin depreme karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Binanın bazı katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut durumda hantal bir çatı varsa onun yerine daha hafif bir çatının yapılması, çatıda bulunan ekipman ve tesisatların (su deposu vb.) zemine indirilmesi, ağır balkonların, bölme duvarların ve cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesi sistem kütlesinin azaltılması için uygulanan en etkin metotlardandır [8].

BÖLÜM 5

İNCELENEN BİNALARIN PERFORMANS DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu bölümde, KARDEMİR A.Ş.'de bulunan mevcut iki betonarme idari binanın TBDY 2018 yönetmeliğine göre deprem performansları değerlendirilmiştir. Şekil 5.1' de idari binaların uydu görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.1 İdari binaların uydu görüntüsü.

İncelenen yapıların “Doğrusal Olmayan Elastik Yöntem” metodu ile deprem davranışları incelenmiş, sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçlar doğrultusunda yaklaşık maliyet hesapları yapılmıştır.

İdari binalara ilişkin analiz ve hesaplar STA4CAD yapısal analiz palet programı kullanılarak yapılmıştır. Deprem performans hesaplarının yapılabilmesi için gerekli bilgiler ve performans analizleri, hesap adımları ile yapılan kabul ve yaklaşımlar, aşağıda sunulmuştur.

5.1. ELE ALINAN İDARİ BİNA 1'E İLİŞKİN BİLGİLER

İdari Bina-1 olarak adlandırılan yapı; 63 yıldır kullanımda olan, bodrum kat + zemin kat + 4 normal kat olmak üzere toplamda 6 kattan oluşan betonarme karkas bir yapıdır. Bina 1'e ait görseller Şekil 5.2'de verilmiştir.



(a)



(b)

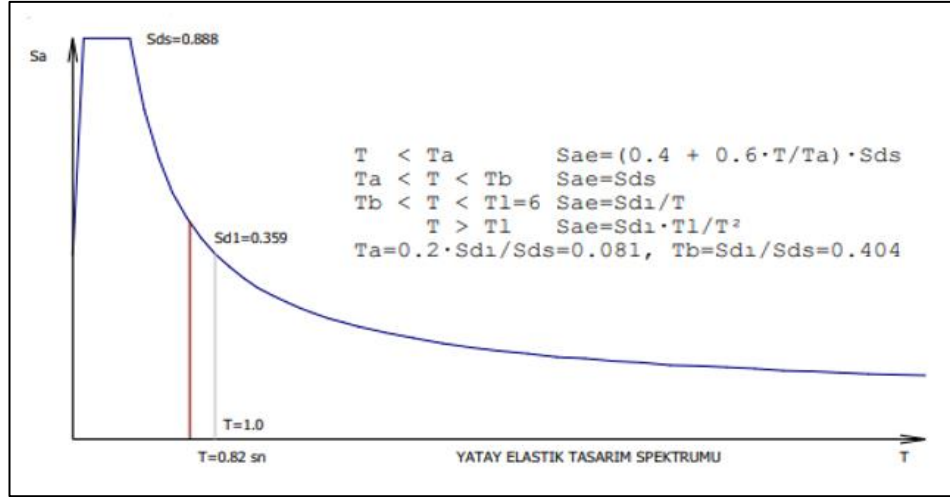
Şekil 5.2. İdari Bina-1 görseli (a) Ön cephe görseli, (b) Arka cephe görseli,

Çizelge 5.1’de İdari Bina-1’e ait TBDY 2018’e göre performans değerlendirmesinde kullanılan tasarım parametreleri, performans hedefleri ve yapı bilgileri verilmiştir.

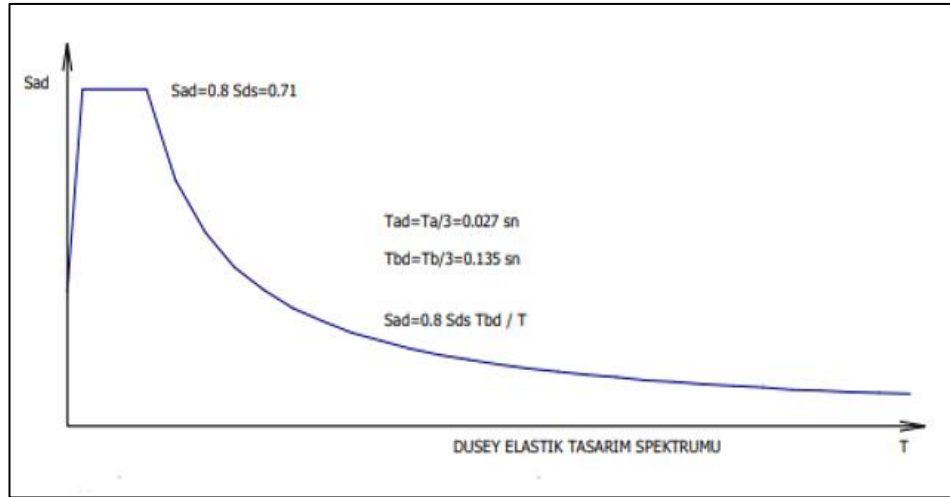
Çizelge 5.1. İdari Bina-1 yapı bilgileri.

Deprem Standardı	TBDY 2018
Deprem Yer Hareket Düzeyi	DD2 (50 yılda aşılma olasılığı %10)
Zemin Sınıfı	ZC
Zemin Tasarım Taşıma Gücü (q_t)	515,27 kN/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	28.821,80 kN/m ² /m
Bina Koordinatı (Enlem/Boylam)	41.19161° / 32.62972 °
Yerel Spectral İvme Katsayısı (S_s/S_{1s})	0,737 / 0,239
Tasarımsal Spectral İvme Katsayısı (S_{ds}/S_{d1})	0,888 / 0,359 DD2
Yapı Davranış Katsayısı (R)	4,00 (YS. Çerçevesiz ve Boşluksuz Perdeli Yapılar)
Sistem Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	2,5 - A15
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6 ($H_n = 16,0$ m)
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3 ($I = 1,0$)
Modal analiz min. Deprem yükü oranı (β)	0,9
DD2 Normal Performans Hedefi	KH (Kontrollü Hasar)
DD2 Değerlendirme/Tasarım	ŞGDT (Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım)
Diyafram Sayısı	6

Şekil 5.3’de TBDY 2018 yönetmeliğine göre İdari Bina-1’e ait tasarım spektrum bilgileri verilmiştir. Tasarım spektrumlarının amacı ya yeni yapılacak yapıların tasarımında esas alınması gereken deprem yükünü tahmin etmek için ya da mevcut yapıların performanslarını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Tasarım spektrumları gelecekte oluşması muhtemel depremler düşünülüp değerlendirilerek geliştirilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.3. İdari Bina-1 tasarım spektrum bilgileri eğrisi (a) Yatay elastik spektrumu, (b) Düşey elastik spektrumu.

Çalışma kapsamında yapının mevcut durum tespiti yapılmıştır. Bu bağlamda binada ölçümler yapılmış, hasarlı ve/veya hasarsız yöntemler ile taşıyıcı sistemin malzeme özellikleri tespit edilmiş ve rölöve projeleri oluşturulmuştur. Saha çalışmaları sonucunda, yapı elemanlarının donatı miktarları, beton kaliteleri gibi özellikleri saptanmıştır. Bina 1 bodrum kat ve zemin/normal katlara ait kalıp plan görselleri Ek A'da verilmiştir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen etüt çalışmaları ve çıkarılan rölöve projelerine göre röntgen, karot ve sıyırma sayıları aşağıda belirlenmiştir.

- 26 adet karot numunesi alınmış
- 26 adet tahribatlı donatı tespiti (sıyırma) yapılmış,
- 36 adet tahribatsız donatı tespiti (röntgen) okuması yapılmış,
- 2 adet temel muayene çukuru açılmıştır,

Karot İşlemleri: Yapılan etüt çalışmaları kapsamında 26 adet karot numunesi alınmıştır. Alınan bazı karot numunelerine ait görseller Şekil 5.4’te verilmiştir.



Şekil 5.4. Alınan karot numune görselleri.

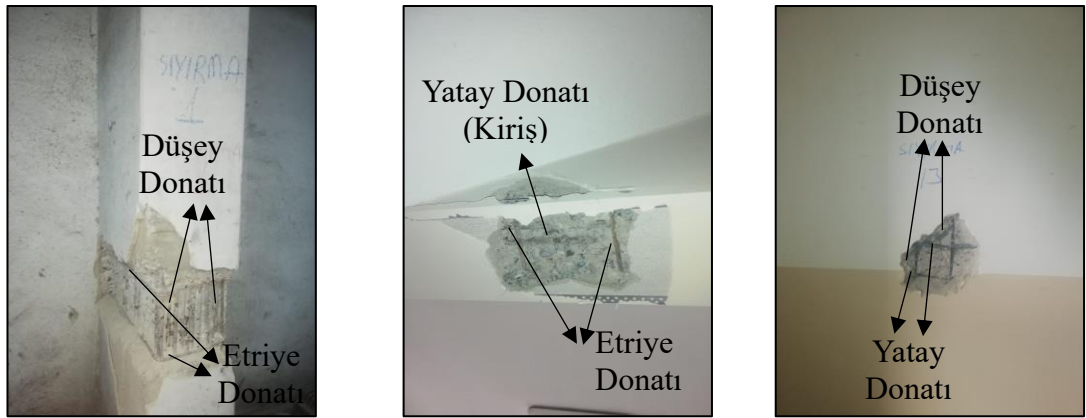
Alınan karot numunelerinin ortalama basınç dayanımının belirlenmesi için numuneler aksel basınç testine tabi tutulmuştur. Test sonuçları Çizelge 5.2’de sunulmuştur. Alınan tüm karot numunelerine ait sonuçlar Ek B’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Alınan karot numunelerinin ortalama basınç testi sonucu.

Katlara Ait Değerler	Bodrum Kat	Zemin Kat	1. Normal Kat	2. Normal Kat	3. Normal Kat	4. Normal Kat
Numune Sayısı (adet)	5	4	5	4	4	4
Numune Sonucu (MPa)	16,18	8,45	15,7	20,82	25,04	24,62

Yapı genelinden alınan beton numunelerinden çıkan ortalama basınç dayanım sonuçları, TDBY 2018 standartlarında yer alan minimum beton basınç dayanım sınıfı C25/30 (silindirik beton numunesi basınç dayanım sonucu 25 MPa)' dan; bodrum, zemin ve 1. normal kat özelinde oldukça düşük kalmaktadır. Düşük dayanımlı betona sahip yapı elemanlarının alt katlarda bulunması, deprem nedeniyle yapıda meydana gelecek en büyük kesme kuvvetinin (taban kesme kuvveti) zemin katta olması durumu da göz önüne alındığında bahse konu yapı için son derece dezavantajlı bir durum olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda deprem esnasında yapıya etkiyecek olan büyük kesme kuvvetlerinin ilk karşılandığı alt katlar (bodrum, zemin ve kısmen 1. normal kat) ile üst katlar arasında dayanım ve rijitlik açısından süreksizliklerin olduğu değerlendirilmektedir. Bu durum yatay yük taşıma kapasitelerinde önemli ölçüde düşüşe neden olacağından üst katlar yeterli dayanıma sahip olsa dahi yapı genelinde büyük hasara sebep olacaktır.

Sıyırma İşlemleri: Çalışma kapsamında gerçekleştirilen etüt çalışmalarından bir diğeri de donatı tespiti için sıyırma işlemleridir. Bu kapsamda 26 adet tahribatlı donatı tespiti (sıyırma) işlemi yapılarak mevcut binadaki donatı türü, çapı ve düzeni hakkında fikir sahibi olunmuştur. Yapılan sıyırma işlemine ait görseller Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Sıyırma işlemi görselleri.

Gerçekleştirilen sıyırma işlemlerinde;

- 18 adet kolon sıyırması sonucunda, 14 adet Ø18 düşey donatı; Ø8, 24 cm aralıklı etriye donatısı,

- 5 adet perde sıyırması sonucunda, Ø10, 20 cm aralıklı düşey donatı; Ø10, 23 cm aralıklı yatay donatı,
- 3 adet kiriş sıyırması sonucunda, 5 adet Ø16 yatay donatı; Ø8, 26 cm aralıklı etriye donatısı olduğu tespit edilmiştir.

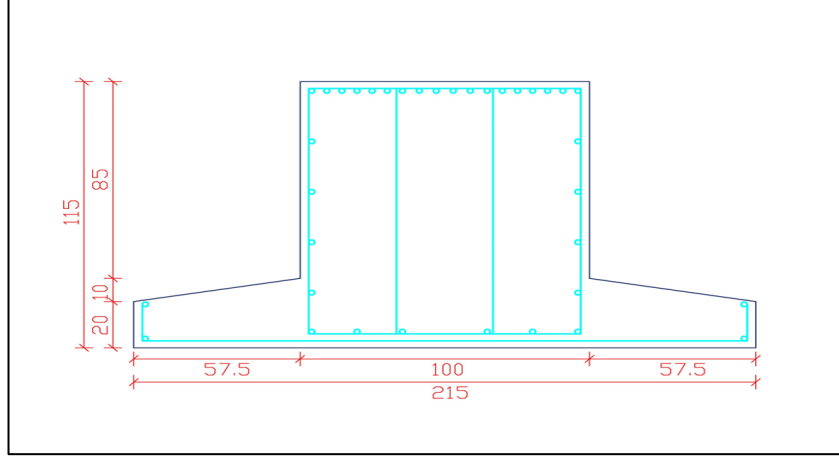
Etüt edilen yapısal elemanlarda ortaya çıkan sargı donatıları ile ilgili problemlerin olduğu görülmüştür. Kolon ve kirişlerde yer alan etriyelerin ara mesafelerinin günümüz standardında yer alan maksimum sınırlara göre oldukça fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca yapı elemanlarında bulunan donatıların, günümüz standartlarına göre; beton ile donatı arasındaki mekanik aderansı en iyi şekilde sağlayan nervürlere sahip ve akma dayanımı 420 MPa olması istenirken incelenen yapının çok daha düşük ($\sigma_y = 220$ MPa) akma dayanımına sahip ve düz donatılardan müteşekkil olması karşılaşılan olumsuz durumlardandır. Kuşkusuz incelenen yapının yaklaşık 63 yıllık bir geçmişinin olması, inşa edildiği dönemde piyasada kullanılan betonarme donatıların düz demir olması durumları değerlendirildiğinde kendi dönemi için, donatı türü bakımından makul bir yapıda olduğu değerlendirilebilir, fakat; düz donatıların yapının deprem performansı açısından olumsuz bir etki yapacağı düşünülmektedir.

Muayene Çukuru Açılması İşlemleri: Yapılan etüt çalışmalarında belirlenen 2 yerde temelin durumu hakkında fikir sahibi olmak için muayene çukuru açma işlemi yapılmıştır. Yapılan işleme ait görseller Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Temel muayene çukur işlemi görselleri.

Etüt çalışmaları kapsamında açılan muayene çukuru ile temel kesiti ve boyutları tespit edilmiş ve Şekil 5.7’de verilmiştir.



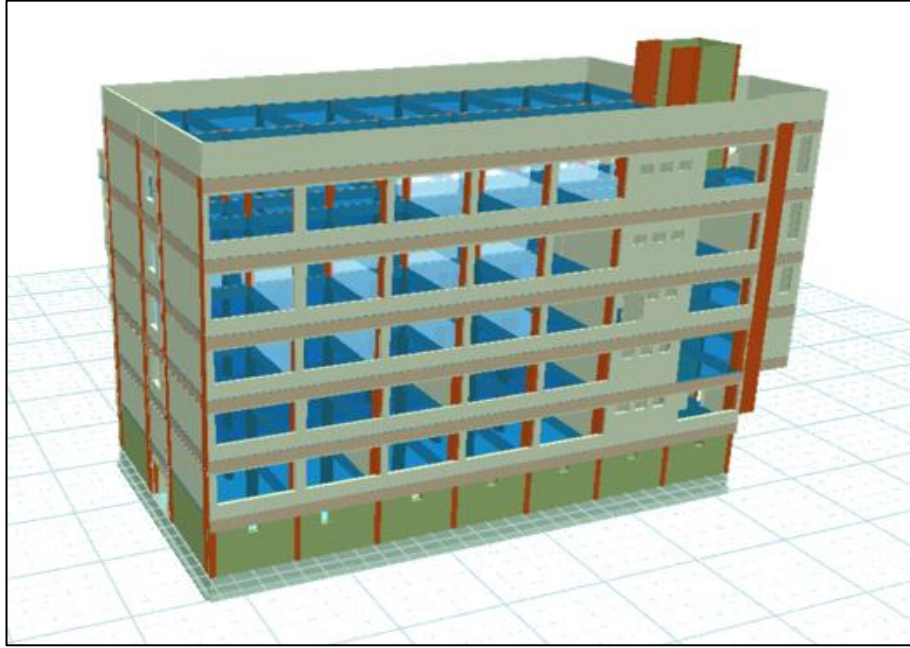
Şekil 5.7. Temel kesiti ve boyutları tespiti.

İdari Bina-1’in performans analizi yapılmadan önce yapım yılı da dikkate alınarak depremsiz analizi yapılmıştır. Performans analizi yapılırken söz konusu binanın temeli Sta4CAD modelinde dikkate alınmamıştır. Bu kapsamda bina temelini yapı performansına etkisi hesaba katılmamıştır. Ancak güçlendirme projesinin hazırlanması durumunda, bina temeli de modellenerek güçlendirilmiş binanın temel ve zemin ile olan etkileşiminin dikkate alınması gerekmektedir. Böylece oluşan kesit tesirlerine göre İdari Bina-1’in temelinde de güçlendirme yapılmalıdır. Depremsiz durum için tüm binanın yeni malzemeye (E1) ve mevcut malzemenin (E2~E7) sınıflarına göre yapısal çözümlemesi yapılarak buna göre donatı ataması yapılmıştır. Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına E2~E7 malzeme bilgileri Sta4CAD programına girilerek yapısal çözümlemeler yapılmıştır. Yapısal çözümlemelerde kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. İdari Bina-1 yapısal çözümlerinde kullanılan malzeme özellikleri

Malzeme Özellikleri		Sta4CAD Malzeme Kodu	Beton Sınıfı	Çelik Sınıfı
Yeni Güçlendirme Elemanları	Tüm Katlar	E1	C 25	B420C
Mevcut Yapısal Elemanların	Bodrum Kat	E2	C 14	S220
	Zemin Kat	E3	C 7	S220
	1.Kat	E4	C 15,3	S220
	2. Kat	E5	C 17,6	S220
	3.Kat	E6	C 21,2	S220
	4.kat	E7	C 23,2	S220

İdari Bina-1'e ait STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulmuş yapı modeli görseli Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8. İdari Bina-1 STA4CAD yapı modeli görseli

Yapılan etüt çalışmaları sonucunda yapının performansını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok durum tespit edilmiştir. Toplanan bu bilgileri sentezleyerek STA4CAD yapısal analiz programında yapının modeli oluşturulmuş ve deprem performansının belirlenmesi için analiz yapılmıştır. Bir yapı için performanstan bahsedildiğinde; o yapıdan beklenen süneklik, rijitlik, sönüm ve stabilite gibi

davranışları ne ölçüde yerine getirdiğine bakılmaktadır. Örneğin bir yapının; yönetmeliğin önerdiği ve istediği performans hedeflerine ulaşması durumunda başarılı ve iyi bir performans sergilediği ifade edilir. Bunun tersi durum için ise, yani; yapının kendisinden beklenen rijitlik, süneklik, sönüm vs. davranışları yönetmeliğin istediği ölçüde yerine getirmemesi durumunda kötü bir performans sergilediği söylenir. Tez çalışması kapsamında ele alınan İdari Bina-1'in yapı modeline ait performans hesap sonuçları Şekil 5.9'da belirtilmiştir.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU	
BINA BİLGİ DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KİRİŞ DÜSEY YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRIYE KANCALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, psh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞLERDE RIJİT BÖLGE Lİ KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=5.5cm, Sa=0.282g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=5.8cm, Sa=0.208g ✓
DÜSEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: X
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.57 / 0.21
Ed(x)=Edx + 0.3 Edy, Ed(y)=Edy + 0.3 Edx TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.	
S220 DÜZ DONATI BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR	
YAPI NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	

Şekil 5.9. Tasarım depreme düzeyi DD2'ye göre yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları.

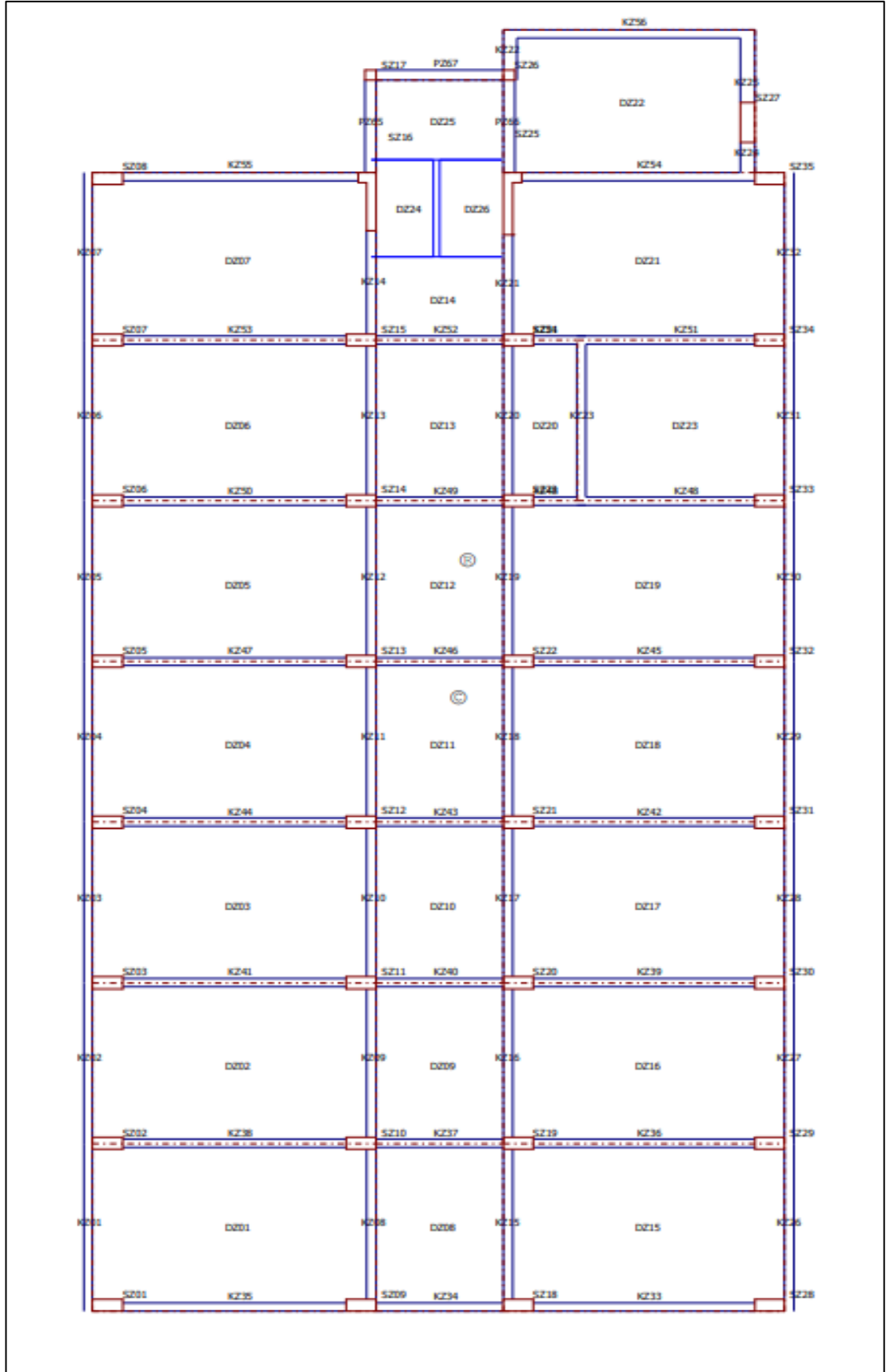
Performans analizi yapılırken mevcut zaman ve durum koşullarından dolayı; TBDY 2018 yönetmeliğine göre deprem hesabı yöntemlerinden çok modlu itme analizi seçilmiştir. Çok modlu itme analizi yönteminin seçilme nedeni; zaman tanım alanında analiz yöntemine göre veri toplaması ve analiz sürecinin daha kısa olması, tek modlu itme analizine göre ise daha fazla moda göre sonuçlar elde edilebilmesidir.

İdari Bina-1 yapı modelinde mevcut durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. İdari Bina-1 mevcut durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
4.Normal Kat	0,0097615	0,0094883	0,0096249	1,01
3.Normal Kat	0,0063437	0,0062686	0,0063062	1,01
2.Normal Kat	0,0054688	0,0051655	0,0053172	1,03
1.Normal Kat	0,0049078	0,0046569	0,0047823	1,03
Zemin Kat	0,0036645	0,0035099	0,0035872	1,02
Bodrum Kat	0,0003215	0,0003104	0,000316	1,02

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,02 olarak hesaplanmıştır. Tüm katlar için n_{bi} değerlerinin 1,2'den küçük olduğu Çizelge 5.4 'ten görülmektedir. Bu bağlamda İdari Bina-1'de yapı modeline ait burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Ele alınan yapı planının dikdörtgen şekilde olması ve taşıyıcı sistemin sürekli çerçevelerle inşa edilmiş olması zaten kütle merkezi ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştırmaktadır.



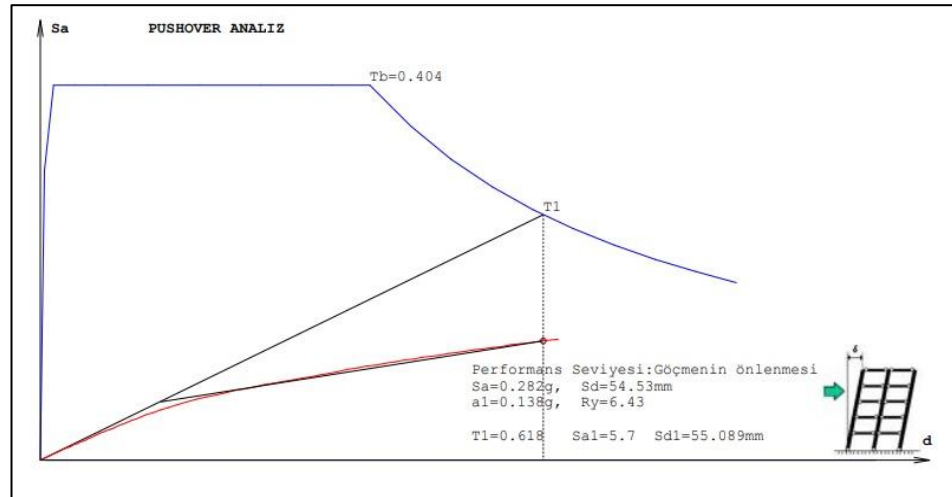
Şekil 5.10. İdari Bina-1 zemin kat kalıp aplikasyon planı

İdari Bina-1 yapı modelinde mevcut durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.5’de verilmiştir. Özellikle x yönünde bodrum kat haricindeki tüm katlarda minimum eksantrisiteden daha fazla eksantrisite olduğu görülmüştür.

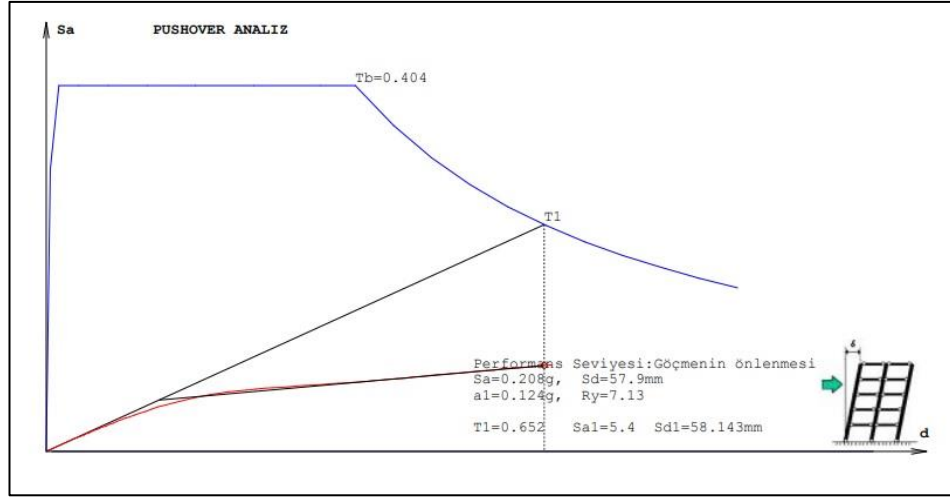
Çizelge 5.5. İdari Bina-1 mevcut durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

Kat	X _g (m)	X _r (m)	Y _g (m)	Y _r (m)	e _x (X _r -X _g)	e _y (Y _r -Y _g)	e _x %	e _y %
4. Normal Kat	16,26	18,38	7,71	7,94	2,12	0,23	7,48	1,53
3. Normal Kat	15,74	20,32	7,23	7,94	4,58	0,71	16,16	4,73
2. Normal Kat	15,83	19,92	7,44	8,01	4,09	0,57	14,43	3,80
1. Normal Kat	15,68	19,71	7,52	7,94	4,03	0,42	14,22	2,80
Zemin Kat	15,61	19	7,77	7,96	3,39	0,19	11,96	1,27
Bodrum Kat	14,74	16,04	7,58	7,62	1,30	0,04	4,59	0,27

Yapıya uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösteren eğriler Şekil 5.11’de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.11. DD2 deprem düzeyi performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

İdari Bina-1 için yapılan analizde deprem etkisi altında hedeflenen bina performansı “Kontrollü Hasar” (KH) performans hedefidir. Hedeflenen performans seviyesine ulaşıp ulaşılmadığına karar verilebilmesi için binada bulunan her bir yapısal elemanın belirlenen deprem düzeyi için hasar durumlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda DD-2 için yapılan analiz sonucunda elde edilen yük deplasman eğrileri incelendiğinde yapı, performans hedefi olan “Kontrollü Hasar” seviyesini sağlayamamış ve yapı performansı “Göçmenin Önlenmesi” seviyesinde ortaya çıkmıştır.

Yapılan performans hesabı sonucunda eleman bazında değerlendirmelere ilişkin özet sonuçlar Şekil 5.12’de sunulmuştur. Buna göre; tasarım depreminin oluşturduğu kesme kuvvetlerinin düşey elemanlara rijitlikleri oranında dağıtılması sonucunda her bir elemanın aldığı paya göre ortaya çıkan hasarlar göz önüne alındığında kolonlar arasında “İleri Hasar Bölgesi”ne geçen elemanların olmadığı, kolon hasarlarının “Sınırlı Hasar Bölgesi” ile “Belirgin Hasar Bölgesi”nde olduğu ve yönetmeliğin önerdiği şekilde gevrek davranan kolonların bulunmadığı görülmektedir. Fakat kiriş hasar bölgesi bakımından değerlendirme yapıldığında, kirişlerin %20’den fazlasının ileri hasar bölgesine geçtiği belirlenmiştir. Bu nedenle mevcut yapının kontrollü hasar performans hedefini sağlamadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	79.7	20.3	0.0	0.0	97.7	2.3	0.0	0.0	80.2	19.8	0.0	0.0	71.7	28.3	0.0	0.0
5	77.3	22.7	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	74.6	25.4	0.0	0.0	71.0	29.0	0.0	0.0
4	71.6	28.4	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	86.6	13.4	0.0	0.0	77.3	22.7	0.0	0.0
3	84.5	15.5	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	89.4	10.6	0.0	0.0	87.1	12.9	0.0	0.0
2	56.8	43.2	0.0	0.0	65.6	34.4	0.0	0.0	19.6	80.4	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.					100.									84.4		

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

İleri Kiriş Hasar oranı= $21.9 > 20$ Kontrollü hasar performans bölgesi ✘
Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir. Kontrollü hasar performans bölgesi ✘
Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
Kiriş Hasar oranı=($IH=21.9 > 20$ ✘), ($GB=16.7 > 0$ ✘)
Kolon Hasar oranı=($IH=0.0 \leq 20$ ✓), ($GB=0$ ✓)
Üst kat Vc oranı=($IH=0.0 \leq 40$ ✓), ($GB=0$ ✓)
Plastiklesen kolon Vc oranı=($IH+GB=0.0 \leq 30$ ✓)

Şekil 5.12. İdari Bina-1 performans sonucu.

Kiriş elemanların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin değerlendirilmesi ile hesaplanan süneklik durumlarının kontrolüne ilişkin sonuçların bir kısmı Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de özetlenmiştir.

KİRİŞ		Mdl	Mdr	Vdl	Vrl	Vdr	Vrr	SN/GV
KZ30	+X	8.50	3.67	5.60 <	9.70 ✓	0.24 <	9.70 ✓	SN ✓
L= 3.70	-X	-4.89	-7.56	5.60 <	9.70 ✓	0.24 <	9.70 ✓	SN ✓
KZ45	+Y	13.31	-3.06	8.13 <	9.55 ✓	3.77 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 4.80	-Y	-1.29	-10.02	8.13 <	9.55 ✓	3.77 <	9.55 ✓	SN ✓
KZ46	+Y	12.78	9.30	8.45 <	9.70 ✓	3.64 <	9.70 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-8.92	-12.77	8.45 <	9.70 ✓	3.64 <	9.70 ✓	SN ✓
KZ47	+Y	10.02	0.96	8.56 <	9.55 ✓	3.50 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 4.85	-Y	3.15	-13.34	8.56 <	9.55 ✓	3.50 <	9.55 ✓	SN ✓
KZ48	+Y	15.21	-7.50	11.51 >	9.55 ✗	6.63 <	9.55 ✓	GV ✗
L= 4.80	-Y	1.38	-10.35	11.51 >	9.55 ✗	6.63 <	9.55 ✓	GV ✗
KZ49	+Y	12.77	9.13	8.39 <	9.70 ✓	3.22 <	9.70 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-8.67	-12.75	8.39 <	9.70 ✓	3.22 <	9.70 ✓	SN ✓
KZ50	+Y	10.17	-1.10	9.38 <	9.55 ✓	4.90 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 4.85	-Y	5.09	-13.47	9.38 <	9.55 ✓	4.90 <	9.55 ✓	SN ✓
KZ51	+Y	15.18	-7.24	11.18 >	9.55 ✗	6.76 <	9.55 ✓	GV ✗
L= 4.80	-Y	1.13	-10.33	11.18 >	9.55 ✗	6.76 <	9.55 ✓	GV ✗
KZ52	+Y	12.91	7.91	9.20 <	9.70 ✓	1.59 <	9.70 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-7.57	-12.89	9.20 <	9.70 ✓	1.59 <	9.70 ✓	SN ✓
KZ53	+Y	10.01	0.43	8.48 <	9.55 ✓	4.06 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 4.85	-Y	2.81	-13.34	8.48 <	9.55 ✓	4.06 <	9.55 ✓	SN ✓
KZ54	+Y	9.24	-3.32	6.93 <	9.55 ✓	3.87 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 5.05	-Y	0.03	-9.71	6.93 <	9.55 ✓	3.87 <	9.55 ✓	SN ✓
KZ55	+Y	9.72	-1.09	7.64 <	9.55 ✓	3.97 <	9.55 ✓	SN ✓
L= 5.10	-Y	2.44	-9.32	7.64 <	9.55 ✓	3.97 <	9.55 ✓	SN ✓
K108	+X	5.99	3.03	5.89 <	12.26 ✓	0.23 <	12.26 ✓	SN ✓
L= 3.73	-X	-0.54	-7.79	5.89 <	12.26 ✓	0.23 <	12.26 ✓	SN ✓
K109	+X	9.10	2.42	6.32 <	12.26 ✓	0.79 <	12.26 ✓	SN ✓
L= 3.70	-X	-4.47	-7.85	6.32 <	12.26 ✓	0.79 <	12.26 ✓	SN ✓

2 adet gevrek eleman bulunmuştur.

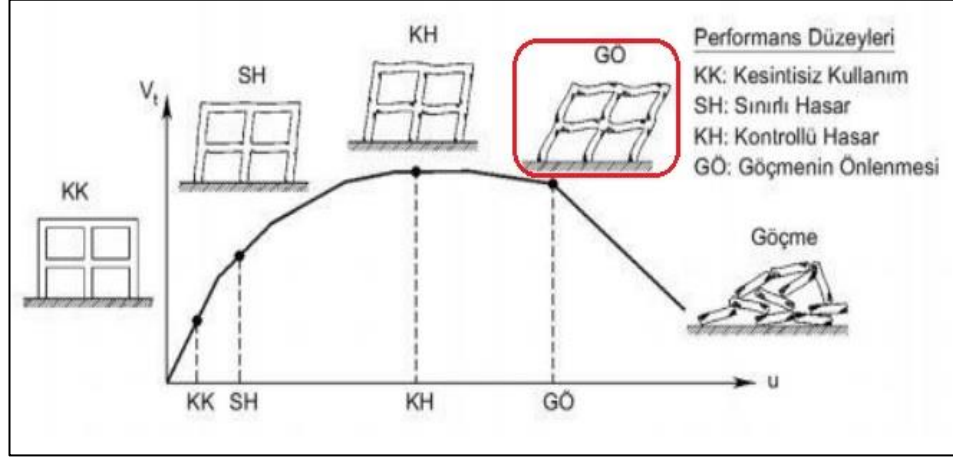
Şekil 5.13. Elemanların süneklik kontrolü.

