



**T.C.**  
**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AZ KATLI YAPILARIN TDY 2007'YE GÖRE PERFORMANS ANALİZİ**  
**UYGULAMALARI**

**TÜLİN KARADENİZ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**  
**EYLÜL-2017**

**T.C.**  
**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AZ KATLI YAPILARIN TDY 2007'YE GÖRE PERFORMANS ANALİZİ**  
**UYGULAMALARI**

**TÜLİN KARADENİZ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**  
**EYLÜL-2017**

15.09.2017

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Tülin KARADENİZ

## ÖZET

### AZ KATLI YAPILARIN TDY 2007'YE GÖRE PERFORMANS ANALİZİ UYGULAMALARI

Ülkemiz çeşitli deprem kuşaklarında yer almaktadır. Son elli yılda ülkemiz coğrafyasında çeşitli büyüklüklerde depremler meydana gelmiştir. Ülkemizde, orta şiddetli depremler bile, can ve maddi kayıplara sebep olmaktadır. Bu sebeple, tüm yapıların deprem performanslarının belirlenmesi çok önem kazanmıştır. Bu çalışmada, TDY 2007'nin 7. bölümü ile ülkemizdeki literatüre giren performans analizi kullanılarak çözümler yapılmıştır. Analizlerde İdecad Statik programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

2017, 101 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Az katlı yapılar, performans analizi, yapı güçlendirmesi.

## **ABSTRACT**

### **PERFORMANCE ANALYSIS APPLICATIONS OF LOW-RISE BUILDINGS BY TDY 2007**

Our country is located in various earthquake zones. During the last fifty years, our country has been experiencing severe and severe earthquakes in its geography. In our country, even moderate earthquakes cause life and material loss. For this reason, it has become very important to determine the earthquake performances of all structures. In this study, 7th part of TDY 2007, solutions were carried out using the risk analysis described in the regulation related to performance analysis entering into the literature in our country. Idecad static program was used in the analyzes. The results are presented in tables and graphs.

2017, 101 pages

**Key Words:** Low-rise structures, performance analysis, building retrofit,

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ali DOĐAN'A sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek lisans tez çalışmasının düzenlenmesine olan katkılarından dolayı saygı değer hocam Arş. Gör. Nurullah KARACA' YA sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen anne ve babama çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu yüksek lisans tez çalışmasını benim gibi serbest inşaat mühendisi meslektaşlarıma ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	X
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	5
3.1. Performansa Dayalı Tasarım ve Güçlendirme.....	5
3.1.1. Binalardan Bilgi Toplanması.....	6
3.1.2. Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	7
3.1.3. Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Yöntemlerle Belirlenmesi .....	8
3.1.3.1. Binaların Deprem Performanslarının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Belirlenmesindeki Hesap Adımları.....	10
3.1.3.2. Binaların Deprem Performanslarının Mod Birleştirme Yöntemiyle Belirlenmesindeki Hesap Adımları.....	12
3.1.4. Betonarme Binaların Deprem Performans Seviyeleri .....	15
3.1.4.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi .....	16
3.1.4.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi .....	16
3.1.4.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi .....	16
3.1.4.4. Göçme Durumu .....	17
3.1.5. Deprem Hareketi .....	18
3.1.6. Binalar için Hedeflenen Performans Düzeyleri ve Performans hedefleri .....	18
3.1.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü.....	19
3.2. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi .....	20
3.2.1. Kolonların Sarılması.....	20
3.2.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması.....	20
3.2.3. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi.....	21
3.2.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi.....	21
3.2.4.1. Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi .....	21
3.2.4.2. Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi.....	22
3.2.5. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi.....	22
3.2.6. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması .....	23
3.3. Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesini Gerektiren Durumlar Nelerdir? .....	23
3.4. Çalışmada Kullanılacak İdecad Programı Hakkında Teknik Bilgi.....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	25
4.1. Örnek 1 TDY 2007' Ye Göre Yapılmış Bir Yapıda Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi ve Asansör Perdesinin Yapıya Etkisi .....	26
4.2. Örnek 2 1975 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış Bir Yapının TDY 2007'ye Göre Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi .....	36
4.3. Örnek 3 Yapıldığı Zamanki Yönetmelik Olan 1975 Afet Yönetmeliğine Uygun	

Yapılmamış Bir Yapının TDY 2007'ye Göre Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi ve Mantolama Örneği .....	51
4.4. Örnek 4 1975 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış Bir Yapının 1998 Yönetmeliğine Göre Mantolanması Durumunun 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre İrdelenmesi .....	63
4.5. Örnek 5 Kullanım Amacı Değişmiş Bir Yapının TDY 2007' ye Göre Güçlendirme Yapılarak Tasarım Depremi Altında Hemen Kullanım Durumuna Getirilmesi .....	73
4.6. Örnek 6 Yeni Yapılacak Olan Yapılarda Performans Analizi Üzerine Bir Çalışma .....	84
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	96
KAYNAKLAR .....	99
ÖZGEÇMİŞ .....	101





## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	8
Şekil 4.1. Durum 1 ve durum 2 için kalıp planı	28
Şekil 4.2. Örnek 1 Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	29
Şekil 4.3. Örnek 1 Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	30
Şekil 4.4. Örnek 1 Durum 3 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	30
Şekil 4.5. Örnek 1 Durum 3 için yapının kalıp planı	31
Şekil 4.6. Örnek 1 için kolon hasar durumları	34
Şekil 4.7. Örnek 1 için kiriş hasar durumları	35
Şekil 4.8. Örnek 2 Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	38
Şekil 4.9. Örnek 2 Durum 1 ve durum 3 için yapının zemin kat kalıp planı	39
Şekil 4.10. Örnek 2 Durum 2 ve durum 4 için yapının zemin kat kalıp planı	40
Şekil 4.11. Örnek 2 Durum 5 için yapının zemin kat kalıp planı	41
Şekil 4.12. Örnek 2 Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	42
Şekil 4.13. Örnek 2 Durum 3 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	42
Şekil 4.14. Örnek 2 Durum 4 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	43
Şekil 4.15. Örnek 2 Durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	43
Şekil 4.16. Örnek 2 Durum 3-durum 4 ve durum 5 için yapının 3. Katının kalıp planı	44
Şekil 4.17. Örnek 2 için kiriş hasar durumları	48
Şekil 4.18. Örnek 2 için kolon hasar durumları	49
Şekil 4.19. Örnek 3 Durum1 ve durum 3 için yapının 1. kat kalıp planı	54
Şekil 4.20. Örnek 3 Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	55
Şekil 4.21. Örnek 3 Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	55
Şekil 4.22. Örnek 3 Durum 2-durum 4 ve durum 5 için yapının 1. Kat kalıp planı	56
Şekil 4.23. Örnek 3 Durum 3 için yapının boyutlu görüntüsü	57
Şekil 4.24. Örnek 3 Durum 4 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	57
Şekil 4.25. Örnek 3 Durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	57
Şekil 4.26. Örnek 3 Durum 5 için yapının zemin kat kalıp planı	58
Şekil 4.27. Örnek 3 için kiriş hasar durumları	61
Şekil 4.28. Örnek 3 için kolon hasar durumları	62
Şekil 4.29. Örnek 3 Durum 1 için yapının kalıp p64lanı ve 3 boyutlu görüntüsü	66
Şekil 4.30. Örnek 3 Durum 3 için yapının kalıp planı	67
Şekil 4.31. Örnek 3 Durum 2 ve durum 3 için yapının kalıp planı	67
Şekil 4.32. Örnek 3 Durum 4 için yapının kalıp planı	68
Şekil 4.33. Örnek 4 için - X doğrultusu için kolon hasar durumları	70
Şekil 4.34. Örnek 4 için + Y doğrultusu için kolon hasar durumları	71
Şekil 4.35. Örnek 4 için Y doğrultusu için kiriş hasar durumları	72
Şekil 4.36. Örnek 4 için - Y doğrultusu için kolon hasar durumları	72
Şekil 4.37. Örnek 5 Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	75
Şekil 4.38. Örnek 5 Durum 1 için yapının kalıp planı	76
Şekil 4.39. Örnek 5 Durum 2 ve durum 3 yapının için 3 boyutlu görüntüsü	77
Şekil 4.40. Örnek 5 Durum 2 ve durum 3 yapının için kalıp planı	78
Şekil 4.41. Örnek 5 Durum 4 ve durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü	79
Şekil 4.42. Örnek 5 Durum 4 ve durum 5 için yapının kalıp planı	80
Şekil 4.43. Örnek 5 için + EX doğrultusu için kolon hasar durumları	83
Şekil 4.44. Örnek 5 için + EY doğrultusu için kiriş hasar durumları	83
Şekil 4.45. Örnek 5 için - EX doğrultusu için kolon hasar durumları	84
Şekil 4.46. Örnek 6 Yapının üç boyutlu görüntüsü	87

Şekil 4.47. Örnek 6 Yapının su basman katı kalıp planı	88
Şekil 4.48. Örnek 6 Durum 1 için yapının kalıp planı	89
Şekil 4.49. Örnek 6 Durum 2 için yapının kalıp planı	90
Şekil 4.50. Örnek 6 Durum 3 için yapının kalıp planı	91
Şekil 4.51. Örnek 6 Durum 4 için yapının kalıp planı	92
Şekil 4.52. Örnek 6 için Kiriş-kolon hasar durumları	93



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	7
Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ )	14
Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)	15
Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)	15
Çizelge 3.5. Kirişler için izin verilen en büyük hasar oranları	17
Çizelge 3.6. Kolonlar için izin verilen en büyük hasar ve kesme kuvveti oranları	18
Çizelge 3.7. TDY 2007'deki deprem hareketi parametreleri	19
Çizelge 3.8. Farklı Deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	19
Çizelge 3.9. Göreli kat ötelemesi sınırları	19
Çizelge 4.1. Örnek 1 asansör perdesi eklenmemiş durumda öteleme ve düzensizlik kontrolleri	31
Çizelge 4.2. Örnek 1 asansör perdesi eklenmiş öteleme ve düzensizlik kontrolleri	32
Çizelge 4.3. Örnek 1 + EX doğrultusu -% cinsinden hasar oranları	32
Çizelge 4.4. Örnek 1 - EX doğrultusu -% cinsinden hasar oranları	32
Çizelge 4.5. Örnek 1 + EY doğrultusu -% cinsinden hasar oranları	33
Çizelge 4.6. Örnek 1 - EY doğrultusu -% cinsinden hasar oranları	33
Çizelge 4.7. Örnek 1 için durumlar çizelgesi	34
Çizelge 4.8. Örnek 2 + EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	45
Çizelge 4.9. Örnek 2 - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	45
Çizelge 4.10. Örnek 2 + EY doğrultusu- % cinsinden hasar oranları	46
Çizelge 4.11. Örnek 2 - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	46
Çizelge 4.12. Perde eklenmeden önce B2-komsu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	47
Çizelge 4.13. Perde eklendikten sonra B2-komsu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	47
Çizelge 4.14. Örnek 2 için durumlar çizelgesi	47
Çizelge 4.15. Örnek 3 Güçlendirme performans özet raporu 1	52
Çizelge 4.16. Örnek 3 Güçlendirme performans özet raporu 2	52
Çizelge 4.17. Örnek 3 Güçlendirme performans özet raporu 3	53
Çizelge 4.18. Örnek 3 Güçlendirme performans özet raporu 4	53
Çizelge 4.19. Örnek 3 + EX doğrultusu- % cinsinden hasar oranları	59
Çizelge 4.20. Örnek 3 - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	59
Çizelge 4.21. Örnek 3 + EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	60
Çizelge 4.22. Örnek 3 - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	60
Çizelge 4.23. Örnek 3 durumlar çizelgesi	61
Çizelge 4.24. Örnek 4 Güçlendirme yapılmadan önceki mevcut yapının performans Özet raporu	65
Çizelge 4.25. Örnek 4 Güçlendirme uygulandıktan sonra yapının performans özet raporu	69
Çizelge 4.26. Örnek 4 + EX doğrultusu - % cinsinden hasar yüzdeleri	69
Çizelge 4.27. - EX doğrultusu - % cinsinden hasar yüzdeleri	69
Çizelge 4.28. Örnek 4+ EY doğrultusu - % cinsinden hasar yüzdeleri	69

Çizelge 4.29. Örnek 4 - EY doğrultusu - % cinsinden hasar yüzdeleri	70
Çizelge 4.30. Örnek 4 için durumlar çizelgesi	70
Çizelge 4.31. Örnek 5 Güçlendirme performans özet raporu 1	75
Çizelge 4.32. Örnek 5 Güçlendirme performans özet raporu 2	76
Çizelge 4.33. Örnek 5 Güçlendirme performans özet raporu 3	77
Çizelge 4.34. Örnek 5 Güçlendirme performans özet raporu 4	78
Çizelge 4.35. Örnek 5 Güçlendirme performans özet raporu 5	79
Çizelge 4.36. Örnek 5 + EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	81
Çizelge 4.37. Örnek 5 - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	81
Çizelge 4.38. Örnek 5 + EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	82
Çizelge 4.39. Örnek 5 - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları	82
Çizelge 4.40. Örnek 5 için durumlar çizelgesi	83
Çizelge 4.41. Örnek 6 için Güçlendirme performans özet raporu 1	86
Çizelge 4.42. Örnek 6 için Güçlendirme performans özet raporu 2	86
Çizelge 4.43. Örnek 6 için durumlar çizelgesi	92



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$A_c$	: Kolon veya perdenin brüt enkesit alanı
$\Sigma A_{kn}$	: Kritik katta değerlendirilmenin yapıldığı doğrultudaki kapı ve pencere boşluk oranı % 5'i geçmeyen ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı
$A_p$	: Kritik katın plan alanı
$A_{sh}$	S enine $d_s$ donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç Bölgesinde bölgesi tüm etriye kollarının ve çirozların en kesit alanı değerlerinin göz önüne alınan $b_k$ 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
$b_k$	: Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin en kesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
$b_w$	: Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
$d$	: Kirişin veya kolonun faydalı yüksekliği
$E$	: Deprem etkisi
$E_{cm}$	: Mevcut beton elastisite modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$f_{cm}$	: Mevcut beton basınç dayanımı
$f_{ctm}$	: Mevcut beton çekme dayanımı
$f_{ywm}$	: Enine donatının mevcut akma dayanımı
$f_{ym}$	: Boyuna donatının mevcut akma dayanımı
$G$	: Sabit yük etkisi
$h$	: Kat yüksekliği
$H_{ji}$	: $i$ 'inci katta $j$ 'inci kolonun veya perdenin kat yüksekliği
$H_N$	: Temel üstünden veya kritik kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliği
$H_w$	: Temel üstünden veya kritik kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
$I$	: Bina önem katsayısı
$\ell_w$	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
$m$	: Etki/kapasite oranı
$m_{sınır}$	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
$MA$	: Artık moment kapasitesini
$ME$	: Deprem yükleri altında oluşan moment
$MD$	: Düşey yüklerden oluşan moment
$M_K$	: Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan eğilme moment kapasitesi

$M_{G+nQ+E}$	: Sabit yükler, katılım katsayısı ile çarpılmış hareketli yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti
$n$	: Hareketli yük katılım katsayısı
$N$	: Binanın zemin seviyesi üstündeki kat adedi
$NA$	: Artık moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet
$ND$	: Düşey yüklerden oluşan aksenal kuvvet
$NE$	: Deprem yükleri altında oluşan aksenal kuvvet
$N_K$	: Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet
$Q$	: Hareketli yük etkisi
$R$	: etki/kapasite oranı
$R_a$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_s$	: etki/kapasite oranının sınır değerini
$s$	: Enine donatı aralığı, spiral donatı adım aralığı
$V_e$	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
$V_r$	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$\alpha_s$	: Perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
$\beta_v$	: Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
$\lambda$	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
$\eta_b$	: Kat burulma düzensizliği katsayısı
$\eta_{bi}$	: $i$ 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
$\delta$	: Kat etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta / h)$	: Kat etkin görelî kat ötelemesi oranı
$(\delta / h)_{\text{sınır}}$	: Kat etkin görelî kat ötelemesi oranının sınır değeri
$\rho$	: Çekme donatısı oranı

### **KISALTMALAR**

CG	: Can güvenliği
DBYBHY	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmenlik
GÇ	: Göçme
GÖ	: Göçme öncesi
GV	: Güvenlik sınırı
HK	: Hemen kullanım
MN	: Minimum hasar sınırı
TDY	: Türk deprem yönetmenliği
TS	: Türk standardı

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde son 50 yıl içerisinde çeşitli büyüklüklerde depremler yaşanmıştır. Orta büyüklükteki depremlerin bile ağır hasar verdiği can ve mal kayıplarına sebep olduğu ülkemizde mevcutlu yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi büyük önem kazanmıştır. Bu durum hasarlı yapıların onarım ve güçlendirilmesini gerekirse yıkımını, hasarsız yapıların ise deprem performanslarının belirlenmesini gerekli kılmıştır. 2007 yılında TDY'nin 7. Bölümünde belirtilen mevcutlu yapıların deprem performansının belirlenmesi başlığı altında ilk olarak bu konuda yönetmelik elde edilmiştir. Böylelikle betonarme yapılarda performans analizi ve güçlendirme konusu ülkemiz literatürüne girmiştir. Daha önce de mevcutlu yapılarda güçlendirme uygulamaları yapılmış, fakat yönetmeliğimizde mevcutlu yapıların performans değerlendirilmeleri daha önce konu edilmemiştir. Çalışmada TDY 2007'den faydalanılmıştır.

Çalışmamada TDY 2007' nin 7. Bölümü anlatılacaktır. Daha sonra TDY 2007 ile literatüre giren performans analizini gerekli kılan durumlar anlatılacak ve son olarak da çalışmada kullanılan bilgisayar programı hakkında bilgi verilerek 3. Bölüm yani materyal ve metot kısmı tamamlanacaktır. 4. bölüm ise araştırma bulguları ve tartışma kısmıdır. Burada çalışmacının kendi çalışmalarından seçtiği örnekler incelenecek, performans analizi mevcutlu yapılara ve yeni yapılacak olan yapılara uygulanacak sonuçlar çizelge ve grafikler halinde sunulacaktır. Bu bölümde toplam 6 örnek incelenecektir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde Türk deprem yönetmeliği 2007 nin yürürlüğe girmesinde itibaren ve hemen öncesinde yer alan yapılarda performans analizi üzerine yapılmış tez çalışmalarından bahsedilmek istenmektedir. Bu tez çalışmaları 2006 yılından günümüze kadar gelmektedir. Bunlar çalışmalar şunlardır;

Bilgin, İnel ve Özmen (2006), deprem riski yüksek olan ülkemiz yapı stokunun çoğunluğunu oluşturan orta yükseklikteki betonarme binaların Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2006'ya (DBYBHY-2006) göre deprem performanslarını incelemişlerdir. Orta katlı yapıları temsil etmesi için 4 ve 7 katlı 14 adet bina seçmişlerdir. Her bir yapı için statik itme (artımsal itme) analizlerini yapmışlar ve yapılara ait kapasite eğrileri çıkarmışlardır. Hesaplanan kapasite eğrilerinden yararlanılarak her bir yapıya ait deprem performansları belirlenmiştir.

Aydın (2006), bir ön inceleme niteliğinde bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY) ile deprem yönetmenliğindeki hafif, orta, şiddetli depremler için binanın performans düzeyleri değerlendirilmiştir. Bu incelemede dolgu duvarların performans kriterlerinin sağlanmasındaki etkisi de göz önüne alınmış ve yapının deprem performansını göz ardı edilemeyecek derece etkilediği görülmüştür. Bu çalışmada FEMA 356 ve ATC 40'dan yararlanılmıştır.

Genç (2007) ,yapmış olduğu çalışmada aynı kat planına sahip dört ve sekiz katlı ayrıca burulma düzensizliği olan dört ve sekiz katlı olmak üzere toplam dört örnek incelemiştir. Bu örnekleri Türk deprem yönetmeliği 2006 da yer alan doğrusal yöntemler ve doğrusal olmayan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile artımsal yani doğrusal olmayan çok modlu eşdeğer deprem yükü yöntemlerin kullanarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremine göre çözümlenmiştir. Planda simetrik olan diğer iki örnekte de sargılı ve sargısız durumlar için deprem yönetmenliği 2006 ve FEMA 356'ya örneklerin kesit hasar sınırları belirlenmiştir. Sonuçlar çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur.

Tuncer (2008), doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemleri bir bina örneğinde kullanarak sonuçları karşılaştırmıştır. Sonuçta 2007 deprem yönetmeliğinde yer alan bu



yöntemlerin sonuçlarının farklılık gösterdiği ve binanın beklenen deprem performansını gösteremediği görülmüştür.

Gökalp (2009), deprem yönetmeliği 2007 de yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan eşdeğer deprem yükü yöntemlerini üç katlı A2 (planda düzensizlik) düzensizliği bulunan bir bina örneğine uygulayarak sonuçları çizelge ve grafikler halinde değerlendirmiştir. Performans değerlerinin farklı yöntemler kullanılarak çözüm yapıldığında değişebileceğini gözlemlenmiştir.

Ateş (2010), Türk deprem yönetmeliği 2007 de yer alan “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” konusunu yapıların analizinde kaçınılmaz olan farklı bilgisayar programlarını kullanarak incelemiş ve sonuçları karşılaştırmıştır.

Ürünveren (2010), 1986 yılında inşa edilmiş olan 5 katlı bir yapının artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi altındaki analizlerini yapmış ve konut yapıları için geçerli olan can güvenliği performans kriterini sağlamadığını görmüştür. Bunun üzerine yapıda güçlendirme yoluna gidilmiş ve binanın deprem performansı güçlendirme öncesi ve sonrası duruma göre karşılaştırılmıştır.

Dinçer (2012), doğrusal olmayan analiz yöntemlerini kullanarak TDY 2007 ye göre 4 katlı bir yapıyı SAP2000 analiz programı yardımıyla incelemiştir.

Kanbir (2012), TDY 2007 de bahsedilen doğrusal yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemini diğer adıyla itme analizini kullanarak mevcut bir betonarme konut binasının deprem performansını incelemiştir.

Atmaca (2013), deprem yönetmeliği 2007 ye göre betonarme yapılarda güçlendirme konusunu teknik, uygulama ve ekonomik yönleriyle incelemiştir.

Vulaş (2014), farklı bir çalışma olarak betonarme yapılar için hızlı performans değerlendirme yöntemini (PERA) kullanarak 1999 Kocaeli depremi ve sonrasında inşa edilen 9 farklı bina örneğini incelemiştir. Bu sonuçlar detaylı performans analizleri ile karşılaştırılmış ve TDY 2007 ile de uyumlu olduğu görülmüştür.

Yılmaz (2014), deprem yönetmeliği 2007 de anlatılan doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemiyle zaman tanım alanında yöntemini kullanarak mevcut 6 katlı 1975 yönetmeliğine göre yapılmış betonarme bir bina örneğini inceleyen bir çalışma yapmıştır. C8-C20 betonlarını kullanarak iki farklı şekilde ve 50 yılda aşılma olasılığı

%10 olan tasarım depremi altında can güvenliği performans değerini hedef alan çalışmasında SAP2000 analiz programını kullanmıştır.



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Performansa Dayalı Tasarım ve Güçlendirme

Performansa dayalı dayanım ve güçlendirme günümüzde inşaat mühendisliğinin gelişmekte olan bir konusudur. Ülkemizde ve dünyamızda meydana gelen depremlerin verdiği hasarların büyüklüğü mevcut binaların da deprem performanslarının belirlenmesini gerekli kılmıştır. Bu amaçla Türk Deprem Yönetmeliği 2007'nin 7. Bölümünde yer alan deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek betonarme binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarım ilkeleri anlatılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde, söz konusu ilkeler betonarme binalar açısından incelenecek ve bu ilkelerin nasıl uygulanacağı sırasıyla anlatılacaktır.

Yapıların deprem performansının belirlenmesinde iki önemli parametre vardır. Bu parametreler, etki, istem ya da diğer adıyla talep ve kapasitedir. Talep deprem hareketi, kapasite ise yapının bu etki altındaki davranışıdır. Kapasitenin talebi karşıladığı oranda yapı daha az deprem hareketinden etkilenecektir. Yani bu oran ne kadar düşükse o kadar az hasar yapıda meydana gelir.

Yapılardaki hasarların belirlenip yapının deprem performansının bulunabilmesi için ise çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemler iki yöntem grubuna ayrılır. Bu yöntem grupları doğrusal elastik ve doğrusal olmayan yöntem gruplarıdır. Doğrusal elastik yöntemler dayanım bazlı, doğrusal elastik olmayan yöntemler ise şekil değiştirme ve yer değiştirme bazlı yöntemlerdir.

Bu çalışmada doğrusal elastik yöntem tercih edilmiştir bu sebeple diğer yöntemlerden bahsedilmeyecektir. Ayrıca şu da bilinmelidir ki hesap yöntemleri farklı olan analizlerde, farklı sonuçlar alınması normaldir. Bu yüzden bu çalışmada tek yöntem seçilmiştir.

Binaların deprem performanslarında kullanılan yöntemlerden dayanım bazlı yöntemler iki gruba ayrılırlar. Bunlar Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve Mod birleştirme yöntemidir. Bu yöntemlerle hesap anlatılmadan önce her iki yöntemde de geçerli olan

ve bilinmesi gereken bazı kurallar ve ilkeler vardır. Öncelikle bu kurallardan bahsedilecektir. Çalışmaya başlarken ilk olarak binadan bilgi toplanması gereklidir.

### 3.1.1. Binalardan Bilgi Toplanması

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

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerinden ve uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında tanımlanan inceleme, veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örneği alma ve deney yapma işlemleri inşaat mühendislerinin sorumluluğu altında yapılacaktır.

Binalardan bilgi toplanması ise üç düzeyde gerçekleştirilir. Bunlar sınırlı bilgi düzeyi, orta bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyidir. Bu bilgi düzeylerini açıklamak gerekirse;

- Sınırlı bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Bu bilgi düzeyinde önce yapının taşıyıcı sistem rölevesinin çıkarılması gerekir. Daha sonra hasarlı yöntemler kullanılarak kolon ve perdelerin en az % 10 undan kirişleri ise 5 inden donatı belirlenmesi yapılır. Geriye kalan kolon ve perdelerin ise en az %20 sinden hasarsız yöntemle donatı belirlenmesi yapılır. Kolonlardan en az iki karot numunesi alınarak beton sınıfı tayin edilir. Sınırlı bilgi düzeyi önemli binalarda yani “*İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar*” için uygulanamaz.