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar	
Kiris	KZ48, KZ51

Şekil 5.14. Güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar.

Ele alınan İdari Bina-1 yönetmelik koşullarına göre “Kontrollü Hasar” veya daha az hasar gören bir performans seviyesinde olması gerekirken yapının “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesinde olduğu görülmüş ve güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Şekil 5.15’de performans seviye durumu verilmiştir.

Mevcut yapıda gevrek olarak hasar gören iki adet kiriş elemanın bulunduğu da tespit edilmiştir. Bu bağlamda güçlendirme çalışması kapsamında gevrek olan elemanların öncelikli olarak güçlendirilmesi önemli olmaktadır.



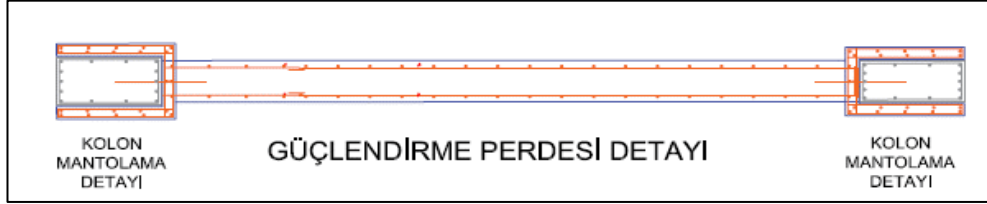
Şekil 5.15. Performans seviye durumu [8].

Güçlendirme Yöntemi: Hedeflenen performans seviyesine ulaşamayan İdari Bina-1 için güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda hem belirlenen kolonlara mantolama uygulaması yapılarak eleman bazında güçlendirme yöntemleri uygulanmış hem de çerçeve sisteme betonarme perdeler eklenerek sistem güçlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Kolonlar mantolanarak sünek davranışı geliştirilmiş ayrıca ilave edilen betonarme perdelerin başlık kolonları kesit alanı büyütülerek daha rijit bir duruma getirilmiştir. Binaya eklenen betonarme güçlendirme perdeleri, sisteme etkileyen deprem kuvvetlerinin büyük bir bölümünü kendi rijitlikleri oranında sönmölemektedir. Bu durum yapı taşıyıcı sisteminin deprem etkisi altında dayanımını artırmıştır.

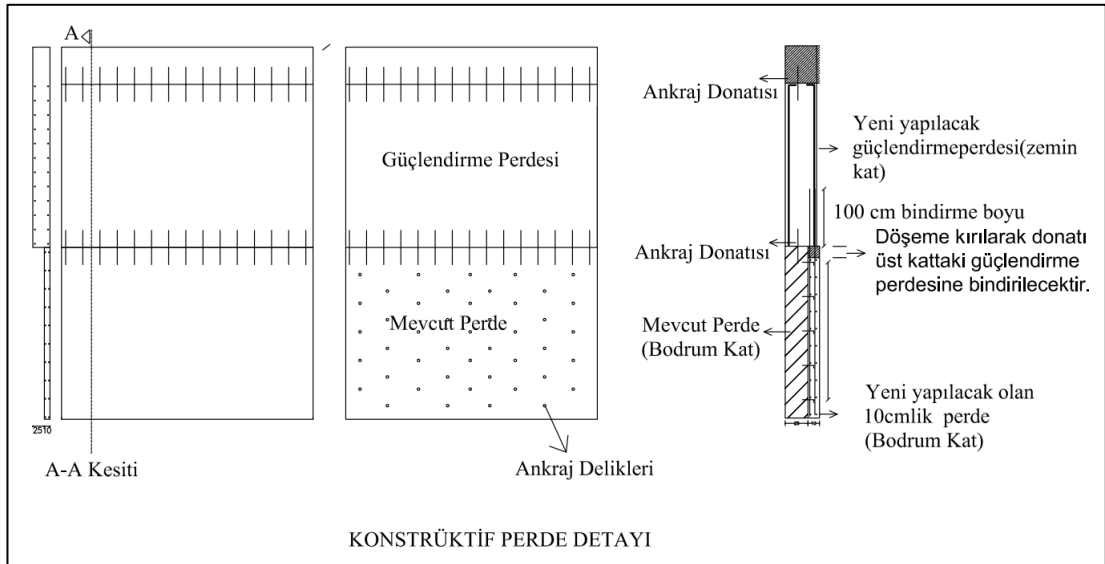
Yapının performans seviyesinin ‘‘Kontrollü Hasar’’ veya daha az hasar göreceği daha iyi bir performans seviyesine getirmek için kapasite kullanım oranı en yüksek olan aynı akstaki kolonlar arasına ve gevrek davranış gösteren kiriş açıklıklarına perde ankrajı yapılmıştır. Bu kapsamda güçlendirilmesi gereken iki adet gevrek kiriş problemi de perde ankrajı sayesinde ortadan kaldırılmıştır. Güçlendirme çalışması kapsamında mevcut binaya yapılan ilaveler aşağıdaki gibidir:

- Bodrum ve zemin katlarda 7 adet güçlendirme perdesi ve 8 adet kolon mantolaması,
- 1,2, ve 3. normal katlarda ise 6 adet güçlendirme perdesi ve 7 adet kolon mantolaması eklenmiştir.

Yapılan güçlendirme tasarımı sonucunda önerilen modelin yeniden performans değerlendirmesi yapılmış olup takviye edildikten sonra yapının sağlaması gereken “Kontrollü Hasar” performans hedefine ulaşılabileceği görülmüştür. Şekil 5.16’da güçlendirme perdesi detayı ve Şekil 5.17’de konstrüktif perde detayı verilmiştir.

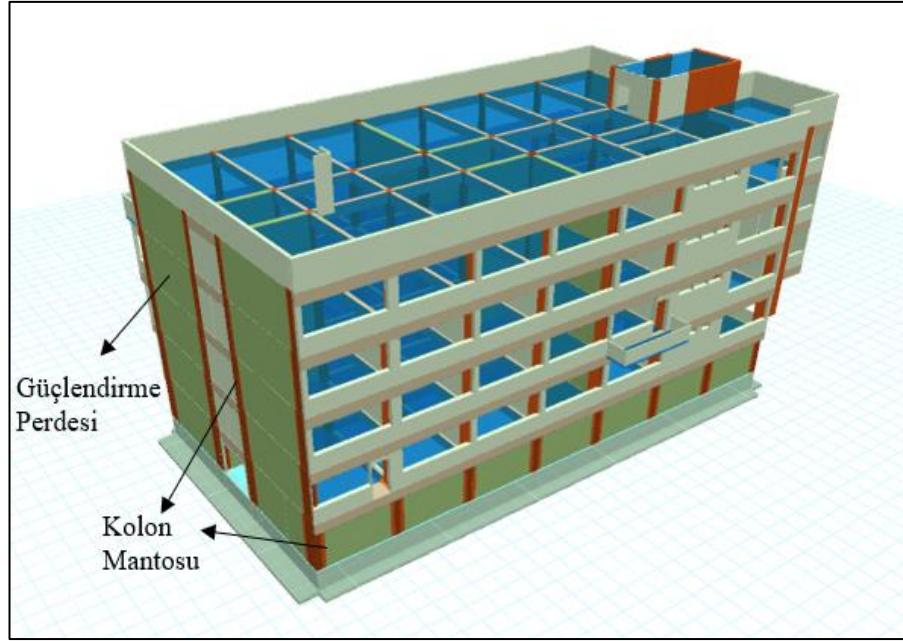


Şekil 5.16. Güçlendirme perde detayı



Şekil 5.17. Konstrüktif perde ankrāj detayı

Şekil 5.18’de güçlendirilmiş bina 1’e ait 3 boyutlu görsel verilmiştir.



Şekil 5.18. Güçlendirilmiş bina 1'e ait 3 boyutlu görsel.

Yapılan güçlendirme çalışmaları sonucunda yapının performansı STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulan yapı modeli ile performans hesabı yapılmıştır. Yapı modeline ait performans hesabı sonuçları Şekil 5.19'da özetlenmiştir. İdari Bina-1'e ait güçlendirilmiş bodrum kat ve zemin/normal katlara ait kalıp plan görselleri Ek A'da sunulmuştur.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU	
BINA BILGI DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KİRİŞ DÜZEYİ YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRİYE KANCALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, ρsh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞLERDE RİJİT BÖLGE KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=3.4cm, Sa=0.555g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=2.0cm, Sa=0.545g ✓
DÜZEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: x
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.77 / 0.71
Ed(x)=Edx + 0.3 Edy, Ed(y)=Edy + 0.3 Edx TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.	
S220 DÜZ DONATI BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR	
YAPININ NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	

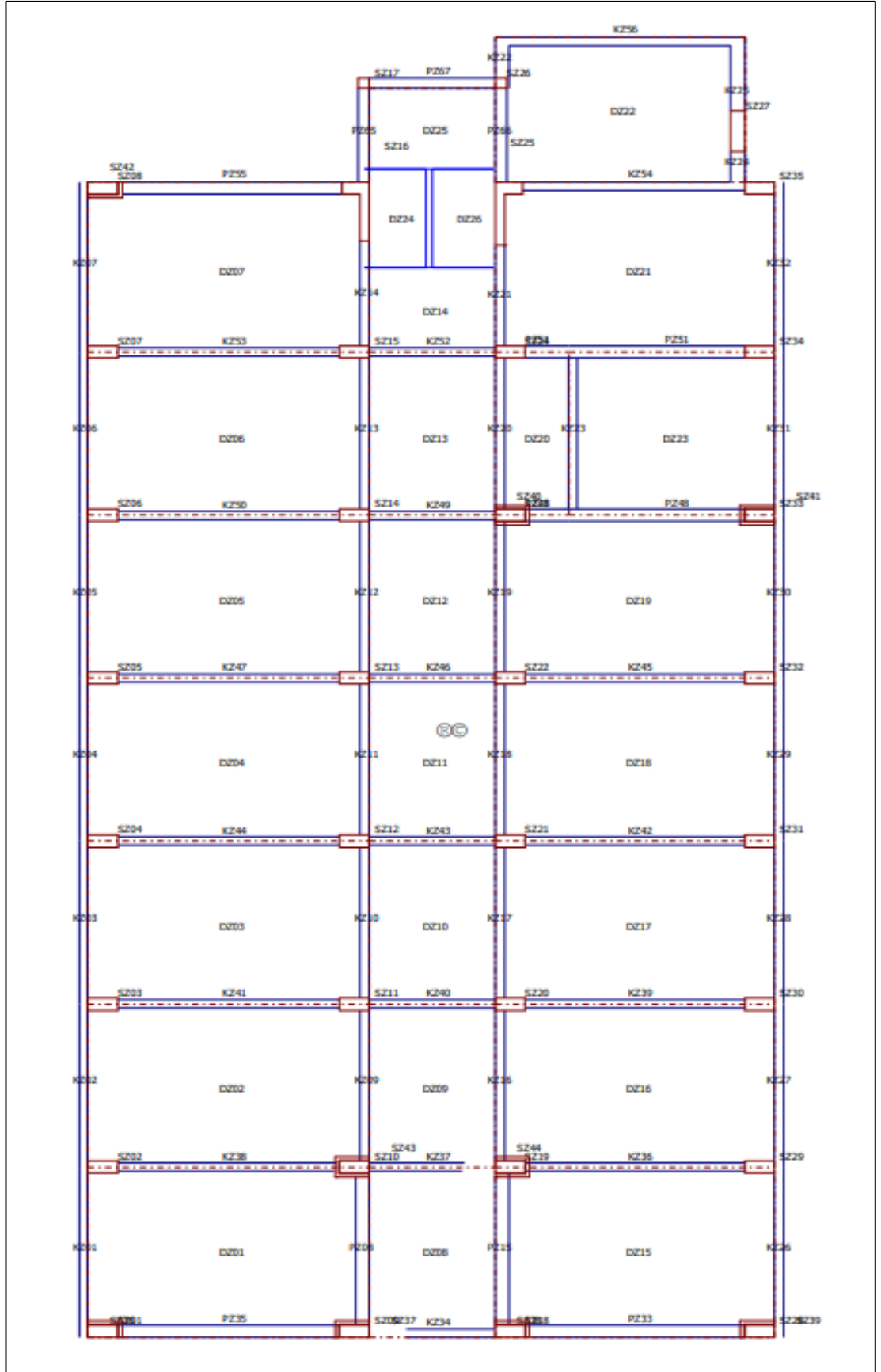
Şekil 5.19. DD2 nonlineer analiz güçlendirme performans sonucu.

İdari Bina-1 yapı modelinde güçlendirilmiş durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
4.Normal Kat	0,0095392	0,0095249	0,0095321	1,00
3.Normal Kat	0,0037516	0,0039748	0,0038632	1,03
2.Normal Kat	0,0030714	0,0032219	0,0031467	1,02
1.Normal Kat	0,0026386	0,0027510	0,0026948	1,02
Zemin Kat	0,0021209	0,0021740	0,0021475	1,01
Bodrum Kat	0,0004680	0,0004662	0,0004671	1,00

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,01 oldu olarak hesaplanmıştır. Tüm katlar için n_{bi} değerlerinin 1,2'den küçük olduğu Çizelge 5.6'dan görülmektedir. Bu bağlamda İdari Bina-1'de güçlendirilmiş yapı modeline ait burulma düzensizliği bulunmamıştır. Ele alınan yapı planının dikdörtgen şekilde olması ve taşıyıcı sistemin sürekli çerçevelerle inşa edilmiş olması zaten kütle merkezi ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştırmaktadır.



Şekil 5.20. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı

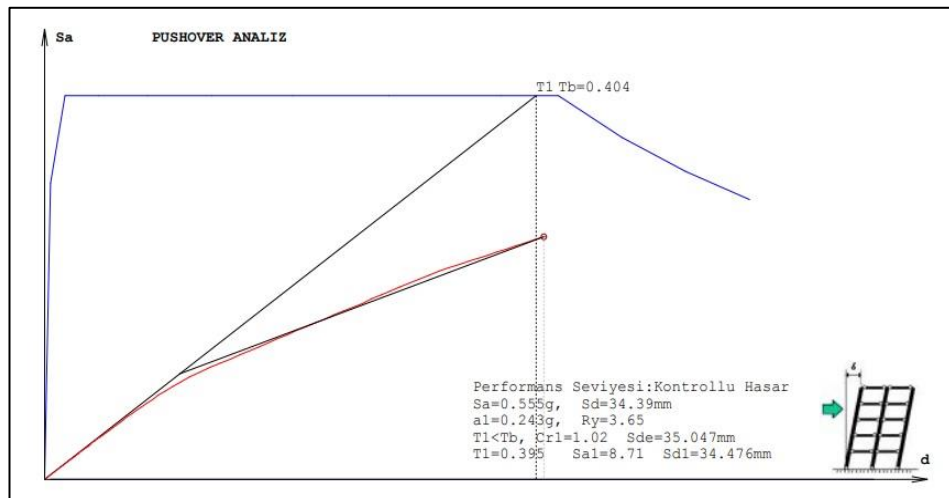
İdari Bina-1 yapı modelinde güçlendirilmiş durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. İdari Bina-1 güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

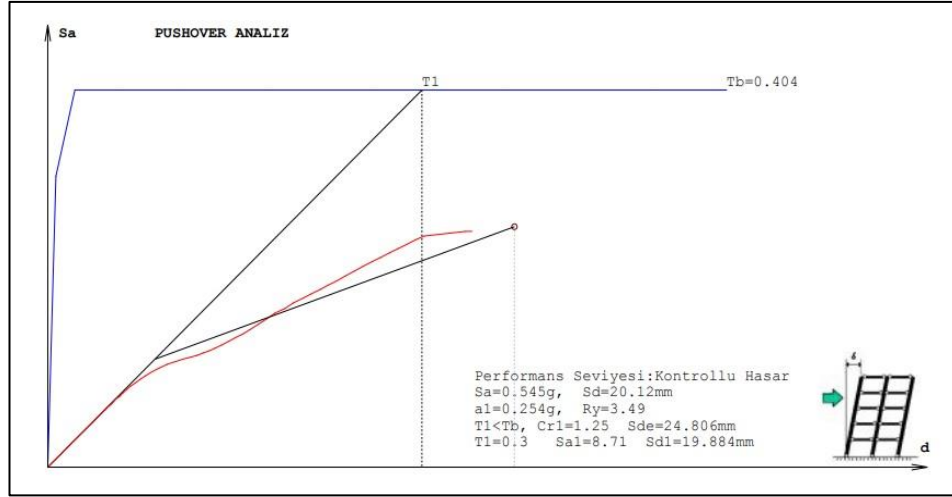
Kat	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	ex (Xr-Xg)	ey (Yr-Yg)	ex %	ey %
4. Normal Kat	16,29	16,50	7,71	7,40	0,21	-0,31	0,74	-2,07
3. Normal Kat	15,05	14,04	7,35	6,80	-1,01	-0,55	-3,56	-3,67
2. Normal Kat	15,12	14,20	7,55	7,07	-0,92	-0,48	-3,25	-3,20
1. Normal Kat	14,95	14,54	7,62	7,33	-0,41	-0,29	-1,45	-1,93
Zemin Kat	15,20	15,23	7,95	7,62	0,03	-0,33	0,11	-2,20
Bodrum Kat	14,54	16,29	7,76	7,61	1,75	-0,15	6,17	-1,00

TBDY 2018 yönetmeliğinde hiç eksantrisitesi bulunmayan bina da bile minimum %5 eksantrisite alınarak hesap yapılması istenmektedir. Mevcut yapıda her katta farklı değerler alan ve sınırlandırılmamış olan eksantriste değerlerinin güçlendirme uygulaması sonrası yönetmelikte belirtilen %5 minimum eksantrisitenin de altına çekilmiştir.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (güçlendirilmiş yapı) uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösterir eğriler Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



(a)



Şekil 5.21. DD2 deprem düzeyi güçlendirilmiş performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (güçlendirilmiş yapı) kolon elemanların kesme kuvveti dağılımlarına göre almış oldukları kesit hasarlarının performans yönünden değerlendirilmesi Şekil 5.22’de gösterilmektedir.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																	
KAT NO	SH	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
		BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	
6	99.3	0.7	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	98.6	1.4	0.0	0.0	96.5	3.5	0.0	0.0	
5	100.	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	
4	100.	0.0	0.0	0.0	98.1	1.9	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	
3	100.	0.0	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	
2	99.2	0.8	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	99.2	0.8	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	
Max.	100.													3.5			

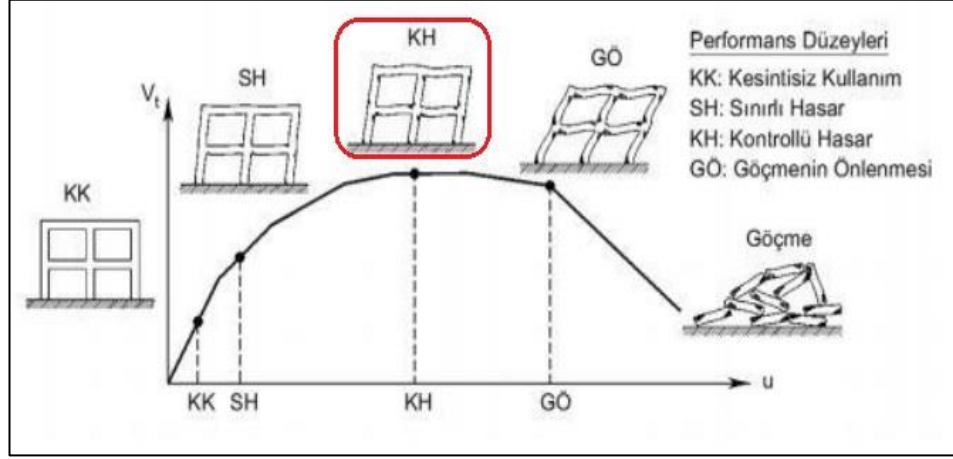
ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI									
KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)		
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
Max.	100.								

Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, DD2 ileri performans hedefi sağlanmıştır.

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
 Kiriş Hasar oranı=(IH=3.1<=35 ✓), (GB=0 ✓)
 Kolon Hasar oranı=(IH=0.0<=20 ✓), (GB=0 ✓)
 Üst kat Vc oranı=(IH=0.0<=40 ✓), (GB=0 ✓)
 Plastiklenen kolon Vc oranı=(IH+GB=0.0<=30 ✓)

Şekil 5.22. İdari Bina-1 güçlendirilmiş performans sonucu.

Yapılan güçlendirme tasarımı sonucunda, yapı sağlaması istenen “Kontrollü Hasar” performans seviyesine ulaşmıştır. Şekil 5.23’de güçlendirilmiş performans seviye durumu verilmiştir.



Şekil 5.23. Güçlendirilmiş performans seviye durumu [8].

Güçlendirme perdesi ve mantolama uygulamaları ile yapı performansı açısından DD2 deprem düzeyinde istenen performans sağlanmış olsa da güçlendirme projesinin uygulanmasında işçilik açısından zorluklar ortaya çıkarabilir. Binadaki mevcut kolon ve kirişlerdeki donatı aralıklarının sık olması, güçlendirme esnasında yapıya eklenecek yeni yapı elemanlarının donatılarının ankre edilmesinde problem oluşturacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda imalat aşamasının sıkı bir şekilde kontrol edilmesi olası hataların önlenmesi açısından önemlidir. Yapım kontrollerinde; performans değerlendirilmesi yapılmış ve güçlendirme ihtiyacı doğmuş mevcut binalarda, özellikle bina yaşı büyük olan yapılarda belirsizliklerin yeni yapılan inşaatlara kıyasla fazla olduğu hususuna dikkat edilmeli ve daha hassas davranılmalıdır.

Aksi takdirde, uygulama aşamasında yeni eklenen yapı elemanlarının imalatlarının beklenen kaliteden uzak olması ve proje ile uygulama arasında tutarsızlıkların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Bu durum, tasarlanan güçlendirme modeli sonucunda ortaya çıkan güçlendirilmiş performans seviyesinin sağlanmasını zorlaştıracaktır. Mevcut yapı eleman donatılarının çok sık olması, yeni yapı elemanlarının donatı montajı sırasında mevcut donatıların deformasyona uğramasına sebep olmaktadır. Bu durumla karşılaşmamak adına, arasına güçlendirme perdesi eklenen kolonların manto kalınlığı

ve perde duvar kalınlığı artırılarak perdede bulunan yatay dağıtma donatıları manto içerisine ankre edilmesine olanak sağlanması önerilmektedir.

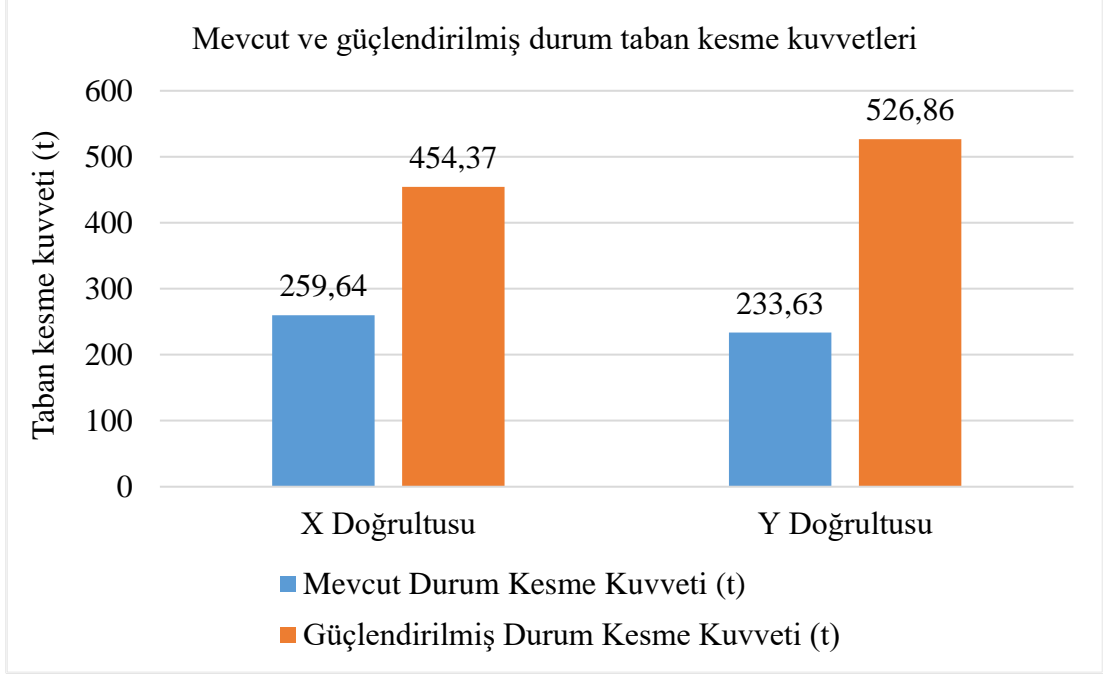
Taban Kesme Kuvveti ve Momenti: İdari Bina-1'in mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının analizleri TBDY 2018'de verilen deprem düzeylerine göre yapılmıştır. Yapısal analizler sonucunda söz konusu binanın mevcut durumu için elde edilen taban kesme kuvveti değerleri ve betonarme (perde) duvarların taşıma oranları Çizelge 5.8'de ve güçlendirilmiş durumları için elde edilen taban kesme kuvvetleri, taban momentleri ve betonarme duvarların taşıma oranları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.8. İdari Bina-1'in mevcut durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

Mevcut Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	259,64 t	2949,88 tm	61	233,63 t	2639,48 tm	19

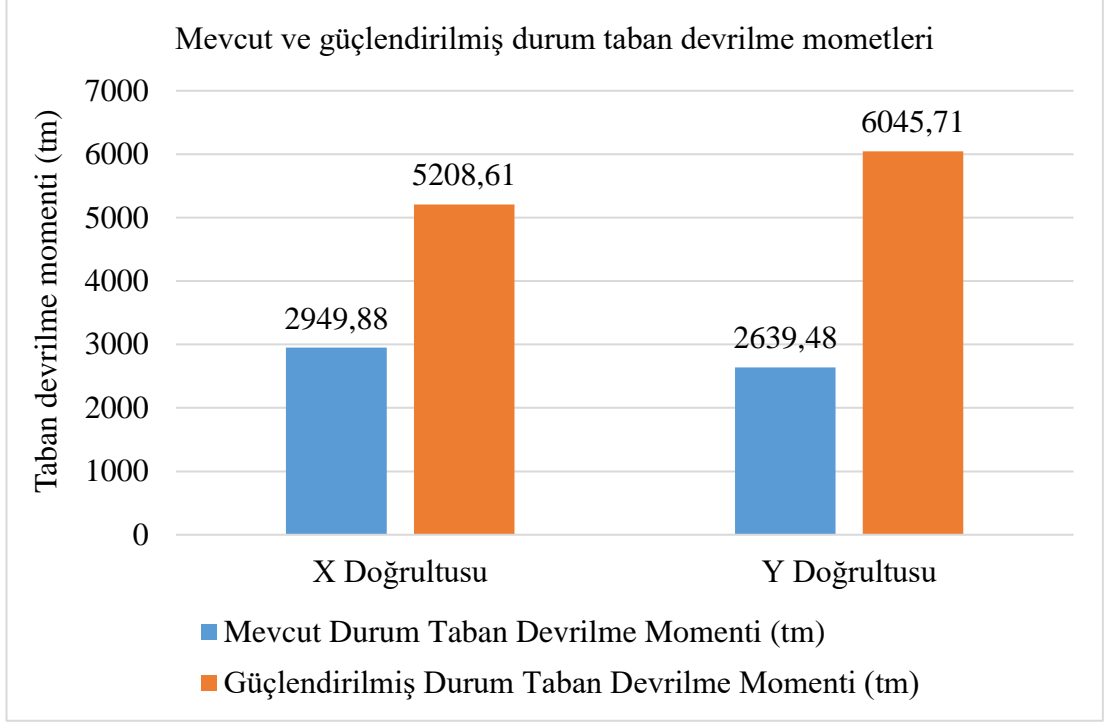
Çizelge 5.9. İdari Bina-1'in güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	454,37 t	5208,61 tm	41	526,86 t	6045,71 tm	36



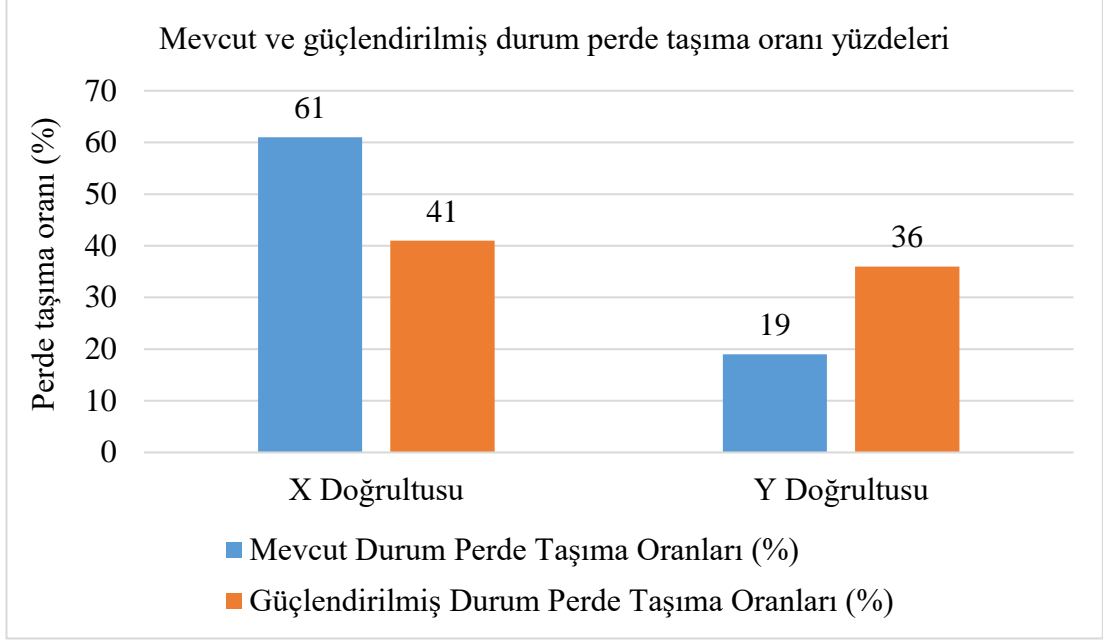
Şekil 5.24. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvvetleri

Şekil 5.24’de mevcut durumda taban kesme kuvveti x doğrultusunda 259,64 t iken güçlendirilmiş durumda taban kesme kuvveti 454,37 t çıkmış olup, yaklaşık %75 oranda artış göstermiştir. Mevcut durumda taban kesme kuvveti y doğrultusunda 233,63 t iken güçlendirilmiş durumda taban kesme kuvveti 526,86 t çıkmış olup, yaklaşık %125 oranda artış göstermiştir. Bunun nedeni mevcut durumda yapıya gelen deprem kuvvetinin tamamının çerçeveler tarafından karşılanmasına karşın güçlendirilmiş durumda ilave perdeler eklenerek yapı perdeli-çerçeveleli karma sisteme dönüşmüştür.



Şekil 5.25. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban devrilme momentleri

Şekil 5.25’de mevcut durumda taban devrilme momenti x doğrultusunda 2949,88 tm iken güçlendirilmiş durumda taban devrilme momenti 5208,61 tm’ye çıkmış olup, yaklaşık %76,50 oranında artış göstermiştir. Mevcut durumda taban devrilme momenti y doğrultusunda 2639,48 tm iken güçlendirilmiş durumda taban devrilme momenti 6045,71 tm’ye çıkmış olup, yaklaşık %129 oranında artış göstermiştir.



Şekil 5.26. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durum perde taşıma oranı yüzdesi

Şekil 5.26’da mevcut durumda perde taşıma oranı yüzdesi x doğrultusunda %61 iken güçlendirilmiş durumda perde taşıma oranı yüzdesinin %41’e düştüğü görülmüştür. Mevcut durumda perde taşıma oranı yüzdesi y doğrultusunda %19 iken güçlendirilmiş durumda perde taşıma oranı yüzdesinin %36’ya çıktığı görülmüştür.

İdari Bina-1 için yapıdan örnek alınmış olan 1 adet kolona ait mevcut ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvveti Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.10. İdari Bina-1 mevcut durumda örnek alınan SZ 33 kolana ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri

Mevcut Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No
	ΣV_X	ΣF_X	SZ33	ΣV_Y	ΣF_Y	SZ33
DD2	259,64 t	31,46 t	4,69 t	233,63 t	25,97 t	4,7 t

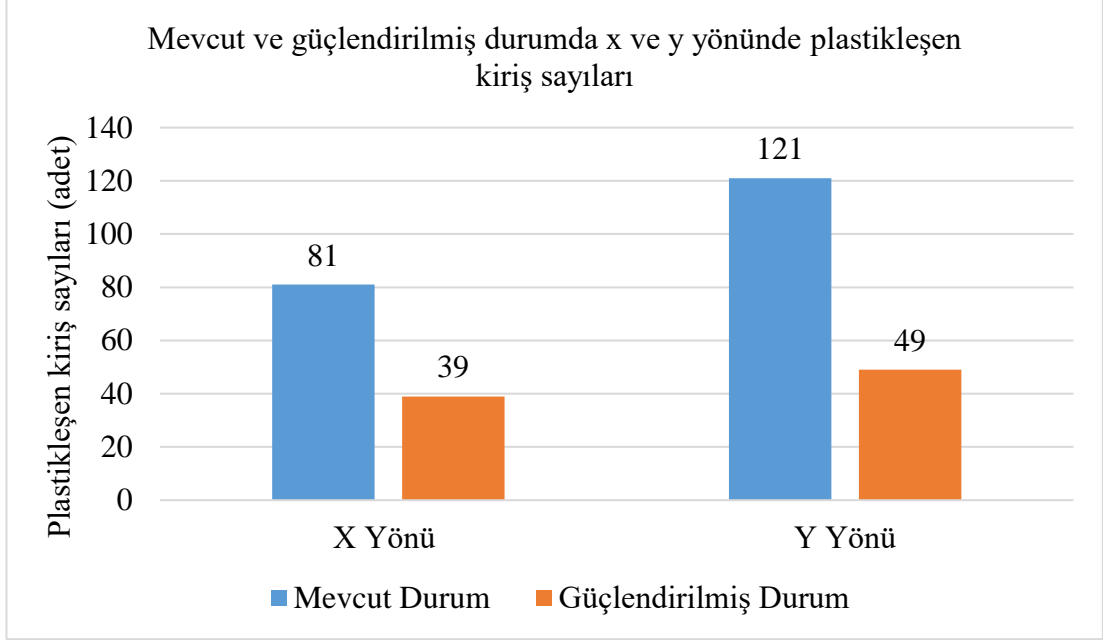
Çizelge 5.11. Güçlendirilmiş durumda mantolanan SZ 41 kolana ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvvetleri

Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No
	ΣV_X	ΣF_X	SZ41	ΣV_Y	ΣF_Y	SZ41
DD2	454,37 t	34,30 t	19,30 t	526,86 t	54,98 t	0,69 t

Yapısal Elemanların Plastikleşmesi: İdari Bina-1'in mevcut ve güçlendirilmiş durumunun sınırlı bilgi düzeyi için TBDY 2018'e göre gerçekleştirilen performans analizinden DD-2 deprem düzeyine göre kolonlarda ve kirişlerde oluşan toplam plastik mafsalları ve yüzde oranları Çizelge 5.12'de verilmiştir. Söz konusu İdari Bina-1'in güçlendirilmiş durumunda oluşan plastik mafsalları mevcut durumuna göre önemli ölçüde azalma olduğu görülmüştür.