- Orta bilgi düzeyinde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Bu bilgi düzeyinde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse önce yapının taşıyıcı sistem rölevesinin çıkarılması

gerekir. Daha sonra hasarlı yöntemler kullanılarak kolon ve perdelerin en az % 20 sinde kirişlerin ise 10 unda donatı belirlenmesi yapılır. Geriye kalan kolon ve perdelerin ise en az %20 sinden hasarsız yöntemle donatı belirlenmesi yapılır. Kolonlardan her kattın olmak üzere en az üç karot numunesi alınarak beton sınıfı tayin edilir.400 m2 den sonra ise bir numune daha alınır. Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

- Kapsamlı bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır. Bu bilgi düzeyinde hasarlı yöntemler kullanılarak kolon ve perdelerin en az % 20 sinde kirişlerin ise 10 unda donatı belirlenmesi yapılır. Geriye kalan kolon ve perdelerin ise en az %20 sinde hasarsız yöntemle donatı belirlenmesi yapılır. Kolonlardan her kattın olmak üzere en az üç karot numunesi alınarak beton sınıfı tayin edilir.200 m2 den sonra ise bir numune daha alınır.

Mevcut binadan toplanan bilgiye göre bir bilgi düzeyi katsayısı belirlenir. Bu katsayının belirlenmesinde kullanılan çizelge aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Daha sonra tüm taşıyıcı elemanların mevcut malzeme dayanımları yani bilgi düzeyine göre yapılan ölçümlerden elde edilen dayanımlar kullanılarak mevcut eleman dayanımları bulunulur. Bu dayanımlar bilgi düzeyi kat sayısı ile çarpılır. Ayrıca çözümler de yapı önem katsayısı kullanılmaz.

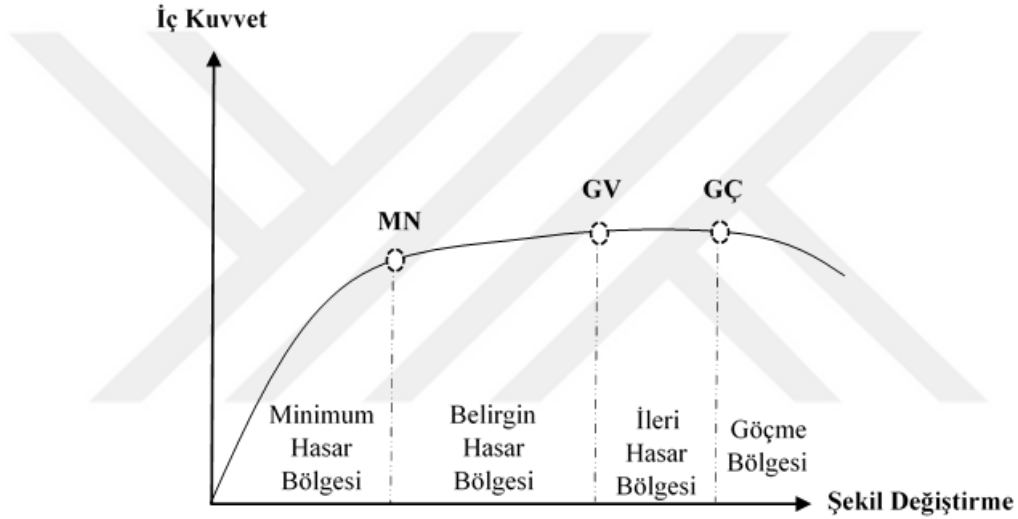
### 3.1.2. Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Hesap yöntemleri kullanılarak çözüme geçmeden önce yapıdaki elemanların kesitlerinde oluşabilecek hasar sınırlarının ve hasar bölgelerinin neler olduğunun da bilinmesi gerekir. Eleman hasarı ise, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir

Fakat yapıda iki türlü kırılma vardır. Birisi sünek diğeri ise gevrek kırılma türüdür. Sünek kırılma türü için ise 3 hasar sınırı vardır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı

(MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar. Şekil 3.1. bu hasar sınırlarını göstermektedir.



Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

### 3.1.3. Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Yöntemlerle Belirlenmesi

Daha öncede bahsedildiği üzere binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, eşdeğer derem yükü ve mod birleştirme yöntemleridir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olan binalara uygulanacaktır.

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta  $R_a=1$  alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hâkim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesinde kullanılan yukarıda anlatılan iki yöntemden bağımsız olarak aşağıdaki ilkelerde göre yapının deprem performansı tayin edilir.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

Daha öncede bahsedildiği üzere betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflanırlar. Sünek ve gevrek elemanları sınıflandırılması şu şekilde yapılabilmektedir:

(a) Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti  $V_e$ 'nin, bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin  $V_r$ 'yi aşmaması gereklidir.  $V_e$ 'nin hesabı kolonlar, kirişler ve perdeler için yönetmenlikte belirtilen bölümlere göre yapılacak, ancak perdelerde kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı  $\beta_v=1$  alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde  $V_e$ 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte  $R_a=1$  alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin  $V_e$ 'den küçük olması durumunda ise,  $V_e$  yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

(b) Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında  $R_a = 1$  alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır. Kesitin etki kapasite oranları şu şekilde hesaplanabilir;

(a) Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey

yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

(b) Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, aşağıdaki şekilde açıklandığı üzere hesaplanabilir.

Doğrusal elastik yöntemlerle ile hesapta kolon ve perdelerin etki/kapasite oranlarının belirlenmesi:

MA artık moment kapasitesini, MD düşey yüklerden oluşan moment, ME deprem yükleri altında oluşan moment, MK mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi, NA artık moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet, ND düşey yüklerden oluşan aksenal kuvvet, NE deprem yükleri altında oluşan aksenal kuvvet, NK kesit moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet, r etki/kapasite oranı rs etki/kapasite oranının sınır değerini göstermektedir.

Artık moment kapasitesi MA ve buna karşı gelen aksenal kuvvet NA aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$MA = MK - MD \quad (3.1)$$

$$NA = NK - ND \quad (3.2)$$

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir;

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (3.3)$$

### 3.1.3.1. Binaların Deprem Performanslarının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Belirlenmesindeki Hesap Adımları

Binaların deprem performanslarının eşdeğer deprem yüğü yöntemiyle belirlenmesindeki hesap adımları aşağıdaki sıra ile yapılabilmektedir;

a) Önce binadan bilgi toplanması gerekir. Buna bağlı bilgi düzeyi kat sayısı belirlenir.

b) Tüm yapı elemanların taşıma kapasiteleri mevcut malzeme dayanımlarına göre belirlenir. Bu dayanım değerlerine güvenlik katsayıları uygulanmaz, fakat mevcut dayanımlar bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılır.

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yönetmenlikteki belirtildiği



şekilde yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır. ( $I = 1.0$ ).

c) Analizde, Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ( $EI$ )e kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

$$(a) \text{ Kirişlerde: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (3.4)$$

(b) Kolon ve perdelerde,

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (3.5)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.80 (EI)_o \quad (3.6)$$

Eksenel basınç kuvveti  $N_D$ 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.  $N_D$ , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlama kesitlere ait ( $EI$ )<sub>o</sub> eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği ( $EI$ )e kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

d) Analiz yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılması durumunda, toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında  $R_a=1$  alınacak ve denklemin sağ tarafı  $\lambda$  katsayısı ile çarpılacaktır.  $\lambda$  katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır. Sistemin yatay ve düşey yükler altında eşdeğer deprem yükü yöntemiyle çözümlenerek iç kuvvetlerin tümü hesaplanır.

e) Deprem yükü altında elde edilen eğilme momenti değerleri, artık eğilme momenti kapasitesine bölünerek etki/kapasite oranları hesaplanır. Her eleman için bulunan bu değerler, aşağıdaki verilen çizelgelerdeki sınır değerler ile karşılaştırılır. Böylelikle her elemanın hangi hasar sınırında olduğu tespit edilir.

g) Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve hesaplanacak kesme kuvvetlerinin yönetmenliklerde verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut beton dayanımı kullanılacaktır. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

h) Elemanların hasar bölgeleri belirlendikten sonra bunların toplam hasar yüzdeleri ortaya çıkar bu hasar yüzdelerinin buldukları bölgelere göre binanın performans düzeyi belirlenir. Ayrıca görelî kat ötelemeleri kontrolü yapılır.

### 3.1.3.2. Binaların Deprem Performanslarının Mod Birleştirme Yöntemiyle Belirlenmesindeki Hesap Adımları

Binaların deprem performanslarının mod birleştirme yöntemiyle belirlenmesindeki hesap adımları ise aşağıdaki sıra ile yapılabilmektedir;

a) Önce binadan bilgi toplanması gerekir. Buna bağılı bilgi düzeyi kat sayısı belirlenir.

b) Tüm yapı elemanlarının taşıma kapasiteleri mevcut malzeme dayanımlarına göre belirlenir. Bu dayanım değerlerine güvenlik katsayıları uygulanmaz, fakat mevcut dayanımlar bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılır.

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yönetmenlikteki belirtildiği şekilde yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır. ( $I = 1.0$ ).

c) Analizde, Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ( $EI$ )<sub>e</sub> kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

$$(a) \text{ Kirişlerde: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (3.4)$$

(b) Kolon ve perdelerde,

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (3.5)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.80 (EI)_o \quad (3.6)$$

Eksenel basınç kuvveti  $N_D$ 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.  $N_D$ , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait ( $EI$ )<sub>o</sub> eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği ( $EI$ )<sub>e</sub> kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

d) Analiz yöntemi olarak mod birleştirme yöntemi kullanılması durumunda, sistemin periyot hesabı yapılır. Kütle katılım oranları ve mod katılım çarpanları hesaplanır. Buradan, deprem yükü azaltma katsayısı ve bina önem katsayısı kullanmadan her bir mod için sisteme etkiyen kuvvetler belirlenir ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak taban kesme kuvveti hesaplanır. Hesaplanan taban kesme kuvveti, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetinin  $\beta$  katından az olmayacaktır. Deprem yönü dikkate alınarak her mod için hesaplanan iç kuvvetler mod birleştirme yöntemiyle birleştirilecektir. Bu şekilde modal analiz sonucunda elemanlarda oluşan iç kuvvetler hesaplanmış olur. Fakat karekök içindeki değerler hep pozitif olarak dışarı çıkacağından, elemanların iç kuvvet işareti etkin modun (kütle katılım oranı yüksek mod) iç kuvvet işaretleri ile özdeş alınır.

e) Deprem yükü altında elde edilen eğilme momenti değerleri, artık eğilme momenti kapasitesine bölünerek etki/kapasite oranları hesaplanır. Her eleman için bulunan bu değerler, aşağıdaki verilen çizelgelerdeki sınır değerler ile karşılaştırılır. Böylelikle her elemanın hangi hasar sınırında olduğu tespit edilir.

g) Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve hesaplanacak kesme kuvvetlerinin yönetmenliklerde verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut beton dayanımı kullanılacaktır. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

h) Elemanların hasar bölgeleri belirlendikten sonra bunların toplam hasar yüzdeleri ortaya çıkar bu hasar yüzdelerinin buldukları bölgelere göre binanın performans düzeyi belirlenir. Ayrıca görel kat ötelemeleri kontrolü yapılır.

(e) şıkında belirtilen sınır değer çizelgeleri kullanılırken şunlara dikkat edilmelidir;

Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından yönetmenliklerdeki kuralları sağlayan betonarme kolonlar, betonarme kirişler ve betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

$H_w / \ell_w \leq 2.0$  koşulunu sağlayan betonarme perdelerin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları ( $r$ ), sınır değerler ( $r_s$ ) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Çizelgelerdeki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Ancak  $H_w / \ell_w \leq 2.0$  koşulunu sağlayan betonarme perdelerde, ( $r_s$ ) sınır değerleri  $[(1 + H_w / \ell_w) / 3] \geq 0.5$  katsayısı ile çarpılarak küçültülecektir.

- Aşağıdaki çizelgelerde kolon, kiriş ve perdeler için sınır değerler verilmiştir.

Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ )

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0.0$	Var	$\leq 0.65$	3	7	10
$\leq 0.0$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	8
$\geq 0.5$	Var	$\leq 0.65$	3	5	7
$\geq 0.5$	Var	$\geq 1.30$	2.5	4	5
$\leq 0.0$	Yok	$\leq 0.65$	2.5	4	6
$\leq 0.0$	Yok	$\geq 1.30$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\leq 0.65$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	4

Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(2)}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0.1$	Var	$\leq 0.65$	3	6	8
$\leq 0.1$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\leq 0.65$	2	4	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\leq 0.1$	Yok	$\leq 0.65$	2	3.5	5
$\leq 0.1$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\leq 0.65$	1.5	2	3
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\geq 1.30$	1	1.5	2
$\geq 0.7$	–	–	1	1	1

Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (rs)

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

• Elemanların hasar bölgeleri belirlendikten sonra yapının performansa düzeyinin belirlenmesi gerekir. Performans düzeylerinin neler olduğu ise aşağıda anlatılmaktadır.

### 3.1.4. Betonarme Binaların Deprem Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

#### **3.1.4.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi**

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir.

#### **3.1.4.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi**

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

#### **3.1.4.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi**

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesinde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden kuvvetli kolon koşulun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

#### 3.1.4.4. Göçme Durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Yapıdaki hasar yüzdelerine göre performans düzeyleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 3.5. Kirişler için izin verilen en büyük hasar oranları

Kirişler İçin İzin Verilen En Büyük Hasar Oranları				
Bina Performans Düzeyi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme
Hemen Kullanım	%90	%10		
Can Güvenliği		%70	%30	
Göçmenin Önlenmesi		%80		%20

Çizelge 3.6. Kolonlar için izin verilen en büyük hasar ve kesme kuvveti oranları

Bina Performans Düzeyi	Kolonlar İçin İzin Verilen En Büyük Hasar Ve Kesme Kuvveti Oranları			
	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme
Hemen Kullanım	%100			
Can Güvenliği	Kolon Kesme Kuvveti Oranı >%80 (En Üst Katta >%60)		Kolon Kesme Kuvveti Oranı <%20 (En Üst Katta <%40)	
Göçmenin Önlenmesi	Kolon Kesme Kuvveti Oranı >%80 (En Üst Katta >%60)		Kolon Kesme Kuvveti Oranı <%20 (En Üst Katta <%40)	

### 3.1.5. Deprem Hareketi

Mevcut binaların deprem güvenliklerinin ve performanslarının değerlendirilmesinde göz önüne alınmak üzere, Çizelge 3.7’de verilen üç farklı deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genellikle, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler. Performans düzeylerindeki deprem sevipleri aşağıdaki gibi açıklanabilir;

Servis (kullanım) depremi: 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu tip bir depremin etkisi, tasarım depreminin yarısı kadardır.

Tasarım depremi: 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinde esas alınmaktadır.

En büyük deprem: 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 2475 yıldır. Bu depremin etkisi yukarıda tanımlanmış olan tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.50 katıdır.

Aşağıdaki çizelge deprem hareketi parametrelerini özetlemektedir.

Çizelge 3.7. TDY 2007’deki deprem hareketi parametreleri

Deprem Türü	Deprem Etki Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0.5	% 50	72 Yıl
Tasarım Depremi	1.00	% 10	475 Yıl
En Büyük Deprem	1.50	% 2	2475 Yıl

### 3.1.6. Binalar için Hedeflenen Performans Düzeyleri ve Performans hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında bina için öngörülen yapısal performans düzeyine performans hedefi denir. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı hedefler öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.8’de verilmiştir.



Çizelge 3.8. Farklı Deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
<b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	<b>HK</b>	<b>CG</b>
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	<b>HK</b>	<b>CG</b>
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	<b>HK</b>	<b>CG</b>	–
<b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	<b>HK</b>	<b>GÖ</b>
<b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	<b>CG</b>	–

### 3.1.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, aşağıdaki çizelgede verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuçlar vermesi durumunda, yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. Aşağıdaki çizelgede  $\delta_{ji}$  i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini,  $h_{ji}$  ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.9. Görelî kat ötelemesi sınırları

<b>Görelî Kat Ötelemesi</b>	<b>Hasar Sınırı</b>		
<b>Oranı</b>	<b>MN</b>	<b>GV</b>	<b>GÇ</b>
$\delta_{ji} / h_{ji}$	0.01	0.03	0.04

## **3.2. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi**

Çalışmanın bu kısmında deprem yönetmeliği 2007 nin 7. Bölümünde anlatılan eleman ve sistem güçlendirilmesi için yapılabileceklerden bahsedilecektir.

### **3.2.1. Kolonların Sarılması**

Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler ile kolonların eğilme kapasitesi arttırılmaz.

**Betonarme Sargı:** Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının arttırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca deprem yönetmeliğindeki kurallar uygulanacaktır. Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile manto betonunun tasarım dayanımı kullanılacak, ancak elde edilen dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

### **3.2.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması**

Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlem aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasitelerini de artırır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilecektir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır. Kolonun büyütülen kesiti gerekli göre enine donatı ile sarılacaktır. Büyütülen kolon kesitinin pas payı, eklenen düşey ve yatay donatıyı örtmek için yeterli kalınlıkta olacaktır. Yeni ve eski betonun aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılacak ve beton yüzeyleri pürüzlendirilecektir. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin

hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınacak, ancak elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

### **3.2.3. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi**

Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, çeşitli tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile artırılabilir.

### **3.2.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi**

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

#### **3.2.4.1. Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi**

Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gereği durumunda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanacaktır. Perdeler, içinde buldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme perde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Ara yüzlerdeki kayma gerilmelerinin çerçeve elemanları boyunca dağılımı bilinen mekanik prensiplerine uygun olarak hesaplanacaktır. Ankraj çubuklarının tasarımında TS-500'deki sürtünme kesmesi esasları kullanılacaktır. En küçük ankraj çubuğu çapı 16 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 40 cm olmalıdır. Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda deprem yönetmenliğine göre perde uç bölgesi

oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon yukarıdaki anlatılanlara göre büyütülerek veya mevcut kolona bitişik perde içinde gizli kolon düzenlenerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Her iki durumda da perde uç bölgesine eklenecek düşey donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Perdenin altına verilen esaslar uygun şekilde temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

#### **3.2.4.2. Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi**

Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile sisteme eklenen dışmerkezli perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Ankraj çubuklarının tasarımında yukarıda bahsedilen verilen esaslara uyulacaktır.

Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon büyütülerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perdenin altına uygun temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

### **3.2.5. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi**

Betonarme sistemin dışına yeni çerçeveler eklenerek yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenecektir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanacaktır.

### **3.2.6. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması**

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir.

### **3.3 Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesini Gerektiren Durumlar Nelerdir?**

Ülkemiz çeşitli deprem kuşakları üzerinde yer almaktadır. Bazen orta büyüklükteki depremlerde bile yapılarda hasar meydana gelmekte hatta can ve mal kayıpları olabilmektedir. Bu kayıpların olmaması için önceden önlem alınması gerekmektedir. Yapı gerek hasarlı gerekse hasarsız olsun deprem performansları belirlenmeli gerekiyorsa onarım ve güçlendirme yapılmalıdır. Ancak bazı durumlar vardır ki ileriki kayıpları önlemek için önceden deprem performanslarının belirlenmesi daha da önem taşımaktadır. Bu durumlar şunlardır:

- Yapıya kat ilavesi yapılması,
- Yapının yapıldığı zamanki yönetmelikten farklı yeni bir yönetmeliğin yürürlüğe girmiş olması,

- Yapının yapıldığı zamanki yönetmeliğe dahi uygun yapılmamış olması,
- Yapıya tadilat yapılacak olması,
- Yapının kullanım amacının değişmesi gibi durumlar.

### **3.4. Çalışmada Kullanılacak İdecad Programı Hakkında Teknik Bilgi**

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişimi tüm alanları etkilediği gibi inşaat mühendislerini de etkilemiş bu teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan paket programların kullanımını da zorunlu kılmıştır. Çünkü bilgisayar programları daha kolay ve detaylı analiz yapabilmektedir. Bu teknolojiden inşaat mühendislerinin yeterince faydalanmaları gerekir. Mühendislerin bilinçlenmesiyle inşaat mühendisliğinde kullanılan paket programlar kendilerini geliştirmeye zorlayacaklar ve daha doğru çözüm yöntemleri kullanacaklardır.

Günümüzde inşaat mühendisliğinde kullanılan paket programlardan kesin çözümler yapanlar olduğu gibi yaklaşık (ortogonal) çözüm yapanlar da vardır. Bunlardan idestatik programı kesin hesap yöntemlerini kullanılan bir analiz çizim ve hesap programıdır. İDECAD ilk olarak 1988 tarihinde çalışmalarına başlamıştır.1998 yılında idestatik IDS/NC 98 programıyla 1997 deprem yönetmenliğine uyumlu olarak kullanıma sunulmuştur. O zamandan bu zamana kadar İDECAD güncel versiyonlarını yayınlamaya devam etmektedir.

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi inşaat mühendisliğinde kullanılan programlar kesin hesap yapanlar ve yaklaşık (ortogonal) hesap yapanlar olarak ikiye ayrılırlar. Bunlardan kesin hesap yapanlar üç boyutlu çözüm yapan programlardır. Genelde zaten her çubuk üç boyutludur. İki boyutlu çözüm yapanlar ortogonal çözüm içerirler.

Ortogonal yapılar, yapıyı oluşturan uzay çerçeveleri birbirinden bağımsız düzlem çerçeveler kabul ettiğimizde her çerçevenin diğerini 90 derece açıyla kesiştiği kabulü üzerine kuruludur. Ortogonal olmayan yapılar bu tanıma uymayan diğer bütün yapılardır.

Yaklaşık çözümler alt sistemler kullanırken kesin hesap yapanlar için bu alt sistemler ortadan kalkmıştır. Wilson un Sap 2000 olarak bilinen program serisi ve idecad statik program serisi kesin hesap yöntemlerini kullanırlar. Kiriş ve kolonlar için 12x12, perdeler için 6x6 boyutlu matrisleri Gaus eliminasyonu yöntemiyle çözerler.

Döşemeleri birbirinden bağımsız değil sonsuz rijit kabul ederler. Modal analiz yaparak süperpozisyon yöntemini kullanırlar. Bu çalışmada araştırma bulguları ve tartışma bölümünde idecad statik programının güncel versiyonları ile çözüm yapılarak sonuçlar irdelenecektir.



#### **4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

Çalışmanın bu bölümünde 2007 deprem yönetmeliğine göre betonarme yapılarda performans analizinin nasıl yapılacağı sayısal örnekler üzerinde değerlendirilmek istenmektedir. Hangi durumlarda performans analizi kriterlerine gerek duyulur bunlardan materyal ve yöntem bölümünde bahsedilmiştir. Bu durumlara uygun örnekler seçilerek çalışmada anlatılacaktır. Çalışmada ayrıca 2007 deprem yönetmeliğinde bahsedilen etki kapasite oranları her eleman için tespit edilecek ve bulunan etki kapasite oranlarına göre yapıdaki yapı eleman hasar durumları belirlenecek, bu hasar durumlarının ne kadarının 2007 deprem yönetmeliğinde bahsedilen sınırları aştığına bakılacak ve buna göre eğer yapı hedef performans kriteri değerini sağlamıyorsa yapıda güçlendirme yapılarak yapının hedef performans değerine ulaşması sağlanacaktır.

##### **4.1. Örnek 1 (TDY 2007' Ye Göre Yapılmış Bir Yapıda Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi ve Asansör Perdesinin Yapıya Etkisi)**

Bu çalışmada, Hatay ilinde bulunan 2 katlı mevcut bir yapı ele alınmıştır. İncelenen yapı 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılmış bir yapı olup ilk olarak mevcut haliyle çözülmüştür. Daha sonra bölgedeki imar değişikliği sonucu, yapının bulunduğu parselde kat ilavesi için izin verilmiştir. Yeni imar durumu dikkate alınarak ve duyulan ihtiyaçtan dolayı yapıya kat ilavesi yapılmış ve asansör perdesi eklenmiştir. Yapıya kat eklenmeden önceki ve kat eklendikten sonraki durumlar için çözümler yapılarak asansör perdesinin yapı hasar durumuna etkisi irdelenmiştir.

Hatay ili Arsuz ilçesinde bulunan 2 katlı mevcut bir yapıda incelemelerde bulunuldu (Şekil 4.1). Bu yapı 2007 deprem yönetmeliğine uygun şekilde statik-betonarme projesi hazırlanmış ve yerinde uygulanmış bir yapı örneğidir. Bölgedeki imar değişikliği sonucu yapının bulunduğu parselde bir kat ilavesi yapılarak yapının imarı 3 kata çıkarılmış ve bunun üzerine yapı sahibi 1 kat daha ekleme ihtiyacı duymuştur. Yapının 2 katlı mevcut haliyle ve ilave katlı haliyle analizlerinden önce bilgi toplanması aşamasına geçilmiştir.