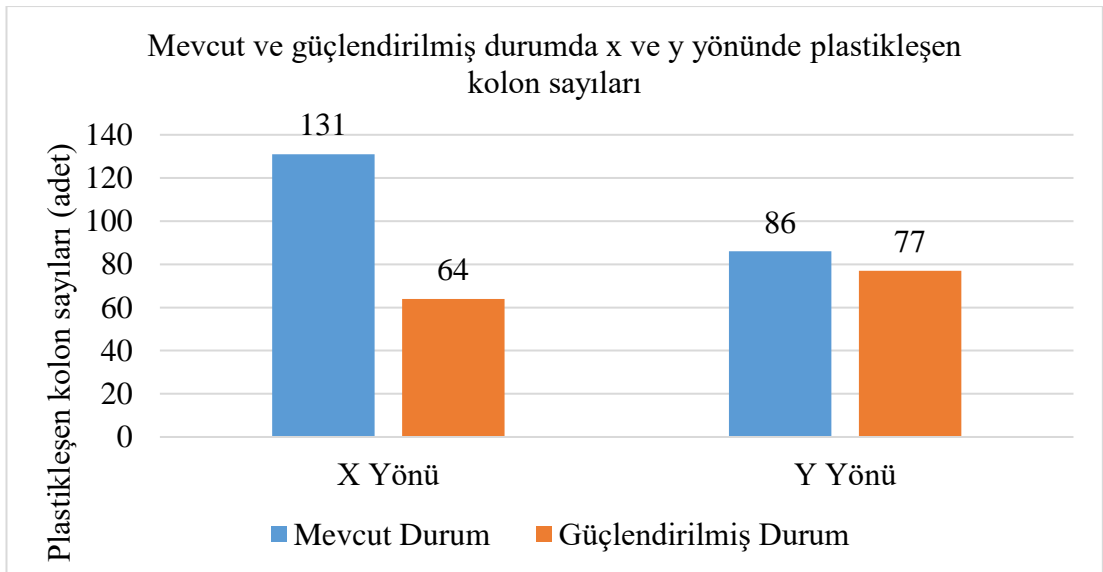
Çizelge 5.12. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları

Mevcut Durum					Güçlendirilmiş Durum				
Eleman	DD2				Eleman	DD2			
	X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %		X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %
Kiriş	81	34,62%	121	51,71%	Kiriş	39	19,31%	49	24,26%
Kolon	131	64,22%	86	42,16%	Kolon	64	31,37%	77	37,75%



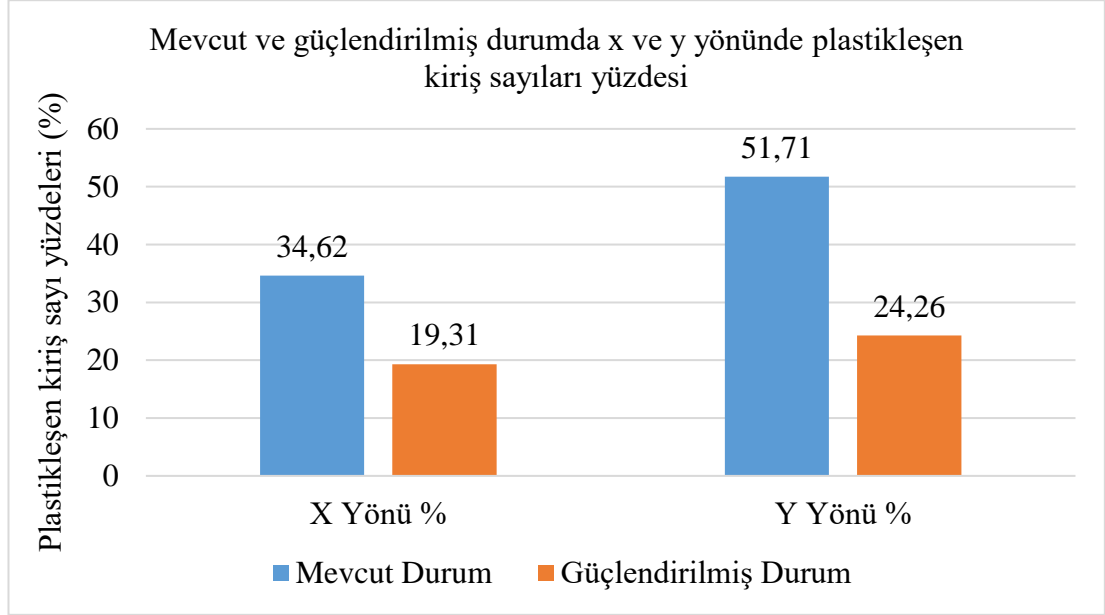
Şekil 5.27. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları

Şekil 5.27’de mevcut durumda plastikleşen kiriş sayısı x doğrultusunda 81 adet iken güçlendirilmiş durumda plastikleşen kiriş sayısı 39’a düşmüş olup, yaklaşık %48 oranında bir azalma görülmüştür. Ayrıca y doğrultusunda mevcut durum için plastikleşen kiriş sayısı 121 adet iken güçlendirilmiş durumda 49’a düşmüş olup, yaklaşık %40,50 oranında azalma görülmüştür.



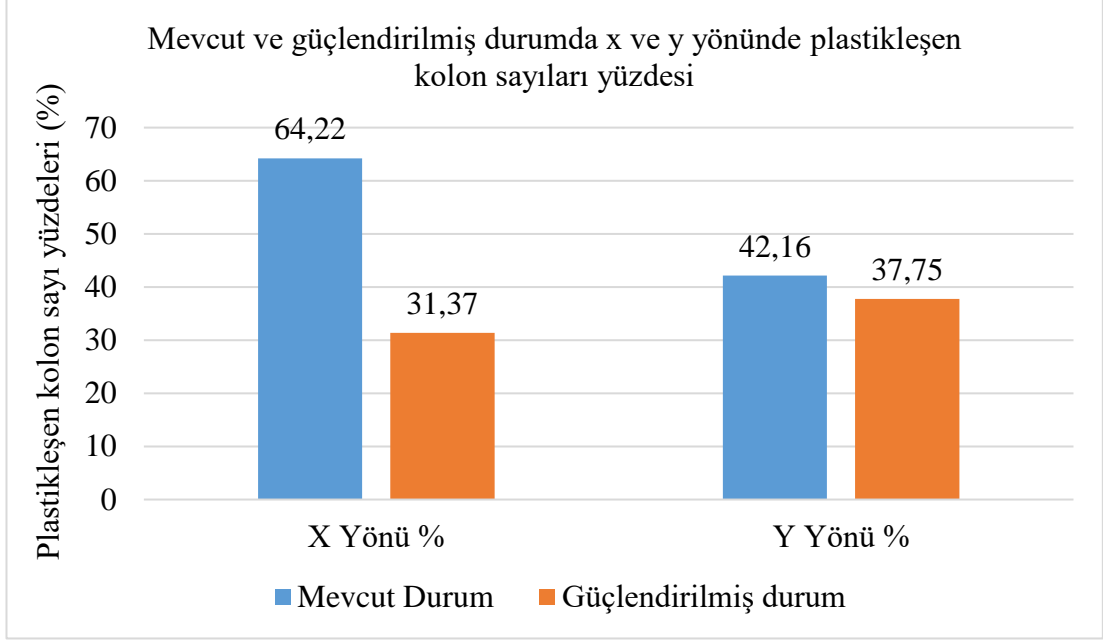
Şekil 5.28. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları

Şekil 5.28’de mevcut durumda plastikleşen kolon sayısı x doğrultusunda 131 adet iken güçlendirilmiş durumda 64’e düşmüş olup, yaklaşık %48,85 oranında bir azalma görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kolon sayısı y doğrultusunda 86 adet iken güçlendirilmiş durumda 77’e düşmüş olup, yaklaşık %10,50 oranında bir azalma görülmüştür.



Şekil 5.29. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları yüzdesi

Şekil 5.29’da mevcut durumda plastikleşen kiriş sayı yüzdesi x doğrultusunda %34,62 iken güçlendirilmiş durumda yüzdesinin %19,31’e düştüğü görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kiriş sayı yüzdesi y doğrultusunda %51,71 iken güçlendirilmiş durumda yüzdesinin %24,26’ya düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.30. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları yüzdesi

Şekil 5.30’da mevcut durumda plastikleşen kolon sayı yüzdesi x doğrultusunda %64,22 iken güçlendirilmiş durumda yüzdesinin %31,37’e düştüğü görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kolon sayı yüzdesi y doğrultusunda %42,16 iken güçlendirilmiş durumda yüzdesinin %37,75’e düştüğü görülmüştür.

Maliyet Hesabı: Yapı güçlendirme projesi uygulaması esnasında karşılaşılabilecek düşünülen her türlü iş kalemi ele alınarak bir yaklaşık maliyet hesap cetveli hazırlanmıştır. Hazırlanan bu yaklaşık maliyet hesap cetveli, 38 kalemden oluşmakta ve toplam 2.665.949,76 TL (~140.313 USD) olarak hesaplanmış olup, Ek C’de yaklaşık maliyet hesap cetvel detayı verilmiştir.

İdari Bina-1 ‘in toplam alanı 2824,57 m² olup, 3A grubu yapılar için 2023 yılı yapı yaklaşık birim maliyeti 4600 TL/ m² dir. Bu kapsamda İdari Bina-1’in yeniden yapım yaklaşık maliyeti 2824,57 x 4600 = 12.993.022,00 TL olarak hesaplanmıştır. İdari Bina-1’in yeniden yapım yaklaşık maliyetinin, hesaplanan güçlendirme maliyetine oranının yaklaşık olarak (2.665.949,76 / 12.993.022,00 = 0,2051) %20,50 olduğu görülmüştür.

Güngör çalışmasında, herhangi mevcut bir bina için ekonomik değerlendirme yapılırken onarım / güçlendirme maliyetinin yeniden yapım maliyetine oranı olarak, genel teamüller çerçevesinde kullanılan, bina özelliklerinden bağımsız, yaklaşık 25 yıllık bir yapı için bile %40'lık oranın en azından binanın yaşı ile ilişkilendirilmesinin önemi görülmektedir. Bu durumda 50 yılı aşkın süredir hizmet vermekte olan İdari Bina-1 için bu oranın % 0 olması yani güçlendirme maliyetine girilmesinin bir anlamı olmadığı öngörülmektedir [67].

Betonarme yapı sisteminin ömrünün içerisinde bulunan donatı korozyondan korunduğu sürece 100 yıldan fazla olduğu belirtilmektedir. Türkiye' deki mevcut yapı stokunun durumu göz önüne alındığında 2000 yılı öncesindeki yapılarda, elle karılan beton dökümlerinin yaygın şekilde kullanılmış olması ve betonun yerine yerleştirilmesinde yeterli vibrasyon uygulaması yapılmadığından hem beton içerisindeki boşluk oranının fazla olması hem de bu boşlukların sürekli olması sık rastlanılan olumsuz durumlardandır. Bu durumda olan betonarme yapılarda betonun içerisindeki donatının korozyondan korunması pek mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda yapı ömrü 50 yılı aşmış olan yapıların takviyesi yerine yenilerinin yapılarak inşa edilmesinin daha sağlıklı olacağı ön görülmektedir.

5.2. ELE ALINAN İDARİ BİNA 2'YE İLİŞKİN BİLGİLER

Tez kapsamında incelenen diğer bina; bodrum, zemin ve 3 normal kat olmak üzere toplamda 5 kattan oluşan ve 53 yıldır kullanımda olan betonarme taşıyıcı sisteme sahip bir yapıdır. Bina 2'ye ait görsel Şekil 5.31'de verilmiştir.



(a)



(b)

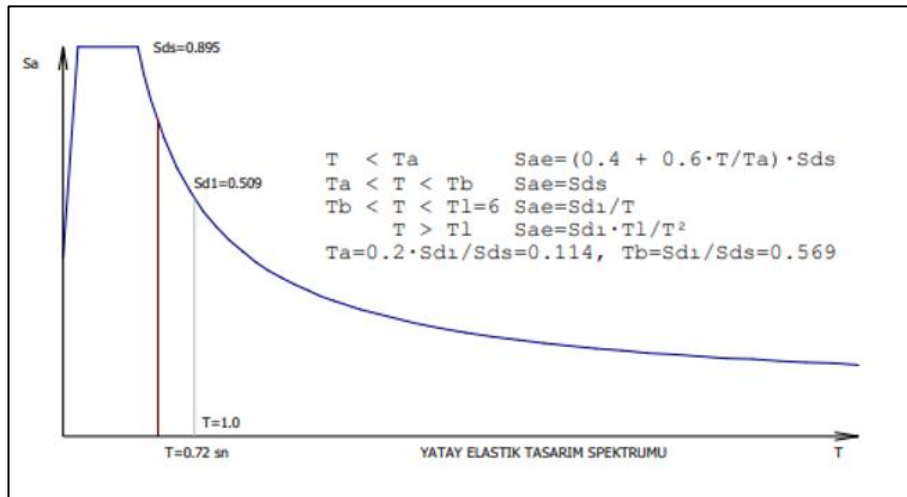
Şekil 5.31. İdari Bina-2 görseli (a) Ön cephe görseli, (b) Arka cephe görseli

Çizelge 5.13’de İdari Bina-2’e ait TBDY 2018’e göre performans değerlendirmesinde kullanılan tasarım parametreleri, performans hedefleri ve yapı bilgileri verilmiştir.

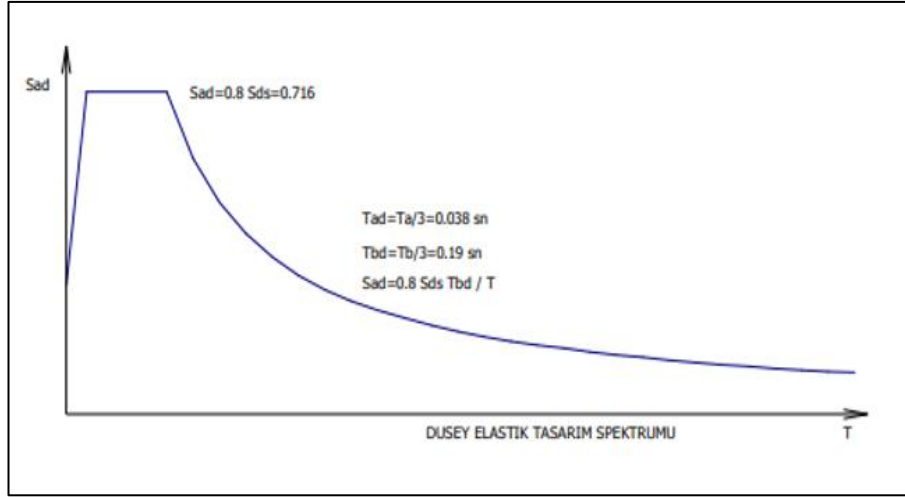
Çizelge 5.13. İdari Bina-2 yapı bilgileri.

Deprem Standardı	TBDY 2018
Deprem Yer Hareket Düzeyi	DD2 (50 yılda aşılma olasılığı %10)
Zemin Sınıfı	ZD
Zemin Tasarım Taşıma Gücü (q_i)	180,01 kN/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	10.078,70 kN/m ² /m
Bina Koordinatı (Enlem/Boylam)	41.18717° / 32.63282 °
Yerel Spectral İvme Katsayısı (S_s/S_1)	0,742 / 0,240
Tasarımsal Spectral İvme Katsayısı (S_{ds}/S_{d1})	0,895 / 0,509 DD2
Yapı Davranış Katsayısı (R)	4,00 (Yeni güçlendirme için)
Sistem Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	2,5
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6 ($H_n = 12,0$ m)
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3 ($I = 1,0$)
Modal analiz min. Deprem yükü oranı (β)	0,9
DD2 Normal Performans Hedefi	KH (Kontrollü Hasar)
DD2 Değerlendirme/Tasarım	ŞGDT (Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım)
Diyafram Sayısı	5

Şekil 5.32’de TBDY 2018 yönetmeliğine göre İdari Bina-2’e ait tasarım spektrum bilgileri verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.32. İdari Bina-2 tasarım spektrum bilgileri eğrisi (a) Yatay elastik spektrumu, (b) Düşey elastik spektrumu.

İdari Bina-2'nin de mevcut durumu incelenmiş, önceki örneklem olan İdari Bina-1'de olduğu gibi ölçüleri alınmış ve rölöve projeleri oluşturulmuştur. Saha çalışmaları sonucunda, yapı elemanlarının donatı miktarları, beton kaliteleri gibi özellikleri saptanmıştır. İdari Bina-2'nin bodrum kat ve zemin/normal katlara ait kalıp plan görselleri Ek A'da verilmiştir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen etüt çalışmaları ve çıkarılan rölöve projelerine göre röntgen, karot ve sıyırma sayıları aşağıda belirlenmiştir.

- 21 adet karot numunesi alınmış,
- 26 adet tahribatlı donatı tespiti (sıyırma) yapılmış,
- 30 adet tahribatsız donatı tespiti (röntgen okuması) yapılmış,
- 2 adet temel muayene çukuru açılmıştır.

Karot İşlemleri: Yapılan etüt çalışmalarında belirlenen 21 adet karot numunesi alınması işlemi yapılmıştır. Alınan bazı karot numunelerine ait görseller Şekil 5.33'de verilmiştir.



Şekil 5.33. Alınan karot numune görselleri.

Alınan karot numunelerinin ortalama basınç dayanımının belirlenmesi için numuneler aksel basınç testine tabi tutulmuştur. Test sonuçları Çizelge 5.14’de verilmiştir. Alınan tüm karot numunelerine ait sonuçlar Ek B’de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Alınan karot numunelerinin ortalama basınç testi sonucu.

Katlara Ait Değerler	Bodrum Kat	Zemin Kat	1. Normal Kat	2. Normal Kat	3. Normal Kat
Numune Sayısı (adet)	5	4	4	4	4
Numune Sonucu (Mpa)	11,79	10,64	10,33	13,84	9,19

Yapı genelinden alınan beton numune ortalamalarından çıkan basınç dayanım sonuçları, TDBY 2018 standartlarında yer alan minimum beton basınç dayanım sınıfı C25/30 (silindirik beton numunesi basınç dayanım sonucu 25 MPa)’dan; yapı genelinde çok düşük kalmaktadır. Yapı genelinde düşük dayanımlı betona sahip yapı elemanlarının bulunması, deprem anında yapının yeterli sünekliği sağlayamamasına ve gevrek kırılmalar göstererek tüm yapıda ağır hasar oluşmasına sebep olacaktır. Ayrıca bodrum katta bulunan perdelerde bant pencere boşluklarının bulunması perde başlık kolonlarında kısa kolon etkisini meydana getirecektir. Düşük beton dayanımı da göz önünde bulundurulduğunda bodrum kat kolonlarında büyük kesme hasarına neden olacağı düşünülmektedir. Tüm bu durumların yapı genelinde büyük hasara sebep olacağı düşünülmektedir.

Sıyırma İşlemleri: Yapılan etüt çalışmalarında belirlenen 26 adet tahribatlı donatı tespiti (sıyırma) işlemi yapılmıştır. Yapılan sıyırma işlemine ait görseller Şekil 5.34’de verilmiştir.



Şekil 5.34. Sıyırma işlemi görselleri.

Gerçekleştirilen sıyırma işlemlerinde;

- 17 adet kolon sıyırması sonucunda, 14 adet Ø18 düşey donatı; Ø8, 28 cm aralıklı etriye donatısı,
- 4 adet perde sıyırması sonucunda, Ø10, 16 cm aralıklı düşey donatı; Ø8, 22 cm aralıklı yatay donatı,
- 5 adet kiriş sıyırması sonucunda, 3 adet Ø12 yatay donatı; Ø8, 26 cm aralıklı etriye donatısı olduğu tespit edilmiştir.

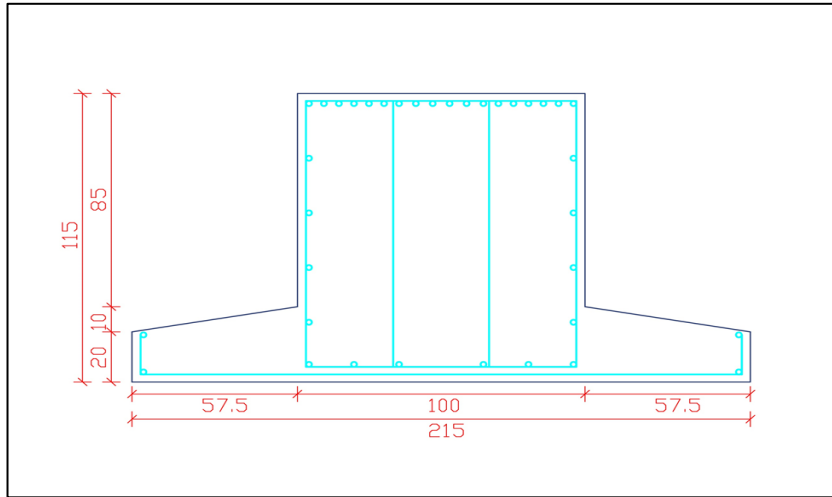
İncelenen yapı elemanlarında ortaya çıkan sargı donatıları ile ilgili problemler olduğu, etriye kollarının 135° bükülü olmadığı görülmüştür. Kolon ve kirişlerde yer alan etriyelerin ara mesafeleri, günümüz standardında yer alan maksimum değerlere göre çok fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca yapı elemanlarında bulunan donatıların, günümüz standartlarına göre minimum akma dayanımı 420 MPa olması gerekirken çok daha düşük dayanıma (220 MPa Akma Dayanımı) sahip olması karşılaşılan olumsuz durumlar olarak değerlendirilmektedir.

Muayene Çukuru Açılması İşlemleri: Yapılan etüt çalışmalarında belirlenen bölgelerde 2 adet temel muayene çukuru açılmıştır. Yapılan temel muayene çukuru açma işlemine ait görseller Şekil 5.35’de verilmiştir.



Şekil 5.35. Temel muayene çukur işlemi görselleri.

Etüt çalışmaları sırasında gerçekleştirilen muayene çukuru işlemlerinde temel kesiti ve boyutları Şekil 5.36’da sunulduğu şekilde saptanmıştır.



Şekil 5.36. Temel kesiti ve boyutları tespiti.

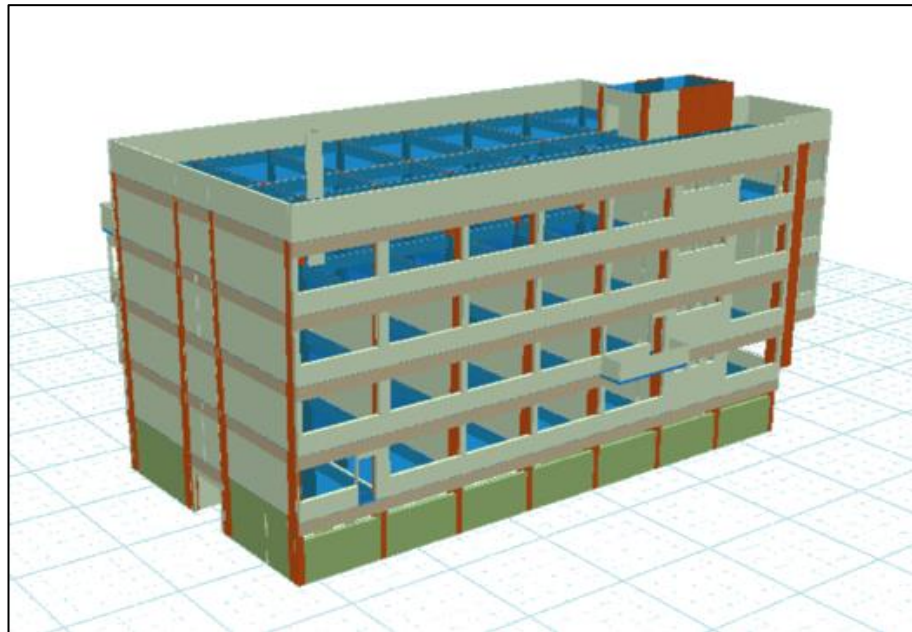
İdari Bina-2’in performans analizi yapılmadan önce yapım yılı da dikkate alınarak depresiz analizi yapılmıştır. Performans analizi yapılırken söz konusu binanın temeli Sta4CAD modelinde dikkate alınmamıştır. Bu kapsamda bina temelini yapı performansına etkisi hesaba katılmamıştır. Ancak güçlendirme projesinin

hazırlanması durumunda, bina temeli de modellenerek güçlendirilmiş binanın temel ve zemin ile olan etkileşiminin dikkate alınması gerekmektedir. Böylece oluşan kesit tesirlerine göre İdari Bina-2'nin temelinde de güçlendirme yapılmalıdır. Depremsiz durum için tüm binanın yeni malzemeye (E1) ve mevcut malzemenin (E2~E6) sınıflarına göre yapısal çözümlemesi yapılarak buna göre donatı ataması yapılmıştır. Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına E2~E6 malzeme bilgileri girilerek yapısal çözümler yapılmıştır. Yapısal çözümlerde kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15. İdari Bina-2 yapısal çözümlerde kullanılan malzeme özellikleri

Malzeme Özellikleri		Sta4CAD Malzeme Kodu	Beton Sınıfı	Çelik Sınıfı
Yeni Güçlendirme Elemanları	Tüm Katlar	E1	C 25	B420C
Mevcut Yapısal Elemanların	Bodrum Kat	E2	C 10,8	S220
	Zemin Kat	E3	C 9,8	S220
	1.Kat	E4	C 9,6	S220
	2. Kat	E5	C 11,7	S220
	3.Kat	E6	C 8,3	S220

İdari Bina-2'e ait STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulmuş yapı modeli görseli Şekil 5.37'de verilmiştir.



Şekil 5.37. İdari Bina-2 STA4CAD yapı modeli görseli

Yapılan etüt çalışmaları sonucunda yapının performansını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok durum tespit edilmiştir. Toplanan bu bilgileri sentezleyerek STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulan yapı modelinin performans analizi gerçekleştirilmiştir. Yapı modeline ait performans hesabı sonuçları Şekil 5.38’de özet olarak sunulmuştur.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU	
BINA BILGI DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KİRİŞ DÜŞEY YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRİYE KANÇALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, psh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞLERDE RIJİT BÖLGELİ KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=6.9cm, Sa=0.254g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=2.1cm, Sa=0.276g ✓
DÜŞEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: ✗
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.68 / 0.34
Ed(x)=Edx + 0.3 Edy, Ed(y)=Edy + 0.3 Edx TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.	
S220 DÜZ DONATI BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR	
YAPİ NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	

Şekil 5.38. DD2 ye göre yapılan doğrusal olmayan analiz performans analizi sonucu.

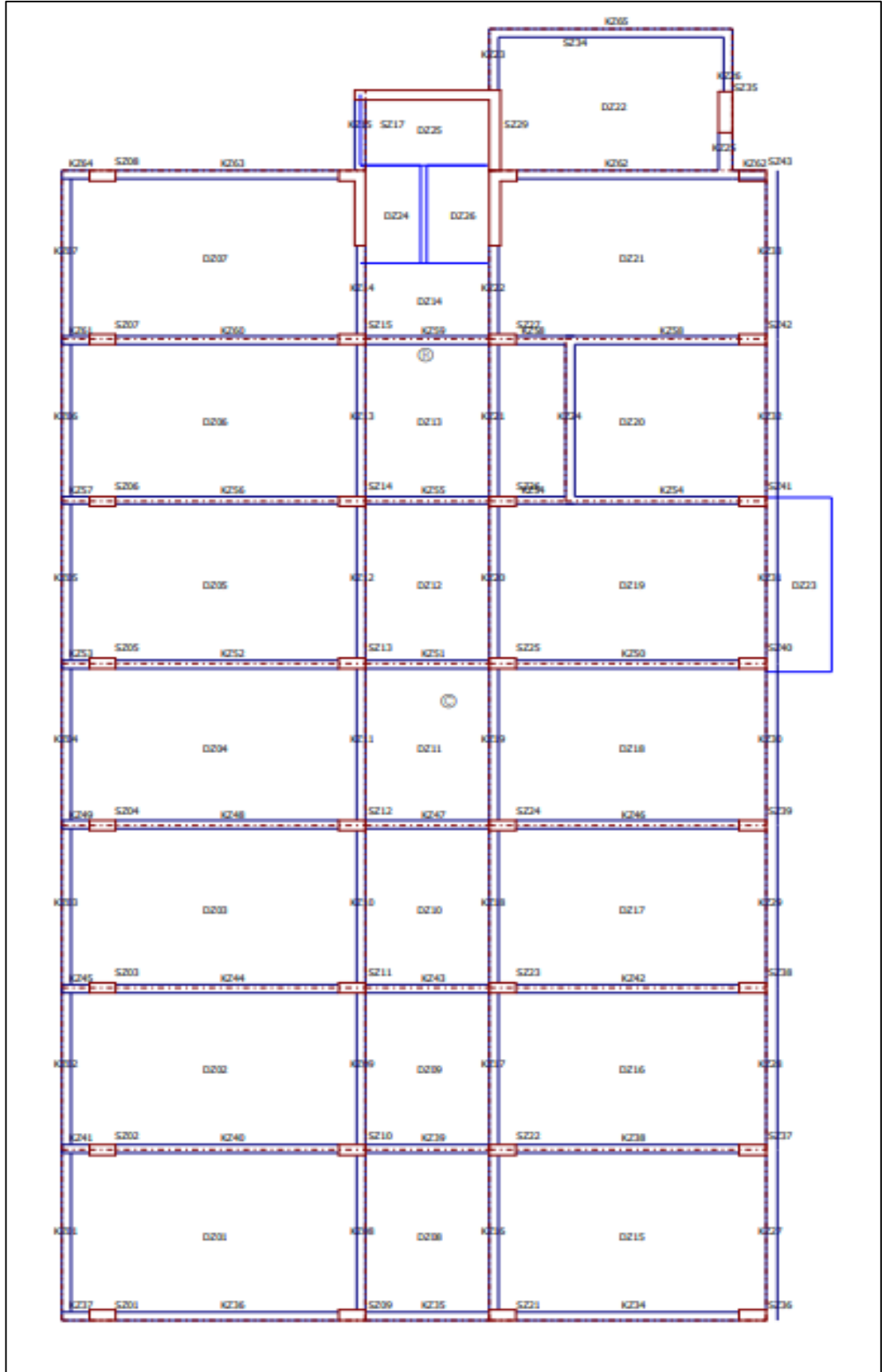
Performans analizi yapılırken mevcut zaman ve durum koşullarından dolayı; TBDY 2018 yönetmeliğine göre deprem hesabı yöntemlerinden çok modlu itme analizi seçilmiştir. Çok modlu itme analizi yönteminin seçilme nedeni; zaman tanım alanında analiz yöntemine göre veri toplaması ve analiz sürecinin daha kısa olması, tek modlu itme analizine göre ise daha fazla moda göre sonuçlar elde edilebilmesidir.

İdari Bina-2 yapı modelinde mevcut durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. İdari Bina-2 mevcut durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
3.Normal Kat	0,0084282	0,0104550	0,0094416	1,11
2.Normal Kat	0,0087857	0,0104886	0,0096371	1,09
1.Normal Kat	0,0079967	0,0093632	0,0086800	1,08
Zemin Kat	0,0046813	0,0053089	0,0049951	1,06
Bodrum Kat	0,0008462	0,0008756	0,0008609	1,02

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,06 olarak hesaplanmıştır. Tüm katlar için n_{bi} değerlerinin 1,2'den küçük olduğu Çizelge 5.17'de görülmektedir. Bu bağlamda İdari Bina-2'nin yapı modeline ait burulma düzensizliği bulunmamıştır. Ele alınan yapı planının dikdörtgen şekilde olması ve taşıyıcı sistemin sürekli çerçevelerle inşa edilmiş olması zaten kütle merkezi ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştırmaktadır.



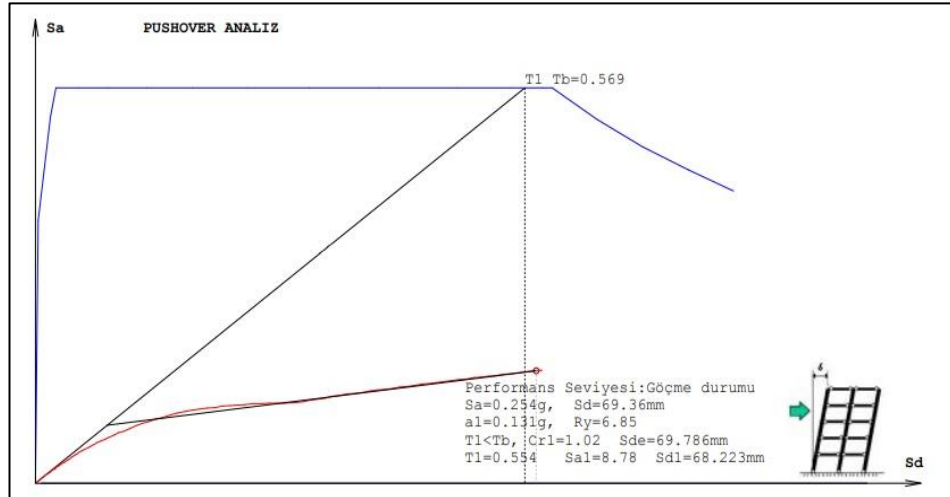
Şekil 5.39. İdari Bina-2 mevcut durum zemin kat kalıp aplikasyon planı

İdari Bina-2 yapı modelinde mevcut durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.17’de verilmiştir. Özellikle x yönünde tüm katlarda minimum eksantrisiteden daha fazla eksantrisite olduğu görülmüştür.

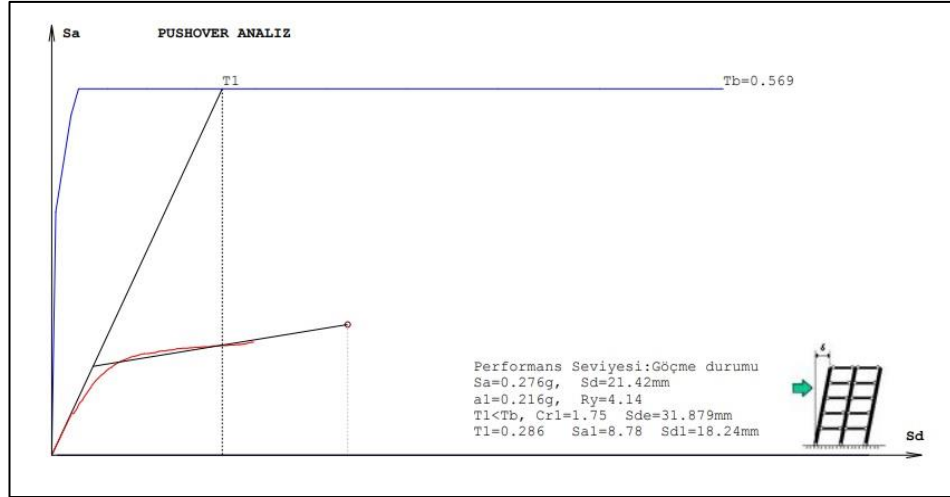
Çizelge 5.17. İdari Bina-2 mevcut durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

Kat	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	ex (Xr-Xg)	ey (Yr-Yg)	ex %	ey %
3. Normal Kat	15,71	25,55	7,83	5,09	9,84	-2,74	34,71	-18,21
2. Normal Kat	15,97	25,40	7,43	5,72	9,43	-1,71	33,26	-11,36
1. Normal Kat	15,72	25,34	7,64	6,34	9,62	-1,30	33,93	-8,64
Zemin Kat	15,59	24,13	7,82	7,32	8,54	-0,50	30,12	-3,32
Bodrum Kat	14,83	17,87	7,58	7,48	3,04	-0,10	10,72	-0,66

Yapıya uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösteren eğriler Şekil 5.40’da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.40. DD2 deprem düzeyi performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

Yapılan performans hesabı sonucunda kolon elemanların kesme kuvveti dağılımlarına göre almış oldukları kesit hasarları bakımından performanslarının değerlendirilmesi Şekil 5.41’de gösterilmektedir.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
5	33.7	66.3	0.0	0.0	58.1	41.9	0.0	0.0	46.2	53.8	0.0	0.0	46.2	53.8	0.0	0.0
4	1.7	98.3	0.0	0.0	37.6	62.4	0.0	0.0	36.3	63.7	0.0	0.0	38.1	61.9	0.0	0.0
3	0.0	100.	0.0	0.0	6.3	86.9	6.8	0.0	5.5	85.3	3.3	5.9	10.6	78.8	3.3	7.3
2	0.0	100.	0.0	0.0	11.4	88.6	0.0	0.0	19.4	68.5	12.1	0.0	5.0	95.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.	100.									12.1					7.3

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI									
KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)		
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
Max.	100.								

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%34.4>%20 Göçmenin önlenmesi durumu ✗
Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Sınırlı hasar performans bölgesi ✗

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:
Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%34.4>%20 ✗
Kolon Vc oranı=%7.3<%40 ✓
Ust kat Vc oranı=%0.0<%40 ✓
Plastiklesen kolon Vc oranı=%0.0<%30 ✓

Şekil 5.41. İdari Bina-2 performans sonucu.

Elemanların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin değerlendirilerek hesaplanan süneklik durumlarının kontrolünü gösteren analiz sonuçları Şekil 5.42 ve 5.43’de verilmiştir.

KİRİŞ		Mdl	Mdr	Vdl	Vrl	Vdr	Vrr	SN/GV
K137 L= 0.80	+Y	0.06	-3.10	2.50 <	10.15 ✓	3.23 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	0.06	-3.03	2.50 <	10.15 ✓	3.23 <	10.15 ✓	SN ✓
K138 L= 5.15	+Y	16.30	-3.60	10.51 >	10.15 ✗	3.62 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	-0.12	-9.89	10.51 >	10.15 ✗	3.62 <	10.15 ✓	GV ✗
K139 L= 2.75	+Y	15.76	10.96	10.78 >	10.15 ✗	6.47 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	-9.09	-15.71	10.78 >	10.15 ✗	6.47 <	10.15 ✓	GV ✗
K140 L= 5.15	+Y	16.47	3.80	13.08 >	10.15 ✗	2.73 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	4.31	-16.17	13.08 >	10.15 ✗	2.73 <	10.15 ✓	GV ✗
K141 L= 0.80	+Y	-0.08	-6.70	6.20 <	10.15 ✓	7.55 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	-0.08	-6.83	6.20 <	10.15 ✓	7.55 <	10.15 ✓	SN ✓
K142 L= 5.15	+Y	16.18	-3.48	10.28 >	10.15 ✗	4.10 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	-0.60	-9.84	10.28 >	10.15 ✗	4.10 <	10.15 ✓	GV ✗
K143 L= 2.75	+Y	15.54	11.21	10.22 >	10.15 ✗	5.93 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	-9.69	-15.49	10.22 >	10.15 ✗	5.93 <	10.15 ✓	GV ✗
K144 L= 5.15	+Y	16.38	3.68	12.99 >	10.15 ✗	3.34 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	3.98	-16.06	12.99 >	10.15 ✗	3.34 <	10.15 ✓	GV ✗
K145 L= 0.80	+Y	0.01	-6.31	5.64 <	10.15 ✓	7.04 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	0.01	-6.25	5.64 <	10.15 ✓	7.04 <	10.15 ✓	SN ✓
K146 L= 5.15	+Y	15.99	-3.30	10.01 <	10.15 ✓	4.48 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	-0.98	-9.76	10.01 <	10.15 ✓	4.48 <	10.15 ✓	SN ✓
K147 L= 2.75	+Y	15.33	11.00	10.09 <	10.15 ✓	4.79 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	-9.48	-15.26	10.09 <	10.15 ✓	4.79 <	10.15 ✓	SN ✓
K148 L= 5.15	+Y	16.27	3.37	12.91 >	10.15 ✗	3.98 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	3.83	-15.90	12.91 >	10.15 ✗	3.98 <	10.15 ✓	GV ✗
K149 L= 0.80	+Y	0.00	-6.31	5.71 <	10.15 ✓	7.07 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	0.00	-6.31	5.71 <	10.15 ✓	7.07 <	10.15 ✓	SN ✓
K150 L= 5.15	+Y	15.81	-3.91	10.13 <	10.15 ✓	5.36 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	-0.45	-9.73	10.13 <	10.15 ✓	5.36 <	10.15 ✓	SN ✓
K151 L= 2.75	+Y	15.01	10.34	9.76 <	10.15 ✓	3.51 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	-9.52	-14.95	9.76 <	10.15 ✓	3.51 <	10.15 ✓	SN ✓
K152 L= 5.15	+Y	16.11	2.96	12.81 >	10.15 ✗	4.62 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	3.87	-15.67	12.81 >	10.15 ✗	4.62 <	10.15 ✓	GV ✗
K153 L= 0.80	+Y	0.00	-6.24	5.64 <	10.15 ✓	7.00 <	10.15 ✓	SN ✓
	-Y	0.00	-6.24	5.64 <	10.15 ✓	7.00 <	10.15 ✓	SN ✓
K154 L= 5.15	+Y	16.91	-8.27	12.51 >	10.15 ✗	8.66 <	10.15 ✓	GV ✗
	-Y	2.47	-10.08	12.51 >	10.15 ✗	8.66 <	10.15 ✓	GV ✗

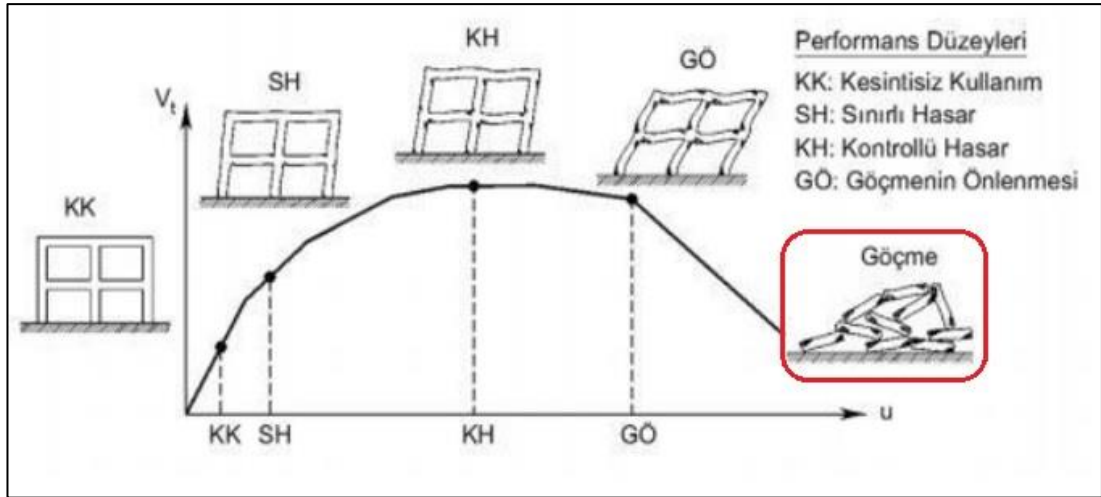
19 adet gevrek eleman bulunmuştur.

Şekil 5.42. Elemanların süneklik kontrolü.

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar	
Kolon	S109
Kiris	KZ54, KZ58, K135, K136, K138, K139, K140, K142, K143, K144, K148, K152, K154, K156, K158, K160, K249, K252

Şekil 5.43. Güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar.

Yönetmelik koşullarına göre ele alınan İdari Bina-2 yapısı ‘‘Kontrollü Hasar’’ veya daha az hasar gören dahi iyi bir performans seviyesinde olması gerekirken ‘‘Göçmenin Önlenmesi’’ performans seviyesini dahi sağlayamamış ve yapının DD2 tasarım deprem düzeyinde bir depreme maruz kalması durumunda ‘‘Göçme’’ durumuna geleceği görülmüş ve bu kapsamda güçlendirme veya yıkılıp yeni bir binanın inşası ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Şekil 5.44’de performans seviye durumu verilmiştir.



Şekil 5.44. Performans seviye durumu [8].

Güçlendirme Yöntemi: Güçlendirme yöntemini belirlemek için alternatif tasarımlar değerlendirilmiş bu kapsamda bina için 3 farklı güçlendirme modeli oluşturulmuştur.

1. güçlendirme modeli analiz edildiğinde, güçlendirilmiş yapının performansı ‘‘Sınırlı Hasar Performans Düzeyi’’ olarak gelmektedir. Bu güçlendirme modeli gevrek elemanların güçlendirilmesi şartıyla geçerli olabilmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde 20 adet gevrek elemanın olduğu görülmektedir. Bu elemanların büyük

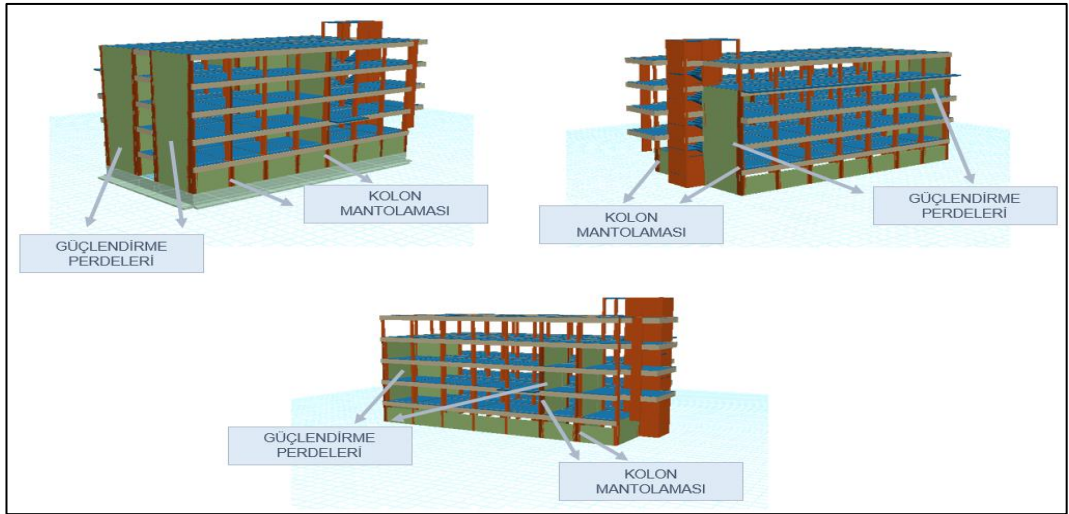
bir çoğunluğunu bodrum katta bant pencerelerden oluşan perdelerin başlık kolonları oluşturmaktadır. Bu kolonlarda mantolama işlemi yapıldığında gevrek elemanlar değişmemektedir.

Benzer durum 2. ve 3. güçlendirme modelleri için de geçerlidir. Bütün güçlendirme modellerinde “Sınırlı Hasar Performans Düzeyi” sağlanırken, gevrek eleman sayısı 2. güçlendirme modelinde 27 adet, 3. güçlendirme modelinde 22 adettir. Gevrek elemanların büyük çoğunluğu yine bodrum kattaki bant pencerelerin etrafında bulunan kolonlardan oluşmaktadır. Bunlara ek olarak binanın mevcut beton dayanımlarının çok düşük olması da gevrek eleman sayısının fazla çıkmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Yapının performans seviyesinin, ‘Kontrollü Hasar’ veya daha az hasar göreceği bir performans seviyesini sağlaması için ilk olarak;

- Bütün katlarda 9 adet güçlendirme perdesi ve 24 adet kolon mantolaması eklenmiştir.

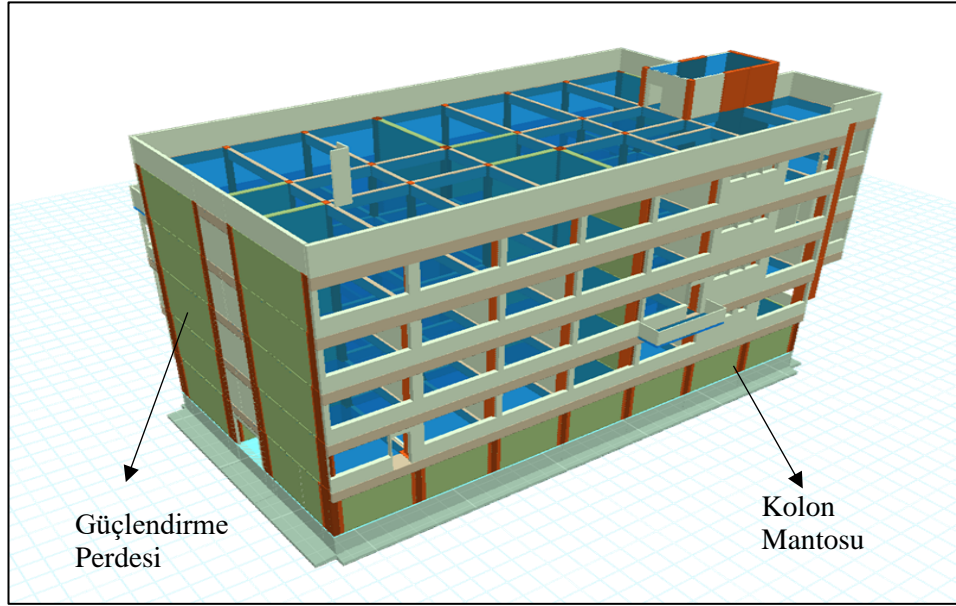
Yapılan güçlendirme tasarımı sonucunda, ortaya çıkan 19 ila 24 adet gevrek elemanın güçlendirilmesi şartıyla yapı sağlaması gereken “Sınırlı Hasar” performans seviyesine ulaşmıştır. Şekil 5.45’de güçlendirilmiş İdari Bina-2’ye ait 3 boyutlu modele ait görsel verilmiştir.



Şekil 5.45. Güçlendirilmiş İdari Bina 2’ye ait 3 boyutlu görsel.

1. Güçlendirme Modeli;

Yapılan güçlendirme çalışmaları sonucunda yapının performansı STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulan güçlendirilmiş yapı modeli üzerinde performans hesabı yapılmıştır. Yapı modeline ait performans hesabı sonuçları Şekil 5.46'da özetlenmiştir.



Şekil 5.46. 1.güçlendirme modeli 3 boyutlu görsel.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU	
BINA BİLGİ DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KİRİŞ DÜŞEY YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRIYE KANCALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, psh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞLERDE RIJİT BÖLGELİ KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=1.6cm, Sa=0.894g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=0.9cm, Sa=0.744g ✓
DÜŞEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: X
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.90 / 0.93
Ed(x)=Edx + 0.3 Edy, Ed(y)=Edy + 0.3 Edx TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.	
S220 DÜZ DONATI BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR	
YAPI NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	

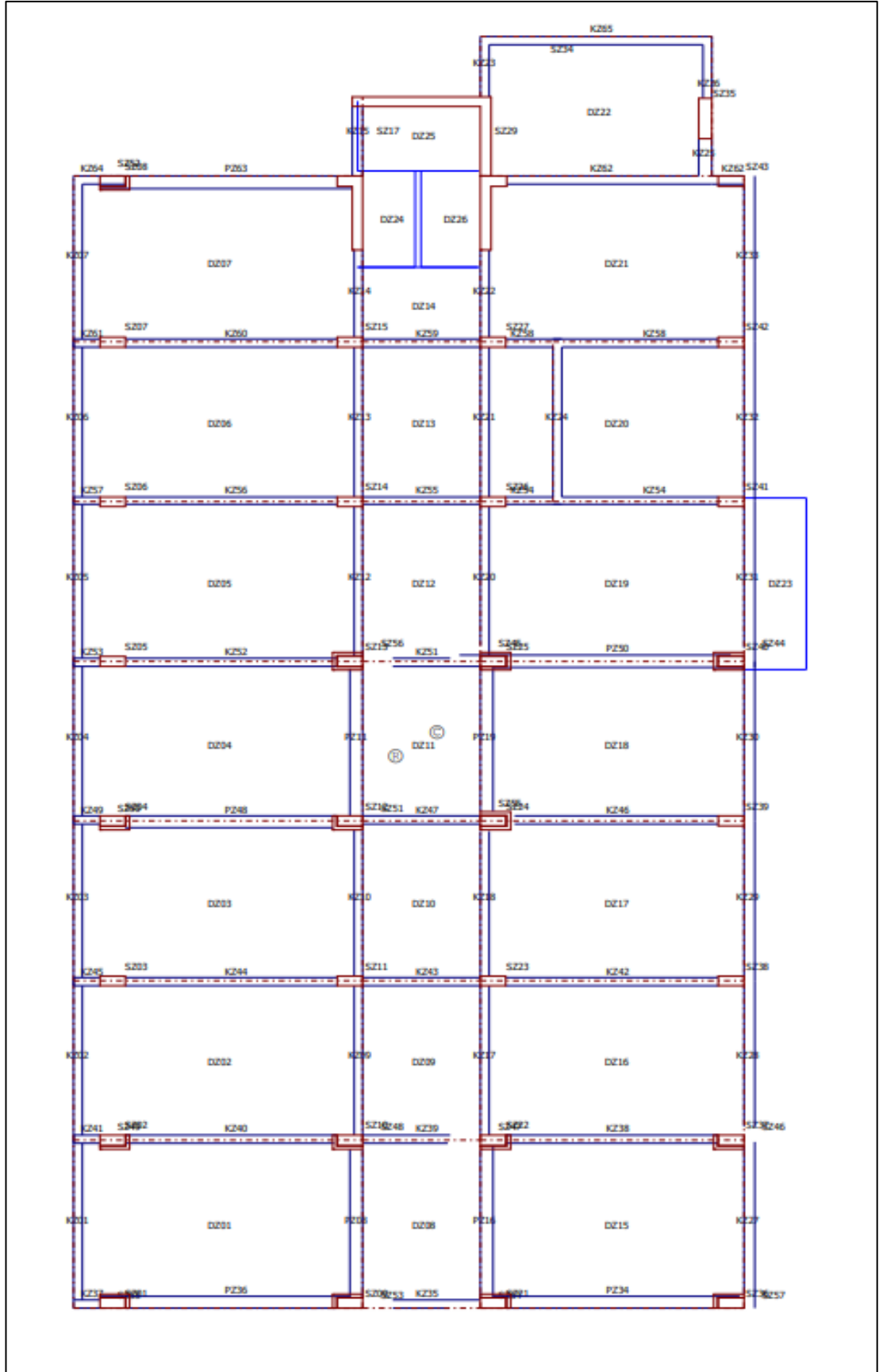
Şekil 5.47. DD2 nonlineer analiz 1. güçlendirme performans sonucu.

İdari Bina-2 yapı modelinde 1.güçlendirilmiş durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
3.Normal Kat	0,0023753	0,0027310	0,0025532	1,07
2.Normal Kat	0,0024898	0,0028209	0,0026553	1,06
1.Normal Kat	0,0023330	0,0026345	0,0024837	1,06
Zemin Kat	0,0017035	0,0019286	0,0018161	1,06
Bodrum Kat	0,0004775	0,0004860	0,0004817	1,01

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,06 olarak hesaplanmıştır. Tüm katlar için n_{bi} değerlerinin 1,2’den küçük olduğu Çizelge 5.18’de görülmektedir. Bu bağlamda İdari Bina-2’nin güçlendirilmiş yapı modeline ait burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Ele alınan yapı planının dikdörtgen şekilde olması ve taşıyıcı sistemin sürekli çerçevelerle inşa edilmiş olması zaten kütle merkezi ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştırmaktadır.



Şekil 5.48. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı

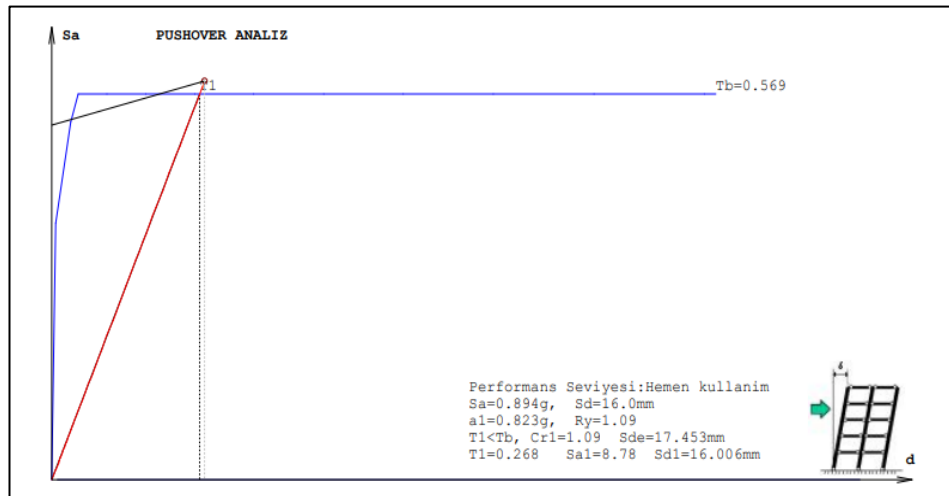
İdari Bina-2 yapı modelinde 1.güçlendirilmiş durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

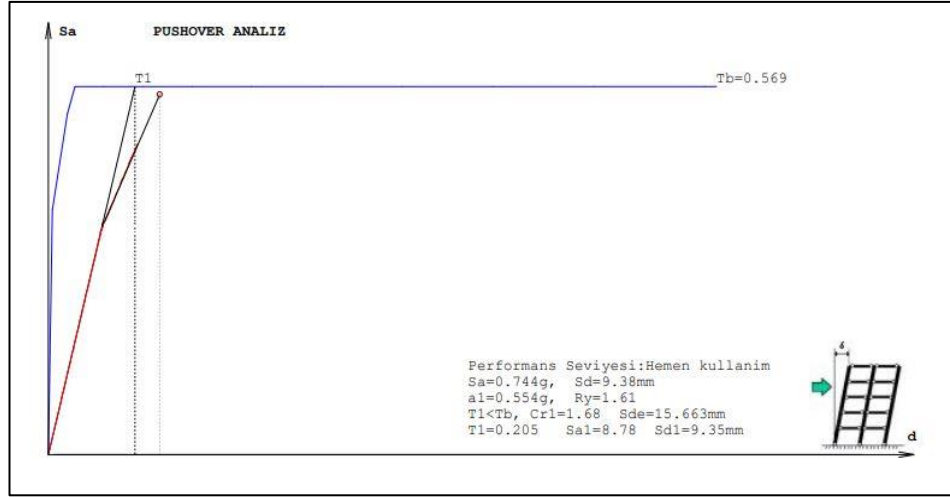
Kat	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	ex (Xr-Xg)	ey (Yr-Yg)	ex %	ey %
3. Normal Kat	14,71	14,02	7,67	4,91	-0,69	-2,76	-2,43	-18,34
2. Normal Kat	14,94	14,04	7,42	5,30	-0,90	-2,12	-3,17	-14,09
1. Normal Kat	14,90	14,06	7,60	5,82	-0,84	-1,78	-2,96	-11,83
Zemin Kat	14,76	14,13	7,72	6,76	-0,63	-0,96	-2,22	-6,38
Bodrum Kat	14,25	14,97	7,67	7,50	0,72	-0,17	2,54	-1,13

TBDY 2018 yönetmeliğinde hiç eksantrisitesi bulunmayan bina da bile minimum %5 eksantrisite alınarak hesap yapılması istenmektedir. Mevcut yapıda her katta farklı değerler alan ve sınırlandırılmamış olan eksantriste değerlerinin güçlendirme uygulaması sonrası yönetmelikte belirtilen %5 minimum eksantrisitenin de altına çekilmiştir.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (1.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösteren eğriler Şekil 5.49’da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.49. DD2 deprem düzeyi 1.güçlendirilmiş performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (1.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) kolon elemanların kesme kuvveti dağılımlarına göre almış oldukları kesit hasarlarına göre performans yönünden değerlendirilmesi Şekil 5.50’de gösterilmektedir.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	99.9	0.1	0.0	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
3	98.5	1.5	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
2	97.3	2.7	0.0	0.0	97.6	2.4	0.0	0.0	99.2	0.8	0.0	0.0	98.0	2.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.	2.7														

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI									
KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)		
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
Max.	100.								

Kiriş Belirgin Hasar oranı=%0.0<=%20 Sınırlı Hasar ✓ (Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi koşulu)

Şekil 5.50. 1.güçlendirme performans sonucu.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (1.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) elemanların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin değerlendirilerek hesaplanan süneklik durumlarının kontrolünü gösterir tablolar Şekil 5.51 ve Şekil 5.52'de yer almaktadır.

KİRİŞ		Mdl	Mdr	Vdl	Vrl	Vdr	Vrr	SN/GV
K143	+Y	5.53	0.50	3.78 <	10.15 ✓	0.09 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-0.67	-5.76	3.78 <	10.15 ✓	0.09 <	10.15 ✓	SN ✓
K144	+Y	12.38	-4.20	10.84 >	10.15 ✗	6.60 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	6.84	-9.11	10.84 >	10.15 ✗	6.60 <	10.15 ✓	GV ✗
K145	+Y	0.05	-6.09	5.45 <	10.15 ✓	6.82 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.05	-6.28	5.45 <	10.15 ✓	6.82 <	10.15 ✓	SN ✓
K146	+Y	10.25	-3.85	9.13 <	10.15 ✓	7.14 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 5.15	-Y	5.92	-9.13	9.13 <	10.15 ✓	7.14 <	10.15 ✓	SN ✓
K147	+Y	6.97	2.35	4.68 <	10.15 ✓	0.70 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-6.19	-9.54	4.68 <	10.15 ✓	0.70 <	10.15 ✓	SN ✓
K149	+Y	-0.04	-6.56	6.01 <	10.15 ✓	7.38 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	-0.04	-6.56	6.01 <	10.15 ✓	7.38 <	10.15 ✓	SN ✓
K151	+Y	9.94	6.87	7.33 <	10.15 ✓	3.35 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-3.19	-7.71	7.33 <	10.15 ✓	3.35 <	10.15 ✓	SN ✓
K152	+Y	12.32	-4.81	10.72 >	10.15 ✗	6.73 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	5.95	-9.61	10.72 >	10.15 ✗	6.73 <	10.15 ✓	GV ✗

KOLON	Malz.	Ve (+X)	Ve (-X)	VrX	Ve (+Y)	Ve (-Y)	VrY	SN/GV
PB37	E1	2.35	2.35	< 359.34	215.55	215.55	< 501.86	SN ✓
PB38	E1	0.59	0.59	< 359.34	203.94	203.94	< 501.86	SN ✓
PB47	E2	114.18	114.18	> 95.01	2.22	2.22	< 82.48	GV ✗
PB48	E2	112.89	112.89	> 95.01	2.38	2.38	< 82.48	GV ✗
PB49	E1	1.21	1.21	< 329.43	257.03	257.03	< 443.45	SN ✓
PB50	E1	0.86	0.86	< 329.43	251.88	251.88	< 443.45	SN ✓
PB51	E2	1.68	1.68	< 114.75	205.79	205.79	> 131.59	GV ✗
PB52	E2	1.67	1.67	< 116.50	196.49	196.49	> 134.32	GV ✗
PB53	E1	10.93	10.93	< 240.18	8.43	8.43	< 218.00	SN ✓
PB54	E1	8.25	8.25	< 240.18	8.49	8.49	< 218.00	SN ✓
PB55	E2	117.02	117.02	> 93.90	2.38	2.38	< 81.77	GV ✗
PB56	E2	117.70	117.70	> 93.90	2.81	2.81	< 81.77	GV ✗
PB57	E2	118.94	118.94	> 93.90	4.46	4.46	< 81.77	GV ✗
PB58	E2	116.54	116.54	> 93.90	3.18	3.18	< 81.77	GV ✗
PB59	E2	117.18	117.18	> 93.90	2.40	2.40	< 81.77	GV ✗
PB60	E2	119.02	119.02	> 93.92	6.45	6.45	< 81.78	GV ✗
PB61	E2	116.43	116.43	> 93.90	2.49	2.49	< 81.77	GV ✗
PB62	E2	118.10	118.10	> 93.90	4.82	4.82	< 81.77	GV ✗
PB63	E2	115.06	115.06	> 93.90	1.85	1.85	< 81.77	GV ✗
PB64	E2	116.18	116.18	> 93.90	2.26	2.26	< 81.77	GV ✗
PB65	E2	116.34	116.34	> 93.90	2.52	2.52	< 81.77	GV ✗
PB66	E2	109.17	109.17	> 93.92	2.00	2.00	< 81.78	GV ✗

20 adet gevrek eleman bulunmuştur.

Şekil 5.51. 1.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü.

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar	
Kolon	S113,S124
Panel	PB47,PB48,PB51,PB52,PB55,PB56,PB57,PB58,PB59,PB60,PB61,PB62,PB63,PB64,PB65,PB66
Kiris	K144,K152,K154,K158

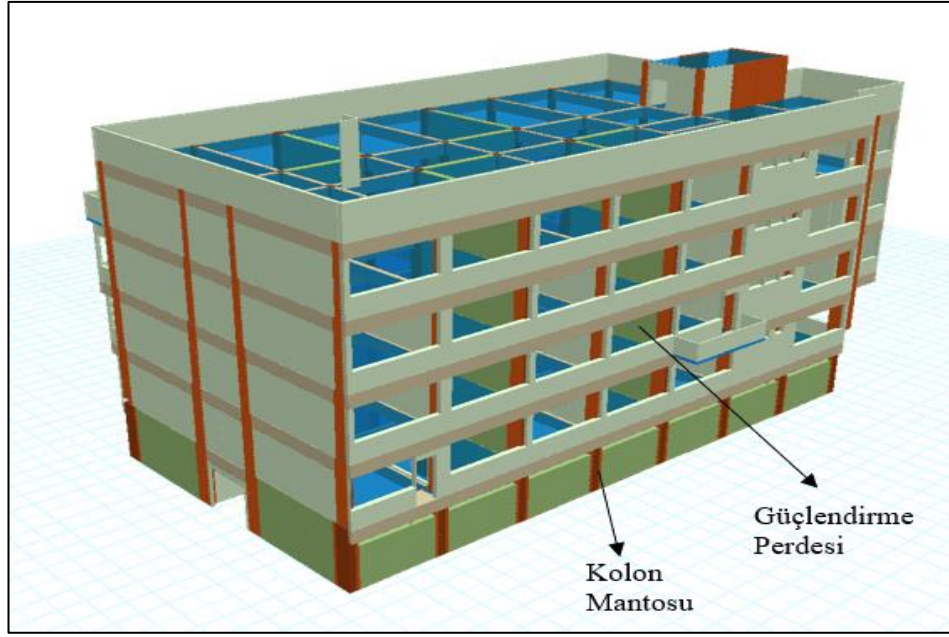
Şekil 5.52. 1.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar.

İdari Bina-2 için denenen 1. güçlendirme yönteminde 20 adet gevrek eleman ortaya çıkmış ve bu elemanların da ayrıca güçlendirilmelerinin gerekliliği durumu doğmuştur. Bu kapsamda yeni oluşan gevrek elemanlar takviye edildiğinde yeniden gevrek elemanlar ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni mevcut binadaki beton dayanımının bodrum kat, zemin kat ve 1. normal katlarda 10 MPa gibi düşük bir mertebede olmasından kaynaklanmaktadır. 1. güçlendirme yöntemi ile gevrek elemanlara ilişkin ortaya çıkan sorun giderilemediği için alternatif başka güçlendirme yöntemi üzerinde çalışılmıştır.

2. Güçlendirme Modeli;

1. güçlendirme modelinde uygulanmış olan güçlendirme modeli (kolon mantolaması ve perde eklenmesi); mimari ihtiyaçları karşılayacak ve yapı rijitlik merkezinin minimum eksantrisine oluşturacak şekilde yapı içerisinde gevrek elemanların olduğu kısımlarda yeniden teşkil edilmiştir.

Yapılan güçlendirme ön tasarım ve çalışmaları sonucunda STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulan yapı modeli ile performans hesabı yapılmıştır. Yapı modeline ait performans hesabı sonuçları Şekil 5.53’de belirtilmiştir.



Şekil 5.53. 2. güçlendirme modeli 3 boyutlu görseli.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU	
BINA BILGI DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KİRİŞ DÜZEYİ YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRİYE KANCALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, psh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞLERDE RIJİT BÖLGELİ KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=1.6cm, Sa=0.773g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=0.6cm, Sa=0.616g ✓
DÜZEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: ✗
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.90 / 0.93
Ed(x)=Edx + 0.3 Edy, Ed(y)=Edy + 0.3 Edx TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.	
S220 DÜZ DONATI BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR	
YAPI NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	

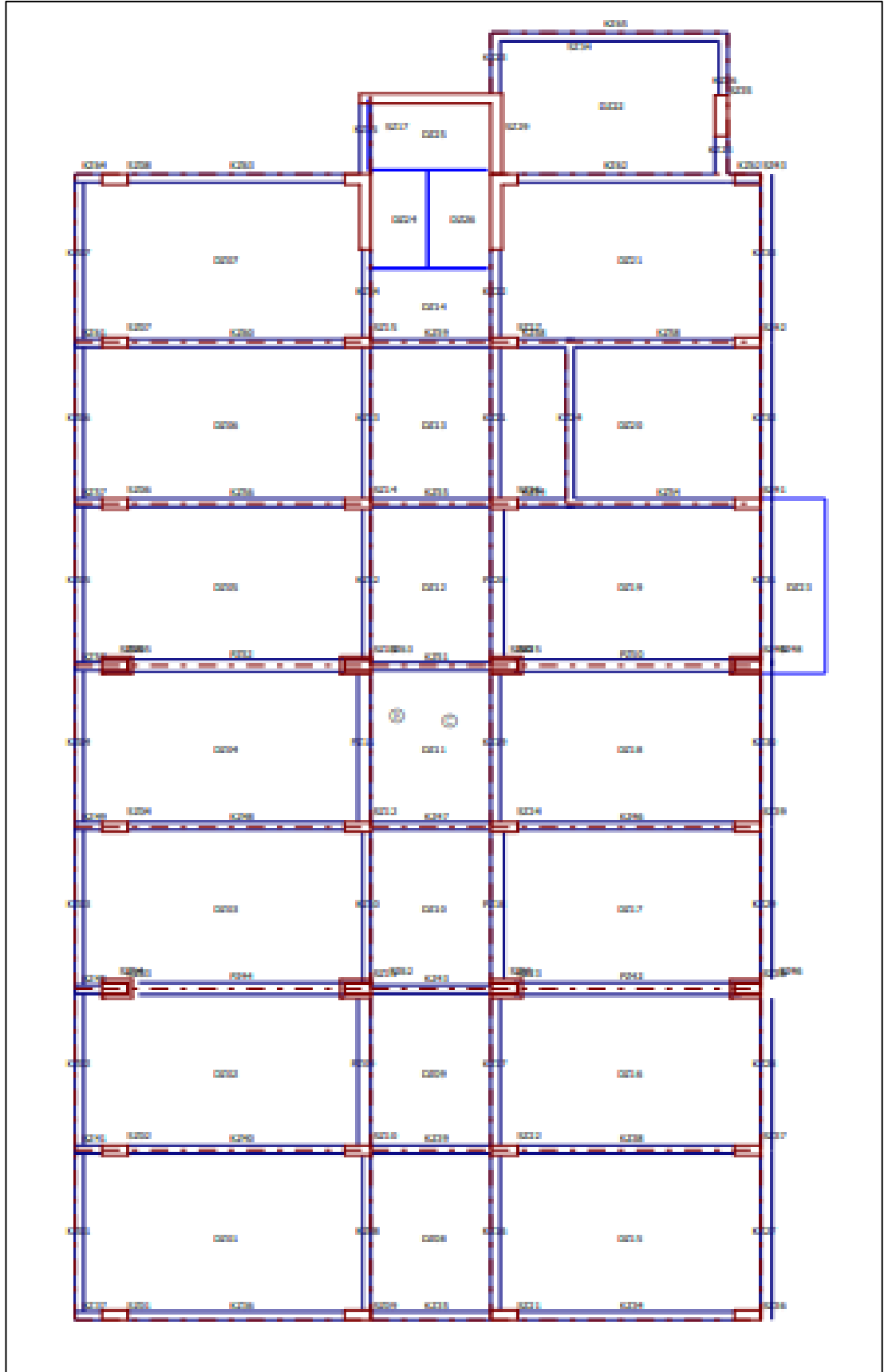
Şekil 5.54. İdari Bina-2 için 2. alternatif güçlendirme tasarımının DD2 için yapılan doğrusal olmayan performans analizi sonucu.

İdari Bina-2 yapı modelinde 2.güçlendirilmiş durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
3.Normal Kat	0,0017685	0,0028056	0,0022871	1,23
2.Normal Kat	0,0019443	0,0029096	0,0024269	1,20
1.Normal Kat	0,0019146	0,0027827	0,0023847	1,18
Zemin Kat	0,0015782	0,0020913	0,0018348	1,14
Bodrum Kat	0,0008325	0,0008779	0,0008552	1,03

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,14 olduğu, diğer katların da bu mertebeye yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 5.55. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı

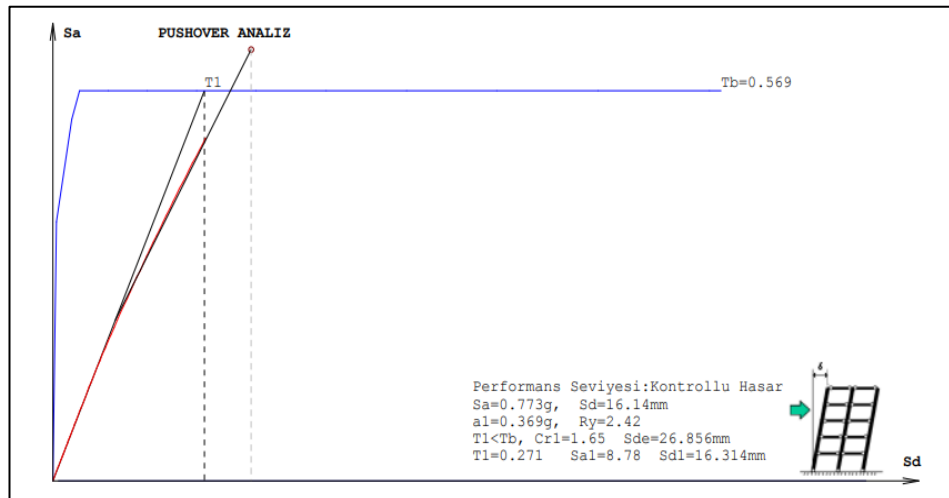
İdari Bina-2 yapı modelinde 2.güçlendirilmiş durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

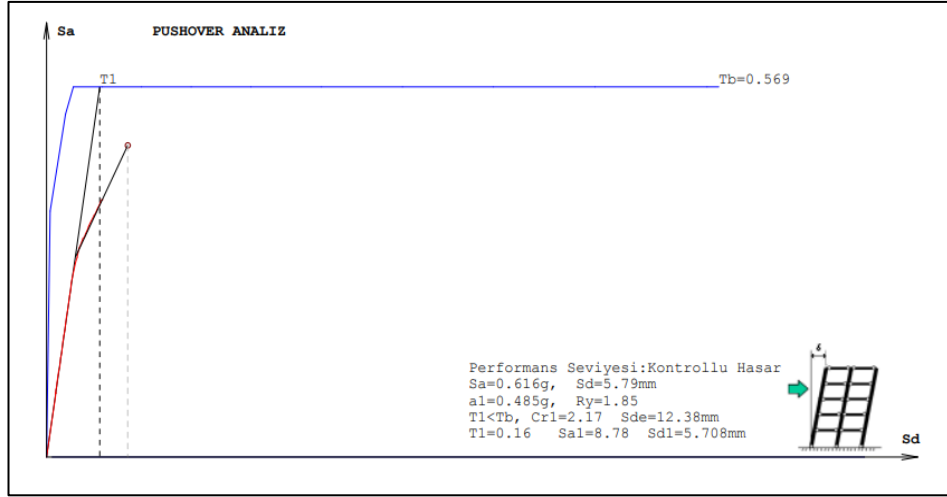
Kat	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	ex (Xr-Xg)	ey (Yr-Yg)	ex %	ey %
3. Normal Kat	15,12	16,51	7,78	3,98	1,39	-3,80	4,90	-25,25
2. Normal Kat	15,45	16,21	7,44	4,60	0,76	-2,84	2,68	-18,87
1. Normal Kat	15,25	15,85	7,62	5,36	0,60	-2,26	2,12	-15,02
Zemin Kat	15,13	15,28	7,78	6,58	0,15	-1,20	0,53	-7,97
Bodrum Kat	14,55	15,09	7,57	7,42	0,54	-0,15	1,90	-1,00

TBDY 2018 yönetmeliğinde hiç eksantrisitesi bulunmayan bina da bile minimum %5 eksantrisite alınarak hesap yapılması istenmektedir. Mevcut yapıda her katta farklı değerler alan ve sınırlandırılmamış olan eksantriste değerlerinin güçlendirme uygulaması sonrası yönetmelikte belirtilen %5 minimum eksantrisitenin de altına çekilmiştir.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (2.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösterir eğriler Şekil 5.56’da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.56. DD2 deprem düzeyi 2.güçlendirilmiş performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (2.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) kolon elemanların kesme kuvveti dağılımlarına göre almış oldukları kesit hasarlarına göre performans yönünden değerlendirilmesi Şekil 5.57’de gösterilmektedir.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	98.4	1.6	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	96.9	3.1	0.0	0.0	96.9	3.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.	3.1														

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI									
KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)		
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
Max.	100.								

DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:
 Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, DD2 ileri performans hedefi sağlanmıştır.
 (Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi koşulu ile)

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
 Kiriş Hasar oranı=(IH=0.0<=35 ✓), (GB=0 ✓)
 Kolon Hasar oranı=(IH=0.0<=20 ✓), (GB=0 ✓)
 Üst kat Vc oranı=(IH=0.0<=40 ✓), (GB=0 ✓)
 Plastiklenen kolon Vc oranı=(IH+GB=0.0<=30 ✓)

Şekil 5.57. 2.güçlendirme performans sonucu.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (2.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) elemanların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin değerlendirilerek hesaplanan süneklik durumlarının kontrolünü gösterir tablolar Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da yer almaktadır.

KOLON	Malz.	Ve (+X)	Ve (-X)	VrX	Ve (+Y)	Ve (-Y)	VrY	SN/GV
PB36	E1	3.12	3.12	< 359.34	141.41	141.41	< 501.86	SN ✓
PB40	E1	5.93	5.93	< 359.34	123.48	123.48	< 501.86	SN ✓
PB42	E1	1.82	1.82	< 359.34	123.02	123.02	< 501.86	SN ✓
PB49	E2	58.73	58.73	> 43.18	1.77	1.77	< 30.65	GV ✗
PB50	E2	60.28	60.28	> 42.07	2.00	2.00	< 29.93	GV ✗
PB51	E2	57.88	57.88	> 42.07	1.49	1.49	< 29.93	GV ✗
PB52	E2	58.96	58.96	> 42.07	1.80	1.80	< 29.93	GV ✗
PB53	E2	59.18	59.18	> 42.07	1.75	1.75	< 29.93	GV ✗
PB54	E2	58.43	58.43	> 42.07	0.75	0.75	< 29.93	GV ✗
PB55	E2	59.10	59.10	> 42.09	2.28	2.28	< 29.95	GV ✗
PB56	E2	60.45	60.45	> 43.18	1.54	1.54	< 30.65	GV ✗
PB57	E2	60.36	60.36	> 42.07	2.00	2.00	< 29.93	GV ✗
PB58	E2	61.68	61.68	> 42.07	1.29	1.29	< 29.93	GV ✗
PB59	E2	61.50	61.50	> 42.07	1.76	1.76	< 29.93	GV ✗
PB60	E2	61.48	61.48	> 42.07	2.24	2.24	< 29.93	GV ✗
PB61	E2	60.59	60.59	> 42.07	0.69	0.69	< 29.93	GV ✗
PB62	E2	62.10	62.10	> 42.09	3.28	3.28	< 29.95	GV ✗
PB63	E2	2.90	2.90	< 116.52	138.69	138.69	> 134.34	GV ✗
PB64	E2	2.84	2.84	< 116.52	138.60	138.60	> 134.34	GV ✗
PB65	E2	3.24	3.24	< 114.75	128.01	128.01	> 131.59	SN ✓
PB66	E2	3.21	3.21	< 116.50	135.37	135.37	> 134.32	GV ✗
PZ09	E1	206.85	206.85	< 346.70	5.13	5.13	< 251.75	SN ✓
PZ11	E1	212.61	212.61	< 346.70	3.80	3.80	< 251.75	SN ✓
KIRIS		Mdl	Mdr	Vdl	Vrl	Vdr	Vrr	SN/GV
KZ53	+Y	-0.05	-4.20	5.90	< 10.22	6.45	< 10.22	SN ✓
L= 0.40	-Y	-0.05	-4.20	5.90	< 10.22	6.45	< 10.22	SN ✓
KZ54	+Y	10.06	-9.38	11.06	> 10.22	10.82	> 10.22	GV ✗
L= 4.95	-Y	10.06	-9.38	11.06	> 10.22	10.82	> 10.22	GV ✗
KZ55	+Y	5.12	0.43	3.46	< 10.22	0.46	< 10.22	SN ✓
L= 2.75	-Y	-3.22	-7.95	3.46	< 10.22	0.46	< 10.22	SN ✓
KZ56	+Y	10.72	-2.64	8.73	< 10.22	4.98	< 10.22	SN ✓
L= 4.95	-Y	4.11	-8.68	8.73	< 10.22	4.98	< 10.22	SN ✓
KZ57	+Y	0.03	-4.01	5.50	< 10.22	6.05	< 10.22	SN ✓
L= 0.40	-Y	0.03	-4.03	5.50	< 10.22	6.05	< 10.22	SN ✓
KZ58	+Y	9.33	-9.54	10.43	> 10.22	10.57	> 10.22	GV ✗
L= 4.95	-Y	9.33	-9.54	10.43	> 10.22	10.57	> 10.22	GV ✗
KZ59	+Y	7.23	-0.10	5.31	< 10.22	2.97	< 10.22	SN ✓
L= 2.75	-Y	-1.06	-7.82	5.31	< 10.22	2.97	< 10.22	SN ✓
K140	+Y	10.72	-6.05	10.24	> 10.15	7.28	< 10.15	GV ✗
L= 5.15	-Y	7.22	-9.17	10.24	> 10.15	7.28	< 10.15	GV ✗
K141	+Y	-0.05	-6.72	5.85	< 10.15	7.22	< 10.15	SN ✓
L= 0.80	-Y	-0.05	-6.37	5.85	< 10.15	7.22	< 10.15	SN ✓
K143	+Y	5.67	2.55	4.51	< 10.15	0.53	< 10.15	SN ✓
L= 2.75	-Y	-3.20	-5.38	4.51	< 10.15	0.53	< 10.15	SN ✓
K145	+Y	-0.04	-6.57	6.04	< 10.15	7.41	< 10.15	SN ✓
L= 0.80	-Y	-0.04	-6.75	6.04	< 10.15	7.41	< 10.15	SN ✓
K146	+Y	9.31	-4.90	8.50	< 10.15	7.24	< 10.15	SN ✓
L= 5.15	-Y	5.79	-8.13	8.50	< 10.15	7.24	< 10.15	SN ✓
K147	+Y	5.59	0.25	3.80	< 10.15	0.18	< 10.15	SN ✓
L= 2.75	-Y	-0.03	-5.35	3.80	< 10.15	0.18	< 10.15	SN ✓
K148	+Y	11.31	-5.17	10.45	> 10.15	6.97	< 10.15	GV ✗
L= 5.15	-Y	6.43	-9.42	10.45	> 10.15	6.97	< 10.15	GV ✗
K149	+Y	0.06	-5.89	5.23	< 10.15	6.59	< 10.15	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.06	-5.89	5.23	< 10.15	6.59	< 10.15	SN ✓
K151	+Y	7.54	4.90	5.82	< 10.15	1.84	< 10.15	SN ✓
L= 2.75	-Y	-4.84	-7.50	5.82	< 10.15	1.84	< 10.15	SN ✓
K153	+Y	-0.05	-6.61	6.07	< 10.15	7.44	< 10.15	SN ✓
L= 0.80	-Y	-0.05	-6.61	6.07	< 10.15	7.44	< 10.15	SN ✓
K154	+Y	12.22	-7.48	11.84	> 10.15	10.03	< 10.15	GV ✗
L= 5.15	-Y	8.50	-9.84	11.84	> 10.15	10.03	< 10.15	GV ✗
K155	+Y	4.79	-0.56	3.06	< 10.15	0.87	< 10.15	SN ✓
L= 2.75	-Y	-3.00	-8.48	3.06	< 10.15	0.87	< 10.15	SN ✓
K156	+Y	13.00	-3.55	11.08	> 10.15	6.37	< 10.15	GV ✗
L= 5.15	-Y	6.33	-9.36	11.08	> 10.15	6.37	< 10.15	GV ✗
K157	+Y	0.05	-6.18	5.53	< 10.15	6.90	< 10.15	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.05	-6.20	5.53	< 10.15	6.90	< 10.15	SN ✓
K158	+Y	12.43	-9.43	12.05	> 10.15	11.08	> 10.15	GV ✗
L= 5.15	-Y	8.49	-10.06	12.05	> 10.15	11.08	> 10.15	GV ✗

27 adet gevrek eleman bulunmuştur.

Şekil 5.58. 2.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü.

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar	
Kolon	SB10, SB12, SB24, SB26, SZ10, SZ12, SZ24, SZ26, SZ35
Panel	PB49, PB50, PB51, PB52, PB53, PB54, PB55, PB56, PB57, PB58, PB59, PB60, PB61, PB62, PB63, PB64, PB66
Kiris	KZ54, KZ58, K140, K148, K154, K156, K158, K249, K252

Şekil 5.59. 2.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar.

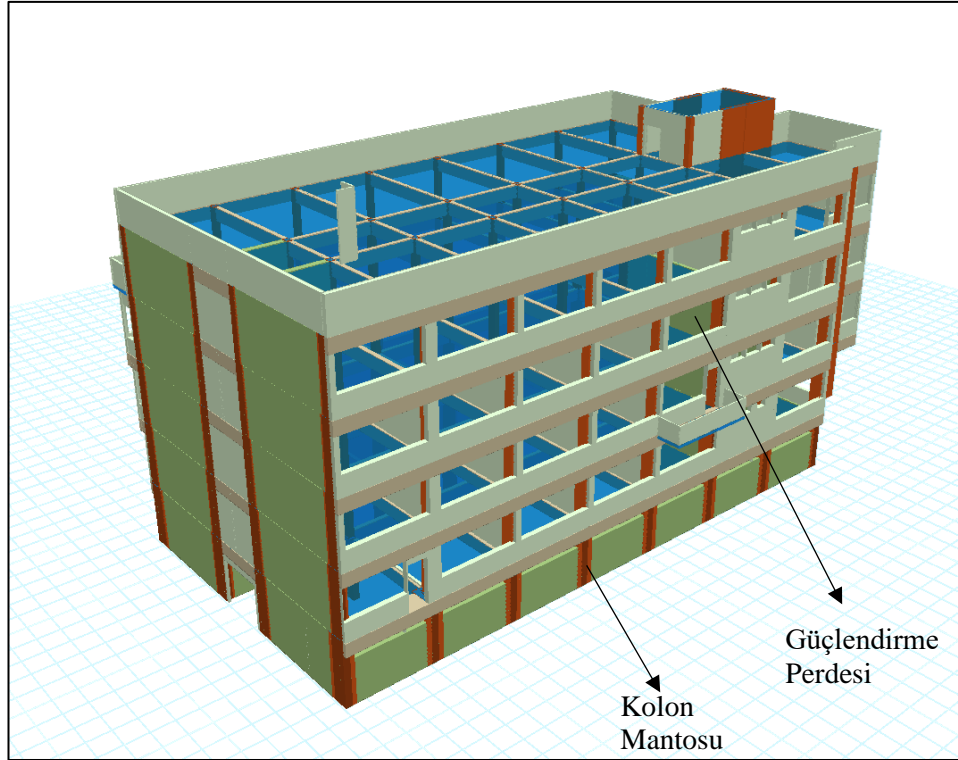
İdari Bina-2 için denenen 2. alternatif güçlendirme yönteminde 27 adet gevrek eleman ortaya çıkmış ve bu elemanların da ayrıca güçlendirilmelerinin gerekliliği durumu doğmuştur. Bu kapsamda yeni oluşan gevrek elemanlar takviye edildiğinde yeniden gevrek elemanlar ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni mevcut binadaki beton dayanımının bodrum kat, zemin kat ve 1. normal katlarda 10 MPa gibi düşük bir mertebede olmasından kaynaklanmaktadır. 2. alternatif güçlendirme yöntemi ile gevrek elemanlara ilişkin ortaya çıkan sorun giderilemediği için alternatif başka güçlendirme yöntemi üzerinde çalışılmıştır.

3. Güçlendirme Modeli;

Daha önce denenen 2 alternatif güçlendirme tasarımı kapsamında istenen çözüme ulaşılamamıştır. Bu kapsamda 3. bir alternatif tasarım üzerinde durulmuştur.

1 ve 2. güçlendirme modelinde uygulanmış olan güçlendirme tasarımı (kolon mantolaması ve perde eklenmesi); mimari ihtiyaçları ve yapı rijitlik merkezinin minimum eksantrisite oluşturacak şekilde teşkil edilmiş ve yapı davranışı deprem standartları dışında düzelme göstermiştir. Ancak yapı beton kalitesi ve bodrum perdelerinde bulunan uygunsuzlukların etkisi ile (bant pencere boşlukları vb.) yapı TBDY 2018 kapsamında ağır ve elaman bazında gevrek hasara maruz kaldığı görülmüştür.

Bu alternatif güçlendirme çalışmasının sonucunda yapının performansı STA4CAD yapısal analiz programında oluşturulan yapı modeli kullanılarak performans hesabı yapılmıştır. Yapı modeline ait performans analizi sonuçları Şekil 5.60'da sunulmuştur.



Şekil 5.60. 3. alternatif güçlendirme modelinin 3 boyutlu görseli.

NONLINEER ANALİZ-PLASTİK MAFSAL ŞEKİL DEĞİŞTİRME PERFORMANS RAPORU

BINA BILGI DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.75
CATLAMIS KESİTE GÖRE ANALİZ	: ✓
HAREKETLİ YÜK AZALTMA ORANI	: 0.6
KIRIS DÜŞEY YÜK MOMENT AZALTMA ORANI	: 0.85
DONATI KENETLENME BOYU, KAPASİTE AZALTMA ORANI	: 0.85
ETRIYE KANCALARININ KAPANMA ACISI	: 90°, psh %30 AZALTMA
KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI	: 0.005
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
PERDE DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME ORANI	: %85
KIRISLERDE RİJİT BÖLGE KAPASİTE KONTROLÜ	: ✓
DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	: DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10
PERFORMANS SEVİYESİ HESAP YÖNTEMİ	: TBDY2018 CODE - Çok modlu nonlineer deprem analizi
X YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=2.5cm, Sa=0.7g ✓
Y YONU PERFORMANS SEVİYESİ	: Sd=1.0cm, Sa=0.413g ✓
DÜŞEY YÜK PLASTİK ANALİZ	: ✗
Vperde/Vdeprem	X / Y : 0.86 / 0.93

$E_d(x)=E_{dx} + 0.3 E_{dy}$, $E_d(y)=E_{dy} + 0.3 E_{dx}$ TBDY 4.4.2.1 : ✓ Diğer deprem doğrultusunun %30 iç kuvvet ve deplasmanları, deprem doğrultusunun iç kuvvet ve deplasmanlarına bileşke olarak katılmıştır.

S220 DÜŞEY YÜK BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME TALEBİ %50 ARTIRILMIŞTIR
YAPILAN NONLINEER KAPASİTE HESABINDA R=1 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.

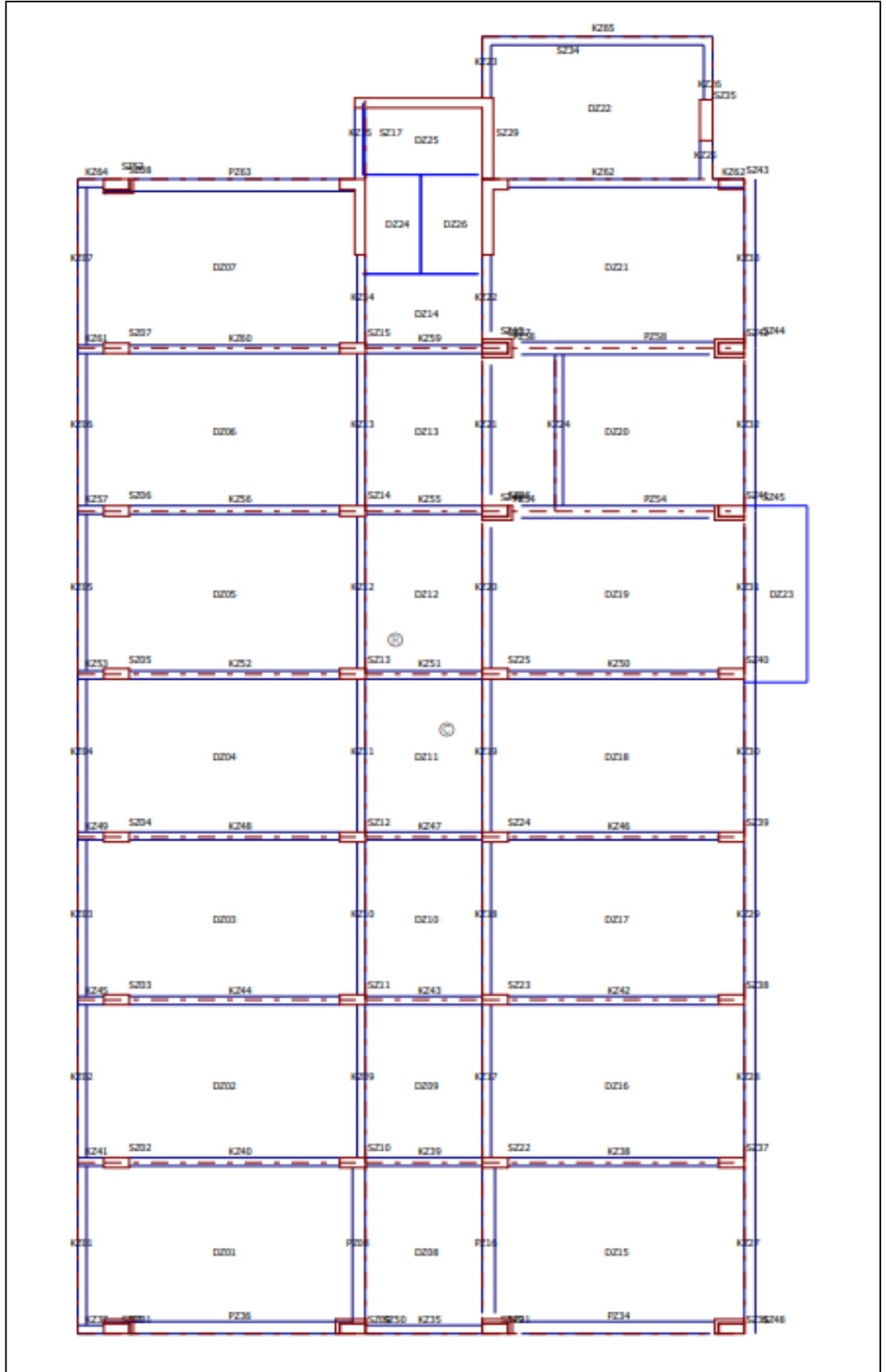
Şekil 5.61. 3. alternatif güçlendirme tasarımının DD2'ye göre doğrusal olmayan performans analizi sonucu.

İdari Bina-2 yapı modelinde 3.güçlendirilmiş durumda kat ötelenmeleri ve ortalama kat ötelenmeleri baz alınarak hesaplanmış veriler Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum X yönü (+) kat ötelenmeleri ve burulma düzensizliği katsayıları

Kat	ΔX düst (m)	ΔX dalt (m)	ΔX ort	n_{bi}
3.Normal Kat	0,0034568	0,0041396	0,0037982	1,09
2.Normal Kat	0,0039506	0,0043484	0,0041495	1,05
1.Normal Kat	0,0037366	0,0041100	0,0039238	1,05
Zemin Kat	0,0027062	0,0029784	0,0028423	1,05
Bodrum Kat	0,0010676	0,0011058	0,0010867	1,02

Zemin kat için n_{bi} değeri hesaplandığında ΔX düst / ΔX ort = 1,05 olarak hesaplanmıştır. Tüm katlar için n_{bi} değerlerinin 1,2’den küçük olduğu Çizelge 5.22’de görülmektedir. Bu bağlamda İdari Bina-2’nin güçlendirilmiş yapı modeline ait burulma düzensizliği bulunmamıştır. Ele alınan yapı planının dikdörtgen şekilde olması ve taşıyıcı sistemin sürekli çerçevelerle inşa edilmiş olması zaten kütle merkezi ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştırmaktadır.



Şekil 5.62. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum zemin kat kalıp aplikasyon planı

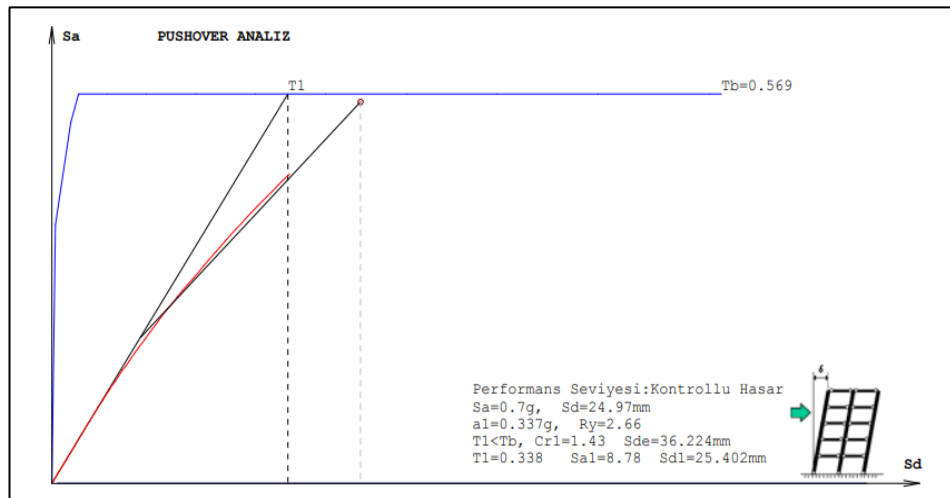
İdari Bina-2 yapı modelinde 3.güçlendirilmiş durumda her kat için kat kütlesi ve rijitlik merkezi baz alınarak hesaplanmış olan eksantrisiteler Çizelge 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.23. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum kat kütlesi ve rijitlik merkezine ait eksantrisiteler

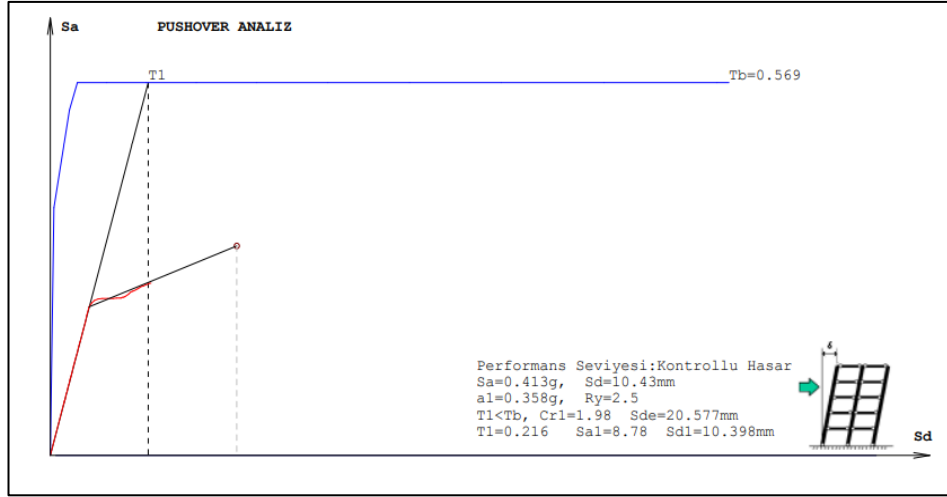
Kat	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	ex (Xr-Xg)	ey (Yr-Yg)	ex %	ey %
3. Normal Kat	14,41	15,71	7,80	3,93	1,30	-3,87	4,59	-25,71
2. Normal Kat	15,49	16,53	7,55	4,90	1,04	-2,65	3,67	-17,61
1. Normal Kat	15,26	16,86	7,72	5,51	1,60	-2,21	5,64	-14,68
Zemin Kat	15,16	17,35	7,89	6,69	2,19	-1,20	7,72	-7,97
Bodrum Kat	14,71	18,75	7,70	7,52	4,04	-0,18	14,25	-1,20

TBDY 2018 yönetmeliğinde hiç eksantrisitesi bulunmayan bina da bile minimum %5 eksantrisite alınarak hesap yapılması istenmektedir. Mevcut yapıda her katta farklı değerler alan ve sınırlandırılmamış olan eksantriste değerlerinin güçlendirme uygulaması sonrası yönetmelikte belirtilen %5 minimum eksantrisitenin de altına çekilmiştir.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (3.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) uygulanan yatay ve düşey deprem yükü sonucunda ortaya çıkan deplasmanı gösterir eğriler Şekil 5.63’de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.63. DD2 deprem düzeyi 3. güçlendirilmiş performans sonucu nonlineer analiz davranış spektrumu / deprem yükü-deplasman eğrisi (a) X yönlü pushover analizi, (b) Y yönlü pushover analizi.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (3.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) kolon elemanların kesme kuvveti dağılımlarına göre almış oldukları kesit hasarlarına göre performans yönünden değerlendirilmesi Şekil 5.64'de gösterilmektedir.

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	98.6	1.4	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	95.6	4.4	0.0	0.0	97.6	2.4	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	90.5	9.5	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					9.5										

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI									
KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)		
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	
Max.	100.								

DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:
 Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, DD2 ileri performans hedefi sağlanmıştır.
 (Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi koşulu ile)

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
 Kiriş Hasar oranı=(IH=0.0<=35 ✓), (GB=0 ✓)
 Kolon Hasar oranı=(IH=0.0<=20 ✓), (GB=0 ✓)
 Üst kat Vc oranı=(IH=0.0<=40 ✓), (GB=0 ✓)
 Plastiklenen kolon Vc oranı=(IH+GB=0.0<=30 ✓)

Şekil 5.64. 3.güçlendirme performans sonucu.

Yapıya eklenen yeni elemanlar sonrası (3.güçlendirme tasarımı uygulanan yapı) elemanların kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin değerlendirilerek hesaplanan süneklik durumlarının kontrolünü gösterir tablolar Şekil 5.65 ve Şekil 5.66'da yer almaktadır.

KOLON	Malz.	Ve(+X)	Ve(-X)	VrX	Ve(+Y)	Ve(-Y)	VrY	SN/GV
PB46	E1	1.14	1.14	< 258.60	70.59	70.59	< 363.10	SN ✓
PB49	E2	68.32	68.32	> 43.18	1.91	1.91	< 30.65	GV ✗
PB50	E2	70.74	70.74	> 42.07	1.23	1.23	< 29.93	GV ✗
PB51	E2	70.92	70.92	> 42.07	1.40	1.40	< 29.93	GV ✗
PB52	E2	70.78	70.78	> 42.07	1.24	1.24	< 29.93	GV ✗
PB53	E2	70.79	70.79	> 42.07	1.18	1.18	< 29.93	GV ✗
PB54	E2	70.99	70.99	> 42.07	1.32	1.32	< 29.93	GV ✗
PB55	E2	69.90	69.90	> 42.09	1.82	1.82	< 29.95	GV ✗
PB56	E2	69.11	69.11	> 43.18	1.70	1.70	< 30.65	GV ✗
PB57	E2	71.84	71.84	> 42.07	1.34	1.34	< 29.93	GV ✗
PB58	E2	71.95	71.95	> 42.07	1.44	1.44	< 29.93	GV ✗
PB59	E2	72.08	72.08	> 42.07	1.49	1.49	< 29.93	GV ✗
PB60	E2	73.47	73.47	> 42.07	2.67	2.67	< 29.93	GV ✗
PB61	E2	72.10	72.10	> 42.07	1.75	1.75	< 29.93	GV ✗
PB62	E2	71.06	71.06	> 42.09	1.90	1.90	< 29.95	GV ✗
PB63	E2	0.37	0.37	< 116.52	145.58	145.58	> 134.34	GV ✗
PB64	E2	0.25	0.25	< 116.52	144.53	144.53	> 134.34	GV ✗

KİRİŞ		Mdl	Mdr	Vdl	Vrl	Vdr	Vrr	SN/GV
K139	+Y	5.98	0.06	4.39 <	10.15 ✓	0.82 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-0.22	-6.29	4.39 <	10.15 ✓	0.82 <	10.15 ✓	SN ✓
K140	+Y	10.83	-5.92	10.27 >	10.15 ✗	7.18 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	7.68	-8.33	10.27 >	10.15 ✗	7.18 <	10.15 ✓	GV ✗
K141	+Y	-0.07	-6.90	6.07 <	10.15 ✓	7.44 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	-0.07	-6.57	6.07 <	10.15 ✓	7.44 <	10.15 ✓	SN ✓
K142	+Y	8.88	-5.49	8.60 <	10.15 ✓	7.71 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 5.15	-Y	5.88	-8.78	8.60 <	10.15 ✓	7.71 <	10.15 ✓	SN ✓
K143	+Y	4.21	-0.88	2.95 <	10.15 ✓	0.92 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	0.63	-4.42	2.95 <	10.15 ✓	0.92 <	10.15 ✓	SN ✓
K144	+Y	11.38	-5.10	10.52 >	10.15 ✗	6.95 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	7.92	-8.22	10.52 >	10.15 ✗	6.95 <	10.15 ✓	GV ✗
K145	+Y	0.01	-6.21	5.61 <	10.15 ✓	6.98 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.01	-6.38	5.61 <	10.15 ✓	6.98 <	10.15 ✓	SN ✓
K146	+Y	8.66	-5.32	8.33 <	10.15 ✓	7.47 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 5.15	-Y	5.60	-8.61	8.33 <	10.15 ✓	7.47 <	10.15 ✓	SN ✓
K147	+Y	4.20	-0.87	2.96 <	10.15 ✓	0.91 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	0.86	-4.18	2.96 <	10.15 ✓	0.91 <	10.15 ✓	SN ✓
K148	+Y	11.38	-5.04	10.54 >	10.15 ✗	6.93 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	7.91	-8.19	10.54 >	10.15 ✗	6.93 <	10.15 ✓	GV ✗
K149	+Y	0.00	-6.31	5.71 <	10.15 ✓	7.08 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.00	-6.31	5.71 <	10.15 ✓	7.08 <	10.15 ✓	SN ✓
K152	+Y	11.38	-5.07	10.53 >	10.15 ✗	6.94 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	7.96	-8.18	10.53 >	10.15 ✗	6.94 <	10.15 ✓	GV ✗
K153	+Y	0.00	-6.24	5.64 <	10.15 ✓	7.01 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.00	-6.24	5.64 <	10.15 ✓	7.01 <	10.15 ✓	SN ✓
K155	+Y	4.51	0.46	3.47 <	10.15 ✓	0.40 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 2.75	-Y	-0.81	-4.09	3.47 <	10.15 ✓	0.40 <	10.15 ✓	SN ✓
K156	+Y	11.44	-5.05	10.55 >	10.15 ✗	6.92 <	10.15 ✓	GV ✗
L= 5.15	-Y	8.10	-7.90	10.55 >	10.15 ✗	6.92 <	10.15 ✓	GV ✗
K157	+Y	0.02	-6.27	5.66 <	10.15 ✓	7.03 <	10.15 ✓	SN ✓
L= 0.80	-Y	0.02	-6.45	5.66 <	10.15 ✓	7.03 <	10.15 ✓	SN ✓

22 adet gevrek eleman bulunmuştur.

Şekil 5.65. 3.güçlendirme elemanların süneklik kontrolü.

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar	
Kolon	SB10, SB22, SZ10, SZ22, SZ35, S110, S122
Panel	PB49, PB50, PB51, PB52, PB53, PB54, PB55, PB56, PB57, PB58, PB59, PB60, PB61, PB62, PB63, PB64
Kiris	K140, K144, K148, K152, K156

Şekil 5.66. 3.güçlendirilmesi gereken gevrek elemanlar.

İdari Bina-2 üzerinde gerçekleştirilen 3 ayrı güçlendirme modelinde de görüldüğü üzere, yapıda sırasıyla 20, 27 ve 22 adet gevrek elemanın bulunduğu tespit edilmiştir. Güçlendirilen gevrek elemanların gerekli dayanımı sağlaması durumunda etrafında birçok gevrek eleman daha oluştuğu görülmüştür.