Yapıdan elde edilen bilgiler şöyledir; Kolon ebatlarının yer yer 25/70-30/80 olduğu ve projesine uygun şekilde dizayn edildiği, döşeme sisteminin asmolen olduğu

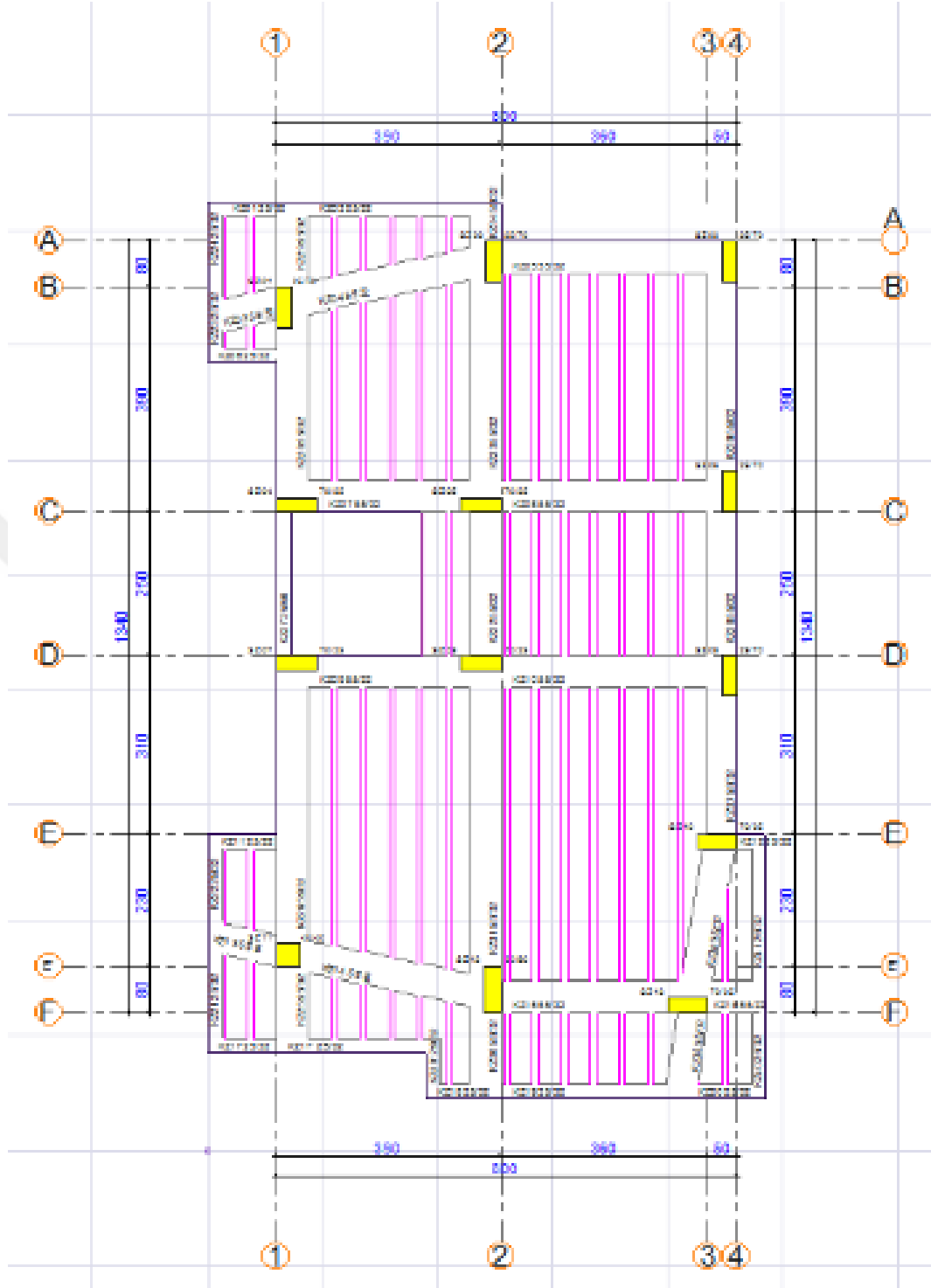


tespit edilmiştir. Beton sınıfının C20 ve çelik sınıfının S420 olduğu tespit edilmiştir.Yapının projesinin bilgisayar ortamında hazırlanmış eski dokümanlarına ulaşılmıştır. Yapının mimari projesi de tekrardan 3 kata göre düzenlenmiştir. Yapıdan bilgi toplanmasından sonra yapının statik-betonarme projesinin 2007 deprem yönetmeliğine göre performans analizlerinin yapılması aşamasına geçilmiştir.

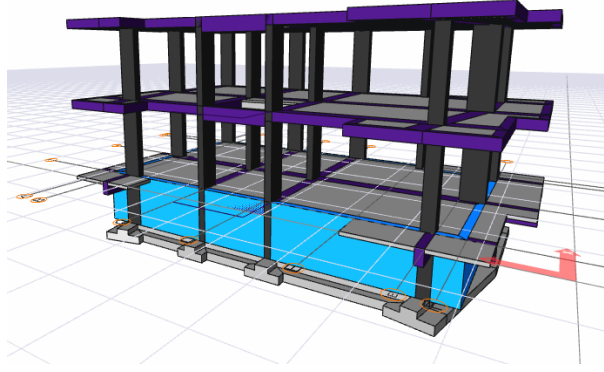
Yapıda incelenen durumlar kısaca şöyledir;

- Durum 1: Yapı mevcut haliyle 2 katlı olarak incelenmiştir.
- Durum 2: Yapıya ilave bir kat eklenmiştir ve 3 katlı olarak incelenmiştir.
- Durum 3:Yapı 25x240 ebadında asansör perdesi eklenmek suretiyle incelenmiştir.

İncelenen yapı önce 2 katlı olarak mevcut haliyle çözülmüştür. Bu şekilde 2007 deprem yönetmeliğinin tasarım depremine göre konutlarda sağlanması gereken can güvenliği hedef performansı kriterini sağladığı görülmüştür. Yapının bu haliyle herhangi bir güçlendirmeye ihtiyaç duymadığı anlaşılmıştır. Yapı sahibinin kendi ihtiyaçları doğrultusunda kat ekleme isteğinden dolayı ilave kat eklenerek, 3 katlı yapının analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yeni durumda da yapının can güvenliği hedef performans kriterini sağladığı görülmüştür. Fakat yapının projesinin 3 kata çıkması başka bir sorunu gündeme getirmiştir. Yapıya imar yönetmeliği gereği bir asansör yeri eklenmesi mecbur olduğundan dolayı yapıya bitişik olarak bir asansör perdesi ve sahanlığı eklenmiştir. Analizler tekrarlanarak performans analizi sonucunda yapının projesinin can güvenliği hedef performans kriterini sağladığı, ancak yapıya eklenen P1 perdesinin gevrek kırılmaya yol açtığı anlaşılmıştır. Bu olumsuz durumu düzeltmek için perdenin etriye çapı yükseltilmiş ve böylelikle yapılan yeni analizlerden sonra bu olumsuz durumun düzeldiği görülmüştür.

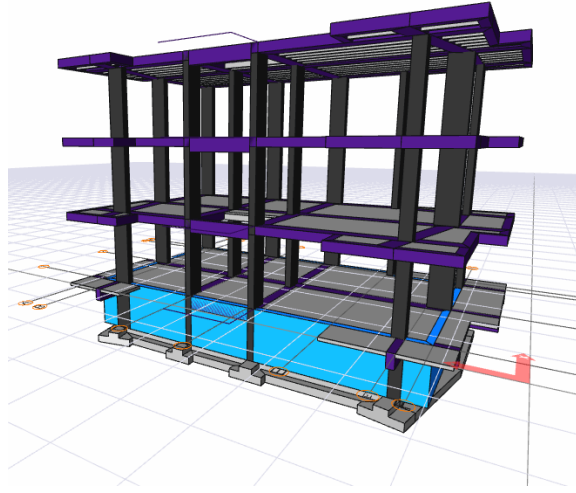


Şekil 4.1. Durum 1 ve durum 2 için kalıp planı

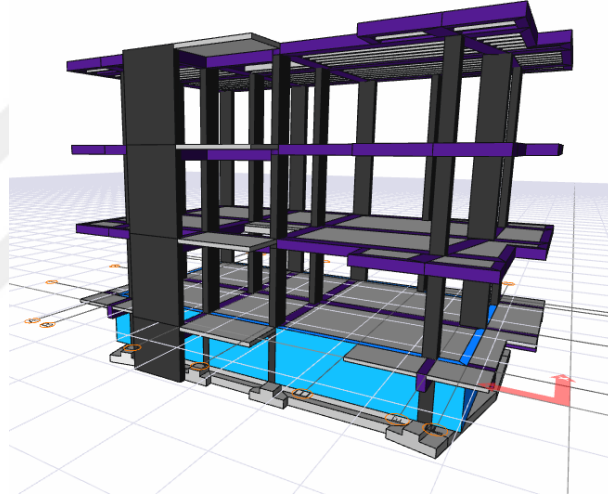


Şekil 4.2. Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü

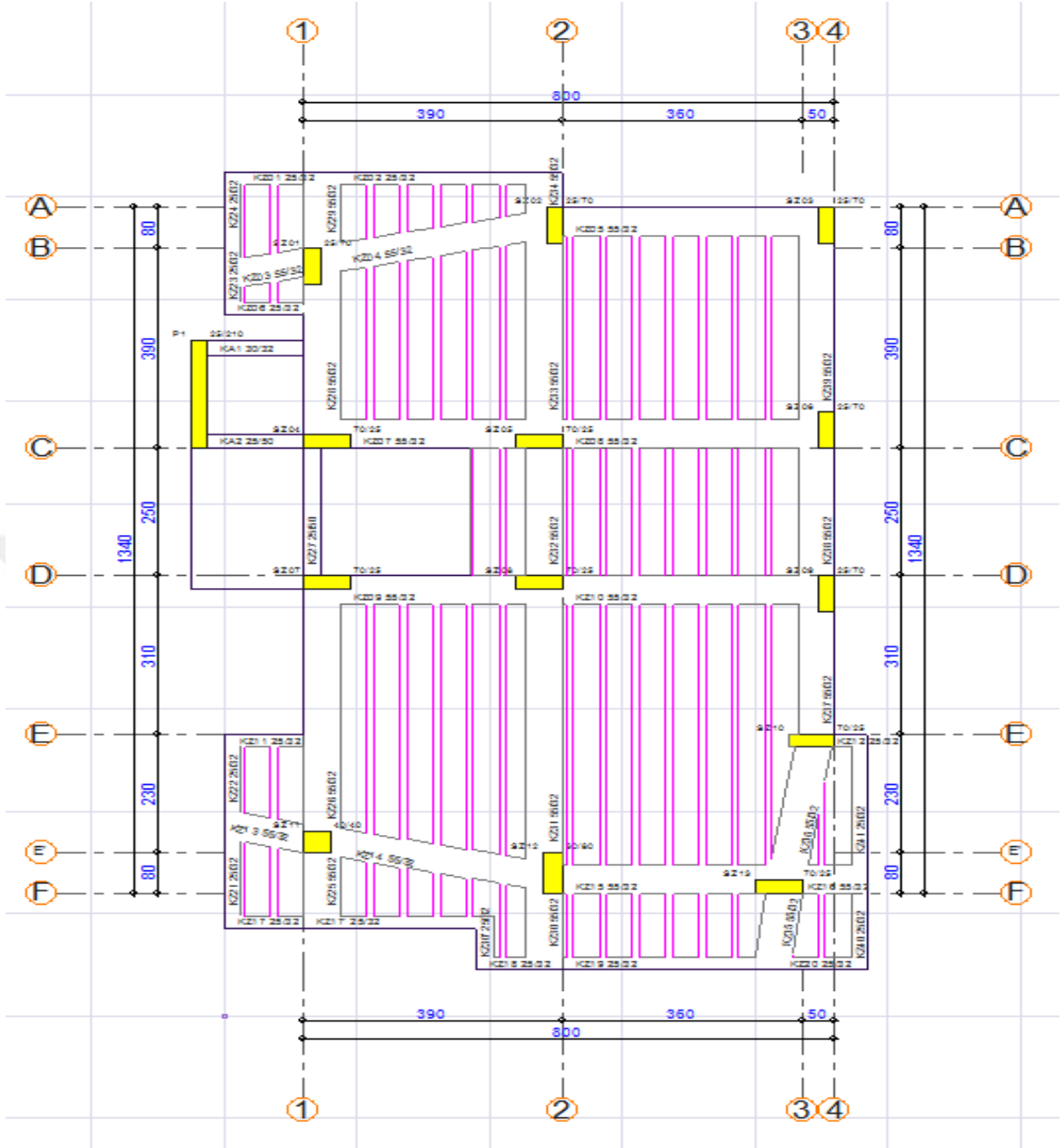
Yapıya eklenen asansör perdesinin yapıya olumlu etki sağladığı düşünülse bile perdenin yeri yapıda olumsuz etkilere sebep olabilir. Çizelge 4.1 ve 4.2 bu duruma güzel bir örnektir. Çizelge 4.1, yapıya perde eklenmeden önce yapılan analizler sonucunda elde edilen burulma düzensizlik çizelgesidir. Görülmektedir ki yapıda herhangi bir burulma düzensizliği yoktur. Çizelge 4.2 ise yapıya perde eklendikten sonra yapılan analizler sonucu elde edilen burulma düzensizlik çizelgesidir. Bu çizelgede ise perde eklenmesinin yapıda bazı katlarda burulma düzensizliğine sebep olduğu görülmektedir. Buradan anlaşılabilir ki yapı can güvenliği kriterini sağlamış olsa bile eklenen perdenin yeri önemlidir.



Şekil 4.3. Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.4. Durum 3 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.5. Durum 3 için yapının kalıp planı

Çizelge 4.1. Örnek 1 asansör perdesi eklenmemiş durumda öteleme ve düzensizlik kontrolleri

Kat Genel Ayarları	X Yönü					Y Yönü					
	Kat	h [m]	$\Delta i(\max)$ [mm]	$\Delta i(\min)$ [mm]	$\Delta i(\text{ort})$ [mm]	$\eta_{bi}$	Düzensizlik $\eta_{bi} > 1.2$	$\Delta i(\max)$ [mm]	$\Delta i(\min)$ [mm]	$\Delta i(\text{ort})$ [mm]	$\eta_{bi}$
2. KAT	3.00	38.19/S202	33.50/S213	35.84	1.07	Yok	38.54/S201	35.45/S209	36.99	1.04	Yok
1. KAT	3.00	54.84/S102	45.03/S113	49.94	1.10	Yok	52.20/S101	47.61/S109	49.90	1.05	Yok
ZEMİN KA1	3.00	43.98/SZ03	33.41/SZ13	38.69	1.14	Yok	39.12/SZ01	34.42/SZ06	36.77	1.06	Yok
1.BODRUM	2.00	3.69/SB113	0.56/PB102	0.63	1.10	Yok	0.43/SB106	0.38/PB106	0.40	1.07	Yok

Çizelge 4.2. Örnek 1 asansör perdesi eklenmiş öteleme ve düzensizlik kontrolleri

Kat Genel Ayarları		X Yönü					Y Yönü					
Kat	h [m]	$\Delta i(\max)$ [mm]	$\Delta i(\min)$ [mm]	$\Delta i(\text{ort})$ [mm]	$\eta_{bi}$	Düzensizlik $\eta_{bi}>1.2$	$\Delta i(\max)$ [mm]	$\Delta i(\min)$ [mm]	$\Delta i(\text{ort})$ [mm]	$\eta_{bi}$	Düzensizlik $\eta_{bi}>1.2$	
2. KAT-RD1	3.00	30.86/P2101	30.20/S2107	30.53	1.01	Yok	25.25/S2107	24.30/P2101	24.77	1.02	Yok	
2. KAT-RD2	3.00	31.44/S2202	29.15/S2213	30.30	1.04	Yok	28.93/S2209	25.14/S2201	27.03	1.07	Yok	
1. KAT-RD1	3.00	44.71/P1101	43.72/S1107	44.21	1.01	Yok	26.72/S1104	23.70/P1101	25.21	1.06	Yok	
1. KAT-RD2	3.00	45.59/S1202	42.12/S1213	43.86	1.04	Yok	38.52/S1209	26.37/S1201	32.44	1.19	Yok	
ZEMİN KAT-RD1	3.00	37.49/PZ101	36.16/SZ107	36.82	1.02	Yok	18.02/SZ107	15.33/PZ101	16.68	1.08	Yok	
ZEMİN KAT-RD2	3.00	38.68/SZ203	34.01/SZ213	36.34	1.06	Yok	28.56/SZ203	17.71/SZ201	23.13	<b>1.23</b>	<b>Var</b>	
1.BODRUM-RD1	2.00	0.69/SB1107	0.67/PB1101	0.68	1.01	Yok	0.66/PB1101	0.63/SB1107	0.64	1.03	Yok	
1.BODRUM-RD2	2.00	0.71/SB1213	0.66/PB1202	0.68	1.04	Yok	0.63/SB1201	0.50/PB1213	0.56	1.12	Yok	

Çizelge 4.3. Örnek 1 + EX doğrultusu -% cinsinden hasar oranları

Kat	Durumlar Eleman Tipi	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)				3 Katlı- 2.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-3.Durum (Perdeli)			
		Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm
		m	n	i	e	m	n	i	e	m	n	i	e
Zemin	Kiriş	48	52	0	0	43	57	0	0	39	57	4	0
	Kolon	31	69	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	29	71	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
1. Kat	Kiriş	67	33	0	0	48	52	0	0	48	48	4	0
	Kolon	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	76	24	0	0	78	22	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	100	0	0	29	71	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	100	0	0	20	80	0	0

Çizelge 4.4. Örnek 1 - EX doğrultusu -% cinsinden hasar oranları

Kat	Durumlar Eleman Tipi	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)				3 Katlı- 2.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-3.Durum (Perdeli)			
		Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm
		m	n	i	e	m	n	i	e	m	n	i	e
Zemin	Kiriş	52	48	0	0	50	48	0	0	48	48	4	0
	Kolon	31	69	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	29	71	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
1. Kat	Kiriş	62	38	0	0	57	43	0	0	48	48	4	0
	Kolon	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	67	33	0	0	83	17	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	100	0	0	29	71	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	100	0	0	20	80	0	0

Çizelge 4.5. Örnek 1 + EY doğrultusu -% cinsinden hasar oranları

Kat	Durumlar	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)				3 Katlı- 2.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-3.Durum (Perdeli)			
		Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm
Zemin	Eleman Tipi	m	n	i	e	m	n	i	e	m	n	i	e
	Kiriş	55	45	0	0	41	59	0	0	82	18	0	0
	Kolon	69	31	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	74	26	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
	Kiriş	82	18	0	0	45	55	0	0	73	27	0	0
	Kolon	0	100	0	0	0	100	0	0	64	36	0	0
2. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100	0	0	0	100	0	0	64	36	0	0
	Kiriş	0	0	0	0	82	18	0	0	95	5	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.6. Örnek 1 - EY doğrultusu -% cinsinden hasar oranları

Kat	Durumlar	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)				3 Katlı- 2.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-3.Durum (Perdeli)			
		Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm	Minimu	Belirgi	İler	Göçm
Zemin	Eleman Tipi	m	n	i	e	m	n	i	e	m	n	i	e
	Kiriş	50	50	0	0	41	59	0	0	64	36	0	0
	Kolon	54	46	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	47	53	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
	Kiriş	73	27	0	0	45	55	0	0	64	36	0	0
	Kolon	0	100	0	0	0	100	0	0	64	36	0	0
2. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100	0	0	0	100	0	0	64	36	0	0
	Kiriş	0	0	0	0	73	27	0	0	86	14	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0

Yapıya ilave kat eklenmesinin hasar durumunu bir miktar arttırmıştır. Buna ek olarak yapıya perde eklenmesi ile %4 oranında ileri hasar durumu oluşmuştur (Çizelge 4.3-4.4). Perde eklenmesinin yapıya olumsuz etki yaptığı ve burulma düzensizliğinin sebebinin bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum göstermektedir ki perdenin yeri yapının davranışını olumlu etkileyebildiği gibi olumsuzda etkileyebilmektedir. Bu sebeple yapı güçlendirmelerinde perdenin yeri mümkün olduğu kadar dikkatli seçilmelidir. Analiz sonucu yapıda gevrek eleman var olduğu görülmektedir. Gevrek eleman oluşması istenmeyen bir durumdur. İstenmeyen bu durumu ortadan kaldırmak için gevrek elemanlarda etriye sıklaştırması yapılmıştır.

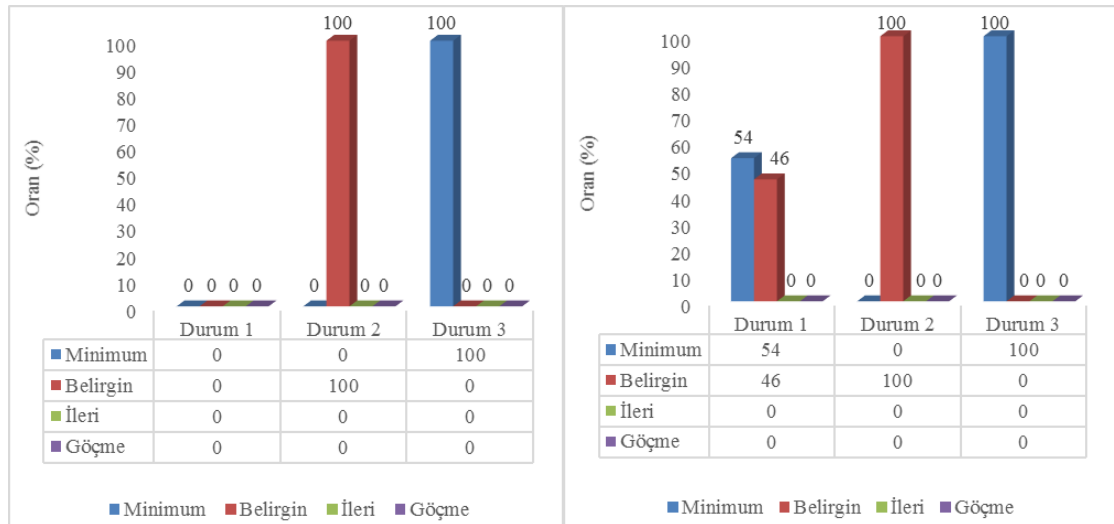
Çizelge 4.7. Örnek 1 için durumlar çizelgesi

Durumlar	2 katlı	3 katlı	Asansör perdeli
Durum 1	X		
Durum 2		X	
Durum 3		X	X

Yapıya Y yönünde perde eklenmesi, her katta yapıyı olumlu etkilemiş özellikle kolonlardaki belirgin hasarın, 1. katta bir kısmını diğer katlarda ise tamamını minimum hasar durumuna kaymıştır. Kirişlerde ise belirgin hasar yüzdelerinde dikkate değer azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 4.5 - 4.6).

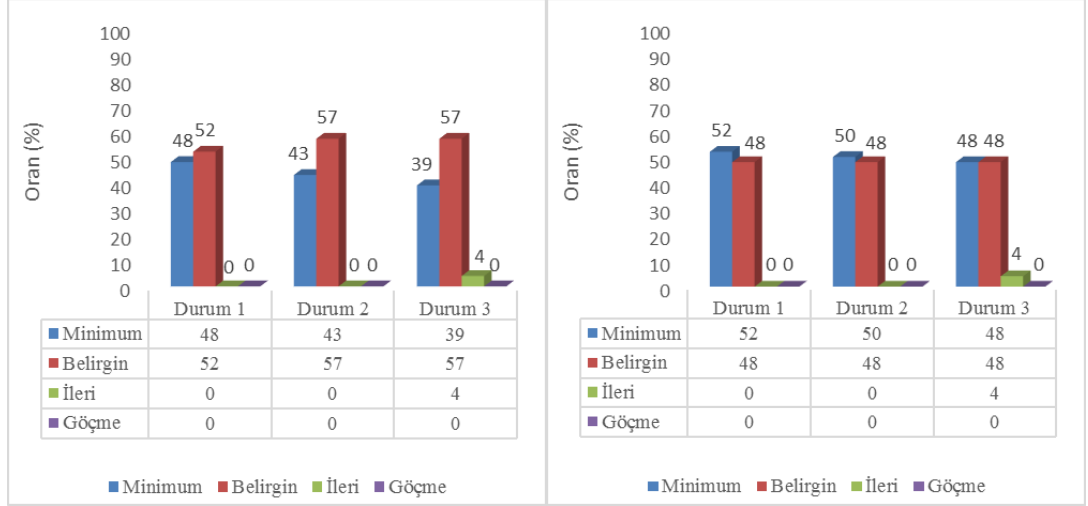
+ EY yönünde, yapı 2 katlı durumdan 3 katlı duruma geçerken her ne kadar can güvenliği (her iki durumda da) sağlanmış olsa da kat ilavesi kolonlarda belirgin hasarı arttırmıştır. Kirişlere fazla bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.5).

EX yönünde her ne kadar 2 katlı ve üç katlı durumlarda can güvenliği sağlasa da yapının üç kata çıkması kirişleri pek etkilemezken kolonları olumsuz etkilemiştir. Belirgin hasarın kolonlarda arttığı gözlemlenmektedir. Yapıya Y yönünde perde eklendiği için EX yönü bu durumu da çok fazla olumlu etkilenmemekle beraber azda olsa 2. Normal katta perdenin yapıya olumlu etkisi gözlemlenmektedir.

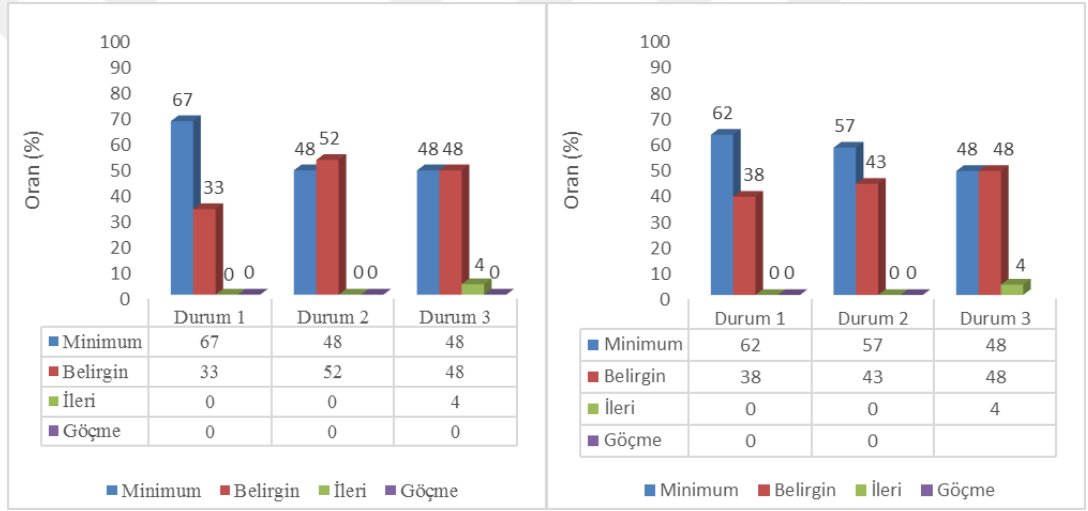


(a) 2. Kat Kolonlar İçin - EY Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kolonlar İçin - EY Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.6. Örnek 1 için kolon hasar durumları

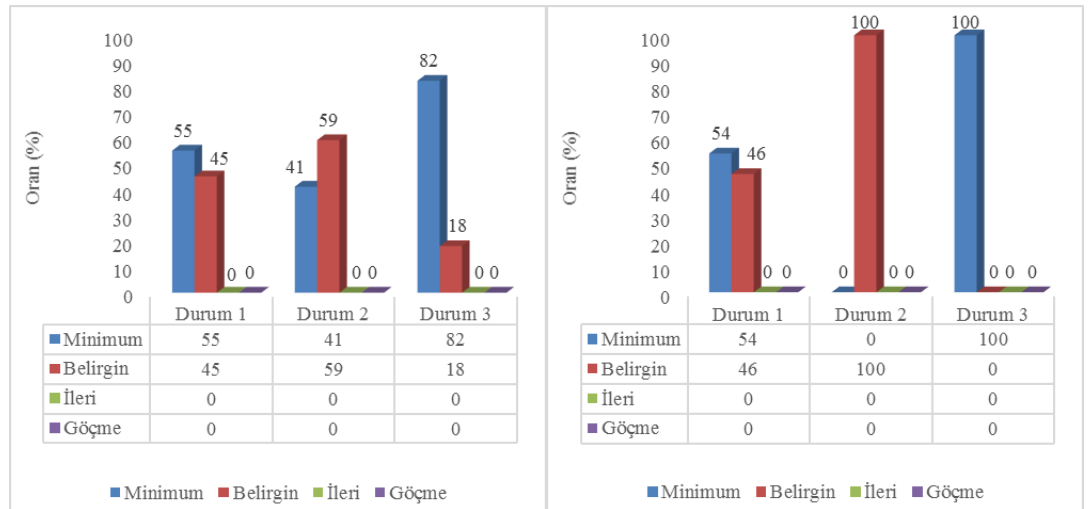




(a) Zemin Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kirişler İçin - EX Hasar Oranları (%)



(c) 1. Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (d) 1. Kat Kirişler İçin - EX Hasar Oranları (%)



(e) Zemin Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%) (f) Zemin Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)

Şekil 4.7. Örnek 1 için kiriş hasar durumları

Yukarıdaki grafiklerden görüldüğü üzere her ne kadar yapı her durumda can güvenliği kriterini sağlasa da yapıya kat ilave edilmesi ve perde eklenmesi + EX ve – EX yönünde bir miktar kirişlerde hasar durumunu arttırmıştır (Şekil.4.6 a-b-c-d). Fakat aynı olumsuz durum +EY yönünde görülmemektedir. Y yönünde perde eklenmesi yapıdaki kiriş hasar durumunu bu yönde azatlığı düşünülmektedir. (Şekil.4.6 e-f).