Taban Kesme Kuvveti ve Momenti: İdari Bina-2'nin mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının analizleri TBDY 2018'de verilen deprem düzeylerine göre yapılmıştır. Yapısal analizler sonucunda söz konusu binanın mevcut durumu için elde edilen taban kesme kuvveti değerleri ve betonarme (perde) duvarların taşıma oranları Çizelge 5.24'de ve güçlendirilmiş durumları için elde edilen taban kesme kuvvetleri, taban momentleri ve betonarme duvarların taşıma oranları ise Çizelge 5.25 ~ 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.24. İdari Bina-2 mevcut durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

Mevcut Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	316,24 t	2835,73 tm	43	316,24 t	2588,38 tm	37

Çizelge 5.25. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

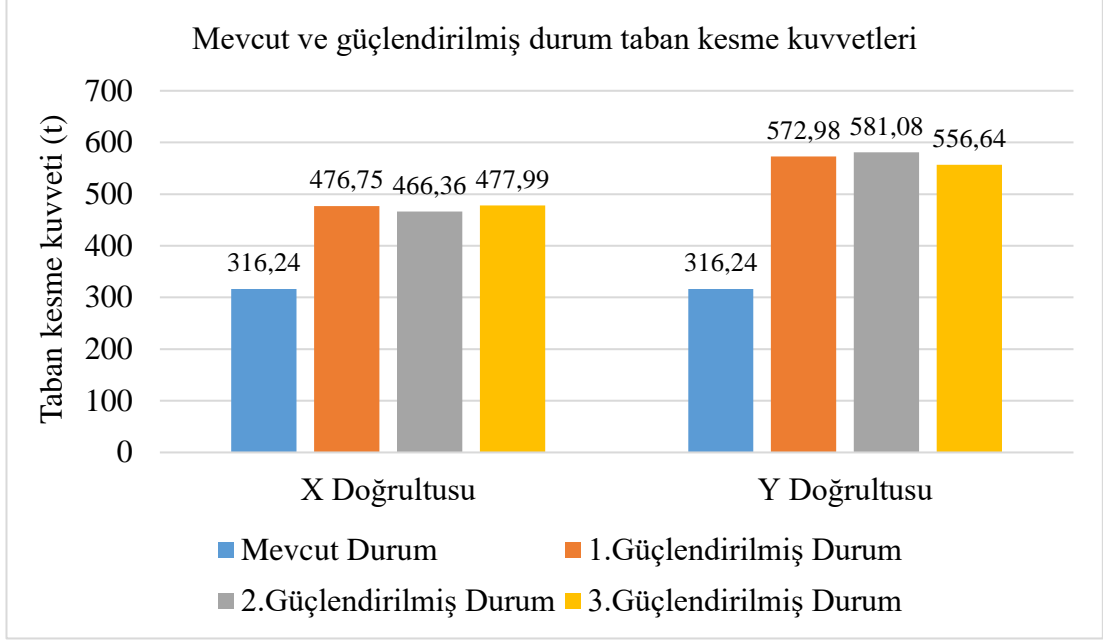
1. Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	476,75 t	4253,94 tm	58	572,98 t	4938,32 tm	61

Çizelge 5.26. İdari Bina-2 2.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

2. Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	466,36 t	4127,09 tm	71	581,08 t	5048,85 tm	65

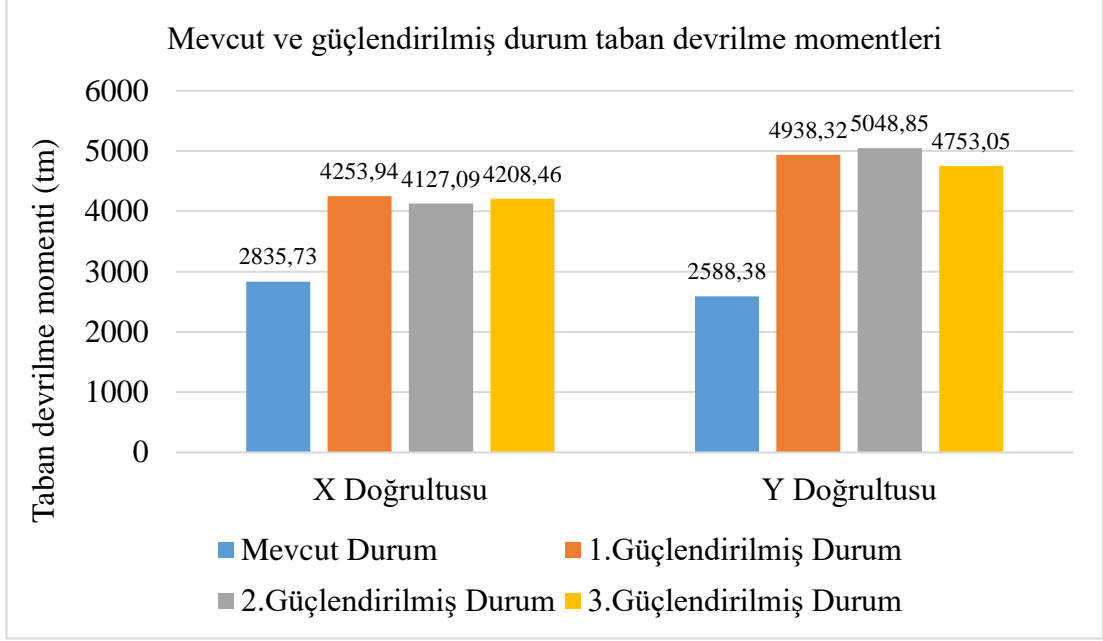
Çizelge 5.27. İdari Bina-2 3.güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti, taban momentleri ve perde taşıma oranları

3. Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)	Taban		Perde Taşıma Oranları (%)
	ΣV_x	ΣM_x		ΣV_x	ΣM_x	
DD2	477,99 t	4208,46 tm	75	556,64 t	4753,04 tm	59



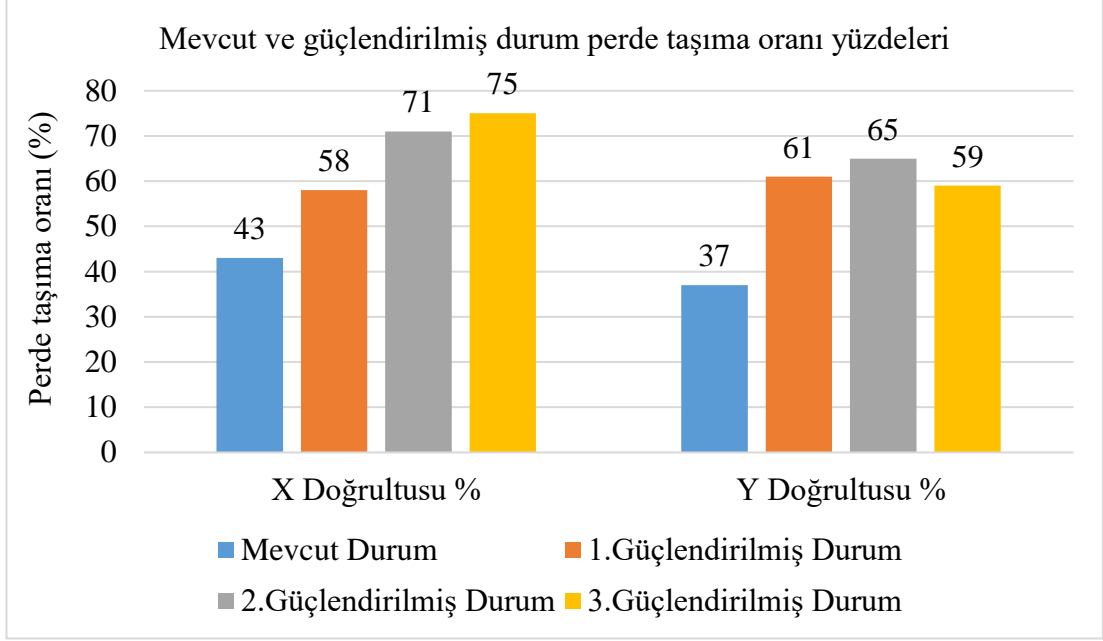
Şekil 5.67. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvvetleri

Şekil 5.67’de mevcut durumda taban kesme kuvveti x doğrultusunda 316,24 t iken güçlendirilmiş durumlarda taban kesme kuvveti sırasıyla 476,75 t- 466,36 t ve 477,99 t’a çıkmış olup, yaklaşık sırasıyla %50, %47 ve %51 oranlarında artış görülmüştür. Mevcut durumda taban kesme kuvveti y doğrultusunda 316,24 t iken güçlendirilmiş durumlarda taban kesme kuvveti sırasıyla 572,98 t- 581,08 t ve 556,64 t’a çıkmış olup, yaklaşık sırasıyla %81, %84 ve %76 oranlarında artış görülmüştür. Bunun nedeni mevcut durumda yapıya gelen deprem kuvvetinin tamamının çerçeveler tarafından karşılanmasına karşın güçlendirilmiş durumda ilave perdeler eklenerek yapı perdeli-çerçeve karma sisteme dönüşmüştür.



Şekil 5.68. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum taban devrilme momentleri

Şekil 5.68’de mevcut durumda taban devrilme momenti x doğrultusunda 2835,73 tm iken güçlendirilmiş durumlarda taban devrilme momenti sırasıyla 4253,94 tm-4127,09 tm ve 4208,46 tm’ye çıkmış olup, yaklaşık sırasıyla %50, %46 ve %48 oranlarında artış görülmüştür. Mevcut durumda taban devrilme momenti y doğrultusunda 2588,38 tm iken güçlendirilmiş durumlarda taban devrilme momenti sırasıyla 4938,32 tm – 5048,85 tm ve 4753,05 tm’ye çıkmış olup, yaklaşık sırasıyla %91, %95 ve %84 oranlarında artış görülmüştür.



Şekil 5.69. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durum perde taşıma oranı yüzdeleri

Şekil 5.69’da mevcut durumda perde taşıma oranı yüzdesi x doğrultusunda %43 iken güçlendirilmiş durumlarda perde taşıma oranı yüzdesinde sırasıyla %58, %71 ve %75 artış görülmüştür. Mevcut durumda perde taşıma oranı yüzdesi y doğrultusunda %37 iken güçlendirilmiş durumlarda perde taşıma oranı yüzdesinde sırasıyla %65, %61 ve %59 artış görülmüştür.

İdari Bina-2 için yapıdan örnek alınmış olan 1 adet kolona ait mevcut durum Çizelge 5.28’de ve güçlendirilmiş durum taban kesme kuvveti Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.28. İdari Bina-2 mevcut durumda örnek alınan SZ 40 kolana ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvveti

Mevcut Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No
	ΣV_X	ΣF_X	SZ40	ΣV_Y	ΣF_Y	SZ40
DD2	316,24 t	44,66 t	4,24 t	316,24 t	51,37 t	5,62 t

Çizelge 5.29. İdari Bina-2 1.güçlendirilmiş durumda örnek alınan SZ 44 kolana ait x ve y doğrultusunda yapı ve taban kesme kuvveti

1.Güçlendirilmiş Durum						
Deprem Düzeyleri	X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No	Yapı Taban Kesme Kuvveti	Zemin Kata Gelen Deprem Kuvveti	Kolon No
	ΣV_X	ΣF_X	SZ44	ΣV_Y	ΣF_Y	SZ44
DD2	476,75 t	54,70 t	8,28 t	572,98 t	79,81 t	0

Yapısal Elemanların Plastikleşmesi: İdari Bina-2'nin mevcut ve güçlendirilmiş durumunun sınırlı bilgi düzeyi için TBDY 2018'e göre gerçekleştirilen performans analizinden DD-2 deprem düzeyine göre kolonlarda ve kirişlerde oluşan toplam plastik mafsalları ve yüzde oranları Çizelge 5.30 ~ 5.32'de verilmektedir. Söz konusu İdari Bina-2'nin güçlendirilmiş durumunda oluşan plastik mafsallarının mevcut durumuna göre önemli ölçüde azalma olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.30. İdari Bina-2 mevcut ve 1.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları

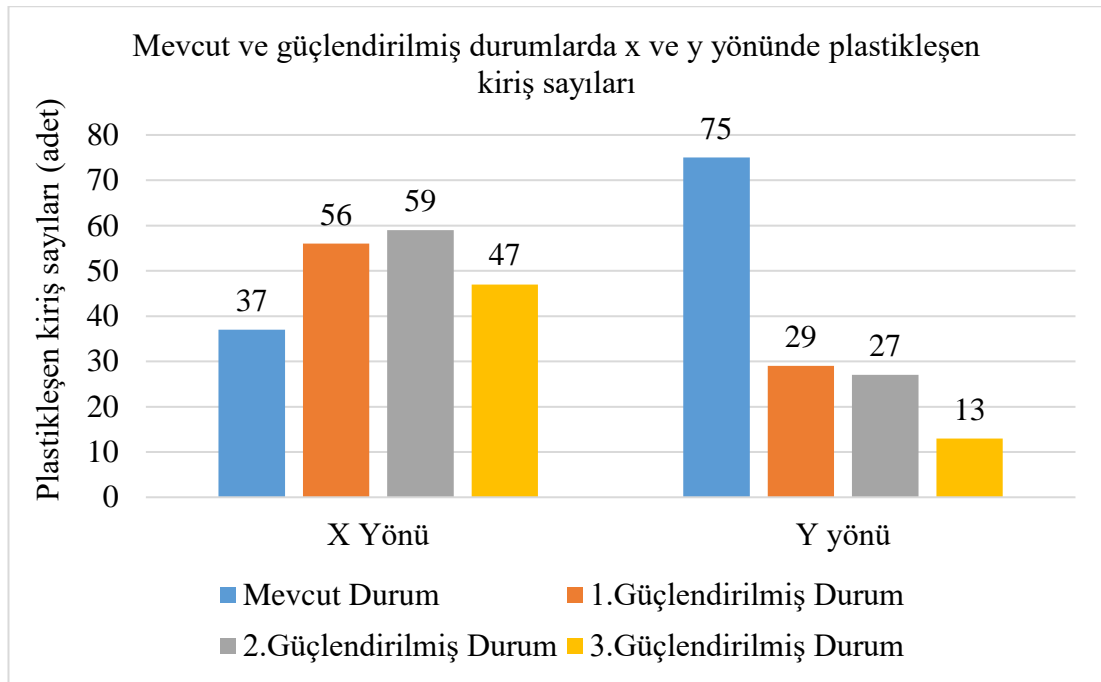
Mevcut Durum					1. Güçlendirilmiş Durum				
Eleman	DD2				Eleman	DD2			
	X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %		X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %
Kiriş	37	18,69%	75	37,88%	Kiriş	56	35,90%	29	18,59%
Kolon	120	70,59%	98	57,65%	Kolon	38	22,35%	15	8,82%

Çizelge 5.31. İdari Bina-2 mevcut ve 2.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları

Mevcut Durum					2. Güçlendirilmiş Durum				
Eleman	DD2				Eleman	DD2			
	X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %		X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %
Kiriş	37	18,69%	75	37,88%	Kiriş	59	37,34%	27	17,09%
Kolon	120	70,59%	98	57,65%	Kolon	37	21,76%	8	4,71%

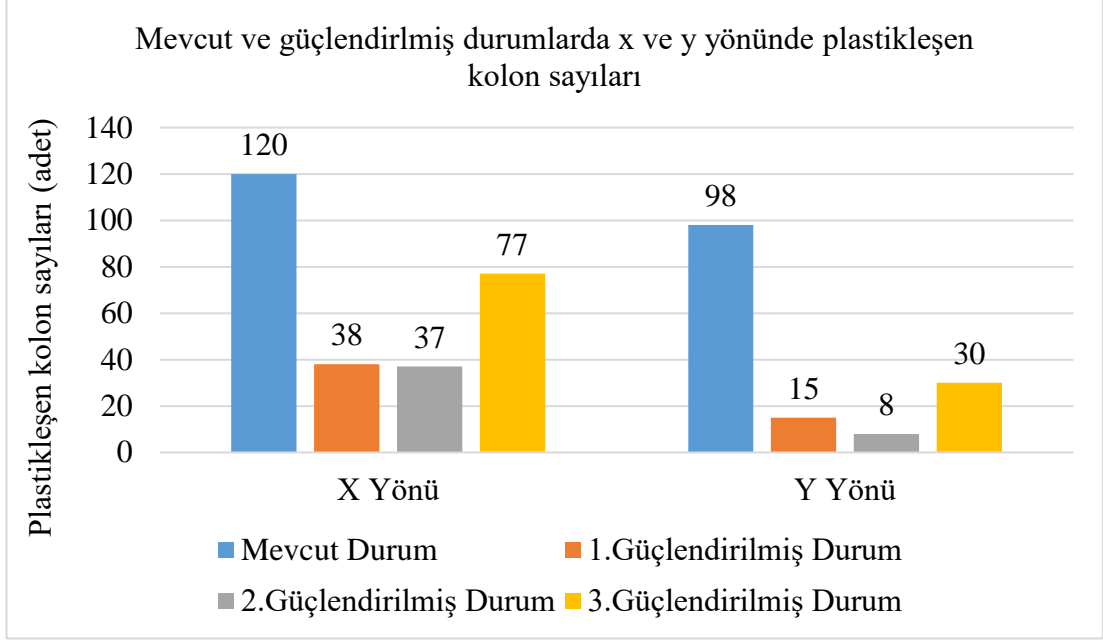
Çizelge 5.32. İdari Bina-2 mevcut ve 3.güçlendirilmiş durumlarının x ve y yönünde plastikleşen yapısal eleman sayıları ve yüzde oranları

Mevcut Durum					3. Güçlendirilmiş Durum				
Eleman	DD2				Eleman	DD2			
	X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %		X yönü	X yönü %	Y yönü	Y yönü %
Kiriş	37	18,69%	75	37,88%	Kiriş	47	28,31%	13	7,83%
Kolon	120	70,59%	98	57,65%	Kolon	77	45,29%	30	17,65%



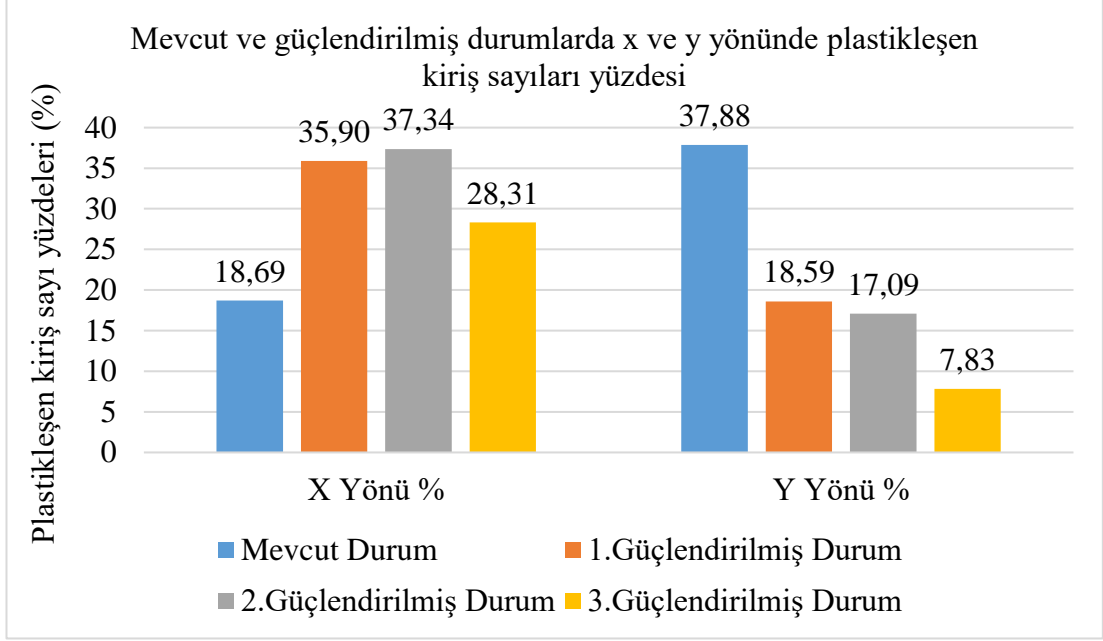
Şekil 5.70. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları

Şekil 5.70’de mevcut durumda plastikleşen kiriş sayısı x doğrultusunda 37 adet iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kiriş sayısı sırasıyla 56 adet, 59 adet ve 47 adet’e çıkmış olup, yaklaşık sırasıyla %51, %59 ve %27 oranlarında artış görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kiriş sayısı y doğrultusunda 75 adet iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kiriş sayısı sırasıyla 29 adet, 27 adet ve 13 adet’e düşmüş olup, yaklaşık sırasıyla %61, %64 ve %83 oranlarında azalma görülmüştür.



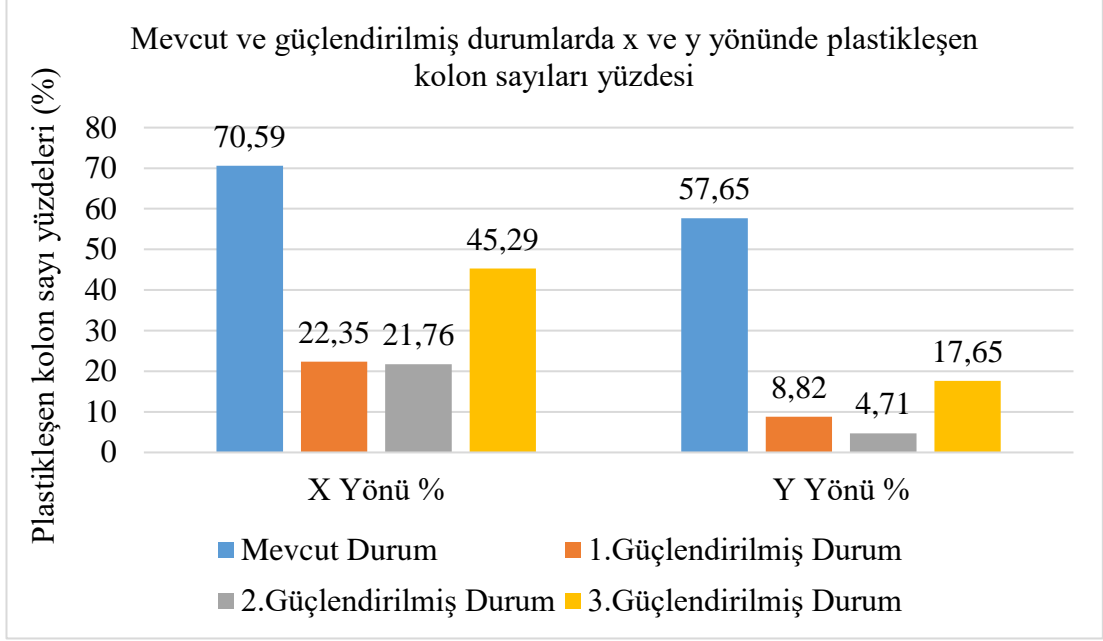
Şekil 5.71. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları

Şekil 5.71’de mevcut durumda plastikleşen kolon sayısı x doğrultusunda 120 adet iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kolon sayısı sırasıyla 38 adet, 37 adet ve 77 adet’e düşmüş olup, yaklaşık sırasıyla %62, %69 ve %36 oranlarında azalma görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kolon sayısı y doğrultusunda 98 adet iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kolon sayısı sırasıyla 15 adet, 8 adet ve 30 adet’e düşmüş olup, yaklaşık sırasıyla %85, %92 ve %69 oranlarında azalma görülmüştür.



Şekil 5.72. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarda x ve y yönünde plastikleşen kiriş sayıları yüzdesi

Şekil 5.72’de mevcut durumda plastikleşen kiriş sayı yüzdesi x doğrultusunda %18,69 iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kiriş sayı yüzdesinin sırasıyla %35,90- %37,34 ve %28,31’e arttığı görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kiriş sayı yüzdesi y doğrultusunda %37,88 iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kiriş sayı yüzdesinin sırasıyla %18,59- %17,09 ve %7,83’e düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.73. İdari Bina-2 mevcut ve güçlendirilmiş durumlarda x ve y yönünde plastikleşen kolon sayıları yüzdesi

Şekil 5.73’de mevcut durumda plastikleşen kolon sayı yüzdesi x doğrultusunda %70,59 iken güçlendirilmiş durumlarda plastikleşen kolon sayı yüzdesinin sırasıyla %22,35- %21,76 ve %45,29’a düştüğü görülmüştür. Mevcut durumda plastikleşen kolon sayı yüzdesi y doğrultusunda %57,65 iken güçlendirilmiş durumda plastikleşen kolon sayı yüzdesinin sırasıyla %8,82- %4,71 ve %17,65’e düştüğü görülmüştür.

Yapıya eklenen yeni güçlendirme elemanlarının, malzeme ve işçilik kalitesi gibi parametrelerinin günümüz standartlarında olmasından dolayı yüksek şekil değiştirme kapasitesi ortaya çıkmaktadır. Mevcut yapı elemanlarının bu parametreleri, yeni yapı elemanlarına göre çok daha düşük kalması sorun teşkil etmektedir. Taşıyıcı sistemin uyumlu çalışmasını sağlamak adına çok fazla elemanın takviyesini gerektirmektedir. Dolayısıyla yapının ekonomik bir şekilde güçlendirilmesi olanakları ortadan kalkmaktadır.

Ayrıca;

- Binanın 50 yıllık ekonomik ömrünü doldurmuş olması,
- Betonarmede karbonatlaşma durumunun oluşması,

- Binanın güçlendirilmesi durumunda fazla sayıda perde duvar ve kolon mantolamalarının olmasının maliyeti bir hayli artırması,
- Elektrik ve mekanik tesisatın mevcut tesisat ile uyum problemi oluşturması,
- Yeni eklenen güçlendirme elemanlarının beton sınıfı min. C25 olacağından dolayı mevcut beton sınıfına karşı yüksek dayanım göstermesi

gibi sebeplerden dolayı binanın takviye edilmesi yerine yıkılıp yeniden inşası daha ön plana çıkmaktadır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada mevcut betonarme binaların TBDY 2018 yönetmeliğine göre değerlendirilmesi ve deprem güvenilirliğinden bahsedilmiştir.

KARDEMİR A.Ş.’de bulunan mevcut iki betonarme idari binanın TBDY 2018 yönetmeliğine göre uygunluk durumu incelenmiş, deprem performansları değerlendirilmiştir. İncelenen yapıların “Doğrusal Olmayan Elastik Yöntem” metodu ile deprem davranışları incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler doğrultusunda yapı güçlendirme ihtiyacı gereksiniminin belirlenmesi ve oluşabilecek yapı güçlendirme maliyetlerinin hesaplanması konusu üzerinde durulmuştur.

Betonarme idari binalara ilişkin analiz ve hesaplar STA4CAD programı kullanılarak yapılmıştır. Deprem performans hesaplarının yapılabilmesi için gereken bilgiler ve performans analizleri, hesap adımları ile yapılan kabul ve yaklaşımlar ele alınmıştır. Bu tez çalışmasından elde edilen başlıca sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

6.1. İDARİ BİNA 1 İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Ele alınan betonarme İdari Bina-1 için gerçekleştirilen etüd çalışmalarında yapılan işlemler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. İdari Bina-1 için yapılan etüd çalışmaları

İdari Bina	Etüd Çalışmaları			
	Karot Numunesi (Adet)	Tahribatlı Donatı Tespiti (Adet)	Tahribatsız Donatı Tespiti (Adet)	Temel Muayene Çukur (Adet)
İdari Bina-1	26	26	36	2

Alınan karot numunelerinin basınç dayanım testleri sonucunda günümüz standartlarında yer alan minimum beton basınç dayanım sınıfı C25/30 (silindirik beton numunesi basınç dayanım sonucu 25 MPa)'dan; bodrum, zemin ve 1. normal kat özelinde oldukça düşük kaldığı görülmüştür.

Yapılan sıyırma işlemlerinde;

- 18 adet kolon sıyırması sonucunda 14 adet Ø18 düşey donatı ve Ø8, 24 cm aralıklı etriye donatısı,
- 5 adet perde sıyırması sonucunda Ø10, 20 cm aralıklı düşey donatı ve Ø10, 23 cm aralıklı yatay donatı,
- 3 adet kiriş sıyırması sonucunda 5 adet Ø16 yatay donatı ve Ø8, 26 cm aralıklı etriye donatısı olduğu tespit edilmiştir.

Kolon ve kirişlerde, etriye aralıklarının, günümüz standardında yer alan değerlere göre çok fazla olması ayrıca donatıların günümüz standartlarına göre (Akma dayanımı 420 Mpa) çok daha düşük dayanıma (220 Mpa Akma Dayanımı) sahip olduğu görülmüştür.

Yapılan muayene çukuru işlemlerinde temel kesiti ve boyutları tespit edilmiştir.

Yapıların mevcut durum tespitleri yapılmış ve TBDY 2018 yönetmeliğince gerekli görülen bilgiler toplanmıştır. Toplanan bilgiler sentezlenerek STA4CAD yapısal analiz programı kullanılarak yapı modeli oluşturulmuş ve Deprem Yer Hareket Düzeyi-2 (DD-2) etkisi altında yapının performans hesabı yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda yapının performansını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok durum tespit edilmiştir. Yönetmelik koşullarına göre yapının “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesinde olduğu görülmüş ve güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Binanın; bodrum ve zemin katlarda 7 adet güçlendirme perdesi ve 8 adet kolon mantolaması ile 1,2, ve 3. normal katlarda ise 6 adet güçlendirme perdesi ve 7 adet kolon mantolaması eklenerek bina güçlendirmesi yapılmıştır.

İdari Bina-1'e x ve y doğrultularında güçlendirme amacıyla kolon mantolaması ve güçlendirme perdesi eklendiğinde; y doğrultusunda betonarme duvarların kesme kuvvetini taşıma oranında artış görülürken, x doğrultusunda kesme kuvvetini taşıma oranında azalma görülmüştür.

Güçlendirilmiş İdari Bina-1 için dikkate alınan DD2 deprem düzeyi için plastik mafsallı oluşan yapısal elemanlarının sayısı mevcut duruma göre azalmaktadır. Bu durum taşıyıcı siteme etkileyen deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmının güçlendirme amacıyla yapılan kolon mantolaması ve güçlendirme perdesi tarafından karşılanarak mevcut yapısal elemanların daha az deprem kuvveti almasından kaynaklanmaktadır.

İdari Bina-1 için yapılan modal analizler sonucunda güçlendirilmiş durumda yapı daha rijit hale geldiği için hesaplanan yapının periyodunun, mevcut yapının periyoduna göre azaldığı tespit edilmiştir.

İdari Bina-1 yapılan güçlendirme tasarımı sonucunda TBDY 2018'e göre yapı hedef performans seviyesi olan "Kontrollü Hasar" performans seviyesine ulaşmıştır.

İdari Bina-1'in mevcut ve güçlendirilmiş durumları için TBDY 2018'e göre gerçekleştirilen performans analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2'de verilmektedir.

Çizelge 6.2. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için performans analizi

Analiz Türü	Deprem Düzeyi	Hesap Yöntemi	Hedef Performans	Performans Sonucu		Açıklama	
				Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durum	Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durum
İtme	DD2	Çok modlu	KH	GÖ	KH	Hedef performans sağlanamamıştır.	Hedef performans sağlanmıştır. (Gevrek eleman bulunmamaktadır)

İdari Bina-1'in TBDY 2018'e göre yapılan performans analizlerinde mevcut durumda 2 adet gevrek elemanın bulunduğu tespit edilmiş olup, güçlendirilmiş durumda hedef performans seviyesine ulaştığı görülmüştür.

İdari Bina-1'in yapı güçlendirme projesi uygulaması esnasında karşılaşılabileceği düşünülen her türlü iş kalemi ele alınarak hazırlanan güçlendirme maliyeti yaklaşık 2.665.949,76 TL (~140.313 USD) olarak hesaplanmıştır. Maliyet hesap cetvel detayı Ek C'de verilmiştir.

6.2. İDARİ BİNA 2 İÇİN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Ele alınan betonarme İdari Bina-2 için gerçekleştirilen etüt çalışmalarında yapılan işlemler Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. İdari Bina-2 için yapılan etüt çalışmaları

İdari Bina	Etüt Çalışmaları			
	Karot Numunesi (Adet)	Tahribatlı Donatı Tespiti (Adet)	Tahribatsız Donatı Tespiti (Adet)	Temel Muayene Çukur (Adet)
İdari Bina-1	21	26	30	2

Yapı genelinden alınan beton numune ortalamalarından çıkan basınç dayanım sonuçları, TDBY 2018 standartlarında yer alan minimum beton basınç dayanım sınıfı C25/30 (silindirik beton numunesi basınç dayanım sonucu 25 MPa)'dan; yapı genelinde çok düşük kaldığı görülmüştür.

Gerçekleştirilen sıyırma işlemlerinde;

- 17 adet kolon sıyırması sonucunda, 14 adet Ø18 düşey donatı; Ø8, 28 cm aralıklı etriye donatısı,
- 4 adet perde sıyırması sonucunda, Ø10, 16 cm aralıklı düşey donatı; Ø8, 22 cm aralıklı yatay donatı,
- 5 adet kiriş sıyırması sonucunda, 3 adet Ø12 yatay donatı; Ø8, 26 cm aralıklı etriye donatısı olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen yapı elemanlarında ortaya çıkan sargı donatıları ile ilgili problemler olduğu, etriye kollarının 135° bükülü olmadığı görülmüştür. Kolon ve kirişlerde yer alan etriyelerin ara mesafeleri, günümüz standardında yer alan maksimum değerlere göre

çok fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca yapı elemanlarında bulunan donatıların, günümüz standartlarına göre minimum akma dayanımı 420 MPa olması gerekirken çok daha düşük dayanıma (220 MPa Akma Dayanımı) sahip olması karşılaşılan olumsuz durumlar olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan muayene çukuru işlemlerinde temel kesiti ve boyutları tespit edilmiştir.

Yapıların mevcut durum tespitleri yapılmış ve TBDY 2018 yönetmeliğince gerekli görülen bilgiler toplanmıştır. Toplanan bilgiler sentezlenerek STA4CAD yapısal analiz programı kullanılarak yapı modeli oluşturulmuş ve Deprem Yer Hareket Düzeyi-2 (DD-2) etkisi altında yapının performans hesabı yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda yapının performansını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok durum tespit edilmiştir. Yönetmelik koşullarına göre yapının “Göçmenin Önlenmesi” performans seviyesini dahi sağlayamamış ve yapının DD2 tasarım deprem düzeyinde bir depreme maruz kalması durumunda “Göçme” durumuna geleceği görülmüş ve bu kapsamda güçlendirme veya yıkılıp yeni bir binanın inşası ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Güçlendirme yöntemini belirlemek için alternatif tasarımlar değerlendirilmiş bu kapsamda bina için 3 farklı güçlendirme modeli oluşturulmuştur.

Binanın bütün katlarda 8 adet güçlendirme perdesi ve 24 adet kolon mantolaması ile 1,2, ve 3. normal katlarda ise 9 adet güçlendirme perdesi ve 13 adet kolon mantolaması eklenerek bina güçlendirmesi yapılmıştır.

İdari Bina-2'nin yapı modeline ait performans sonucunda yapıya ait plandaki ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumları ile karşılaşılmamıştır.

İdari Bina-2'ye x ve y doğrultularında güçlendirme amacıyla kolon mantolaması ve güçlendirme perdesi eklendiğinde; her iki doğrultuda da betonarme perde duvarların kesme kuvvetini taşıma oranında artış görülmüştür.

Güçlendirilmiş İdari Bina-2 için dikkate alınan DD2 deprem düzeyi için plastik mafsal oluşan yapısal elemanlardan kolonlar için sayı mevcut duruma göre azalmakta,

kirişlerde ise uygulanmış olan güçlendirme modellerinde sayı mevcut duruma göre artış göstermiştir.

İdari Bina-2 için yapılan modal analizler sonucunda güçlendirilmiş durumda hesaplanan yapı periyodu, mevcut durumda hesaplanan yapı periyoduna göre azalmıştır.

İdari Bina-2 için yapılan güçlendirme tasarımları sonucunda TBDY 2018'e göre yapı hedef performans seviyesi olan "Sınırlı Hasar" performans seviyesine ulaşmış olmasına rağmen geleneksel güçlendirme yöntemleri uygulandığında 20'nin üzerinde gevrek elemanın ortaya çıkması engellenememiştir. Güçlendirilen gevrek elemanların gerekli dayanımı sağlamasına karşın, etrafında yeniden güçlendirilmesi gereken gevrek elemanların oluştuğu görülmüştür.

İdari Bina-2 'in mevcut ve güçlendirilmiş durumları için TBDY 2018'e göre gerçekleştirilen performans analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4'de verilmektedir.

Çizelge 6.4. İdari Bina-1 mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için performans analizi

Analiz Türü	Deprem Düzeyi	Hesap Yöntemi	Hedef Performans	Performans Sonucu		Açıklama	
				Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durum	Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durumlar
İtme	DD2	Çok modlu	KH	Göçme	SH	Hedef performans sağlanamamıştır.	Hedef performans sağlanmıştır. (Gevrek elemanlar bulunmaktadır)

İdari Bina-2'in gevrek elemanların güçlendirilmesi yönünde yapılan çeşitli güçlendirme tasarımları sonucunda da fazla sayıda gevrek eleman çıkması yapının güçlendirme olanaklarını ortadan kaldırmıştır.

İdari Bina-2'nin güçlendirme olanaklarını ortadan kaldıran gevrek elemanların bu denli fazla çıkmasının;

- Yapıdan alınan karot numunelerinin basınç dayanımlarının çok düşük çıkması,

- Yapının inşa edildiği zamanda kullanılan donatıların günümüz yönetmeliğinde belirtilen donatı akma dayanımlarından çok daha düşük olması,
- Etriye aralıklarının günümüz yönetmeliklerinde tanımlanan etriye aralıklarından çok daha fazla olması,
- Bodrum katın ışıklandırılması için kolonlar arasına konulmuş pencerelerin kısa kolon etkisi ortaya çıkarması gibi sebepler olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın bulguları irdelendiğinde yapısal analizi yapılan İdari Bina-1 ve İdari Bina-2 mevcut durumlarının TBDY 2018'e göre yeterli performans hedefini sağlayamadığı ortaya çıkmıştır. İdari bina-1 ve İdari Bina-2 yapıları birbirine benzer kat planlarına sahip nispeten ikiz binalardır. Bu binaların ekonomik ömrü tamamlanmış, yapıldığı dönemdeki mimari ihtiyaçları karşılama da günümüzde mimari açıdan yetersiz olduğu görülmüştür. Ayrıca olası güçlendirme uygulaması sonrasında da mimari ihtiyaçlara cevap veremeyecek çözümler bulunmaktadır. Bu nedenle yaklaşık 63 yıldır kullanımda olan yapıların güncel mimari ihtiyaçlara göre yeniden inşa edilmesinin değerlendirilmesi önerilmektedir. Önemli bir nokta da yapılan bu güçlendirme uygulamaları, yapının deprem anında hasar almayacağına bir garantisi değildir ve güçlendirme uygulaması esnasında çalışanlar tahliye edilmek zorundadır. Olası depremden sonra yine de tadilat işlemlerinin gerekeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bozdağ, Ö., “Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Yönlü Modal Birleştirme Ve Enerji Esaslı Yerdeğiştirmeye Dayalı Bir Artımsal İtme Analiz Yöntemi”, Doktora Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2010).
2. Ferlibaş, M., “Betonarme Bir Yapının Statik Ve Dinamik Analiz Sonuçlarının TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2020).
3. Yıldız, E., “Mevcut 44 Katlı Betonarme Yüksek Bir Binanın TBDY 2018’e Göre Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntemle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2021).
4. Karasu, C.O., “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem ile Belirlenmesi ve P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).
5. Özdemir, M., “Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak Binaların Deprem Performansının Bilgisayar Destekli Hızlı Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, (2019).
6. Karaca, N., “Mevcut Betonarme Bir Okul Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi ve TBDY 2018’e Göre Alternatif Güçlendirme Yöntemlerinin Araştırılması ve Çözüm Önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2022).
7. Tuncer, Ö., “Betonarme Yapıların Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2008).
8. İnternet: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, “2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği”,
https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY_2018.pdf
9. Çakıroğlu, A., “En Büyük Tesirleri Veren Deprem Doğrultularının Tayini”, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, Cilt 33, Sayı 3, ss. 54, (1975). 9

10. Çakıroğlu, A., “Earthquake-resistant design according to the most unfavourable seismic direction under combined internal forces”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamic*, 15/7, 853, (1987).
11. Öztoran, N.K, Çıtıpıtıoğlu, E., “Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı ve İnşaatı Hakkında Öneriler”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 12, Sayı 1, (1997)
12. Ekinci N., “Çok Katlı Yapıların 1997 Deprem Yönetmeliğinde Belirtilen Yöntemlere Göre Deprem Hesabı ve Yöntemlerin Karşılaştırılması”, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, (2002).
13. Öztoran, N.K., Çelik, T., Yıldızlar, B., Damcı, E., Gürsoy, M.G., “İstanbul Üniversitesi Mühendislik Bloklarına Ait Temel Sisteminde Güçlendirme ve Onarım Tekniği”, *Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu*, Gümüşhane, (2002).
14. Altun, F., Kara, H.B., Haktanır, T., Özcan, D.M., Karahan, O., Kaya, Z., “Düşey Yükler Altında Hasar Görmüş Betonarme Bir Yapıda Güçlendirme Projesi Örneği”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 18, Sayı 1-2, ss. 63-76, (2002).
15. Öztoran, N.K., Çelik, T., Yıldızlar, B., Gürsoy, M.G., “İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bloklarının Güçlendirme Sebepleri ve Uygulanmış Olan Temel ve Üstyapı Onarım ve Güçlendirme Teknikleri”, *Küçükçekmece ve Yakın Çevresi Kongresi*, İstanbul, (2003).
16. Sezen, H., Whittaker, A., Elwood, K., Mosalam, K., “Performance of Reinforced Concrete Buildings During the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake, and Seismic Design and Construction Practise in Turkey”, *Engineering Structures*, 25(1), 103-114 (2003).
17. Sayın, B., Yıldızlar, B., Kaplan, S.A., “Betonarme Yapı Analizlerinde Dolgu Duvarların Modellenme Teknikleri”, *Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik ve Kongre Sergisi*, İstanbul, (2004).
18. Yıldızlar, B., “Binalarda Güçlendirme Teknikleri ve Detaylandırmanın Önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2004).
19. Önal, M., Tokgöz, H., “The Experimental Study on Repeating of Damaged Reinforced Concrete Beams”, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, (2005).