Kolon hasar durumlarını gösteren grafikler baz alındığında özellikle y yönünde kolonlarda belirgin düzeyde hasar azalması olmuş hasar yüzdeleri minimuma düşmüştür (Şekil.4.5 a-b).

Sonuçta yapının her durumda can güvenliğini sağladığı görülmüştür. Bunun dışında gevrek elemanlarda etriye sıklaştırmasının önemi anlaşılmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında ya da mevcut yapıların deprem bakımından güçlendirilmesinde betonarme perde duvarlar efektif bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak yapıya her ne kadar güçlendirme perdesi uygulansa da yapının uygun olmayan yani düzensizlik ortaya çıkaracak bölümlerine perde eklenmemelidir. Çizelge 4.2’ den görülmektedir ki Y yönünde zemin katta perdenin eklenmesinden sonra burulma düzensizliği ortaya çıkmıştır.

#### **4.2. Örnek 2 (1975 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış Bir Yapının TDY 2007’ye Göre Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi)**

İncelenen yapılardan ikincisi eski yönetmeliğe tabi olan bir yapı olup yeni yönetmeliğe göre çözümleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yapının yetersiz olduğu tespit edilmiş ve belli bölgelere gerekli güçlendirmeler yapılmıştır. Bu veriler ışığında, yapılara uygulanan güçlendirmeler sonucunda, yapıların can güvenliğini sağladığı saptanmıştır.

Hatay ili İskenderun ilçesinde bulunan, zemin ve normal kattan oluşan, 2 katlı bir yapı incelenmiştir. Bu yapı ilk yapıldığında zemin ve 1. katı mevcut olup imarı 3 katlı olmasına rağmen son katı yapılmamıştır. Yapı ruhsat tarihinin 5 yılı aşmasından dolayı yapı üzerine ek bir kat yapılmak istendiğinde, ek katın yapılabilmesi için, yapı ruhsatının dolayısıyla projelerinin yenilenmesi gerekmiştir. Yapının statik-betonarme projelerinin yenilenmesi için 2007 deprem yönetmeliğine göre dizaynının yapılması gereklidir ve bunun için de yapıdan bilgi toplanması gerekmektedir.

Yapının yapım tarihi itibarıyla 1975 afet yönetmeliğine göre inşa edildiği bilinmektedir. Bu yüzden, yapının eski statik-betonarme projeleri incelenmiş, yapıdan karot numuneleri alınmış, beton sınıfının C20 ve çelik sınıfının S220 olduğu tespit edilmiştir.

Bilgi toplama aşamasından sonra mevcut yapının 2 katlı olarak projesinin mevcut haline uygun şekilde dizaynı yapılmıştır. Eski projesindeki veriler bilgisayar programına işlenmiştir. Orta bilgi düzeyi seçilmiştir. Yapı konut yapısı olduğu için yönetmeliğe göre can güvenliği performans analizi hedef kriterini sağlaması yeterlidir.

Bu örnekte yapı 5 farklı durumda incelenmiştir:

•Durum 1: Yapı mevcut haliyle 2 katlı olarak incelenmiştir.

•Durum 2: Yapı 2 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. Merdiven giriş sahanlığındaki S6 ve S9 kolonlarına L şeklinde 15 cm eninde betonarme manto eklenmiştir, 25x60 olan kolon ebadı 40x65 ebadına yükseltilmiştir. Ayrıca bu iki kolon arasına 30 cm eninde Y yönünde güçlendirme perdesi eklenmiştir.

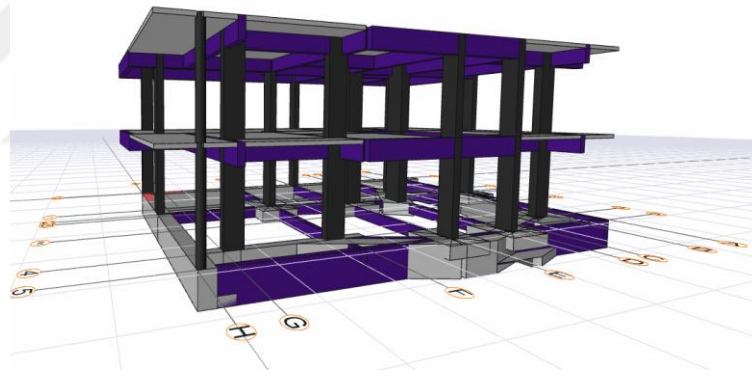
•Durum 3: Yapı mevcut haline 1 kat eklenmesi suretiyle 3 katlı olarak incelenmiştir.

•Durum 4: Yapı 2 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. Merdiven giriş sahanlığındaki S6 ve S9 kolonlarına L şeklinde 15 cm eninde betonarme manto eklenmiştir, 25x60 olan kolon ebadı 40x75 ebadına yükseltilmiştir. Ayrıca bu iki kolon arasına 30 cm eninde Y yönünde güçlendirme perdesi ilave edilmiştir. Bunun dışında bu perdeye dik doğrultuda X yönünde sahanlık kenarına 30 cm eninde kısa bir perde daha eklenmiştir. En üst katta güçlendirme perdesi uygulanmamıştır.

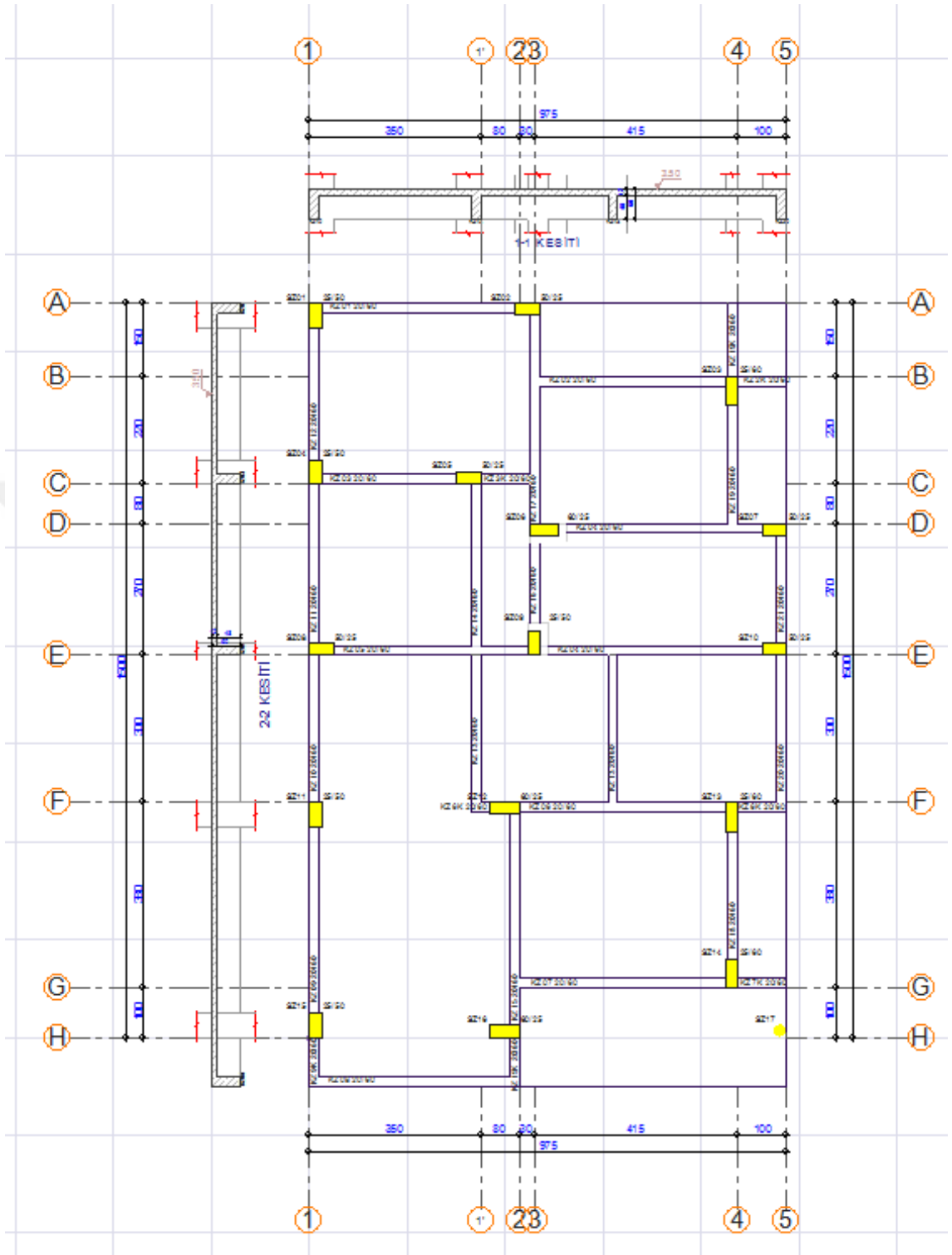
2 katlı mevcut yapının bilgisayar ortamında dizaynından sonra analiz aşamasına geçilmiştir. Öncelikle mod birleştirme yöntemiyle dinamik analizi yapılmıştır. Daha sonra performans analizine geçilmiştir. Sonuçta yapının performans analizi sonucunda göçmede olduğu tespit edilmiştir.

Daha sonra yapının mevcut haline güçlendirme yapılması kararı alınmış ve analiz raporunda kesme hasarı tespit edilen S6 ve S9 kolonlarına “L” şeklinde betonarme manto yapılmıştır. İki kolonun arasına Y doğrultusunda “P1” perdesi eklenerek kolonların birbirlerine bağlanması ile güçlendirme sona erdirilmiştir. Yapıya yapılan güçlendirme ekleri mimari olarak yapıdaki en uygun yer olan merdiven sahanlığı kenarına yapılmıştır. 2 katlı yapının güçlendirilmesi sonucunda analizler tekrarlanarak performans analizi hedef kriteri olan can güvenliği kriterinin sağlandığı görülmüştür.

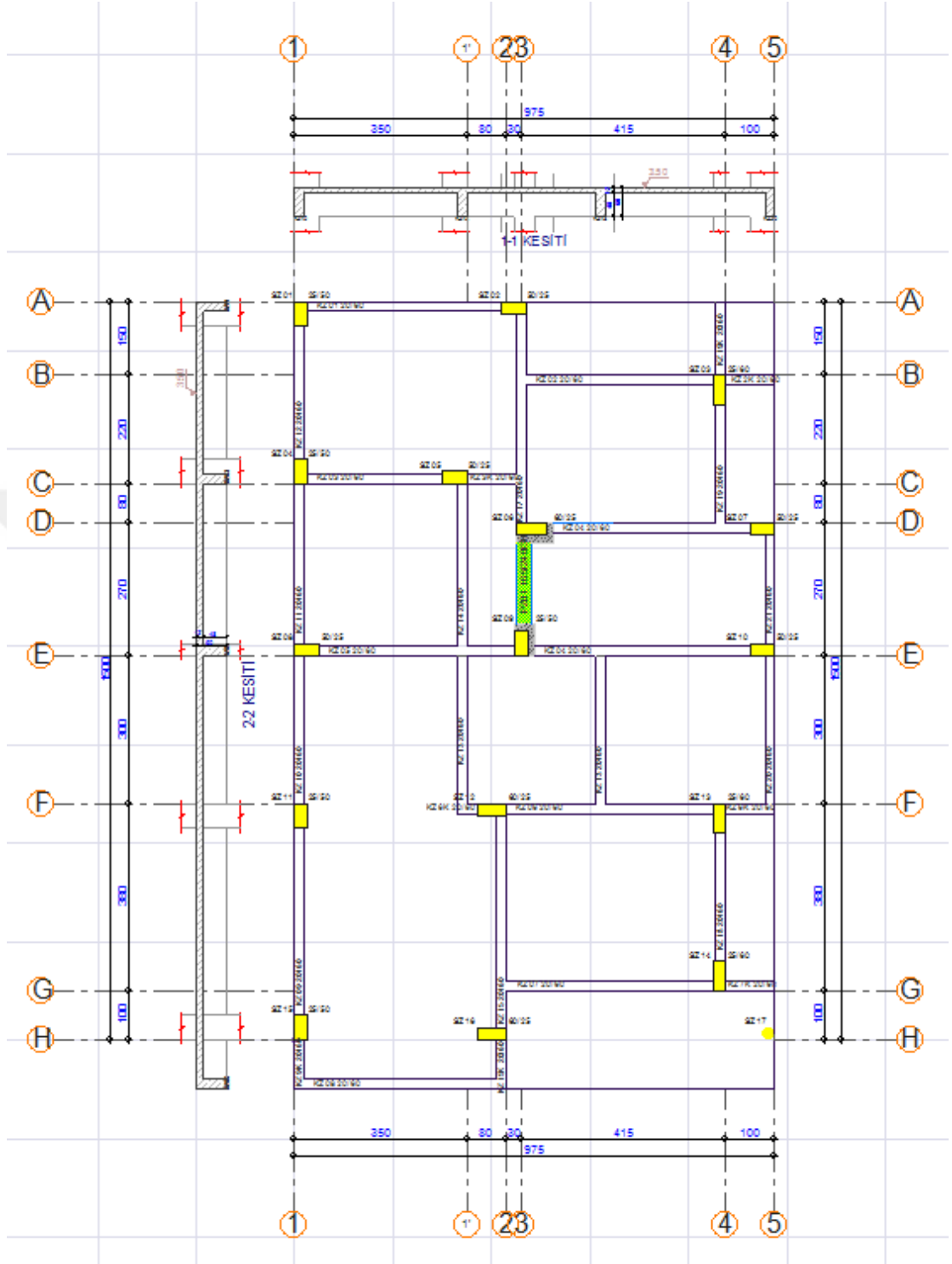
Ayrıca güçlendirilme yapılmamış 3 katlı yapının performans davranışını görebilmek için yapının güçlendirmesiz hali 3 katlı olarak çözülmüştür. Bu durumda 3 katlı güçlendirmesiz yapının göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden 3 katlı yapının ilk 2 katına 2 katlı yapıdaki gibi güçlendirmeler uygulanmış fakat üçüncü kat yeni yapılacağından dolayı son kata güçlendirme uygulanmamıştır. Yapılan bu işlemlerin amacı yapı 2 ve 3 katlı durumda iken yapının güçlendirmeli ve güçlendirmesiz durumlarını ayrı ayrı görebilmektir. 3 katlı yapıya yapılan bu güçlendirmeden sonra yapı can güvenliği hedef kriterini sağlamamıştır. Bunun üzerine, yapının performans analizi hedef kriteri olan can güvenliğini sağlayabilmesi için ikinci bir güçlendirme yapılması yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, daha önce eklenmiş olan “Y” yönündeki perdeye dik doğrultuda X yönünde kısa bir güçlendirme perdesi daha eklenmiştir. Analizler tekrarlanmış ve yapının projesinin can güvenliği hedef kriterini sağladığı görülmüştür.



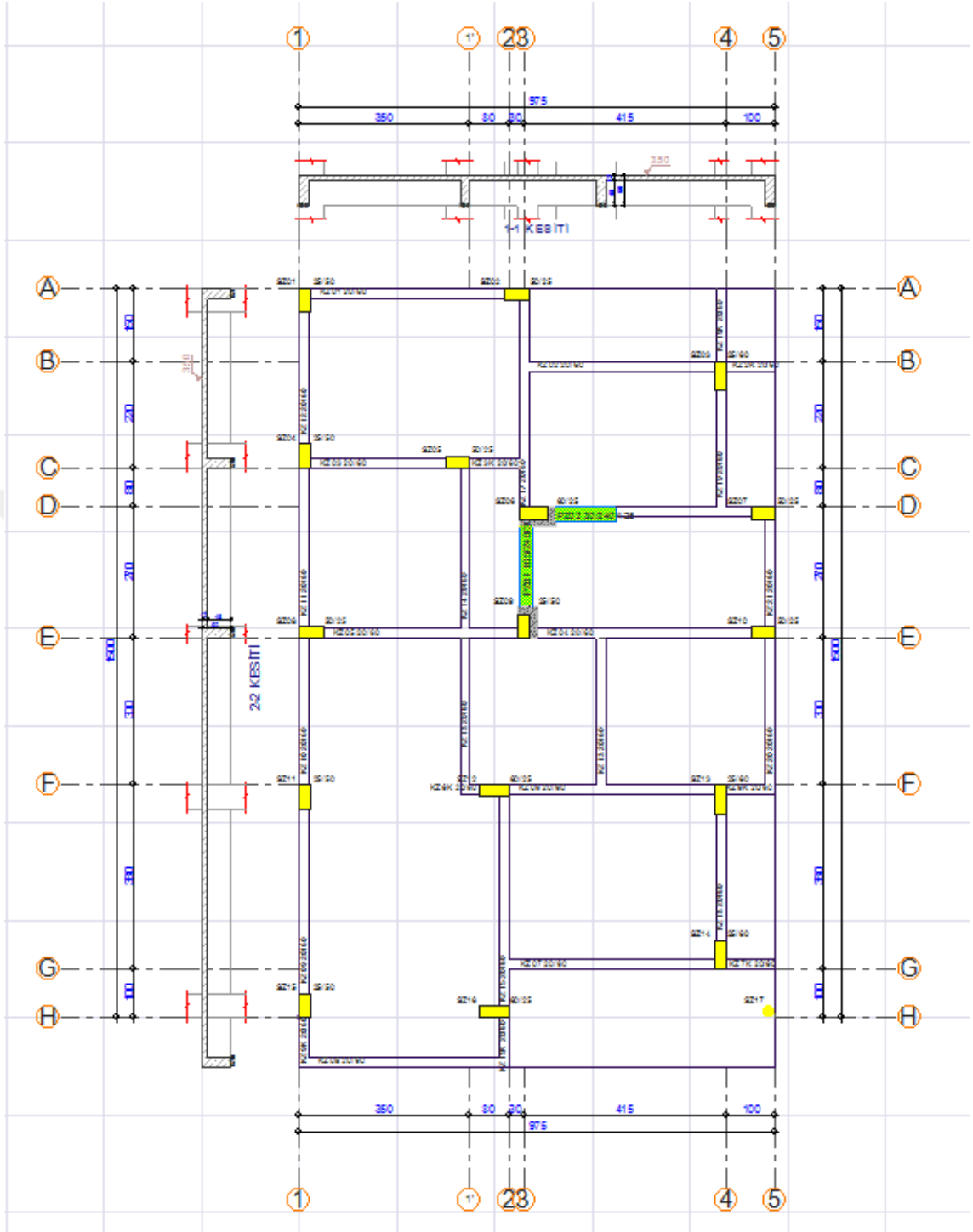
Şekil 4.8. Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



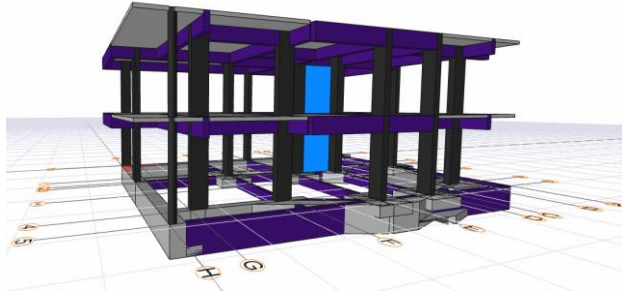
Şekil 4.9. Durum 1 ve durum 3 için yapının zemin kat kalıp planı



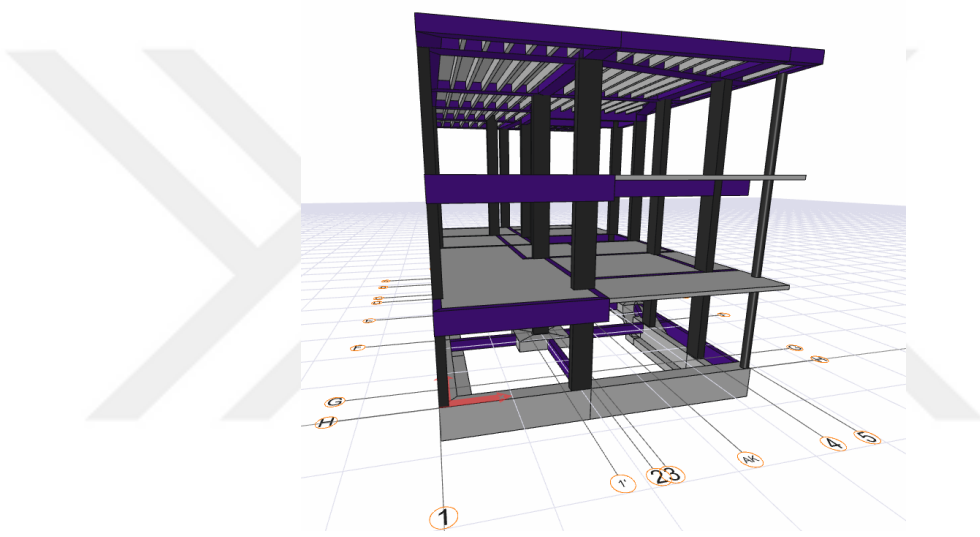
Şekil 4.10. Durum 2 ve durum 4 için yapının zemin kat kalıp planı



Şekil 4.11. Durum 5 için yapının zemin kat kalıp planı

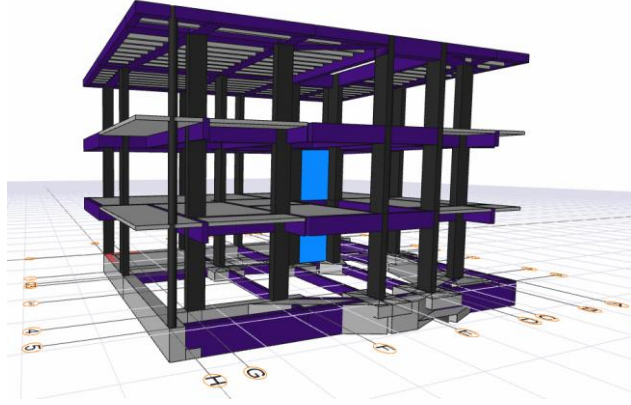


Şekil 4.12. Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü

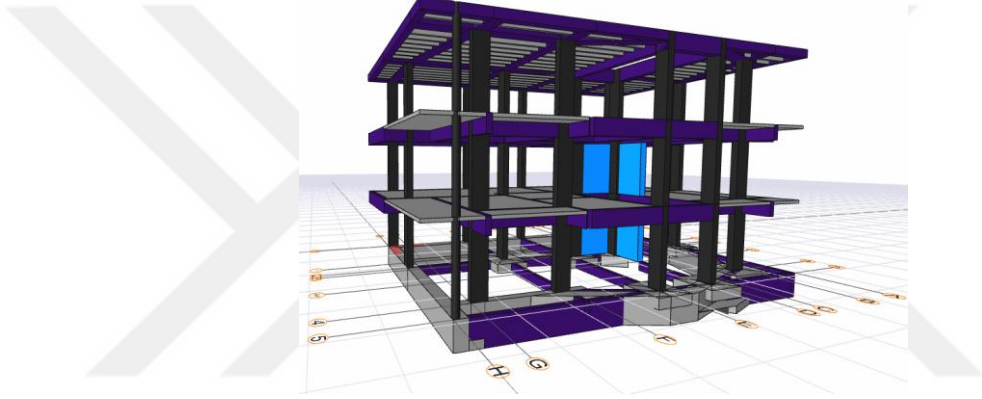


Şekil 4.13. Durum 3 için yapının 3 boyutlu görüntüsü

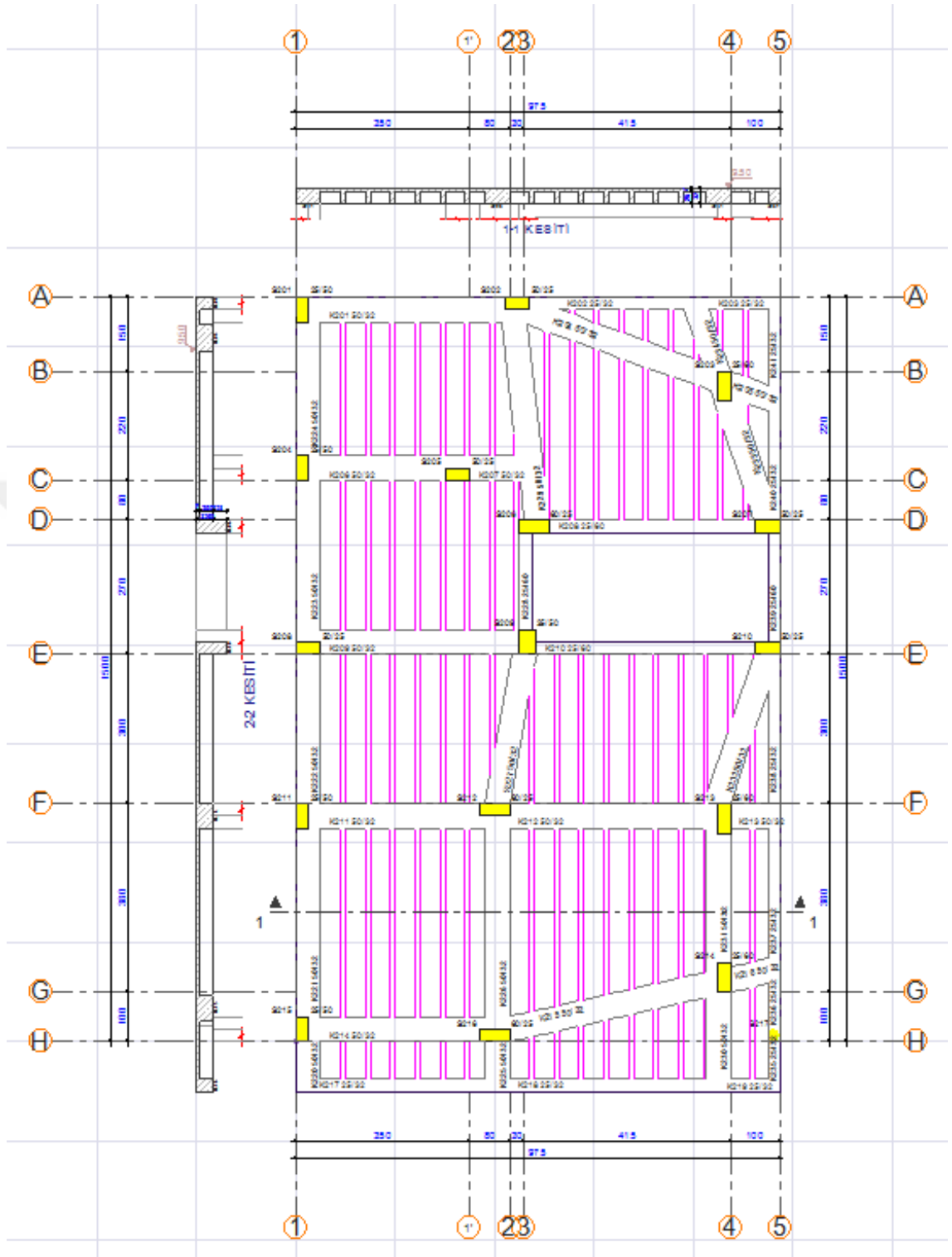




Şekil 4.14. Durum 4 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.15. Durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.16. Durum 3-durum 4 ve durum 5 için yapının 3. Katının kalıp planı

Çizelge 4.8. Örnek 2 + EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı 1.Durum (Mevcutlu)	2 Katlı- 2.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı-3.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-4.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı-5.Durum (Güçlendirmeli-Çift Perdeli)							
		Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri				
Zemin	Kiriş	36	57	7	0	50	50	0	0	29	21	43	7	43	36	21	0	100	0	0	0
	Kolon	47	53	0	0	100	0	0	0	12	88	0	0	88	12	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	18	82	0	0	100	0	0	0	5	95	0	0	81	19	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	71	29	0	0	86	14	0	0	36	50	14	0	43	43	14	0	71	29	0	0
	Kolon	59	35	6	0	76	24	0	0	6	94	0	0	53	47	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	69	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	45	50	5	0	100	0	0	0	3	97	0	0	58	42	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	71	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	0	95	5	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.9. Örnek 2 - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı 1.Durum (Mevcutlu)	2 Katlı- 2.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı- 3.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-4.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı-5.Durum (Güçlendirmeli-Çift Perdeli)							
		Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	İleri				
Zemin	Kiriş	50	29	14	7	50	43	7	0	29	21	21	9	50	21	21	7	86	14	0	0
	Kolon	53	47	0	0	100	0	0	0	12	88	0	0	88	12	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	22	78	0	0	100	0	0	0	5	95	0	0	81	19	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	57	43	0	0	86	14	0	0	50	14	29	7	50	29	14	7	71	29	0	0
	Kolon	71	29	0	0	88	12	0	0	6	94	0	0	65	35	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	81	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	52	48	0	0	100	0	0	0	6	94	0	0	70	30	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	82	18	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	0	95	5	0	0	95	5	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

+ EX doğrultusunda 1. normal katta kolonlarda ileri hasar durumu gözlemlenmektedir. Yapıya güçlendirme eklerin yapılmasıyla ileri hasar durumu ortadan kalkmıştır.

Yapının 3 katlı durumu en olumsuz durumdur. Yapının kirişlerinde göçme durumu vardır. Yapıya 2 katlı durumda yapılan güçlendirmeler bile yeterli gelmemiştir. Göçme durumu devam etmiş bunun üzerine ‘‘ X’’ yönünde yeni bir perde eklenmiştir.

Bu perdenin yapıya eklenmesiyle yapıdaki olumsuz durum ortadan kalkmıştır. Ayrıca göçme ve ileri hasar durumları kolon ve kirişlerde olmak üzere ortadan kalkmıştır.

Çizelge 4.10. Örnek 2 + EY doğrultusu- % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı 1.Durum (Mevcutlu)	2 Katlı- 2.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)			3 Katlı- 3.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-4.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı-5.Durum (Güçlendirmeli-Çift Perdeli)							
Kat Eleman Tipi	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme					
Zemin	Kiriş	63	6	19	1394	6	0	0	38	25	6	31	94	6	0	0	100	0	0	0
	Kolon	53	47	0	0	100	0	0	0	100	0	0	94	0	6	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	21	79	0	0	100	0	0	0	100	0	0	56	0	44	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	69	19	6	6	100	0	0	50	19	19	13	75	19	6	0	81	13	6	0
	Kolon	53	47	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	34	66	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.11. Örnek 2 - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı 1.Durum (Mevcutlu)	2 Katlı- 2.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)			3 Katlı-3.Durum (İlave Katlı)				3 Katlı-4.Durum (S6-S9 Güçlendirmeli-Tek Perdeli)				3 Katlı-5.Durum (Güçlendirmeli-Çift Perdeli)								
Kat Eleman Tipi	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme	Minimum Belirgin İleri Göçme						
Zemin	Kiriş	44	31	$\frac{1}{3}$	0	100	0	0	0	38	31	6	25	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	53	47	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	94	0	6	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	21	79	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	56	0	44	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	75	13	$\frac{1}{3}$	0	100	0	0	0	44	31	6	25	75	19	6	0	75	25	0	0
	Kolon	59	41	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvveti	41	59	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	0	96	4	0	0	96	4	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvveti	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.12. Perde eklenmeden önce B2-komsu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Kat Genel Ayarları		X Yönü				Y Yönü					
Kat	h [m]	$\Delta i(ort)$ [mm]	$\frac{\Delta i}{h_i}$	$\frac{\Delta(i+1)}{h(i+1)}$	$\eta_{ki}(+/-)$	Düzensizlik $\eta_{ki}>2$	$\Delta i(ort)$ [mm]	$\frac{\Delta i}{h_i}$	$\frac{\Delta(i+1)}{h(i+1)}$	$\eta_{ki}(+/-)$	Düzensizlik $\eta_{ki}>2$
2. KAT	3.00	20.77	0.00692		- / 0.53	Yok	19.26	0.00642		- / 0.56	Yok
1. KAT	3.00	39.30	0.0131	0.00692	1.89/1.12	Yok	34.44	0.0115	0.00642	1.79/1.02	Yok
ZEMİN KA'	3.00	35.11	0.0117	0.0131	0.89 / -	Yok	33.85	0.0113	0.0115	0.98 / -	Yok

Çizelge 4.13. Perde eklendikten sonra B2-komsu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Kat Genel Ayarları		X Yönü				Y Yönü					
Kat	h [m]	$\Delta i(ort)$ [mm]	$\frac{\Delta i}{h_i}$	$\frac{\Delta(i+1)}{h(i+1)}$	$\eta_{ki}(+/-)$	Düzensizlik $\eta_{ki}>2$	$\Delta i(ort)$ [mm]	$\frac{\Delta i}{h_i}$	$\frac{\Delta(i+1)}{h(i+1)}$	$\eta_{ki}(+/-)$	Düzensizlik $\eta_{ki}>2$
2. KAT	3.00	20.07	0.00669		- / 1.27	Yok	19.75	0.00658		- / 3.35	<b>Var</b>
1. KAT	3.00	15.83	0.00528	0.00669	0.79/1.34	Yok	5.90	0.00197	0.00658	0.30/1.70	Yok
ZEMİN KAT	3.00	11.77	0.00392	0.00528	0.74 / -	Yok	3.46	0.00115	0.00197	0.59 / -	Yok

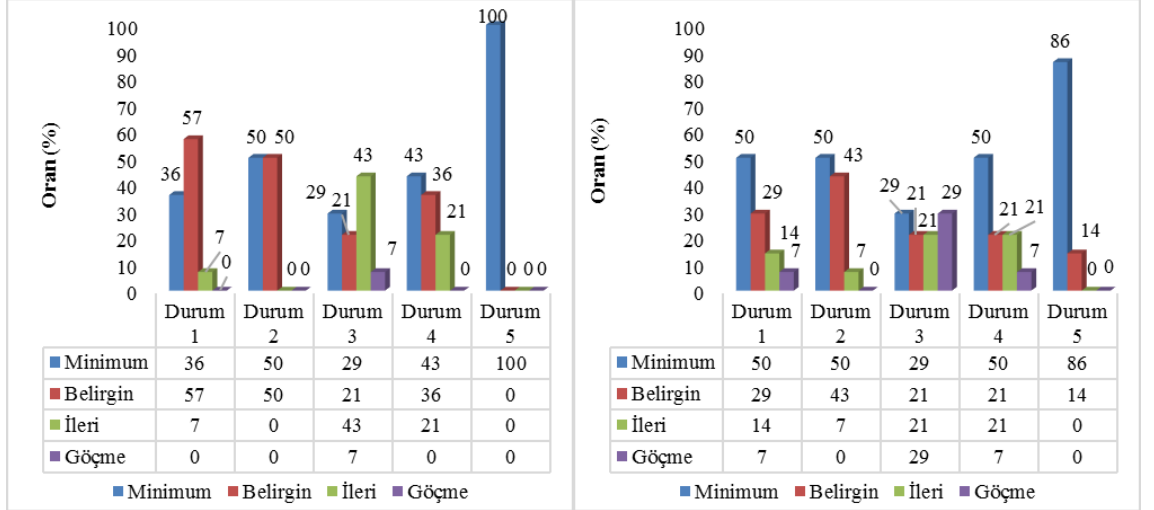
Yapıya eklenen güçlendirme perdelerinin bina yüksekliği boyunca devam etmemesinin yapıda yumuşak kat düzensizliğine sebep olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.14. Örnek 2 için durumlar çizelgesi

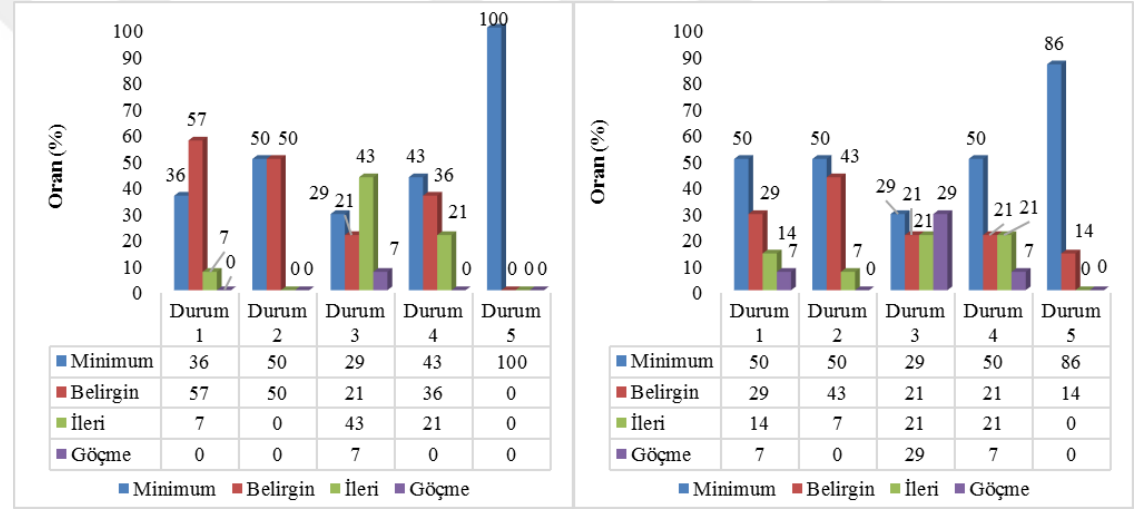
Durumlar	2 katlı	3 katlı	Mantolu	X yönünde Perdeli	Y yönünde perdeli
Durum 1	X				
Durum 2	X		X		X
Durum 3		X			
Durum 4		X	X	X	X

Grafiklerden görüldüğü üzere mevcut haliyle kiriş elemanda göçme hasar durumu meydana gelmektedir. Bu durumda iken yapıya kolon mantolaması yapılmış ve y yönünde güçlendirme perdesi eklenmiştir. Böylelikle göçme hasar durumunun sıfırlandığı gözlemlenmektedir.(Şekil 4.17b-d-e-f-g-h).

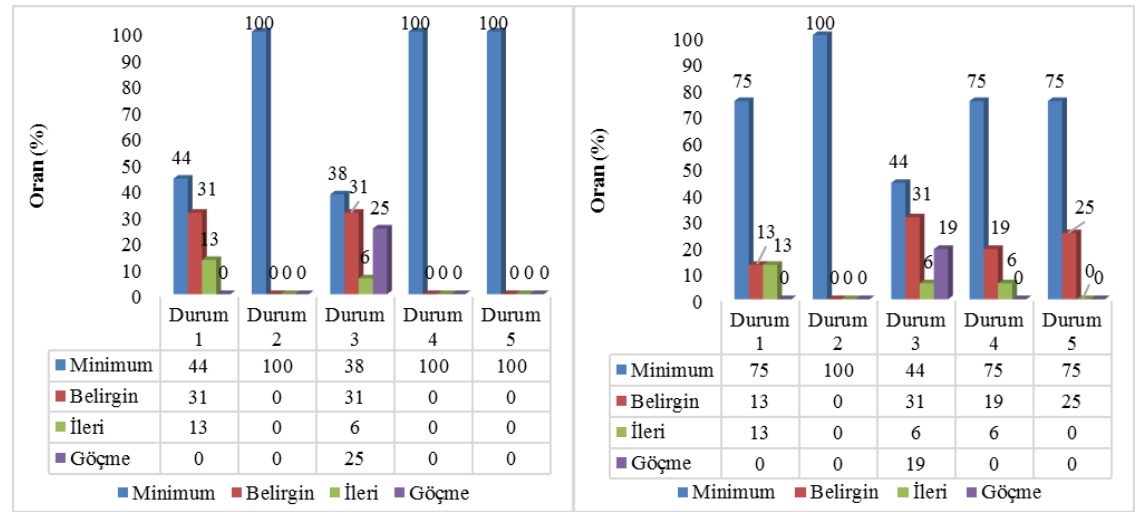
3. Durumda kat ilavesi kirişleri olumsuz etkilemiş göçme durumuna getirmiştir (Şekil 4.17). 4. durumda yapılan güçlendirme ile her ne kadar göçmedeki eleman hasarı azalmışsa da bu can güvenliği şartını sağlamaya yetmemiş, göçme hasar durumundaki kiriş elemanların hasar yüzdesi sıfırlanamamıştır (Şekil 4.17 b-d). Bunun üzerine X yönünde perde eklenmiş (durum 5) ve kiriş hasar yüzdesinde belirgin bir düzelme meydana gelmiştir. Böylelikle yapı can güvenliği performans kriteri sağlanmıştır.



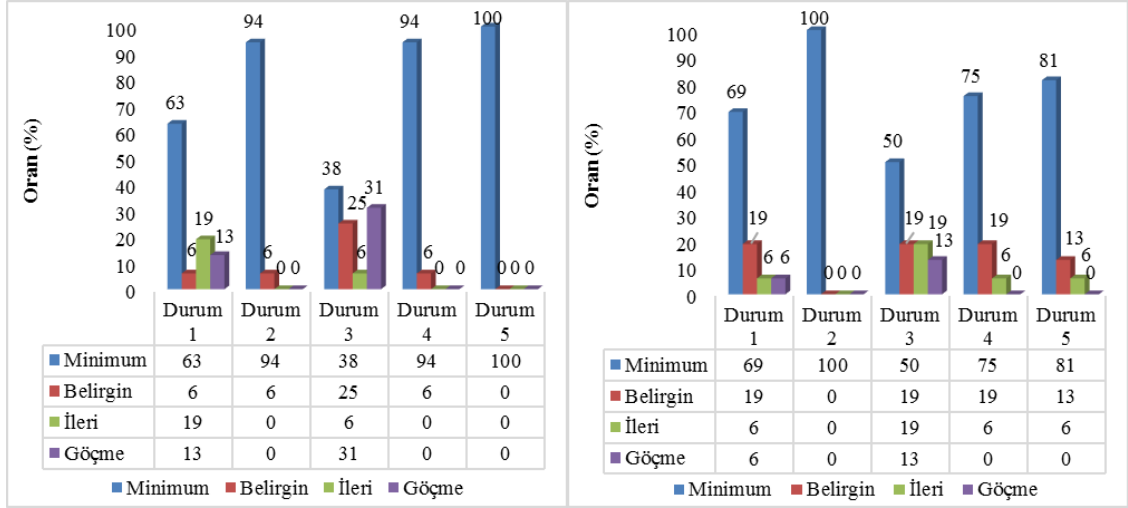
(a) Zemin Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kirişler İçin - EX Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.17 Örnek 2 için kiriş hasar durumları



(c) Zemin Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (d) Zemin Kat Kirişler İçin - EX Hasar Oranları (%)

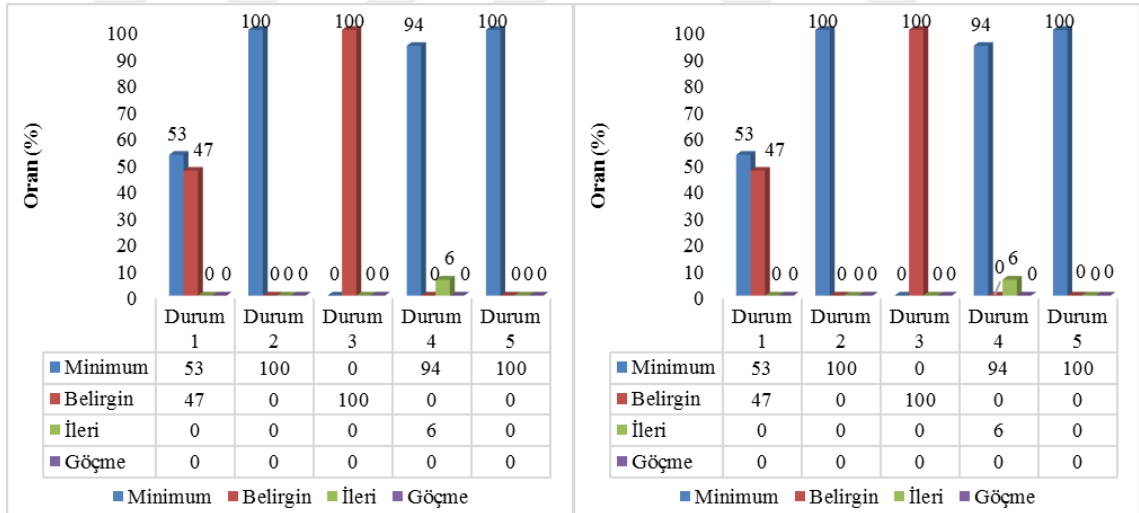


(e) Zemin Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%) (f) 1. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)

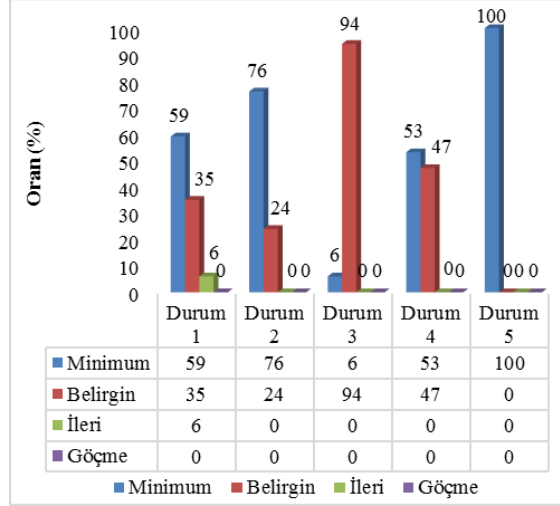


(g) Zemin Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%) (h) 1. Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.17 (Devamı) Örnek 2 için kiriş hasar durumları

Y yönündeki grafiklerde X yönündekilere benzer bir eylem görülmekle birlikte sadece mevcut durumda ve kat ilavesi durumunda kirişlerde Y yönünde göçme görülmektedir. İlk eklenen perdenin Y yönünde olması Y yönündeki kiriş hasarlarını X yönüne göre daha çok azaltığı düşünülmektedir.



(a) Zemin Kat Kolonlar İçin + EY Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kolonlar İçin - EY Hasar Oranları (%)



(c) 1. Kat Kolonlar İçin + EX Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.18 Örnek 2 için kolon hasar durumları

Zemin kat ve 1. Kat kolonları için benzer yorumlar yapılabilir. Özellikle Y yönünde, perde eklendikten sonra hasar yüzdeleri dikkat çekici düzeyde azalmıştır (Şekil 4.18a-b-c). 1. Durumda görülen belirgin hasar düzeyi, 2.durumda minimuma düşmüş 3. durumda kat ilavesi yapıyı olumsuz etkilemiştir. Yapı mevcut 2 katlı halden 3 katlı duruma çıkarken hasar yüzdelerinde görülen durum kolonlardaki minimum hasar oranlarını belirgin hasar oranına kaydırmıştır (Şekil 4.18a-b-c). 4. durumda yapılan güçlendirme can güvenliği kriterini sağlamaya yetmemiş bunun üzerine yapıya X yönünde perde ilave edilmiştir (Durum 5). Sonuçta, yapıya 2. perdenin eklenmesi yapıdaki kolonlarda bulunan hasar durumunu minimuma düşürmüştür (Şekil 4.18c).

Özetle mevcut yapı eski yönetmeliğe tabi olduğundan dolayı kat ilavesi yapıldığında TDY 2007'ye göre can güvenliği kriterini sağlamamıştır. Bu yüzden yapıya her yönde bir tane olmak üzere güçlendirme perdesi eklenmiş ve iki adet kolona mantolama yapılmıştır.

Örnekler incelendiğinde yapıya uygulanacak güçlendirme yapının mimarisine uygun olabilir. Fakat yapıya güçlendirme perdesi uygulanacaksa perdenin konumu ve bina yüksekliği boyunca devam ettirilmesi de önemlidir. Güçlendirme perdesi yapıda düzensizlik durumu ortaya çıkarabilmektedir (Çizelge 4.12-4.13). Bu sebeple perdenin yapıya olumsuz etkide bulunabileceği de unutulmamalıdır. Güçlendirme yapılırken uygun yerlerin tespit edilmesi ve uygun yöntemlerin seçimi hem maliyet bakımından hem de yapıya gereksiz yüklerin yüklenmemesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.



### **4.3. Örnek 3 ( Yapıldığı Zamanki Yönetmelik Olan 1975 Afet Yönetmeliğine Uygun Yapılmamış Bir Yapının TDY 2007'ye Göre Kat İlavesi Durumunun İncelenmesi ve Mantolama Örneği)**

Bu çalışmada, Hatay bölgesinde yapılmış eski bir yapının yeni yönetmeliğe göre güçlendirilmesi ve kat ilavesi incelenmiştir. İncelenen yapı, bodrum kat, zemin kat ve 1 normal kattan oluşmaktadır. Yapının imarı 4 kat olup 2 katı (bodrum üstü 2 kat) mevcuttur. Yapının statik-betonarme projelerine ulaşamadığı için yapıda temel bazı incelemelerde bulunulmuş ve bilgisayar modelinin oluşturulabilmesi için gerekli bilgiler toplanmıştır. Yapının ruhsat tarihi itibarıyla 1998 deprem yönetmeliği öncesinde inşa edildiği anlaşılmaktadır. Bu bilgi ışığında yapının taşıyıcı sistem elemanlarının TDY 2007' ye uygun olup olmadığı irdelenmiş ve minimum 25 cm olması gereken kolon enlerinin 20 cm olarak yapıldığı tespit edilmiştir. Bu ölçülerdeki kolon boyutları yönetmeliklere uygun değildir. Bu durumun düzeltilmesi için kolonlardaki beton ve donatı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu amaçla yapıdan bilgi toplanması aşamasına geçilmiştir. Röntgen cihazı ile hasarsız bir şekilde kolon ve kirişlerden donatı okuması yapılmış ve kolonlardan karot numuneleri alınmıştır. Bu inlemeler sonucunda beton sınıfının C20, çelik sınıfının S220 olduğun tespit edilmiştir. Sonraki aşamada elde edilen bilgilerle yapı bilgisayar ortamında modellenmiştir. Yapının projesi bulunamadığı için bilgi düzeyi olarak orta bilgi düzeyi seçilmiştir. Yapı konut yapısı olduğu için, hedef performans kriteri can güvenliği olarak seçilmiştir. Performans analizi için deprem yükü azaltma katsayısı 1 olarak alınmıştır.

Bu örnekte yapı 5 farklı durumda incelenmiştir;

- Durum 1: Yapı mevcut haliyle 2 katlı olarak incelenmiştir.
- Durum 2: Yapı 2 katlı ve tüm kolonlar mantolu olarak incelenmiştir. Tüm kolonlar 20x50 ebadındadır. Bu kolonlara L şeklinde olmak üzere 15 cm eninde manto eklenmiştir. Yeni ebatları 35x65 olmuştur.
- Durum 3: Yapı mevcut haline 1 kat eklenmesi suretiyle 3 katlı olarak incelenmiştir.