20. Öztoran, N.K., “Düzgün Aks Sistemine Sahip Betonarme Binaların Güçlendirilmesi ile İlgili Bir Yöntem”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
21. Dilek, M.K., “Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
22. Öztürk, T., Onur, H., “Betonarme Binaların Taşıyıcı İlave Edilerek İyileştirilmesi ve Güçlendirilmesi”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
23. Kaltakçı, M.Y., Arslan, M.H., Yılmaz, Ü.S., “Dış Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Yatay Yük Taşıma Kapasitesi Düşük Olan Betonarme Çerçevelerin Davranışının İncelenmesi”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
24. Kaplan, H., Yılmaz, S., Tama, Y.S., “Dış Perde Duvar Uygulaması ile Yapıların Güçlendirilmesi: Buldan Devlet Hastanesi Örneği”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
25. Kuyucular, A., “Onarım Güçlendirme Dış Perdelerin Temeli Olarak Havuz Dış Perde”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
26. Demir, F., Türkmen, M., Korkmaz, K.A., Tekeli, H., Çırak, İ., “Betonarme Perdelerle Yapılan Güçlendirme Uygulamalarının Deprem Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”, *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, (2006).
27. Yeşilçayır, Ö., “P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemiyle Betonarme Binaların Deprem Performansının İncelenmesi: Afyonkarahisar Uygulaması,” Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, (2021).
28. Ersoy, U., “Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar”, *Altıncı Ulusal Mühendislik Konferansı*, İstanbul, (2007).
29. Yılmaz, S., “Betonarme Binaların Yapı Dışından Perde Duvarlarla Güçlendirilmesi,” Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2007).
30. Can, H., Aykaç, B., “Mantolama Yönteminin Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonlarda Uygulanabilirliği”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, Sayı 1, ss. 223-229, (2008).
31. Yılmaz, C., “Statik İtme Analiziyle Mevcut Bir Betonarme Yapının Performans Değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2008).

32. Yıldırım, C., “2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Bir Yapının Performansının Belirlenmesi ve Bir Güçlendirme Önerisi,” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2008)
33. Görgülü, A.T., “Mevcut Yapıların Güçlendirilmesinde Dış Çelik Konstrüksiyon Perde Uygulaması”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (2008).
34. Gökalp, E., “Betonarme Yapıların Performans Analizlerinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, (2009).
35. Arıcı, Y., “Betonarme Çerçevesel Bir Yapının Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Metodları ile Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2010).
36. Arısoy, B., Arel, H. Ş., “Yapısal Özellikleri Farklı Binaların Performansa Dayalı Analizi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 1, s. 25, (2010).
37. Birol, M.S., “Az Ve Çok Katlı Yapılarda Bilgi Düzeyi Seviyesinin Binanın Performansına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2010)
38. Yılmaz, Ü.S., Arslan, M.H., Kaltakçı, M.Y., “Betonarme Dış Perde Duvarlarla Güçlendirilmiş Çerçevelerin Dayanım Parametrelerinin Deneysel ve Analitik Yöntemlerle İrdelenmesi”, *Türk Bilim Araştırma Vakfı Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, ss. 11-22, (2010).
39. Yıldırım, F. G., “Bodrum Ve Sekiz Katlı Bir Konut Binasının Betonarme Perde Ve Kolonlardan Oluşan Taşıyıcı Sisteminin Deprem Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2011).
40. Ekici, E., “Comparison of Observed Structural Damages And Code Given Structural Performance Limits”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2011).
41. Denizer, M. İ., “Depremde Betonarme Bina Performansının Doğrusal Elastik ve Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi ve Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).

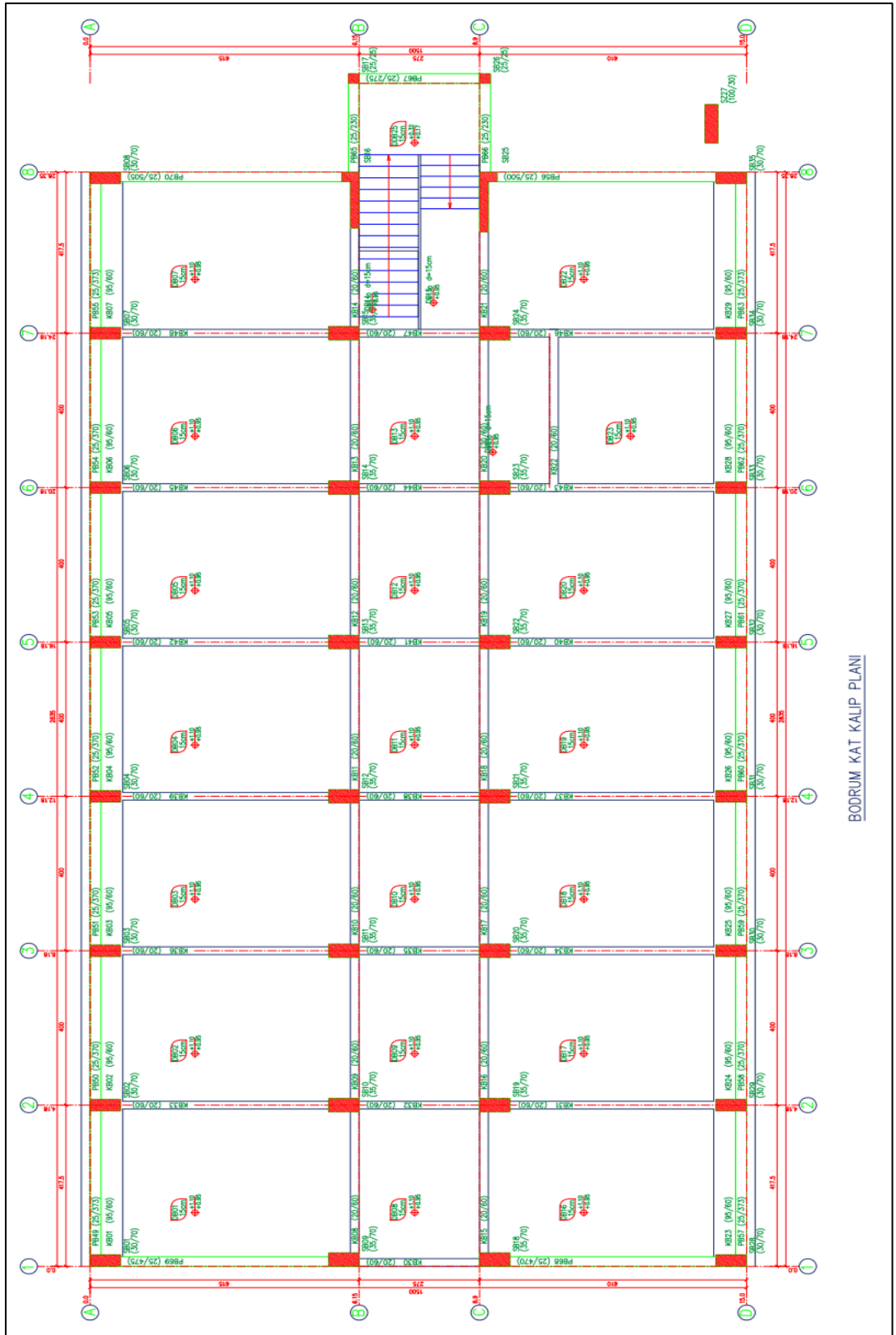
42. Dedeoğlu, F., “Betonarmer Binanın Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi ile Performans Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2016).
43. Toy, E., “2011 Van Depreminden Etkilenmiş Bir Yapının Farklı Kabullerle Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2016).
44. Gürpınar, Z., “Rijit Ötelenme Hareketine Maruz Mevcut Dolgu Duvarlı Bir Yapının Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2016).
45. Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Alhagri, M.G. ve Arslan, M.H., “Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007’ye Göre Karşılaştırılması”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, Cilt 17, Sayı 2, ss. 43-58, (2018).
46. Hamsici, M., “Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile Tanımlanan Spekturum Eğrilerinin Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2019).
47. Dalyan, İ., Şahin, B., “Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yüğü Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi”, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2, ss. 134-147, (2019).
48. Kürkçü, F., “20 Katlı Betonarme Bir Yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarımı ve Deprem Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2019).
49. Bayrak, O.F., Bikçe, M., “Dolgu Duvarın Yapısal Düzensizliklere ve Performansa Etkisinin Mevcut Bir Yapı Üzerinde İncelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 24, Sayı 3, ss. 241-254, (2019)
50. Şahin, Y., “Mevcut Bir Betonarme Binanın 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Zaman Tanım Alanında Analizinin Yapılarak Performansının Belirlenmesi ve Çelik Güçlendirme Önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2019).
51. Kap, T., Özgan E., “Uzunoğlu M., “Betonarmer Bir Okul Binasının 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt 7, Sayı 3, ss. 1140-1150, (2019).

52. Zolmaz, Y., “Mevcut Betonarme Bir Binanın Perdelerle Güçlendirilmesi ve Yapısal Performansının TBDY 2018’e Göre Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, (2019).
53. Çapa, Y.U., “Kat Adetleri Farklı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü***, İstanbul, (2020)
54. Tekdemir, H., “Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e Göre Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Diyarbakır, (2020).
55. Navdar M.B., “Nonlinear Analysis of Columns With Insufficient Shear Resistance Strengthened by Rc Jacketing and CFRP”, Master Thesis, ***Sakarya University Institute of Science***, Sakarya, (2020).
56. Korkmaz, M., “Analysis of An Educational Building According to TEC 2007 and TEC 2018”, ***A Journal of Structural Science and Innovation***, C.1, Sayı 2, 43-50 (2020).
57. İbiş, T., “Yeni Yapılacak Betonarme Bir Binanın TBDY 2018’e Göre Tasarım Kontrolleri ve Deprem Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Burdur, (2021).
58. Taş, Ö.F., “Betonarme Okul Binalarında Güçlendirme İlkelerinin 2007 ve 2019 TDY’e Göre Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, ***Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Elâzığ, (2021).
59. Coşkun, M.E., “Farklı Yüksekliklerdeki Betonarme Binaların TBDY 2018’e Göre Deprem Performanslarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü***, Karabük, (2022).
60. Oğuz, A.B., “Mevcut Bir Binanın Depreme Karşı Risk Analizinin Yapılması ve Güçlendirmesi,” Yüksek Lisans Tezi, ***Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Diyarbakır, (2015).
61. Şentürk, A.E., “Mevcut Bir Betonarme Binanın Deprem Performansının İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, (2004).
62. Toumatarı, S.G., “Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Belirlenmesi ve Perde ile Güçlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, ***Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, (2014).

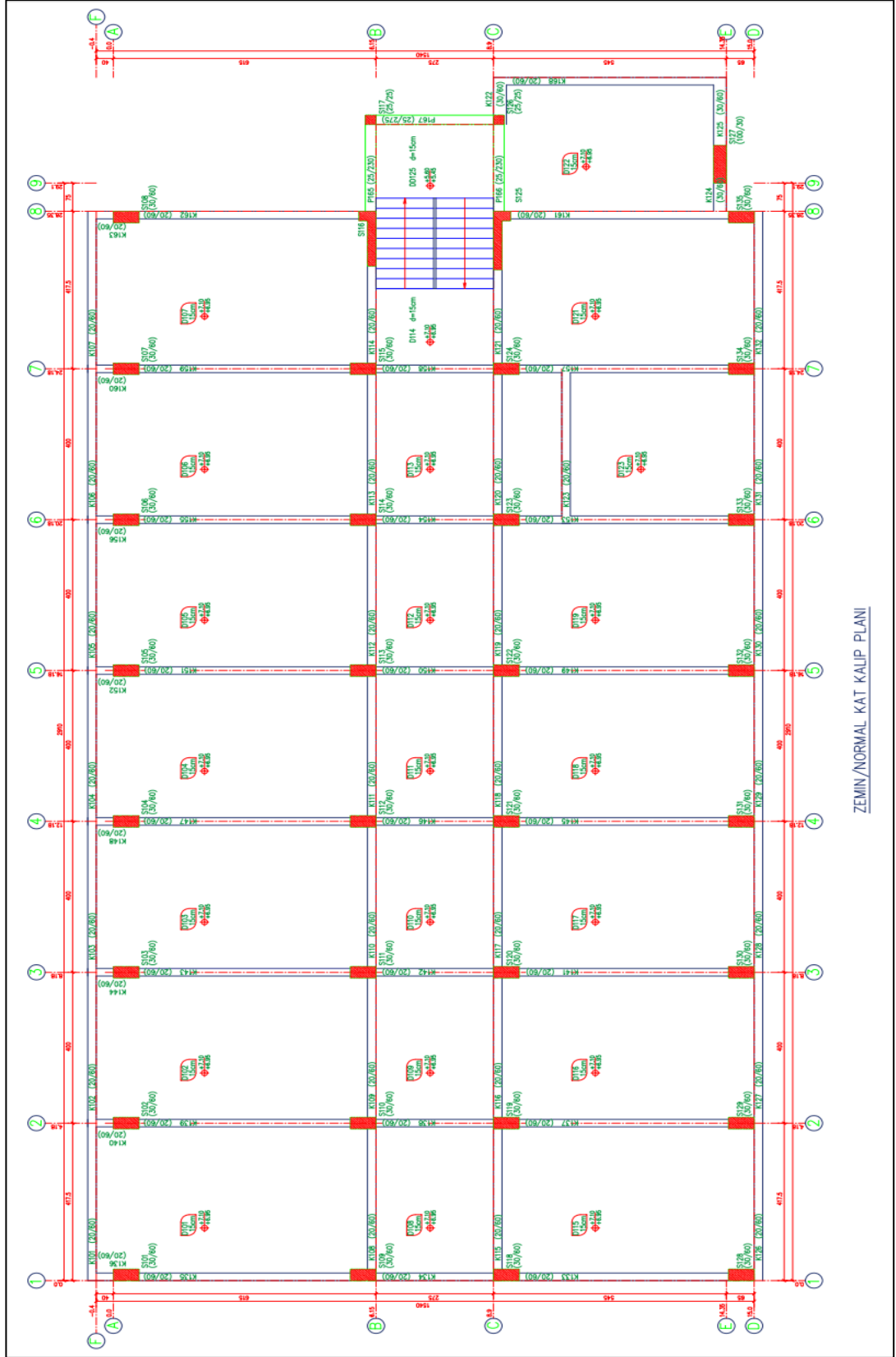
63. Karapınar, M.F., “Mevcut Betonarme Bir Yapının TBDY 2018’e Göre Deprem Performansının ve Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul, (2020).
64. Tan, M.T., “Seismic Strengthening Of A Mid-Rise Reinforced Concrete Frame Using Cfrps: An Application From Real Life”, Master Thesis, *Middle East Technical University Institute of Science*, Ankara, (2009).
65. Kibar, S. ve Turan, V., 2017, “Betonarme Yapıların Deprem Güvenlikleri, Onarım ve Güçlendirme”, *İzmir ve Deprem Konferansı*, İzmir, 227-240 (2017).
66. Gürol, K. B., “Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Binaları Güçlendirme Yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2007).
67. İnternet: İnşaat Mühendisleri Odası, “Güçlendirme Projelerinde Maliyet ve Kazanç İlkeleri”, https://eskiantalya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18036_13_38.pdf

EK AÇIKLAMALAR A.

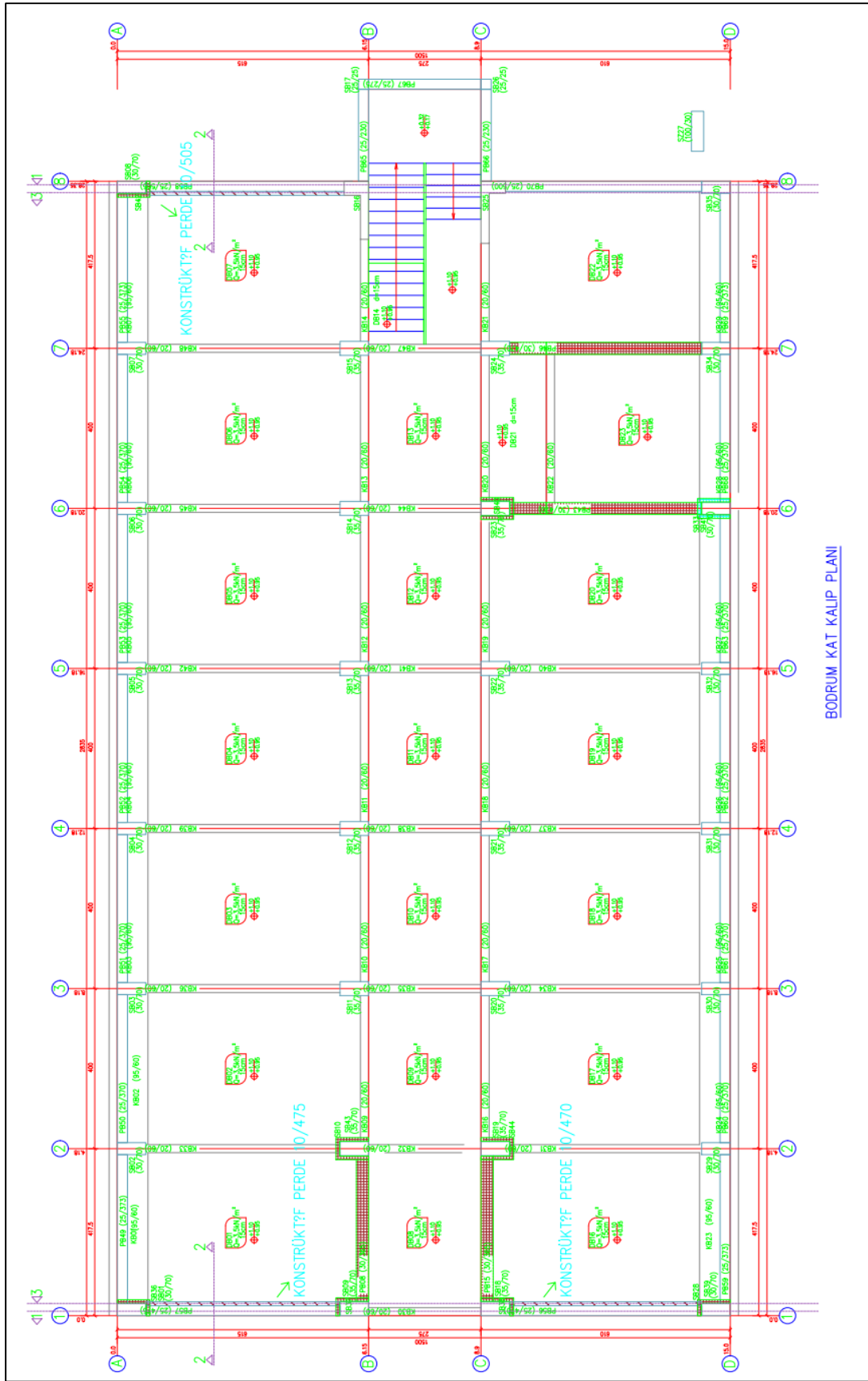
KAT KALIP PLANLARI



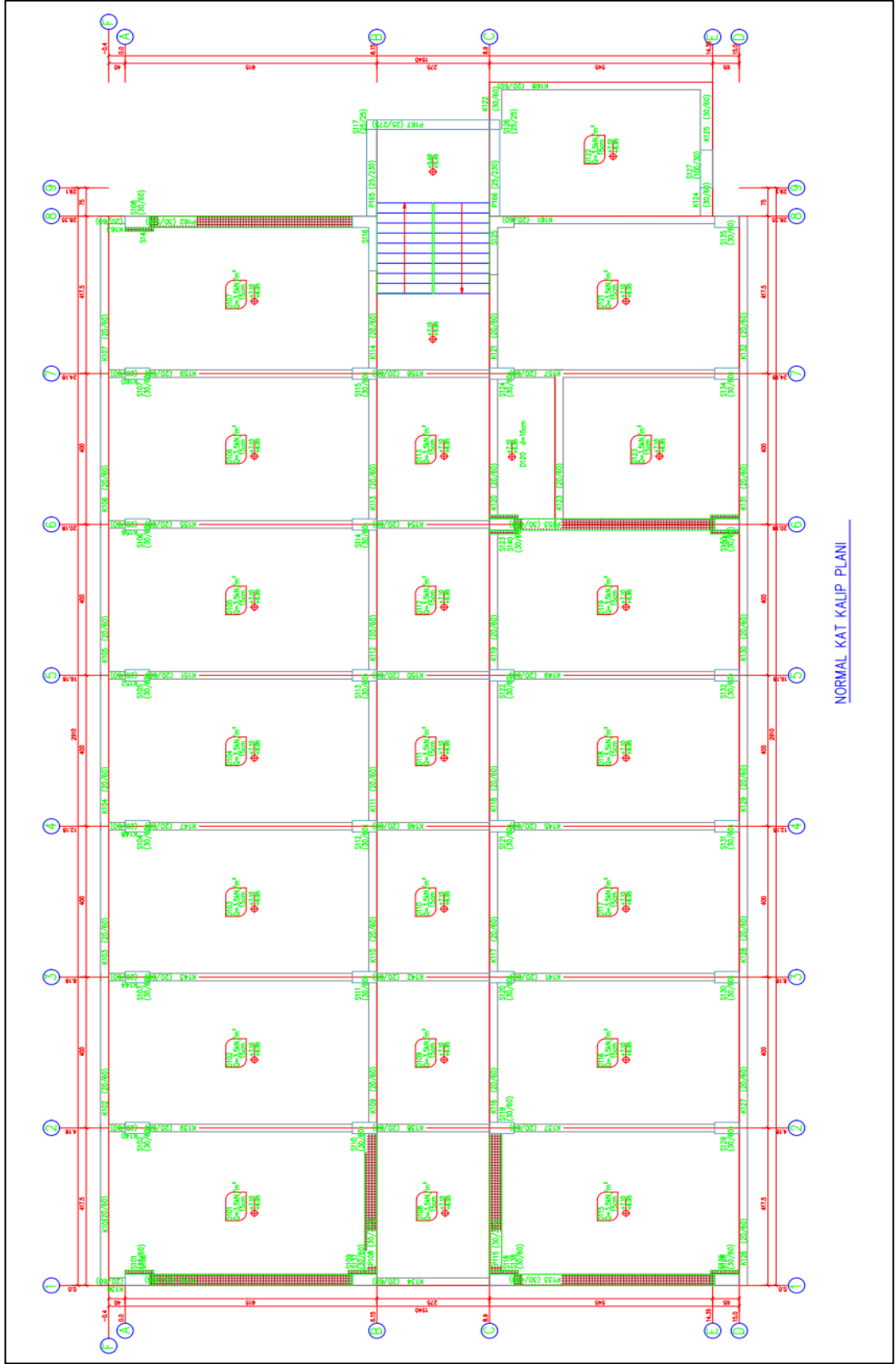
BOZUM KAT KALIP PLANI



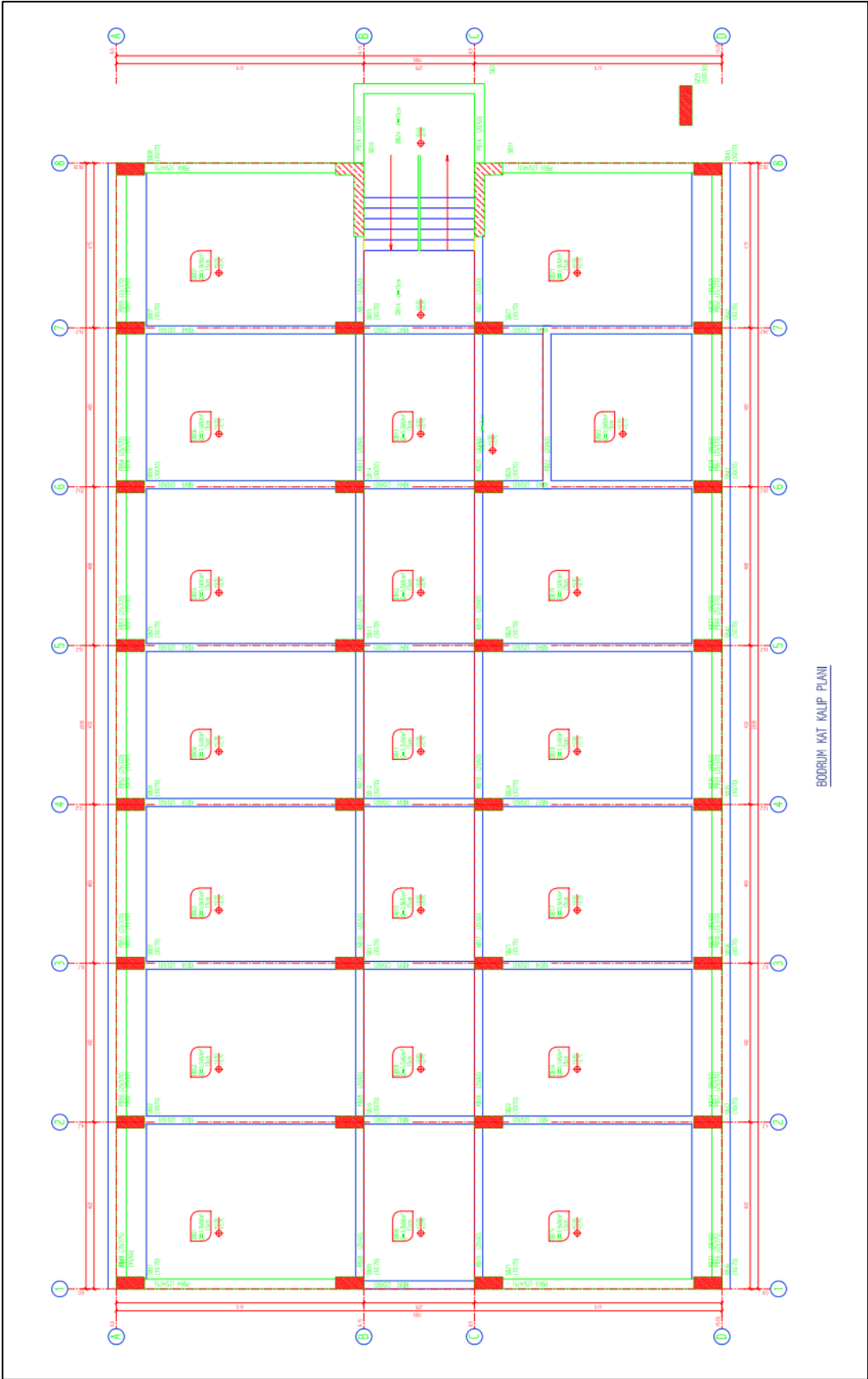
(b)
Şekil Ek A.1. İdari Bina-1 kat kalıp planları (a) Bodrum kat kalıp planı, (b) Zemin/normal kat kalıp planı.



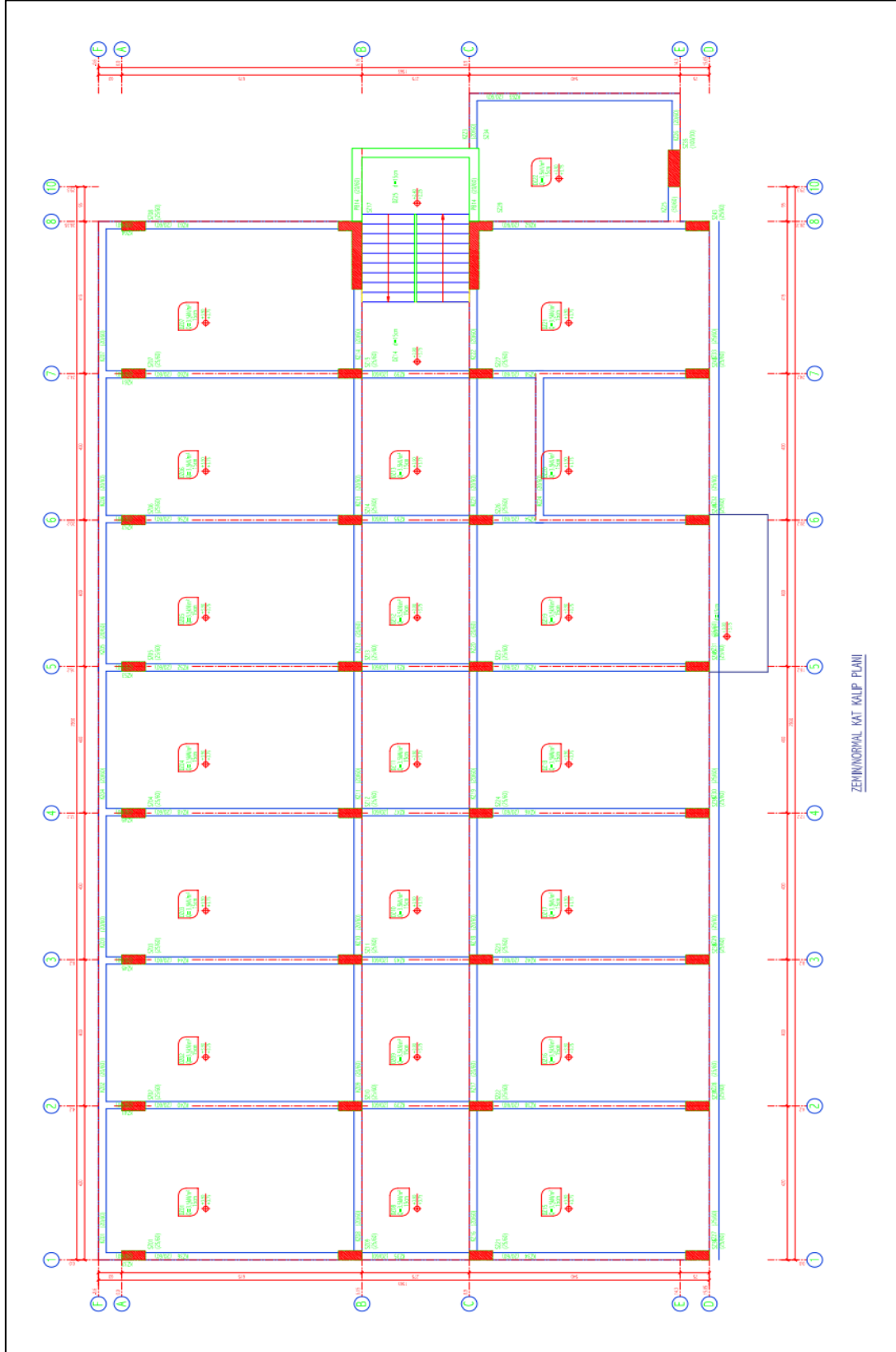
(a)
132



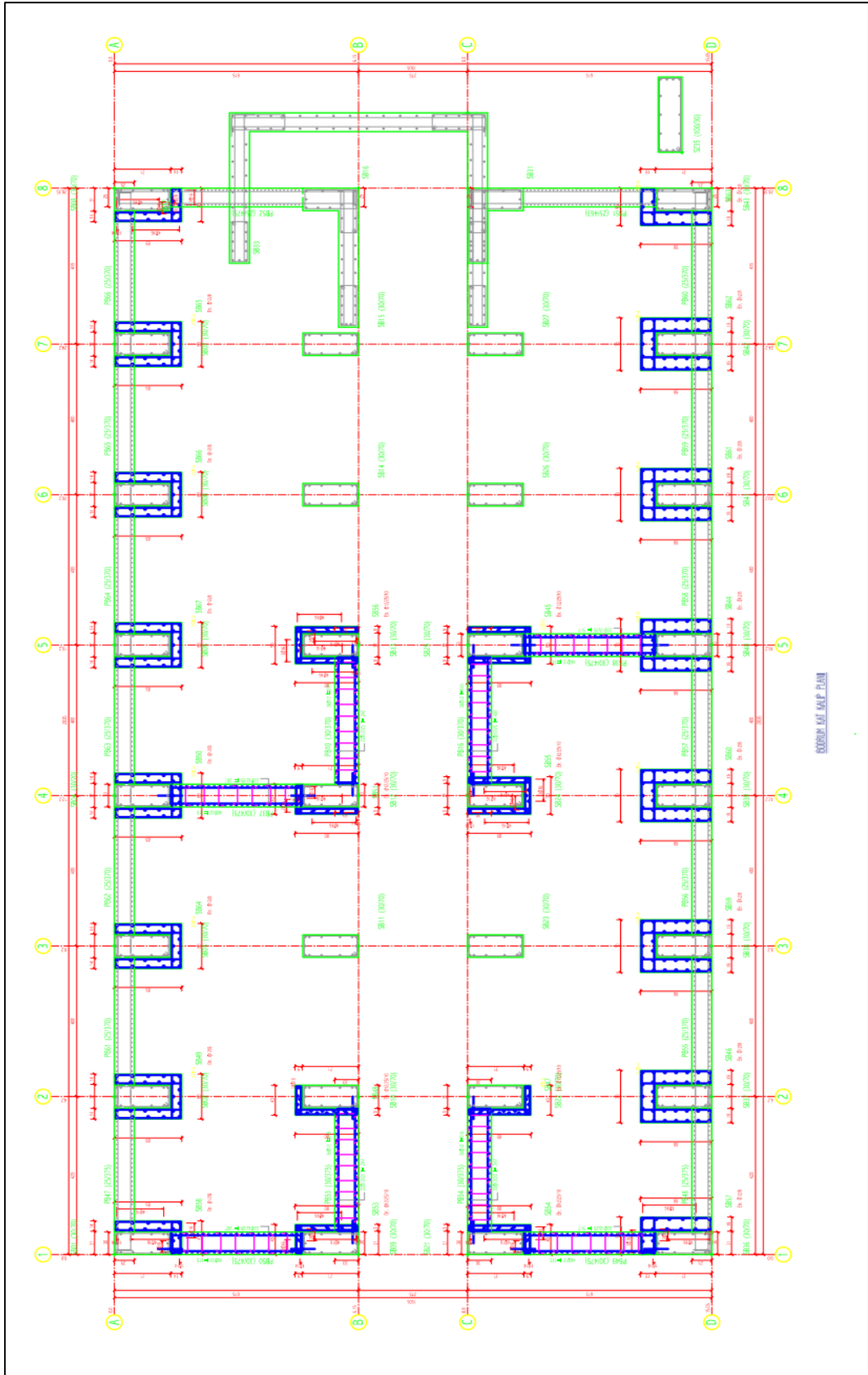
(b)
Şekil Ek A.2. İdari Bina-1 güçlendirilmiş kat kalıp planları (a) Güçlendirilmiş bodrum kat kalıp planı, (b) Güçlendirilmiş zemin/normal kat kalıp planı.