• Durum 4: Yapı 3 katlı ve tüm kolonlar mantolu olarak incelenmiştir. .Tüm kolonlar 20x50 ebadındadır. Bu kolonlara L şeklinde olmak üzere 15 cm eninde manto eklenmiştir. Yeni ebatları 35x65 olmuştur.

• Durum 5: Yapı 3 katlı olarak, tüm kolonlar mantolu ve zemin kat perdeli olarak incelenmiştir. Tüm kolonlar 20x50 ebadındadır. Bu kolonlara L şeklinde olmak üzere 15 cm eninde manto eklenmiştir. Yeni ebatları 35x65 olmuştur. Bunun dışında zemin katta olmak üzere X yönünde 25 cm eninde merdivenin üst kenarında olmak üzere P1 güçlendirme perdesi eklenmiştir.

Yapının bilgisayar ortamında modellenmesinden sonra analiz aşaması başlatılmıştır. Sonrasın da 2 katlı yapının mevcut haliyle mod birleştirme yöntemi kullanılarak dinamik analizi ve performans analizi yapılmıştır. Yapının göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Güçlendirme performans özet raporu 1

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Deprem Yükleme (+X Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (-X Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	GÖÇME	X

Daha sonra mevcutlu yapıdaki 20 cm lik olan tüm kolonlara "L" şeklinde manto eklenmiştir. Yapıya tekrar performans analizi uygulanmıştır. Can güvenliği hedef kriterinin sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Güçlendirme performans özet raporu 2

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√

Yapının mevcut haline (güçlendirme yapılmamış hal) bir kat daha eklenmiş ve tekrardan analizleri yapılmıştır. Yapıya kat ilavesi yapıldıktan sonraki analizler sonucunda yapının göçmede olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Güçlendirme performans özet raporu 3

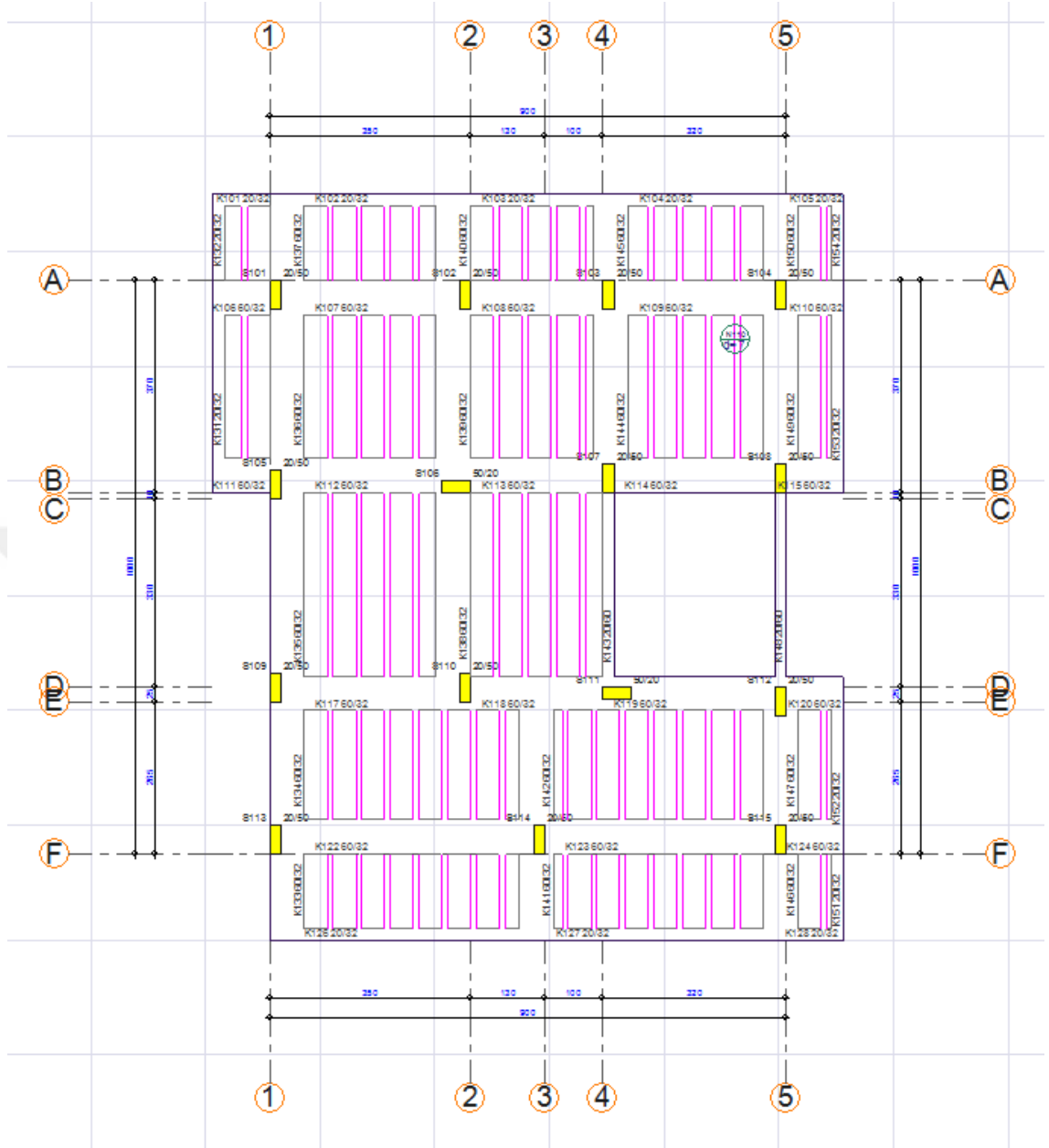
<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Deprem Yükleme (+X Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (-X Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	GÖÇME	X
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	GÖÇME	X

Bu aşamadan sonra yapının 2 katlı halinde uygulanan betonarme kolon ekleri yapı 3 katlı iken tekrar uygulanmıştır. Fakat 3. kat yeni yapılacak olması sebebiyle yeni kolon gibi düşünülerek alttaki kolonların devamı şeklinde projesinde dizaynı yapılmıştır. Yapının bu şekildeki projesinin analizi sonucunda performans analizi hedef kriteri olan can güvenliğini sağladığı görülmüştür. (Çizelge 4.18).

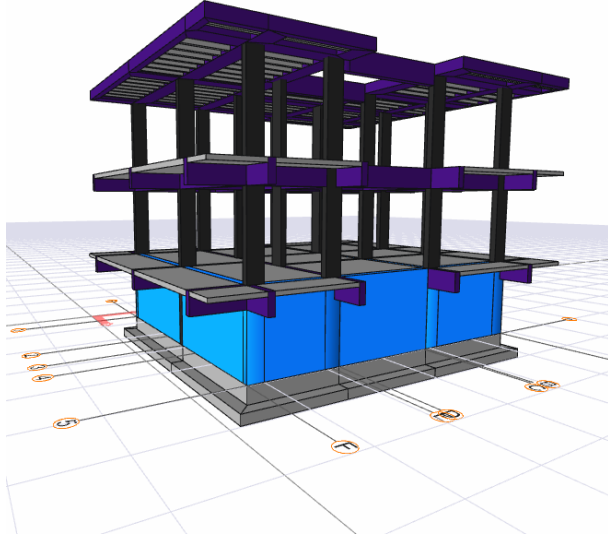
Çizelge 4.18. Güçlendirme performans özet raporu 4

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√

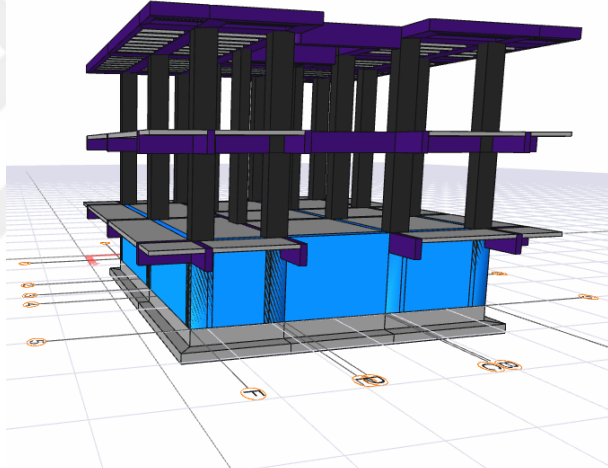
Her ne kadar yapı performans analizi kriterini sağlasa da analiz sonuçlarında bir gevrek elemana rastlanması nedeniyle zemin katın merdiven kenarına boydan boya “X” yönünde perde eklenmesi kararı alınmış ve sonrasında yapılan analiz sonucunda gevrek elemana rastlanmamıştır.



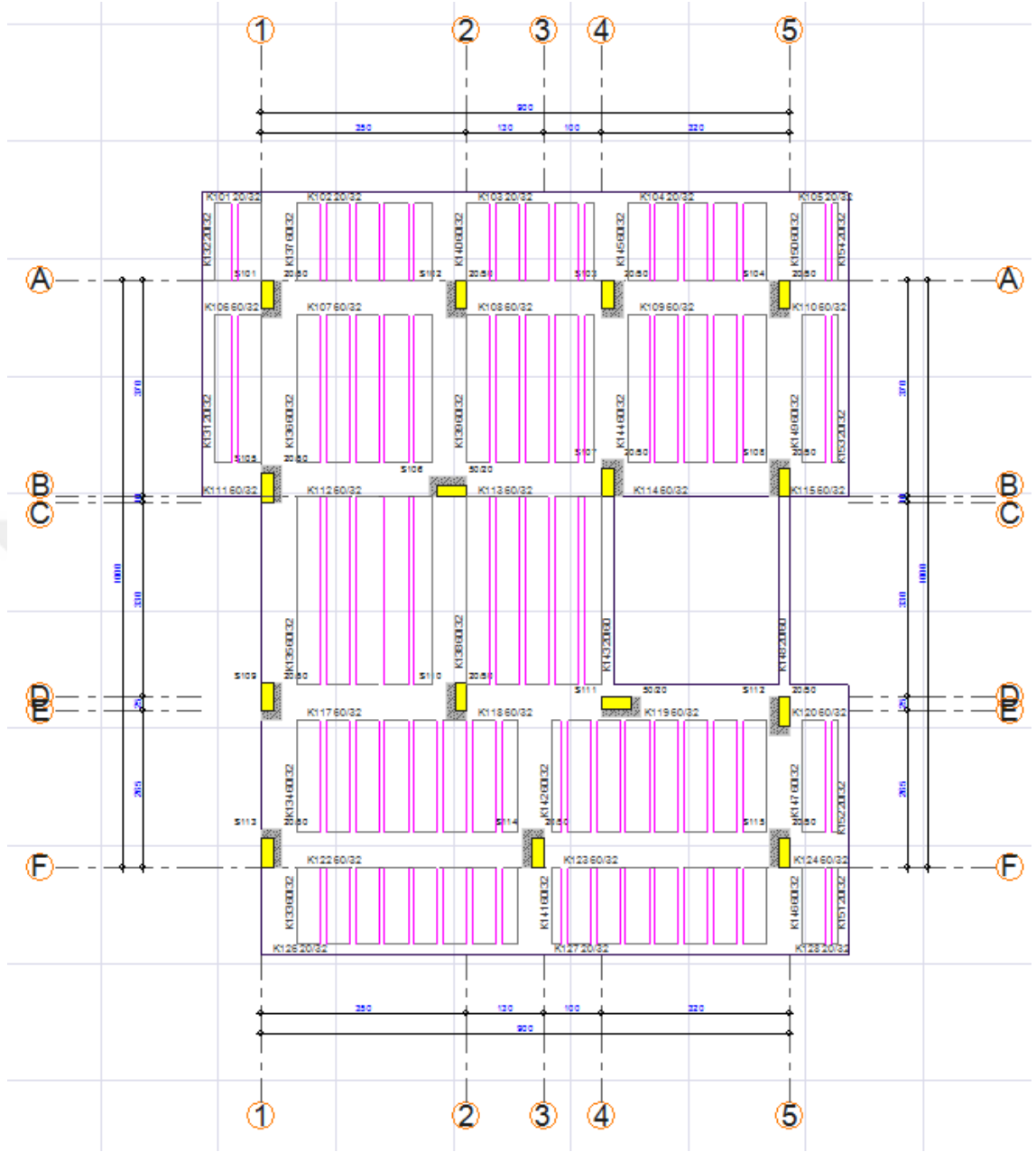
Şekil 4.19. Durum1 ve durum 3 için yapının 1. kat kalıp planı



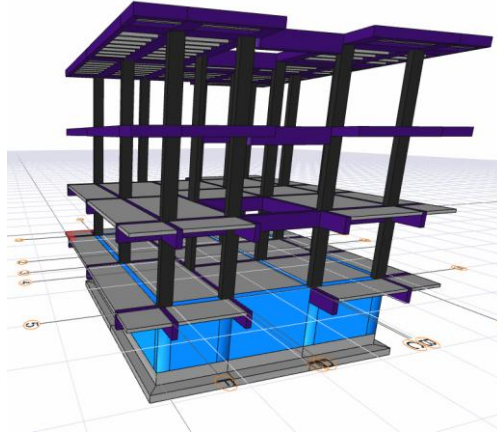
Şekil 4.20. Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



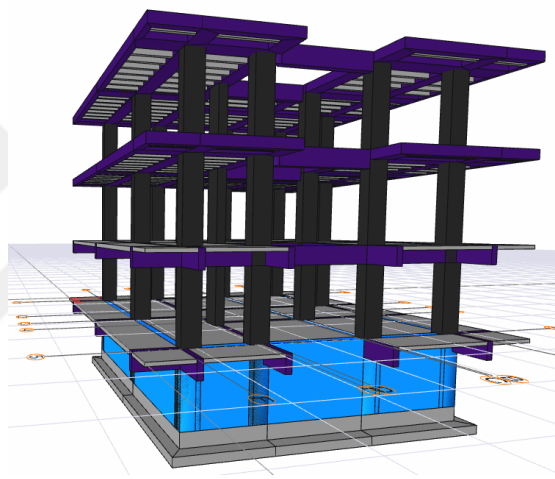
Şekil 4.21. Durum 2 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



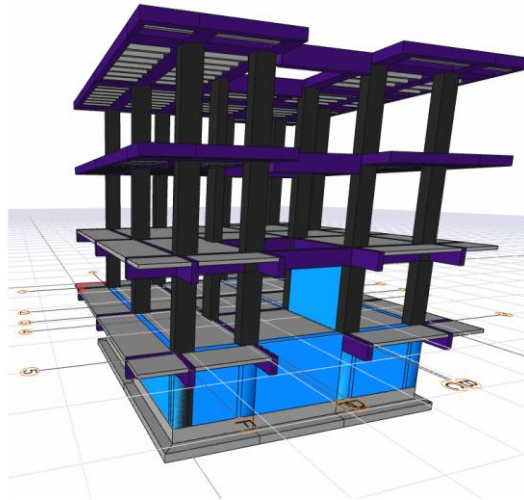
Şekil 4.22. Durum 2-durum 4 ve durum 5 için yapının 1. Kat kalıp planı



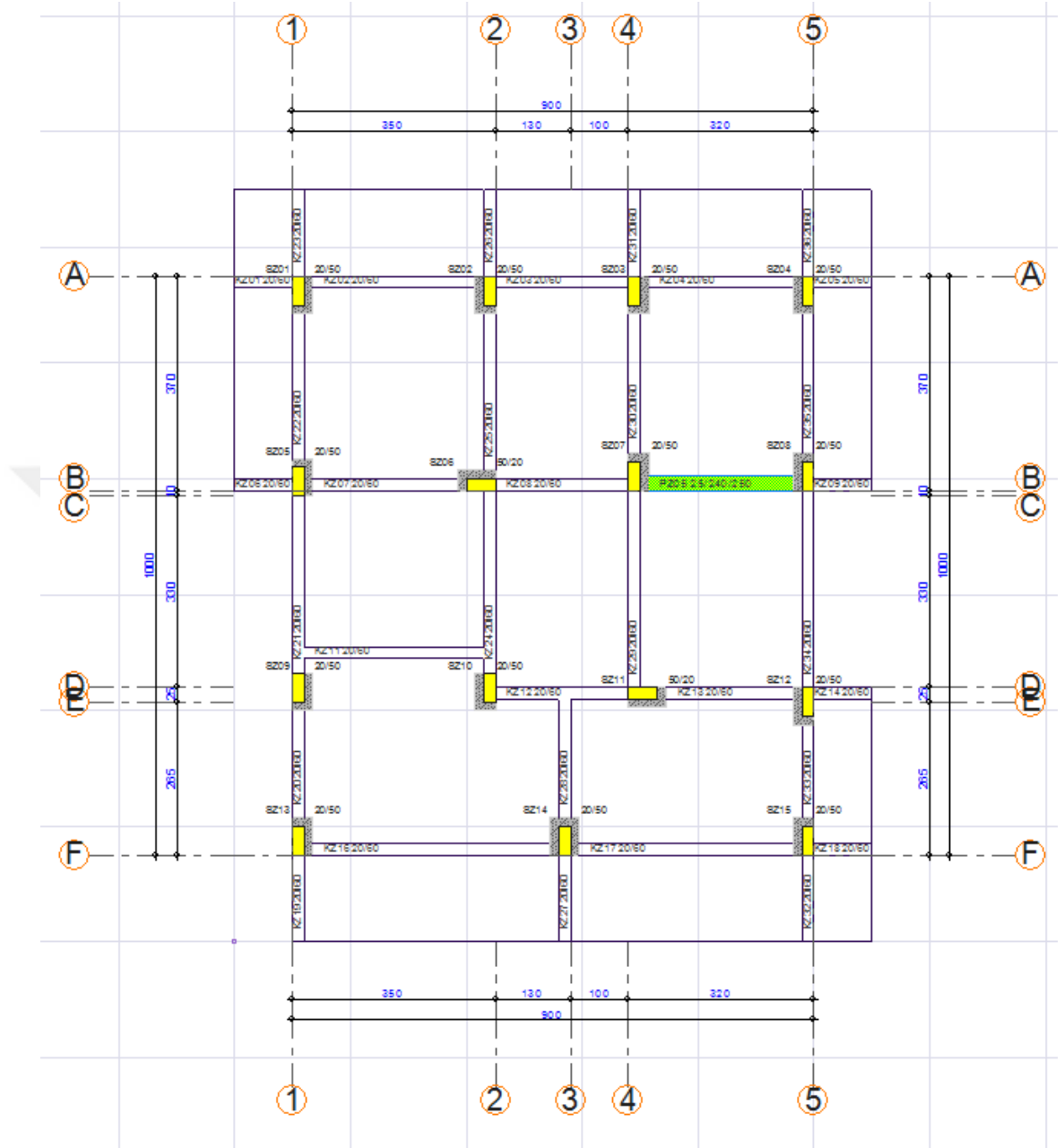
Şekil 4.23. Durum 3 için yapının boyutlu görüntüsü



Şekil 4.24. Durum 4 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.25. Durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.26. Durum 5 için yapının zemin kat kalıp planı

Yapıya ilave kat eklenmesi hasar durumunu arttırmıştır. Buna ek olarak yapıdaki tüm kolonların manto şeklinde güçlendirilmesi yapıyı göçme durumundan kurtarmıştır (Çizelge 4.19-4.20-4.21-4.22). Yapıda gevrek eleman durumunu düzeltmek için eklenen perde X yönündeki hasar oranlarını olumlu etkilemiş (Çizelge 4.19-4.20), ancak Y yönünde ise çok az bir miktarda olumsuz etkilediği görülmüştür (Çizelge 4.21-4.22).



Çizelge 4.19. + EX doğrultusu- % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)			2 Katlı- 2.Durum (tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-3.Durum (İlave Katlı)			3 Katlı-4.Durum (tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-5.Durum (Mantolu-Zemin Kat Perdeli)		
	Eleman Tipi	Minimum	Belirginleri	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme
Bodrum	Kiriş	83	17 0 0	92	8 0 0	0	83	17 0 0	0	83	17 0 0	0	100	0 0 0	0
	Kolon	93	0 0 7	100	0 0 0	0	93	0 0 7	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Panel	100	0 0 0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	99	0 0 1	100	0 0 0	0	99	0 0 1	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	100	0 0 0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
Zemin	Kiriş	44	56 0 0	38	63 0 0	0	44	56 0 0	0	38	50 13 0	0	63	38 0 0	0
	Kolon	0	87 0 13	93	7 0 0	0	0	87 0 13	93	7 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Panel	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	55 0 45	85	15 0 0	0	0	56 0 44	85	15 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0 0 0	0	100	0 0 0	0	
1. Kat	Kiriş	72	28 0 0	68	32 0 0	0	56	44 0 0	0	40	56 4 0	0	44	56 0 0	0
	Kolon	0	100 0 0	100	0 0 0	0	0	100 0 0	0	100	0 0 0	0	93	7 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100 0 0	100	0 0 0	0	0	100 0 0	0	100	0 0 0	0	85	15 0 0	0
2. Kat	Kiriş	0	0 0 0	0	0 0 0	0	80	20 0 0	0	60	40 0 0	0	64	36 0 0	0
	Kolon	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	00 0 0	0	53	47 0 0	0	60	40 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	100 0 0	34	66	0 0 0	0	40	60 0 0	0

Çizelge 4.20. - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)			2 Katlı- 2.Durum (tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-3.Durum (İlave Katlı)			3 Katlı-4.Durum (tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-5.Durum (Mantolu-Zemin Kat Perdeli)		
	Eleman Tipi	Minimum	Belirginleri	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme	Minimum	Belirginleri	Göçme
Bodrum	Kiriş	83	17 0 0	92	8 0 0	0	83	17 0 0	0	83	17 0 0	0	100	0 0 0	0
	Kolon	93	0 0 7	100	0 0 0	0	93	0 0 7	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Panel	100	0 0 0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	99	0 0 1	100	0 0 0	0	99	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	100	0 0 0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0	100	0 0 0	0
Zemin	Kiriş	44	56 0 0	38	63 0 0	0	38	63 0 0	0	38	50 13 0	0	69	31 0 0	0
	Kolon	0	87 0 13	93	7 0 0	0	0	87 0 13	93	7 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Panel	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	55 0 45	85	15 0 0	0	0	56 0 44	85	15 0 0	0	100	0 0 0	0	
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	0 0 0	0	0 0 0	0	100	0 0 0	0	
1. Kat	Kiriş	80	20 0 0	64	36 0 0	0	64	36 0 0	0	40	52 8 0	0	48	52 0 0	0
	Kolon	0	100 0 0	100	0 0 0	0	0	100 0 0	0	100	0 0 0	0	93	7 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	100 0 0	100	0 0 0	0	0	100 0 0	0	100	0 0 0	0	85	15 0 0	0
2. Kat	Kiriş	0	0 0 0	0	0 0 0	0	88	12 0 0	0	56	44 0 0	0	72	28 0 0	0
	Kolon	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	100 0 0	0	67	33 0 0	0	100	0 0 0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	100 0 0	48	52	0 0 0	0	100	0 0 0	0

Çizelge 4.21. + EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

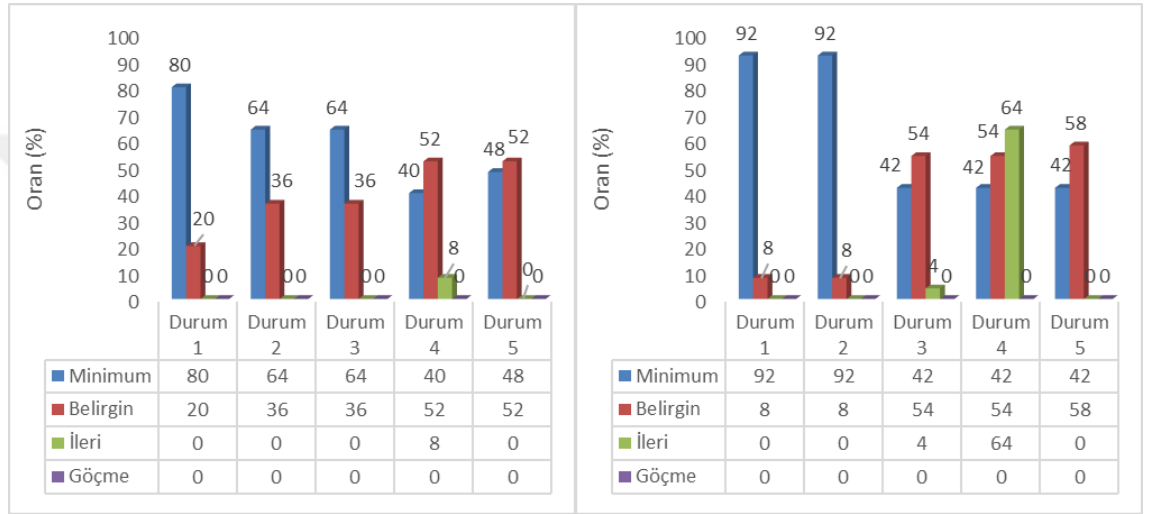
Durumlar	2 Katlı- 1.Durum(Mevcutlu)			2 Katlı- 2.Durum(tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı- 3.Durum(İlave Katlı)			3 Katlı-4.Durum(tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-5.Durum (Mantolu Zemin Kat Perdeli)				
	Eleman Tipi	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme
Bodrum	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	83	17	0	0	100	0	0	0
	Kolon	93	0	0	7	100	0	0	0	93	0	0	7	100	0	0	0
	Panel	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	83	0	0	17	100	0	0	0	83	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Zemin	Kiriş	50	500	0	44	56	0	0	44	56	0	0	39	56	6	0	39
	Kolon	13	870	0	100	0	0	0	0	73	0	27	100	0	0	0	100
	Panel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	3	970	0	100	0	0	0	0	67	0	33	100	0	0	0	100
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
1. Kat	Kiriş	83	170	0	75	25	0	0	42	58	0	0	42	54	4	0	42
	Kolon	67	330	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100
	Kolon Kesme Kuvvetleri	54	460	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	71	29	0	0	54	46	0	0	58
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	13	87	0	0	100	0	0	0	100
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	10	90	0	0	100	0	0	0	100

Çizelge 4.22. - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Durumlar	2 Katlı- 1.Durum (Mevcutlu)			2 Katlı- 2.Durum(tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı- 3.Durum (İlave Katlı)			3 Katlı-4.Durum(tüm kolonlar mantolu)			3 Katlı-5.Durum (Mantolu Zemin Kat Perdeli)				
	Eleman Tipi	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme	Minimum	Belirginlik	İleri	Öçme
Bodrum	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	83	17	0	0	100	0	0	0
	Kolon	93	0	0	7	100	0	0	0	93	0	0	7	100	0	0	0
	Panel	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	83	0	0	17	100	0	0	0	83	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme Kuvvetleri	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Zemin	Kiriş	50	50	0	44	56	0	0	44	56	0	0	39	56	6	0	39
	Kolon	13	87	0	100	0	0	0	0	73	0	27	100	0	0	0	100
	Panel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kolon Kesme Kuvvetleri	3	97	0	100	0	0	0	0	66	0	34	100	0	0	0	100
	Panel Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
1. Kat	Kiriş	92	8	0	92	8	0	0	42	54	4	0	42	54	4	0	42
	Kolon	53	47	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100
	Kolon Kesme Kuvvetleri	40	60	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	100
2. Kat	Kiriş	0	0	0	0	0	0	0	83	17	0	0	67	33	0	0	75
	Kolon	0	0	0	0	0	0	0	13	87	0	0	100	0	0	0	100
	Kolon Kesme Kuvvetleri	0	0	0	0	0	0	0	10	90	0	0	100	0	0	0	100

Çizelge 4.23. Örnek 3 için durumlar çizelgesi

Durumlar	2 katlı	3 katlı	Mantolu	X yönünde perdeli
Durum 1	X			
Durum 2	X		X	
Durum 3		X		
Durum 4		X	X	
Durum 5		X	X	X

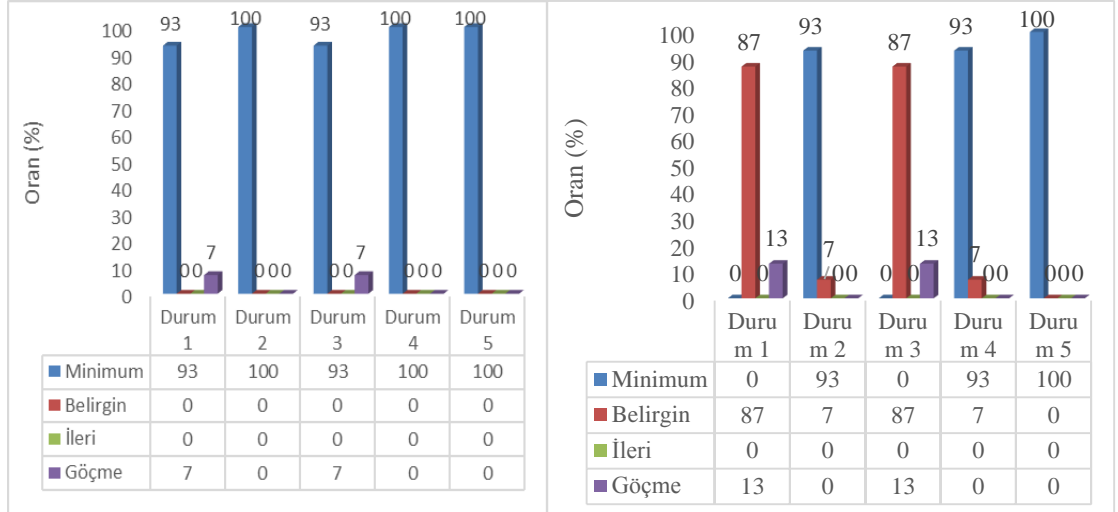


(a) 1. Kat Kirişler İçin - EX Hasar Oranları (%) (b) 1. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)

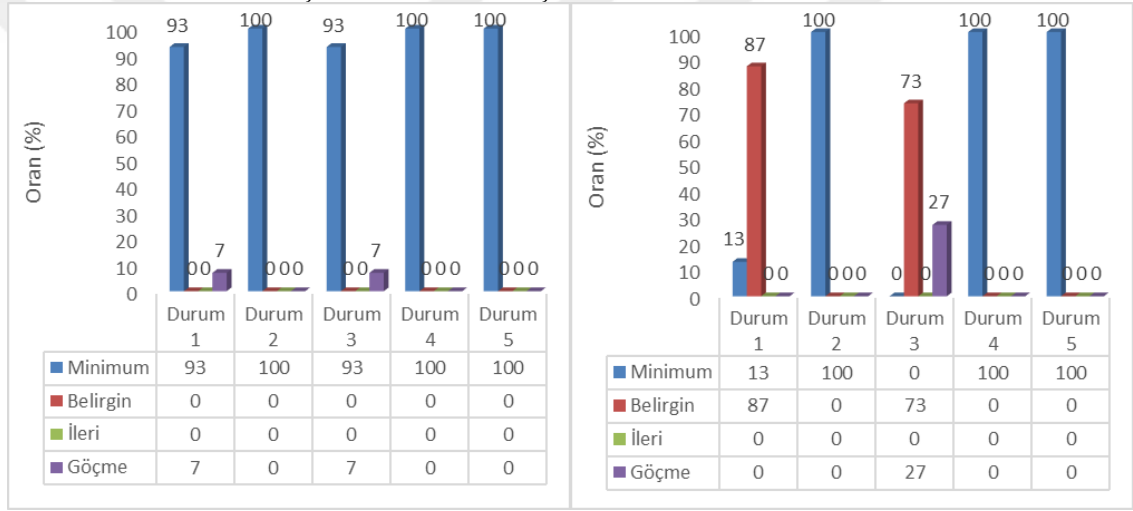
Şekil 4.27. Örnek 3 için kiriş hasar durumları

Yapıdaki kiriş elemanlarında mantolamanın olumsuz etkisi görülmektedir (Şekil 4.27). Hasar durumunda artış olmuştur. Fakat bu durum yapının can güvenliğini sağlamasını engelleyecek düzeyde değildir.

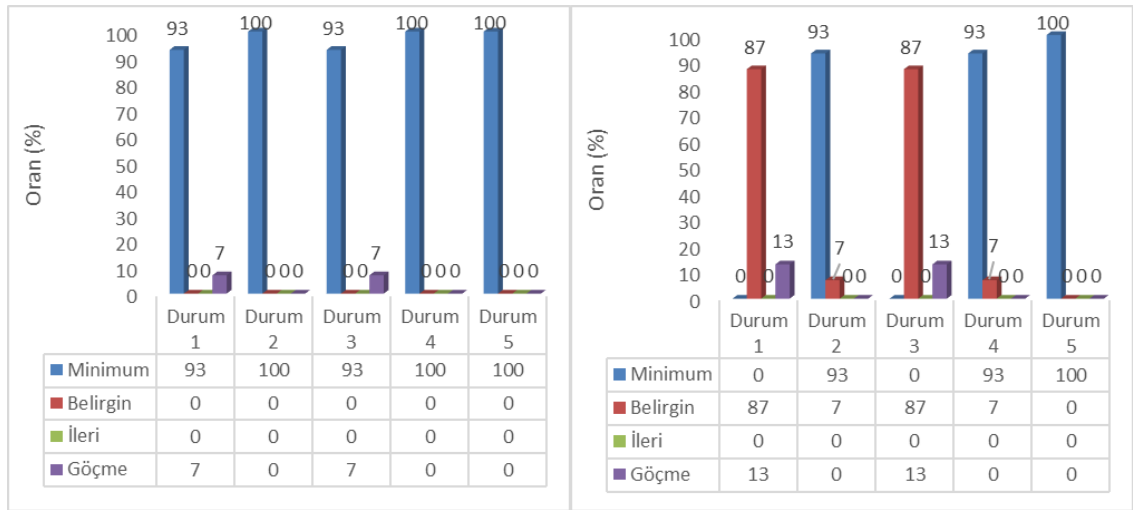
Kolon elemanlarına ait grafikler incelendiğinde yapının mevcut 2 katlı haliyle göçme durumunda olduğu görülmektedir. 2. durumda yani mantolamadan sonra kolonlardaki göçme, bodrum katta minimum hasar durumuna, zemin katta belirgin hasar durumuna kadar düşmüştür. Yapı bu şekilde can güvenliğini sağlamıştır. Yalnız yapıda gevrek eleman bulunmasından dolayı zemin kata X yönünde perde eklenmiştir. Bu perde ise x yönündeki kolon hasarını minimuma düşürmüştür (Şekil 4.28).



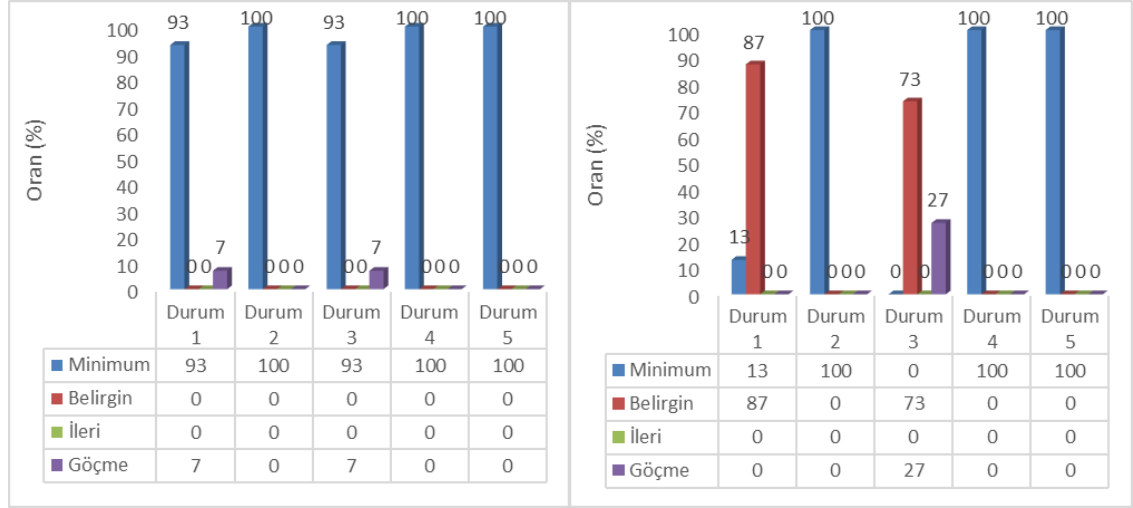
(a) Bodrum Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kolonlar İçin-EX Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.28 Örnek 3 için kolon hasar durumları



(a) Bodrum kat kolonlar için + EY hasar oranları (%) (b) Zemin kat kolonlar için + EY hasar oranları (%)



(a) Bodrum kat kolonlar için + EX hasar oranları (%) (b) Zemin kat kolonlar için + EX hasar oranları (%)



(a) Bodrum kat kolonlar için - EY hasar oranları (%) (b) Zemin kat kolonlar için - EY hasar oranları (%)  
Şekil 4.28 (Devamı) Kolon hasar durumları

Kolonlar için en olumsuz durumun kat ilavesi durumu olan 3. Durumda meydana geldiği görülmektedir.

#### 4.4. Örnek 4 (1975 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış Bir Yapının 1998 Yönetmeliğine Göre Mantolanması Durumunun 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre İrdelenmesi)

Bu çalışmada, Hatay ili İskenderun ilçesinde bulunan zemin + normal katlı, beton sınıfı C20, donatı sınıfı S220, kiriş ebatları 20/60, kolon ebatları 25X40 olan bir yapı incelenmiştir (Şekil 4.39). Bu yapı 2007 deprem yönetmeliğinden önce imal edildiği için 1975 afet yönetmeliği kapsamında inşa edilmiştir. Bu bilgiler ışında yapı bilgisayar ortamında modellenmiştir. Yapının inşa edildiği tarihteki analizlerinde yönetmeliğe uygun olmadığı ve kolonların yetersiz olduğu tespit edildiğinden dolayı 10 adet kolona manto eklenmiştir. Yapının inşa edildiği tarihte güçlendirme programı ve performans analizi olmadığı için güçlendirmenin uygunluğu ve yapı performansının sonuçları hakkında elimizde bir bilgi bulunmadığından dolayı o tarihte yapılan güçlendirmenin uygun olup olmadığının anlaşılabilmesi için yapı günümüzde tekrar çözülmüş ve eski haliyle karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak yapıya yapılmış olan güçlendirmeden farklı bir güçlendirme durumu bilgisayarda modellenerek yapıya önceden uygulanmış olan güçlendirme ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ilk yapılan güçlendirmenin ne kadar etkili olup olmadığı araştırılmıştır.

Yapının projesi 5 durumda incelenmiştir. Bu durumlar şunlardır;

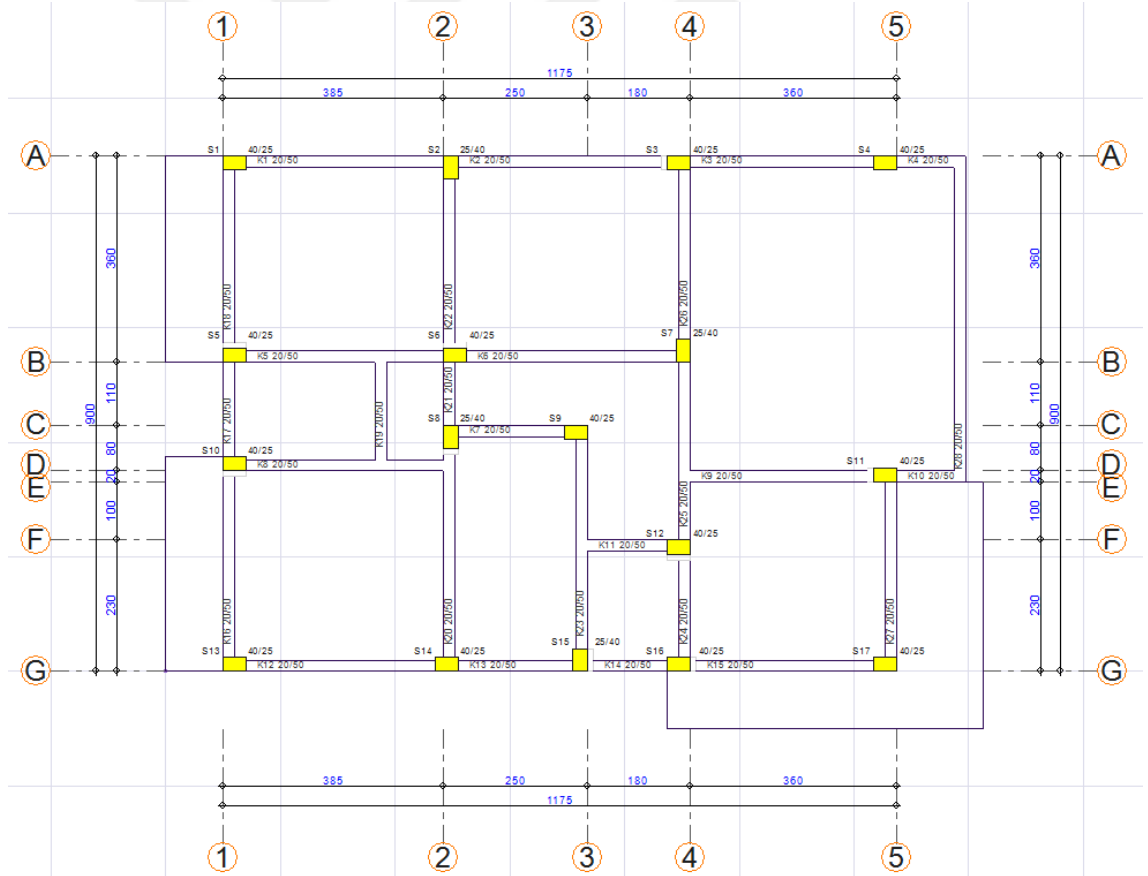
Durum 1:Yapı mevcut haliyle S220 çeliği kullanılarak çözülmüştür.

Durum 2:Yapıdaki 17 kolondan 10 una çeşitli yönlerde güçlendirme yapılmış ve yapı S220 çeliği kullanılarak çözülmüştür. Yapı sanki yeni yapıyormuş gibi çözüm yapılmıştır.

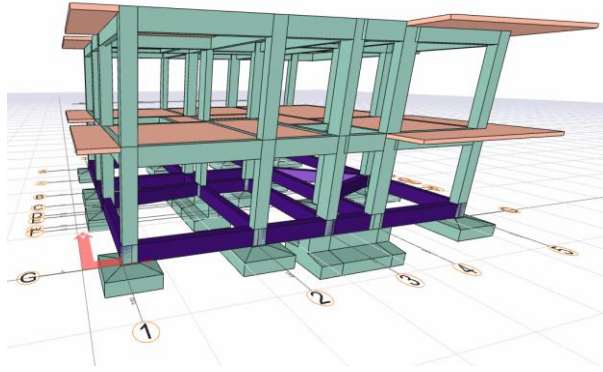
Durum 3:Yapıdaki 17 kolondan 10 una çeşitli yönlerde güçlendirme yapılmış ve yapı S420 çeliği kullanılarak çözülmüştür. Yapı sanki yeni yapıyormuş gibi çözüm yapılmıştır.

Durum 4:Mevcut kolonlar S220 çeliği ile 10 cm lik betonarme ilave kısım ise S420 çeliği ile çözülmüştür.

Durum 5:Sadece üç kolona ilave yapılmıştır. Mevcut kısım S220, ilave kısım S420 çeliği ile çözülmüştür.



Şekil 4.29. Durum 1 için yapının kalıp planı ve 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.29. (Devamı) Durum 1 için yapının kalıp planı ve 3 boyutlu görüntüsü

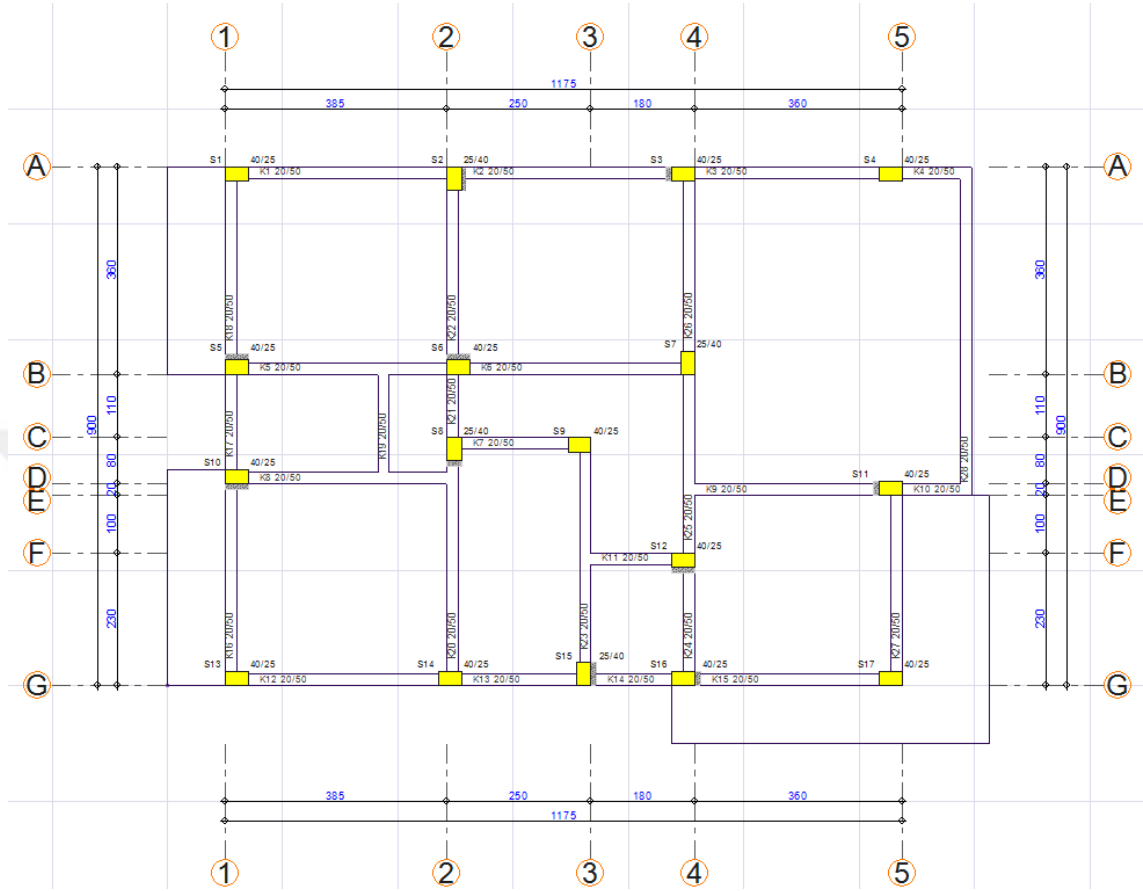
Mod birleştirme yöntemi kullanılarak bilgisayar programı yardımıyla iki katlı yapının dinamik analizi yapılmıştır. Daha sonra 2 kat mevcutlu yapıya performans analizi uygulanmıştır (Durum 1). Yapının performans seviyesi göçmede çıkmıştır. Ancak yapının performans analizi bakımından X yönünde sorunlu olmadığı fakat Y yönünde sorunlu olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.24). Bir yapının sadece bir doğrultuda göçmede olması o yapının göçme durumunda olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.24. Güçlendirme Yapılmadan Önceki Mevcut Yapının Performans Özet Raporu

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	✓
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	✓
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	GÖÇME ÖNCESİ	X
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	GÖÇME	X

2007 öncesinde yapılan güçlendirme bilgisayarda şu şekilde modellenmiştir; Toplam 17 kolondan 10 una (S2, S3, S5, S6, S8, S10, S11, S12, S15, S16) 10 cm lik farklı yönlerde ekler yapılmış statik- betonarme proje yeni yapı gibi bilgisayar ortamında çözülmüştür (Şekil 4.40). Bu analiz yapılırken güçlendirme programı olmadığı için yapılan güçlendirmenin yapıya olan etkisi tahmin edilememiştir. Günümüzde yapılan çözümlerde elimizde güçlendirme yöntemi ve bilgisayar programı bulunduğu için yapılan güçlendirmenin yapıya katkı düzeyi ve daha iyi bir güçlendirmenin yapılıp yapılamayacağı hakkında yorum yapılabilmektedir. Bu bağlamda yapı günümüzde hem 2007 öncesi güçlendirme modeli kurularak (Durum 2)

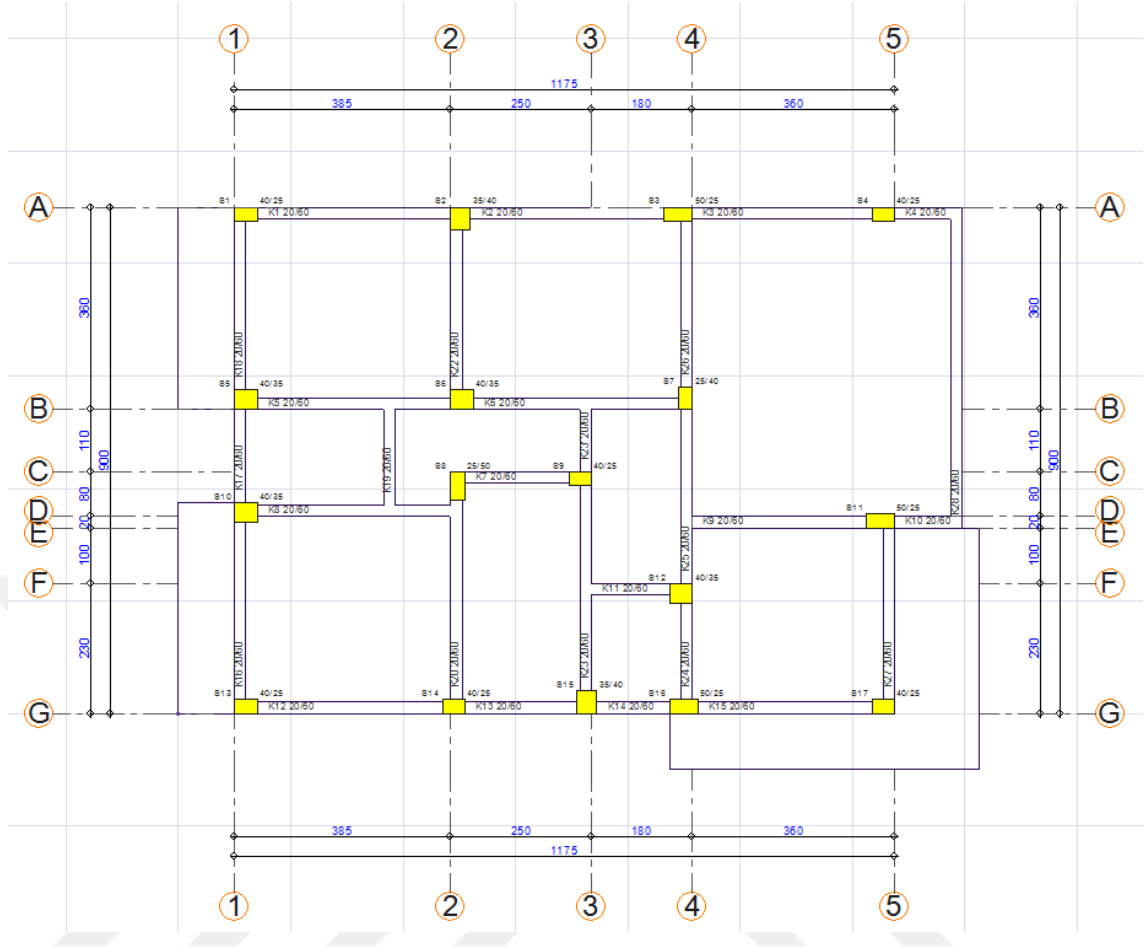
hem de farklı durumlar (Durum 2-3-4-5) için bilgisayarda modellenerek tekrar çözülmüştür. Sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.30. Durum 3 için yapının kalıp planı

Durum 2 de 2007 öncesinde yapılmış olan yapı yeni inşa ediliyormuş gibi S220 donatı sınıfı kullanılarak ve kolon boyutları 1. Durumla aynı halde çözüm yapılmıştır (Şekil 4.29). Yapıda kullanılan donatı sınıfının yapı performansına olan etkisini görebilmek için S220 ve S420 donatı sınıfları ayrı ayrı kullanılarak çözümler yapılmıştır. Yapı 1975 afet yönetmeliğine uygun olarak yapıldığında S220 dir. Ancak yapılan güçlendirmelerde kullanılan donatı sınıfı S420 dir. Bu durumda güçlendirmeli yapının davranışını anlayabilmek için yapı sıfırdan inşa ediliyormuş gibi modellenmiştir. Bu modellemede donatı sınıfı olarak hem S220 hem de S420 alınarak yapı iki farklı durumda irdelenmiştir. Görülmektedir ki sıfırdan S220-S420 donatı sınıfı kullanılarak imal edilen kolonlar (Durum 2-3) tek yönde manto yapılarak güçlendirilen (Durum 4) kolonlardan daha iyi sonuçlar vermektedir (Çizelge 4.36-4.37-4.38-4.39).