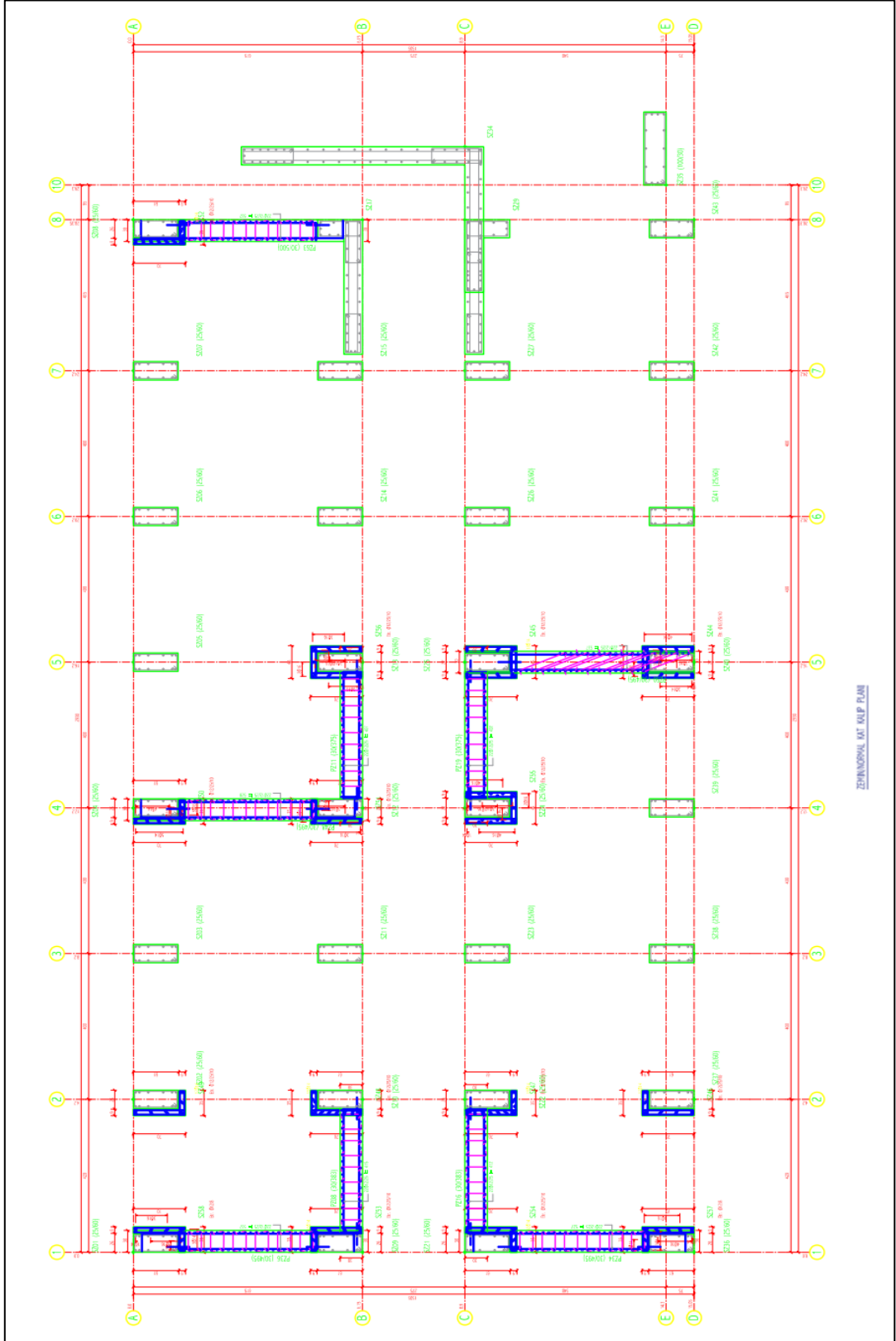
(a)
134



(b)
 Şekil Ek A.3. İdari Bina-2 kat kalıp planları (a) Bodrum kat kalıp planı, (b) Zemin/normal kat kalıp planı.

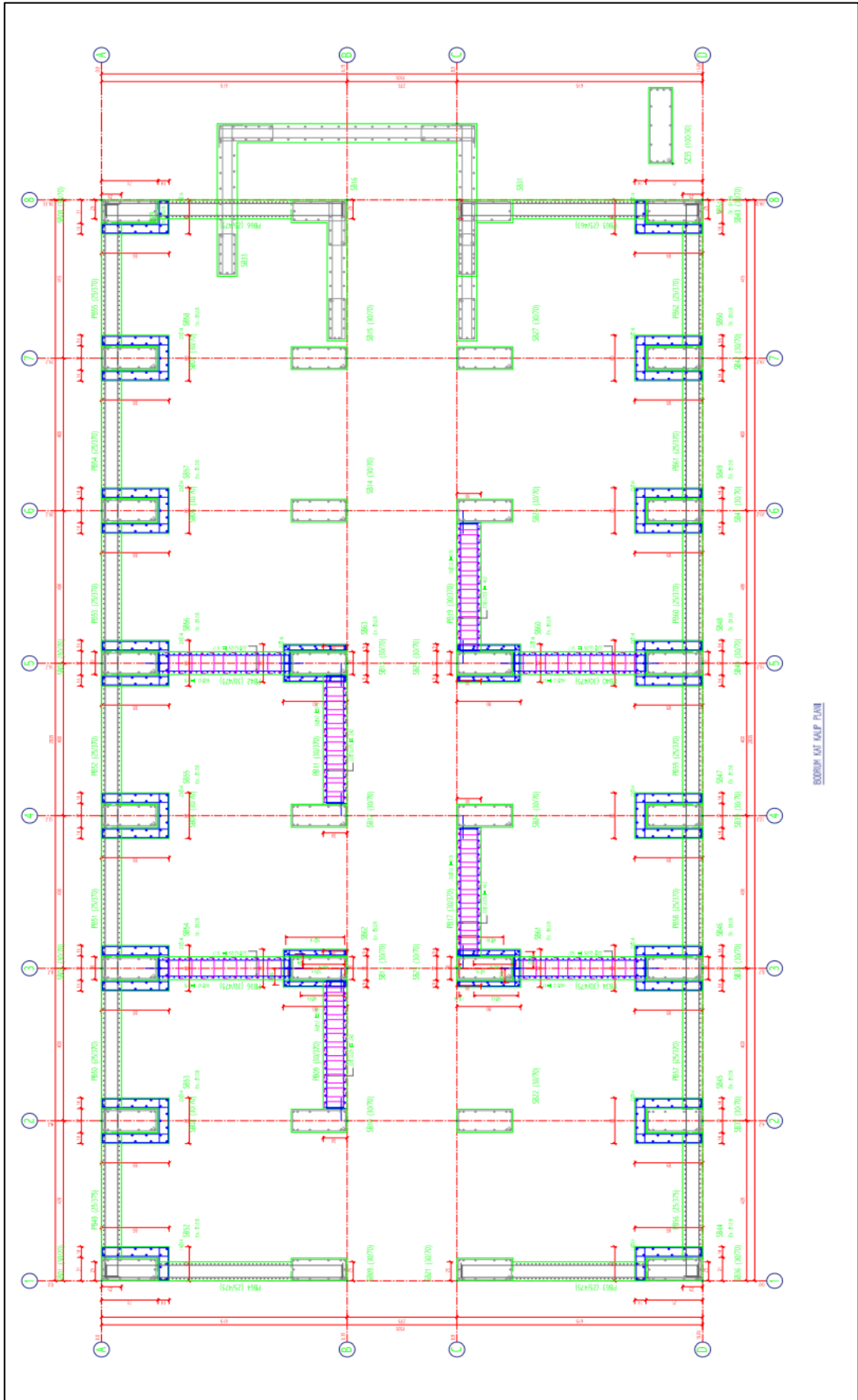


(a)

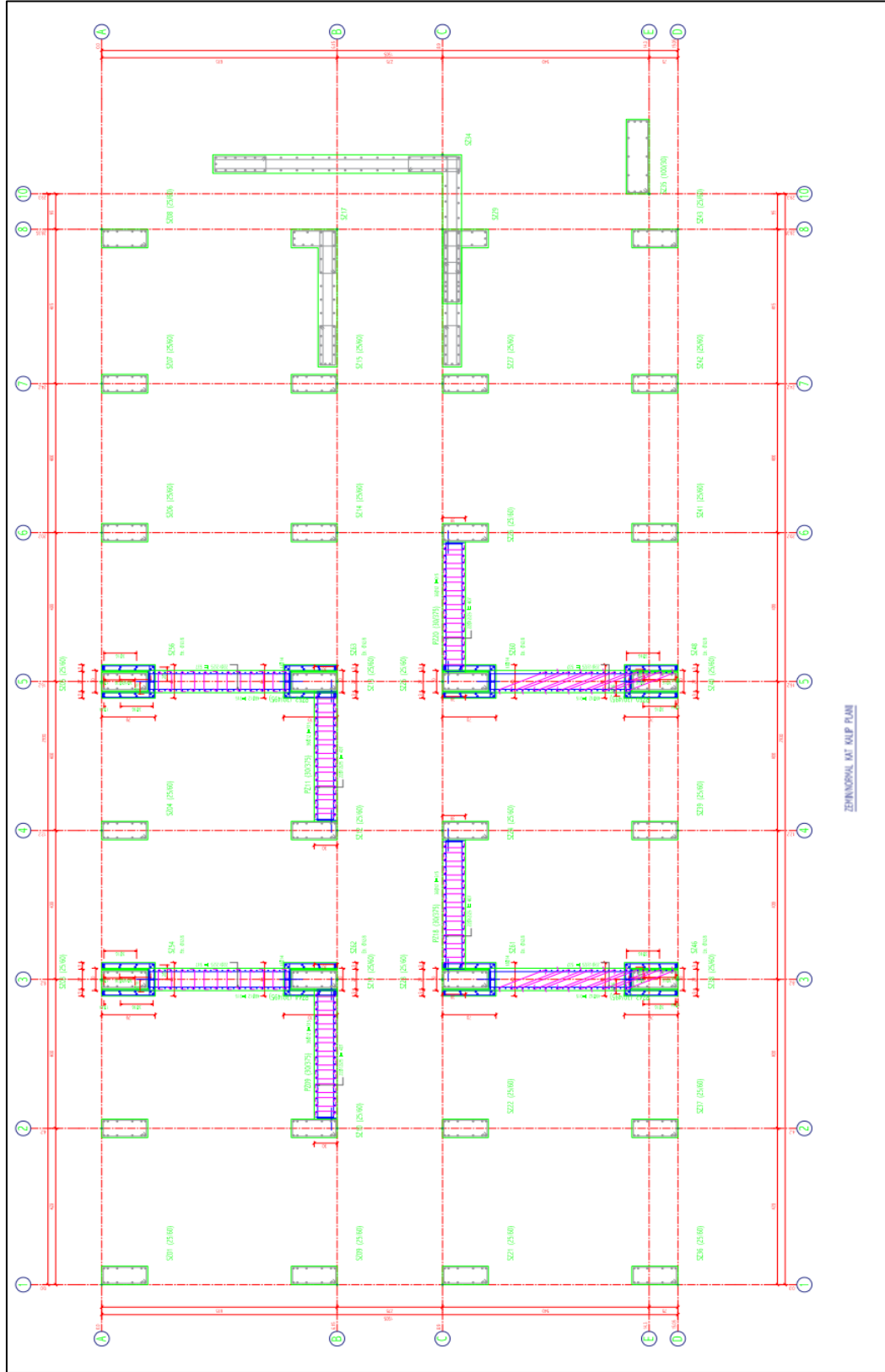


(b)

Şekil Ek A.4. İdari Bina-2 1. Güçlendirme modeli kat kalıp planları a) 1.güçlendirme modeli bodrum kat kalıp planı, (b) 1.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.

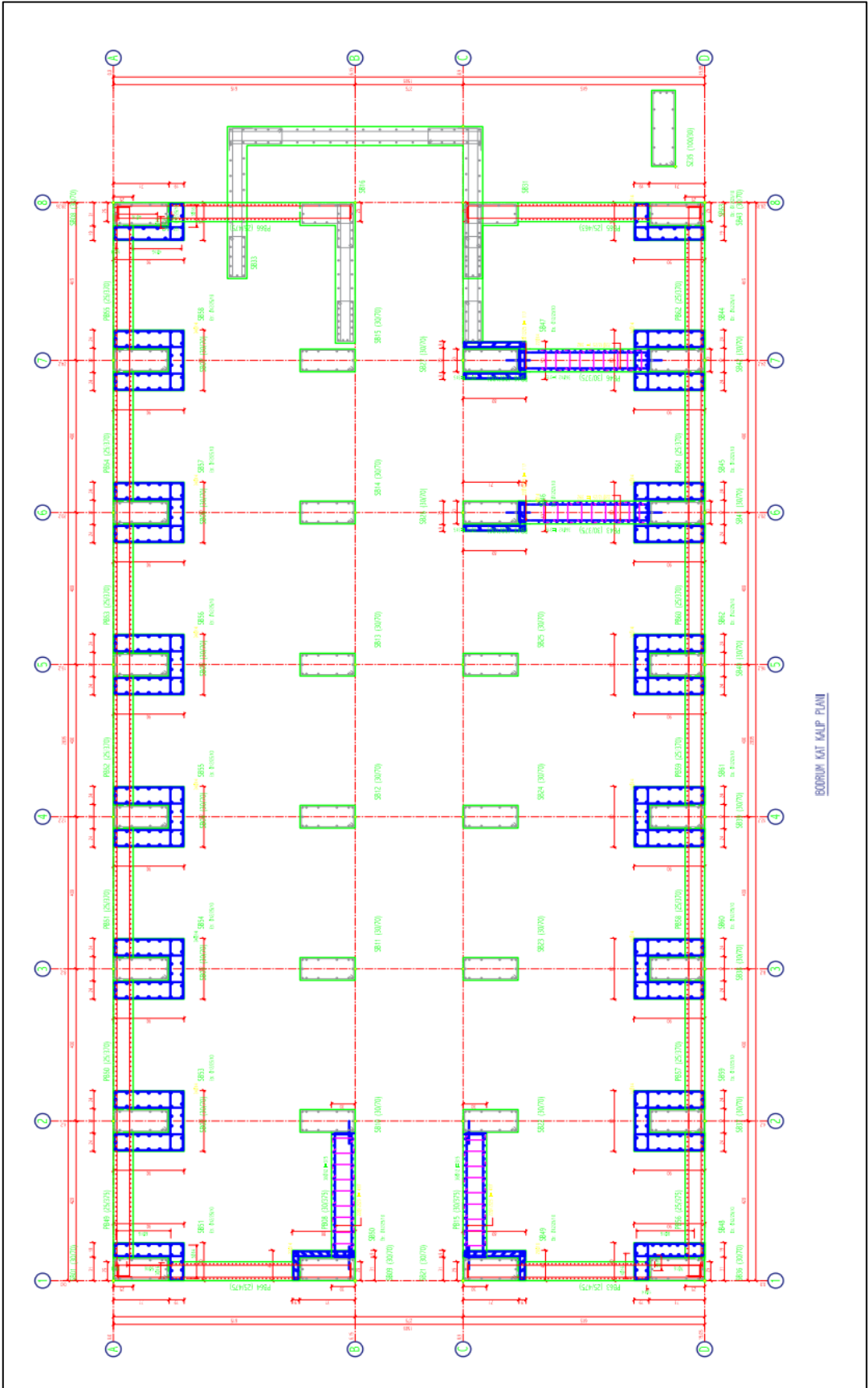


(a)
138

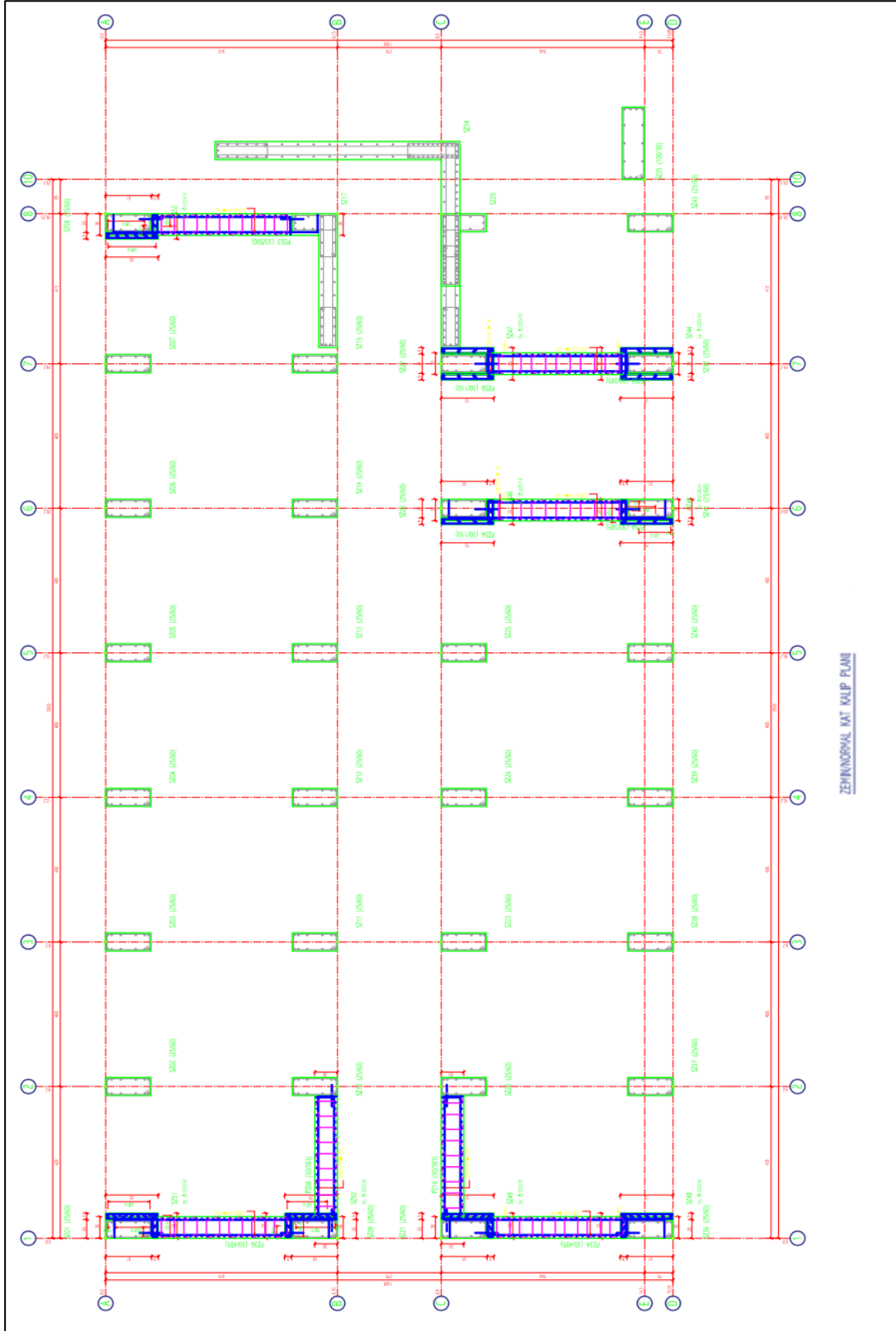


(b)

Şekil Ek A.5. İdari Bina-2 2.güçlendirme modeli kat kalıp planları (a) 2.güçlendirme modeli bodrum kat kalıp planı, (b) 2.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.



(a)
140



(b)

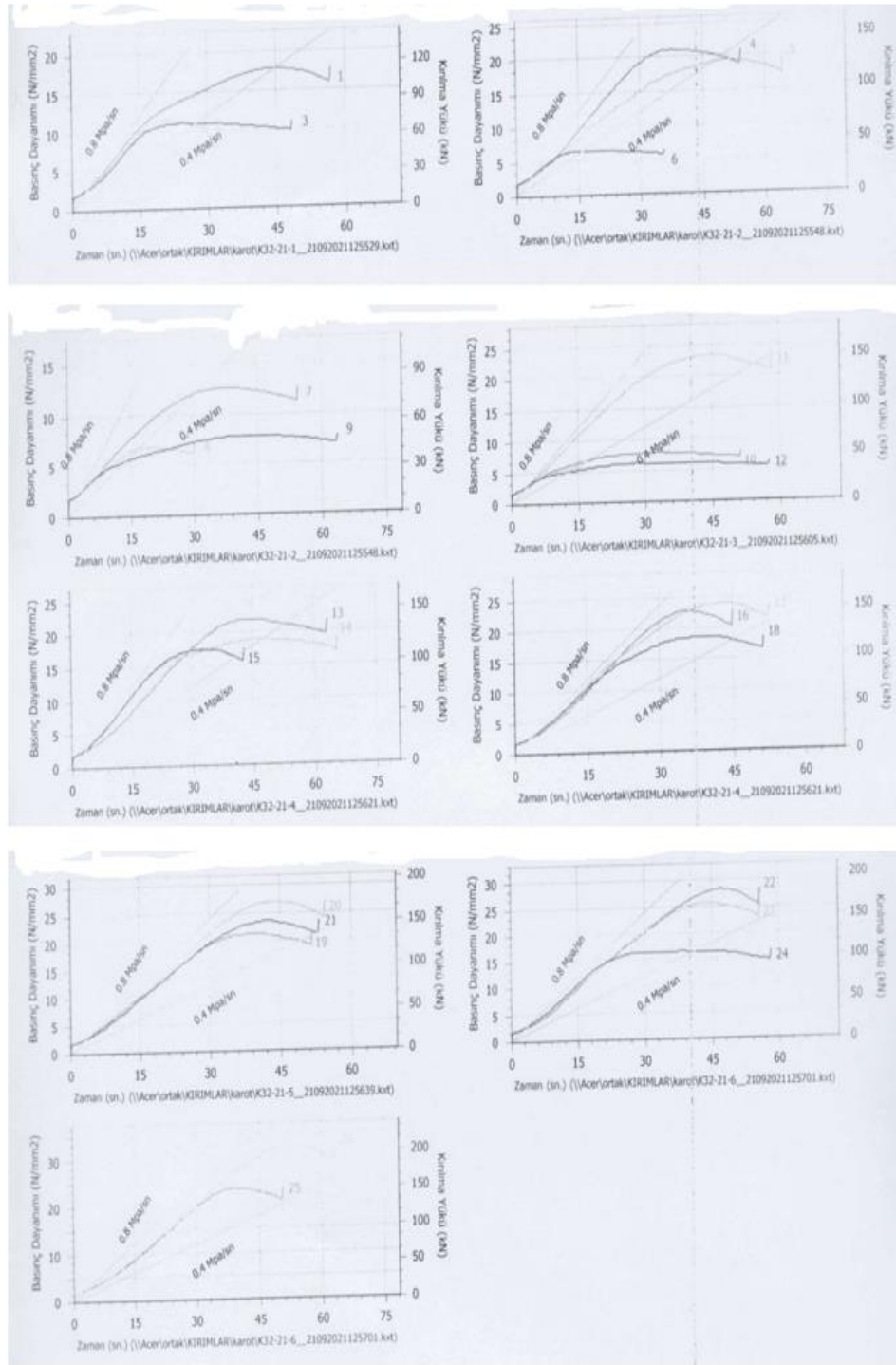
Şekil Ek A.6. İdari Bina-2 3.güçlendirme modeli kat kalıp planları (a) 3.güçlendirme modeli bodrum kat kalıp planı, (b) 3.güçlendirme modeli zemin/normal kat kalıp planı.

EK AÇIKLAMALAR B.

KAROT NUMUNE SONUÇLARI

Çizelge Ek.B.1. İdari Bina-1'e ait tüm karot numune sonuçları.

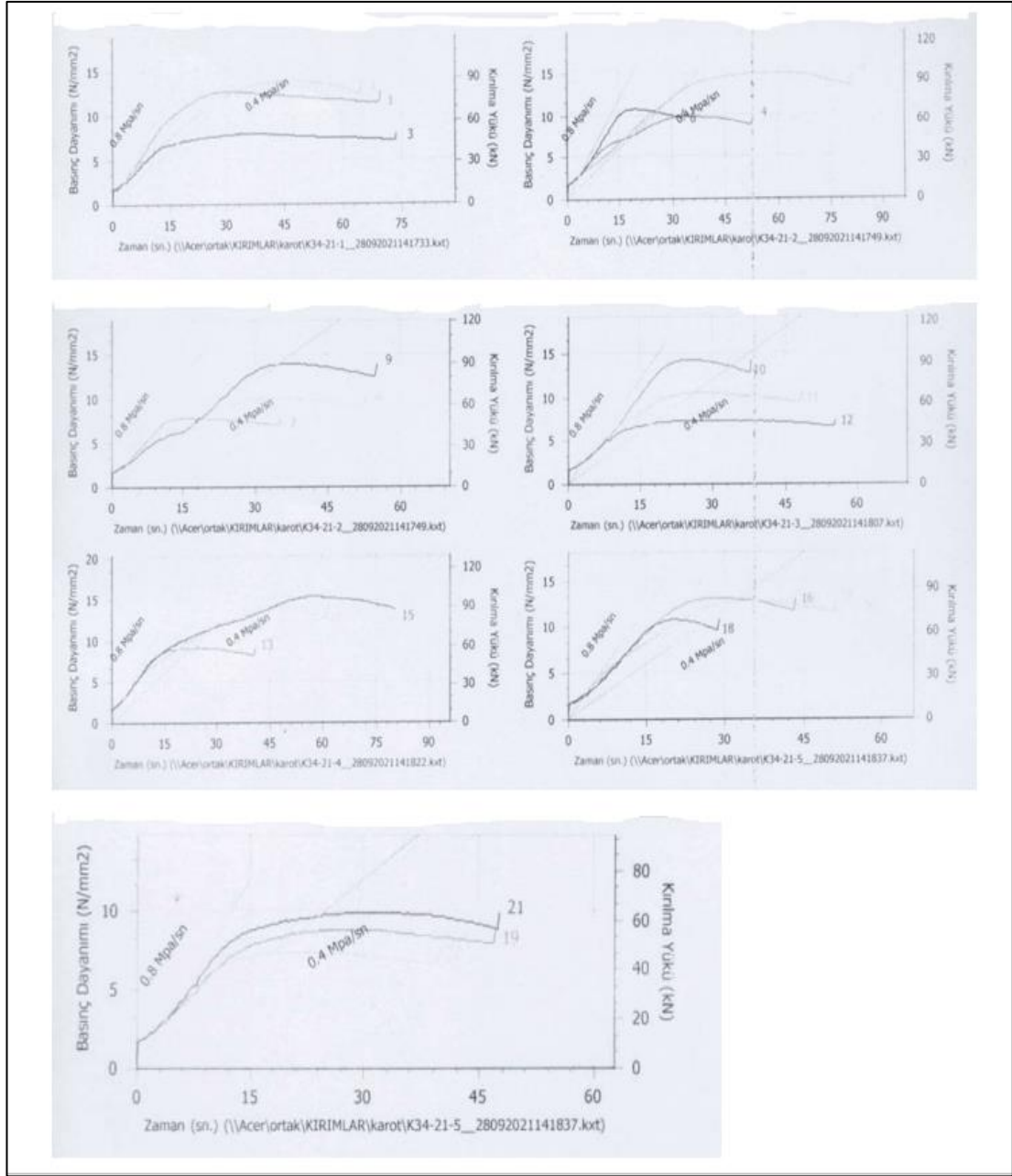
NUMUNE ALINAN YAPI ELEMANI				Kırılma Yükü (N)	Basınç Mukavemeti (N/mm ²)	Ort. Basınç Mukavemeti (N/mm ²)
No	Bölge	Karot Alınan Yer	Yapı Elemanı			
1	1	Bodrum Kat	KOLON T1-K1	113.890	17,90	16,18
2			KOLON T2-K2	72.957	11,47	16,18
3			KOLON T3-K3	70.090	11,02	16,18
4			KOLON T4-K4	133.890	21,05	16,18
5			PERDE T5-K5	123.920	19,48	16,18
6	1	Zemin Kat	PERDE T11-K6	41.219	6,48	8,45
7			PERDE T12-K7	80.097	12,59	8,45
8			KOLON T13-K8	43.800	6,88	8,45
9			KOLON T14-K9	49.839	7,83	8,45
10	1	1.Kat	KOLON T19-K10	50.079	7,87	15,7
11			KOLON T20-K11	149.520	23,50	15,7
12			KOLON T21-K12	39.550	6,22	15,7
14			KOLON T22-K13	139.340	21,90	15,7
15			KOLON T23-K26	121.000	19,02	15,7
16	1	2.Kat	PERDE T29-K14	111.750	17,57	20,82
17			KOLON T30-K15	145.520	22,87	20,82
18			KOLON T31-K16	153.590	24,14	20,82
19			KOLON T32-K17	118.970	18,70	20,82
19	1	3.Kat	PERDE T37-K18	135.520	21,3	25,04
20			KOLON T38-K19	171.480	26,95	25,04
21			KOLON T39-K20	149.800	23,55	25,04
22			KOLON T40-K21	180.330	23,35	25,04
23	1	4.Kat	PERDE T45-K22	163.830	25,75	24,62
24			KOLON T46-K23	105.400	15,57	24,62
25			KOLON T47-K24	150.090	23,59	24,62
26			KOLON T48-K25	207.220	32,57	24,62



Şekil Ek.B.1. İdari Bina-1'e ait tüm karot numune sonuç grafikleri

Çizelge Ek.B.2. İdari Bina-2'e ait tüm karot numune sonuçları.

NUMUNE ALINAN YAPI ELEMANI				Kırılma Yükü (N)	Basınç Mukavemeti (N/mm ²)	Ort. Basınç Mukavemeti (N/mm ²)
No	Bölge	Karot Alınan Yer	Yapı Elemanı			
1	1	Bodrum Kat	K1	79.995	12,57	11,79
2			K2	87.737	13,79	11,79
3			K3	49.993	7,86	11,79
4			K4	62.400	9,81	11,79
5			K5	94.950	14,93	11,79
6	1	Zemin Kat	K6	68.175	10,72	10,64
7			K7	49.937	7,85	10,64
8			K8	63.943	ip,05	10,64
9			K9	88.670	13,94	10,64
10	1	1.Kat	K10	90.994	14,3	10,33
11			K11	67.107	10,55	10,33
12			K12	46.773	7,35	10,33
13			K13	58.050	9,12	10,33
14	1	2.Kat	K14	89.845	14,12	13,84
İS			K15	97.927	15,39	13,84
16			K16	83.043	13,05	13,84
17			K17	81.430	12,8	13,84
18	1	3.Kat	K18	68.424	10,76	9,19
19			K19	56.097	8,82	9,19
20			K20	46.673	2,34	9,19
21			K21	62.780	9,87	9,19



Şekil Ek.B.2. İdari Bina-2'e ait tüm karot numune sonuç grafikleri.

EK AÇIKLAMALAR C.

MALİYET HESAP CETVEL DETAYI

Çizelge Ek.C.1. Maliyet hesap cetvel detayı.

S.No	Poz No	Tanım	Ölçü Birimi	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
1	15.115.1210	El veya kompresörle ve patlayıcı madde kullanmadan her derinlikte sert kayada dar derin kazı yapılması (kalın tabaka ve kitle halinde sert gre, betonlaşmış konglomera, kesif kalker, mermer, ayrışmamış serpantin, andezit, trakit bazalt tüfleri, 0,400 m ³ de	m ³	6	620,85	3.725,10
	N.YF.32 Şantiye sınırları dışına kamyonla kazı malzeme nakli		Ton	15,6	56,322	878,62
2	15.125.1002	Çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama ve sıkıştırma yapılması	m ³	5,7	159	906,30
	N.YF.03 Kum-Çakıl nakli		m ³	5,7	67,424	384,32
3	15.150.1002	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 12/15 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	0,4	1409,26	563,70
4	15.150.1005	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	141,65	1.566,01	221.825,32
5	15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	9,58	19.696,93	188.696,59
	N.YF.07 Demir nakli		Ton	10,06	65,842	662,37
6	15.160.1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	4,45	19.448,18	86.544,40
	N.YF.07 Demir nakli		Ton	4,76	65,842	313,41
7	15.180.1002	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	1.147,92	238,03	273.239,40
8	15.185.1005	Çelik borudan kalıp iskelesi yapılması (0,00-4,00 m arası)	m ³	684,78	35,03	23.987,84
	N.YF.08 Sac nakli		Ton	0,06	65,842	3,95
	N.YF.26 Profil nakli		Ton	0,27	65,842	17,78
9	15.220.1001	85 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190x85x190 mm) ile duvar yapılması	m ²	28,56	200,69	5.731,71
	N.YF.01 Çimento nakli		Ton	0,07	60,788	4,26
	N.YF.02 Kireç nakli		Ton	0,02	123,032	2,46
	N.YF.03 Kum-Çakıl nakli		m ³	0,29	67,424	19,55
	N.YF.11 Tuğla nakli (Karışık)		BinA	0,74	328,902	243,39
10	15.250.1101	2.5 cm kalınlığında 400 kg çimento dozlu şap yapılması	m ²	906,12	121,55	110.138,89
	N.YF.01 Çimento nakli		Ton	9,06	60,788	550,74

		N.YF.04 İnce sıva (mil) kumu nakli	m ³	22,65	67,424	1.527,15
11	15.270.1009	Çimento esaslı tek bileşenli kristalize su yalıtım harcı ile 2 kat halinde toplam 1.5 mm kalınlıkta su yalıtımı yapılması	m ²	8,3	115,91	962,05
12	15.275.1101	250/350 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (dış cephe sıvası)	m ²	195,2	183,85	35.887,52
		N.YF.01 Çimento nakli	Ton	1,81	60,788	110,03
		N.YF.03 Kum-Çakıl nakli	m ³	4,49	67,424	302,73
		N.YF.04 İnce sıva (mil) kumu nakli	m ³	1,95	67,424	131,48
13	15.275.1102	200/250 kg kireç/çimento karışımı kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)	m ²	757,7	165,24	125.202,35
		N.YF.01 Çimento nakli	Ton	5,38	60,788	327,04
		N.YF.02 Kireç nakli	Ton	2,81	123,032	345,72
		N.YF.03 Kum-Çakıl nakli	m ³	17,43	67,424	1.175,20
		N.YF.04 İnce sıva (mil) kumu nakli	m ³	7,58	67,424	511,07
14	15 275 1106	250 kg çimento dozlu harç ile kaba sıva yapılması	m ²	264,96	110,49	29.275,43
15	15 375 1053	40x40 cm anma ebatlarında, her türlü desen ve yüzey özelliğinde, I.kalite, renkli seramik yer karoları ile 3 mm derz aralıklı döşeme kaplaması yapılması (karo yapıştırıcısı ile)	m ²	699,25	239,65	167.575,26
16	15 380 1055	(25x33 cm) veya (25x40 cm) anma ebatlarında, her türlü desen ve yüzey özelliğinde, I. kalite, renkli seramik duvar karoları ile 3 mm derz aralıklı duvar kaplaması yapılması (karo yapıştırıcısı ile)	m ²	311,17	238,84	74.319,84
17	15 390 1028	60x60 cm anma ebatlarında, rektifiyeli, her türlü renk, desen ve yüzey özelliğinde, I. kalite, parlak, sırsız porselen karo ile 3 mm derz aralıklı döşeme kaplaması yapılması (karo yapıştırıcısı ile)	m ²	205,1	493,38	101.192,24
18	15.390.1049	15x60 cm anma ebatlarında, rektifiyeli, her türlü renk, desen ve yüzey özelliğinde, I.kalite, mat, sırsız porselen karo ile 3 mm derz aralıklı duvar ve cephe kaplaması yapılması (karo yapıştırıcısı ile)	m ²	14,97	421,3	6.306,86
19	15.455.1001-A	İtinale sökülen PVC doğrama imalatın yerine konulması	kg	1.265,05	66,41	84.011,97
20	15.465.1003	Gömme makaralı iç kapı kilidinin yerine takılması (Geniş ve dar tip)	Adet	13	80	1.040,00
21	15.465.1008	Kapı kolu ve aynalarının yerine takılması (Kromajlı)	Adet	14	51,25	717,50
22	15.465.1010	Menteşenin yerine takılması	Adet	42	8,63	362,46
23	15.510.1001	Ahşaptan masif tablalı iç kapı kasa ve pervazı yapılması yerine konulması	m ²	29,02	740,88	21.500,34

24	15.510.1101	Ahşaptan masif tablalı iç kapı kanadı yapılması ve yerine konulması	m ²	26,51	684,45	18.144,77
25	15.540.1255	Yeni sıva yüzeylere astar uygulanarak iki kat su bazlı mat boya yapılması (iç cephe)	m ²	1.792,63	64,7	115.983,16
26	15.540.1322	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak akrilik esaslı su bazlı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	m ²	195,2	132,79	25.920,61
27	43.650.1021	Her türlü ahşap kapı kanadı ve kasası ile ahşap pencere sökülmesi	m ²	14,8	37,5	555,00
28	52.165.1005	Patlayıcı madde kullanılmadan demirli veya demirsiz beton inşaatın yıkılması	m ³	11,46	82,13	941,21
29	74.050.0003	Çimento harçlı kargir ve horasan inşaatın yıkılması	m ³	55,9	468,75	26.203,13
	N.YF.32 Şantiye sınırları dışına kamyonla kazı malzeme nakli		Ton	55,9	56,322	3.148,40
30	77.100.1030	PVC vb. döşeme kaplaması sökülmesi	m ²	205,3	35,28	7.242,98
31	77.100.1032	Ahşap ve PVC vb. süpürgelik sökülmesi	m	59,86	14,53	869,77
32	77.100.1045	Duvar yüzeyinden fayans sökülmesi	m ²	239,66	81,25	19.472,38
33	77.100.1046	Alçı duvar levhası ile yapılan bölme sökülmesi	m ²	9,13	28,13	256,83
34	77.160.1002	Enjeksiyon reçinesi ile çubuk ankrajı (60 cm. kadar betonda yatay ve düşeyde delik açılması, çubuk ankrajı yapılması, deliklerin enjeksiyon reçinesiyle doldurulması)	Adet	1.474,50	473,29	697.866,11
35	KTB.20.1002	Büzüşme yapmayan kendinden yerleşen beton hazırlanması ve dökülmesi	m ³	2,42	12.146,60	29.394,77
36	KTB.90.6001	Fayans sökülmesi	m ²	904,35	125	113.043,75
37	KTK-0158/1	Paspayının Kırılarak Donatının Açığa Çıkarılması	m ²	129,7	185,07	24.003,58
38	V.0340/A02	Ahşap, alüminyum, pvc kapı ve pencere'nin itinalı sökülmesi	m ²	91,6	127,5	11.679,00
TOPLAM						2.665.949,76

ÖZGEÇMİŞ

Gül ÖZDEN; 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp, 2011 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2012-2014 yılları arasında Karabük Detay Yapı Denetim Firmasında Kontrol Mühendisi olarak çalıştı. 2014 yılında KARDEMİR A.Ş. Çelik Üretim ve Haddehaneler Yatırımları Müdürlüğü'nde İnşaat Proje Mühendisi olarak göreve başladı. 2016 yılında İnşaat Uygulamaları Yatırımlar Başmühendisi oldu ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.