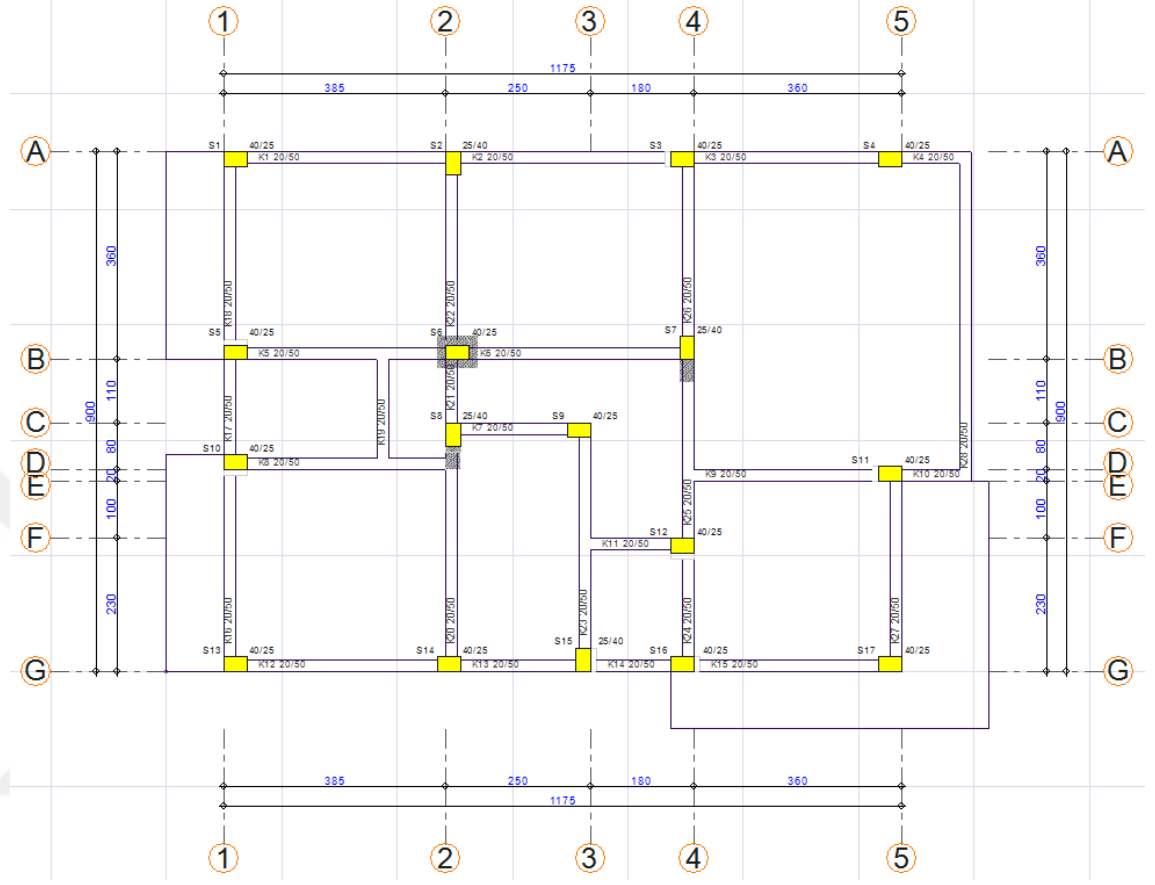


Şekil 4.31. Durum 2 ve durum 3 için yapının kalıp planı

Durum 2 de modellenen yapıda sadece donatı sınıfı S420 olarak seçilerek tekrar çözülmüştür. Bunu yapıdaki amaç donatı sınıfının yapı güçlendirmesine olan etkisini görebilmektir. Tüm kolonlar sıfırdan imal ediliyormuş gibi yeniden modellendiğinde (Durum 2-3) beklendiği üzere Durum 4'e göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Kolonlara uygulanan 10 adet tek yönde manto güçlendirmesi yerine daha az kolona (Şekil 4.32) daha farklı şekilde güçlendirme uygulanmasının yapıya daha uygun olup olmayacağını irdelemek açısından yeni bir çözüm daha yapılmıştır (Durum 5). Bu amaçla S6 kolonunu bütün çevresi betonarme manto ile çevrelenmiştir. S7 ve S8 kolonlarına ise 40 cm Y yönünde ek yapılmıştır. Bu kolonlar belirlenirken hem kalıp sistemi dikkate alınmış hem de belirgin ve ileri kolon hasarı olan kolonların içinden bunlar seçilmiştir. Böylelikle güçlendirme esnasında daha az sayıda kolona tahribat yapıldığı ve yapı kullanım halinde iken güçlendirme yapılmasının olumsuz etkilerinin

daha az hissedilmesinden dolayı az sayıda kolona güçlendirme uygulanması tercih sebebidir.



Şekil 4.32. Durum 4 için yapının kalıp planı

Kolonlara manto yapılmasının yapının güçlendirmesine fayda sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.26-4.27-4.28-4.29). Ayrıca güçlendirme yapılan kolonların sayısının azaltılmasına karşın güçlendirme için daha uygun kolonların seçiminin güçlendirme üzerine olumlu etkisi durum 5 te görülmektedir (Çizelge 4.26-4.27-4.28-4.29). Güçlendirmeler sonucunda yapılan performans analizinde yapının can güvenliği kriterini sağladığı görülmüştür (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Güçlendirme Uygulandıktan Sonra Yapının performans özet raporu

Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√

Çizelge 4.26. + EX Doğrultusu - % Cinsinden Hasar Yüzdeleri

Durumlar		Durum 1			Durum 2			Durum 3			Durum 4			Durum 5			
Kat	Eleman tipi	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	
Zemin	Kiriş	33	67	0	0	27	73	0	0	27	73	0	0	27	73	0	0
	Kolon	6	94	0	0	71	29	0	0	100	100	0	0	71	29	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	3	97	0	0	63	37	0	0	100	100	0	0	70	30	0	0
1. Kat	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	29	71	0	0	82	18	0	0	100	0	0	0	82	18	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	29	71	0	0	84	16	0	0	100	0	0	0	78	22	0	0

Çizelge 4.27. - EX Doğrultusu - % Cinsinden Hasar Yüzdeleri

Durumlar		Durum 1			Durum 2			Durum 3			Durum 4			Durum 5			
Kat	Eleman tipi	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	
Zemin	Kiriş	40	60	0	0	27	73	0	0	27	73	0	0	40	60	0	0
	Kolon	18	82	0	0	82	18	0	0	100	0	0	0	65	35	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	9	91	0	0	25	25	0	0	100	0	0	0	62	38	0	0
1. Kat	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	29	71	0	0	94	6	0	0	94	6	0	0	94	6	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	40	60	0	0	90	10	0	0	27	73	0	0	91	9	0	0

Çizelge 4.28. + EY Doğrultusu - % Cinsinden Hasar Yüzdeleri

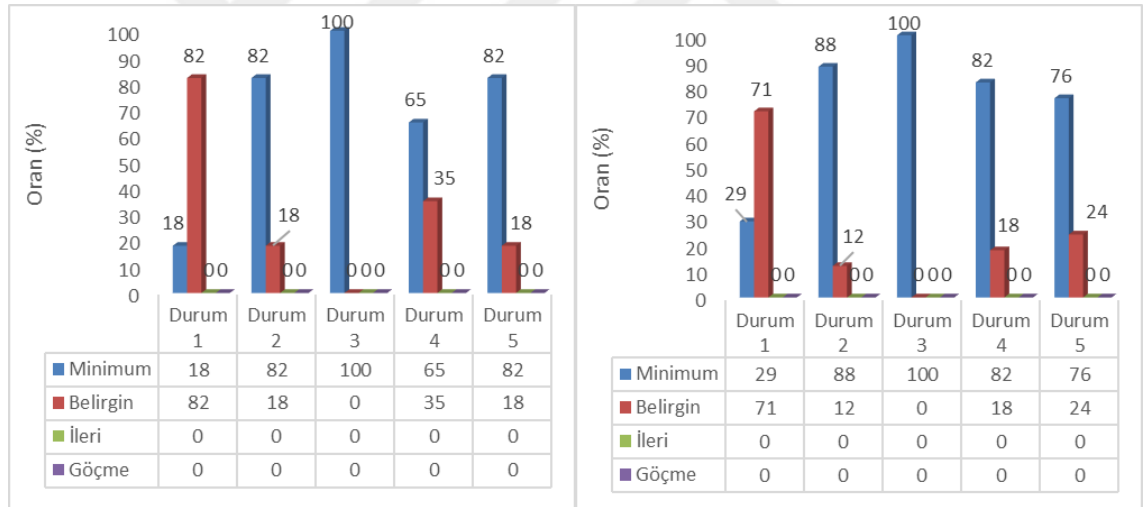
Durumlar		Durum 1			Durum 2			Durum 3			Durum 4			Durum 5			
Kat	Eleman tipi	Minimum	Belirgin İleri	Göçme	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	
Zemin	Kiriş	25	67	8	0	33	67	0	0	33	67	0	0	33	67	0	0
	Kolon	0	82	18	0	24	76	0	0	59	41	0	0	53	47	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	69	31	0	12	88	0	0	65	35	0	0	52	48	0	0
1. Kat	Kiriş	83	17	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	92	8	0	0
	Kolon	0	94	6	0	71	29	0	0	100	0	0	0	82	18	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	91	9	0	56	44	0	0	100	0	0	0	78	22	0	0

Çizelge 4.29. - EY Doğrultusu - % Cinsinden Hasar Yüzdeleri

Durumlar		Durum 1				Durum 2				Durum 3				Durum 4				Durum 5			
Kat	Eleman tipi	Minimum	Belirgin	İleri	Göçme	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.	Min.	Bel.	İl.	Göç.
Zemin	Kiriş	50	50	0	0	42	50	8	0	42	50	8	0	42	58	0	0	58	42	0	0
	Kolon	54	46	0	0	24	76	0	0	59	41	0	0	59	41	0	0	88	12	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	47	53	0	0	12	88	0	0	65	35	0	0	61	39	0	0	71	29	0	0
1. Kat	Kiriş	33	58	8	0	92	8	0	0	92	8	0	0	92	8	0	0	75	25	0	0
	Kolon	0	88	6	6	76	24	0	0	100	0	0	0	65	35	0	0	65	35	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	79	11	10	65	35	0	0	100	0	0	0	67	33	0	0	72	28	0	0

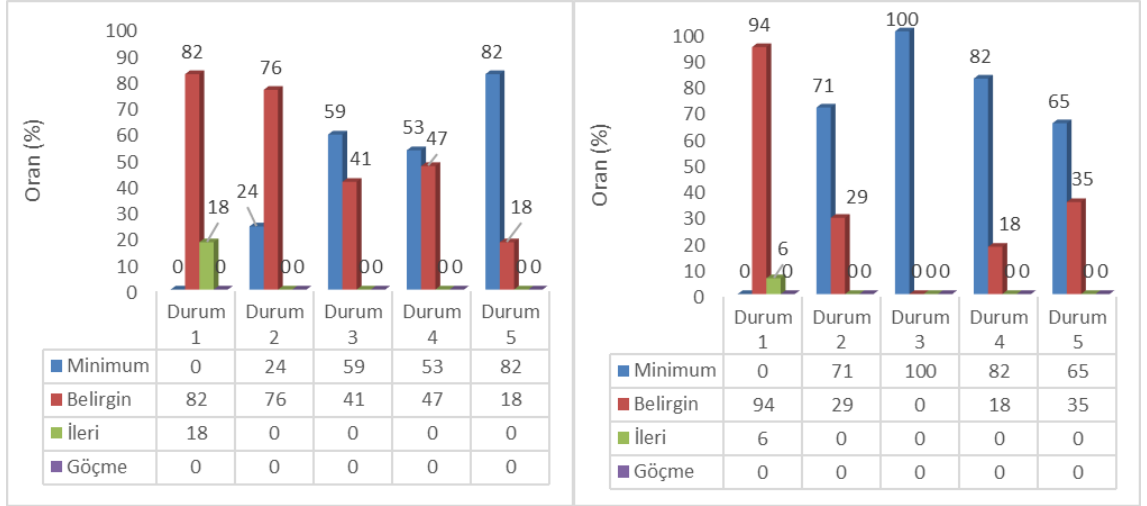
Çizelge 4.30. Örnek 4 için durumlar çizelgesi

Durumlar	2 katlı	S220	S420	10 kolona büyütme	10 kolon mantolu	3 kolon mantolu
Durum 1	X	X				
Durum 2	X	X			X	
Durum 3	X		X		X	
Durum 4	X	X	X			X
Durum 5	X	X	X			

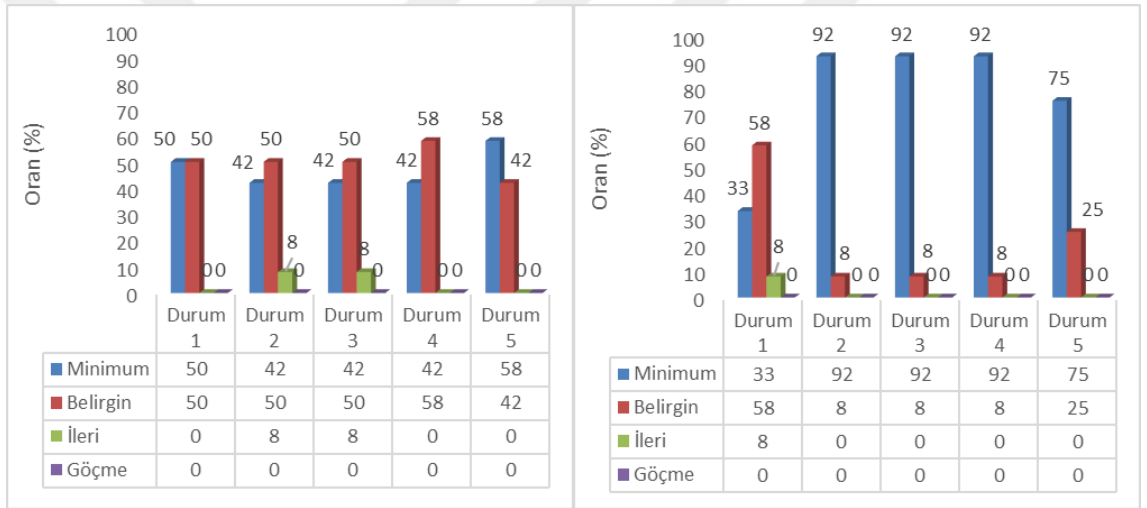


(a) Zemin Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%) (b) 1. Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.33. Örnek 4 için -X doğrultusu için kolon hasar durumları

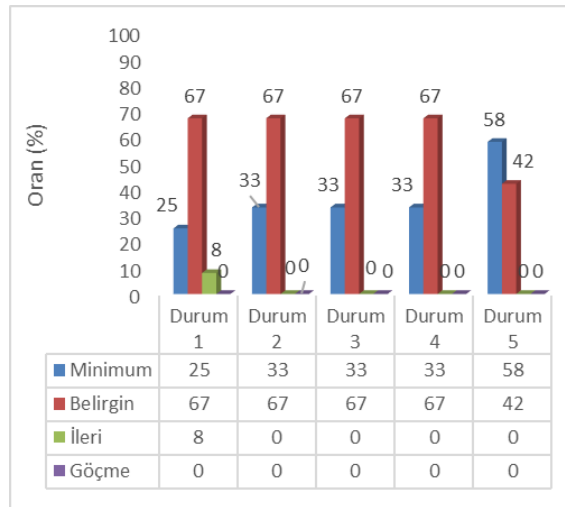
Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere, 3. durumda S420 donatılı ve yeni kolon gibi çözüm en iyi sonuçları vermiştir. Fakat 1. durumdan sonraki 2. ve 3. durumlar 2006 öncesi yapılmış çözümlerdir. Gerçeği yansıtmamaktadırlar. Çünkü yeni kolon gibi dizayn edilmişlerdir. Fakat donatı sınıfının yapı hasar durumuna etkisini göstermeleri bakımından önemlidirler. 4. durum ise o zaman yapılan güçlendirmeyi yansıtan bir durumdur. 5. durumda ise sadece 3 kolona mantolama yapılmıştır. Fakat bu üç kolona yapılan ekler 10 cm ile sınırlı tutulmamıştır. Bu ideal bir çözüm olmuştur.



(a) Zemin Kat Kolonlar İçin + EY Hasar Oranları (%) (b) 1. Kat Kolonlar İçin + EY Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.34. Örnek 4 için +Y doğrultusu için kolon hasar durumları



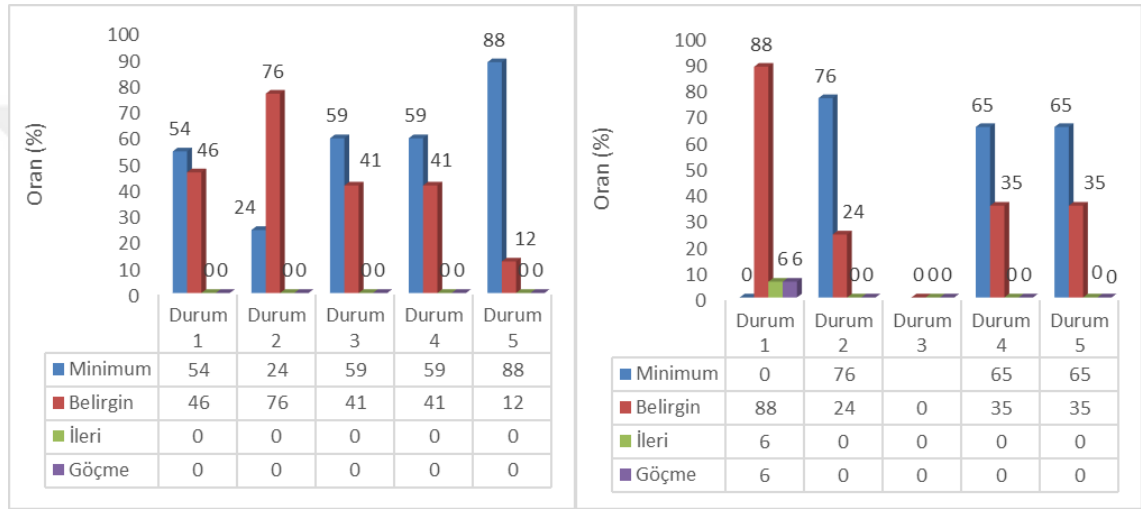
(a) Zemin Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%) (b) 1. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)



(c) Zemin Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%)

Şekil 4.35. Örnek 4 için Y doğrultusu için kiriş hasar durumları

Yukarıdaki kiriş hasarlarını gösteren grafiklerden anlaşıldığı üzere mantolama veya kolon büyütmesi kiriş hasarlarını arttırmaktadır. Zemin kattaki en az kiriş hasarı 5. durumda yapılan çözümde olmuştur. (Şekil 4.35). Bunun sebebinin kolon- kiriş bölgelerinde, 2. ve 3. durumda fazla sayıda kolonun büyütülmesinden dolayı hasarın artması olduğu düşünülmektedir. Çünkü kolon kiriş birleşim bölgeleri yetersiz kalmıştır. Diğer durumda yani 5. durumda ise kolon-kiriş bölgeleri fazla zorlanmamıştır. Normal şartlarda kolon ve kiriş elemanları kesme güvenliğini sağlayacak biçimde orantılı büyütülmelidir.



(a) Zemin Kat Kolonlar İçin- EY Hasar Oranları (%) (b) 1. Kat Kolonlar İçin - EY Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.36. Örnek 4 için -Y doğrultusu için kolon hasar durumları

Yukarıdaki grafikte 5. durumda kolonlarda -Y yönünde, Y yönündeki ilavenin fazla olması sebebiyle en çok hasar azalması görülmektedir.

Sonuçları gösteren çizelge ve grafikler incelendiğinde görülen, gerekli yerlere yeterli ilavenin yapılmasının en uygun çözüm olduğudur. Ekonomik açıdan ve uygulanabilirlik açısından, en iyi güçlendirme uygulamasının, ileri ve belirgin hasar bölgelerinin tespit edilip, bu bilgiler ışığında yapıya mümkün olduğu kadar az tahribat verilerek yapılan, güçlendirme çalışması olduğu düşünülmektedir.

Çok sayıda yapı elemanına yapılacak olan güçlendirmenin daha iyi sonuç vereceği kesin değildir. Onun yerine hasar durumlarının dikkatli bir şekilde incelenmesiyle ve buna uygun güçlendirme yönteminin seçilmesiyle daha iyi sonuçlara ulaşılabilir.

2007 öncesinde güçlendirme yapılmış olan yapılarda güçlendirme sonrası performans analizi yapılmadığı için, bu yapılarda yapılan güçlendirmelerin yapıya ne

kadar katkı sağladığı konusunda bilgi sahibi olabilmek açısından performans analizinin yapılması önerilmektedir.

#### **4.5. Örnek 5 (Kullanım Amacı Değişmiş Bir Yapının TDY 2007' ye Göre Güçlendirme Yapılarak Tasarım Depremi Altında Hemen Kullanım Durumuna Getirilmesi)**

Mevcut yapı örneği Hatay ili İskenderun ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. İncelenen yapının statik ve dinamik açısından analizleri sonlu elemanlar yöntemi temelinde çözüm yapan İDECAD programı yardımıyla TDY 2007'ye göre mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Bu çalışmada, işyeri olarak yapılmış bir yapının kullanım amacının yurt olarak değiştirilmesi durumu incelenmiştir ve kullanım amacı değişen bu yapının performans analizine bakılmıştır. Kullanım amacı değişen yapı eğer okul ya da yurt olarak kullanılacaksa yapıların performans analizinde iki farklı duruma bakılmalıdır. İlk olarak yapı tasarım depremine (50 yılda aşılma olasılığı %10 deprem) göre hemen kullanımı, ikinci olarak en büyük depreme (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) göre de can güvenliğini sağlamalıdır. Bu sebeple öncelikli olarak mevcut yapıya performans analizi uygulanmalı ve göçme durumunda olup olmadığına bakılmalıdır. Eğer yapı göçmede, göçme öncesinde veya can güvenliğinde olsa bile yapıya güçlendirme yapılarak tasarım depremine (50 yılda aşılma olasılığı %10 deprem) göre hemen kullanım aşamasına getirilmeli, aynı zamanda en büyük depreme (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) göre de can güvenliğini sağlamalıdır. Göçme durumunda ise aynı adımlar uygulanır.

Bu çalışmada incelenen yapı üç kattan ibarettir. Normal kat yüksekliği 3.00 m ve toplam bina yüksekliği su basman dâhil 9 m dir. Yapının oturduğu zeminin sınıfı Z3, beton kalitesi C20 olarak belirlenmiştir. Yapının bulunduğu bölge 1. Deprem bölgesidir.

Bu örnekte yapı 5 farklı durumda incelenmiştir:

- Durum 1 : Yapı mevcut haliyle 3 katlı olarak incelenmiştir.
- Durum 2 : Yapı 3 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. S2-S5-S8-S11 kolonlarına U şeklinde 15 cm eninde mantolama yapılmıştır, 25x60 olan kolon ebadı 55x75 ebadına yükseltilmiştir. S4 kolonuna ise L şeklinde mantolama yapılmıştır. Ebadı 25x60 iken 40x90 olmuştur. Ayrıca merdivenin etrafına 30 cm eninde X yönünde 2

perde, Y yönünde ise 1adet 25 cm eninde güçlendirme perdesi eklenmiştir. Tasarım depremine göre analiz yapılmıştır.

• Durum 3:Yapı 3 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. S2-S5-S8-S11 kolonlarına U şeklinde 15 cm eninde mantolama yapılmıştır, 25x60 olan kolon ebadı 55x75 ebadına yükseltilmiştir.S4 kolonuna ise L şeklinde mantolama yapılmıştır. Ebadı 25x60 iken 40x90 olmuştur. Ayrıca merdivenin etrafına30 cm eninde X yönünde 2 perde, Y yönünde ise 1 adet 25 cm eninde güçlendirme perdesi eklenmiştir. En büyük depreme göre analiz yapılmıştır.

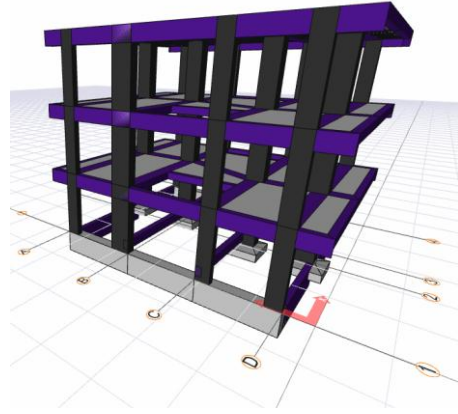
• Durum 4:Yapı 3 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. S2-S5-S8-S11 kolonlarına U şeklinde 15 cm eninde mantolama yapılmıştır, 25x60 olan kolon ebadı 55x75 ebadına yükseltilmiştir.S4 kolonuna ise L şeklinde mantolama yapılmıştır. Ebadı 25x60 iken 40x90 olmuştur. Ayrıca merdivenin etrafına 40 cm eninde X yönünde 2 perde, Y yönünde ise 1adet 25 cm eninde güçlendirme perdesi eklenmiştir. Tasarım depremine göre analiz yapılmıştır.

• Durum 5:Yapı 3 katlı olarak güçlendirmeli incelenmiştir. S2-S5-S8-S11 kolonlarına U şeklinde 15 cm eninde mantolama yapılmıştır, 25x60 olan kolon ebadı 55x75 ebadına yükseltilmiştir.S4 kolonuna ise L şeklinde mantolama yapılmıştır. Ebadı 25x60 iken 40x100 olmuştur. Ayrıca merdivenin etrafına 40 cm eninde X yönünde 2 perde, Y yönünde ise 1adet 25 cm eninde güçlendirme perdesi eklenmiştir. En büyük depreme göre analiz yapılmıştır.

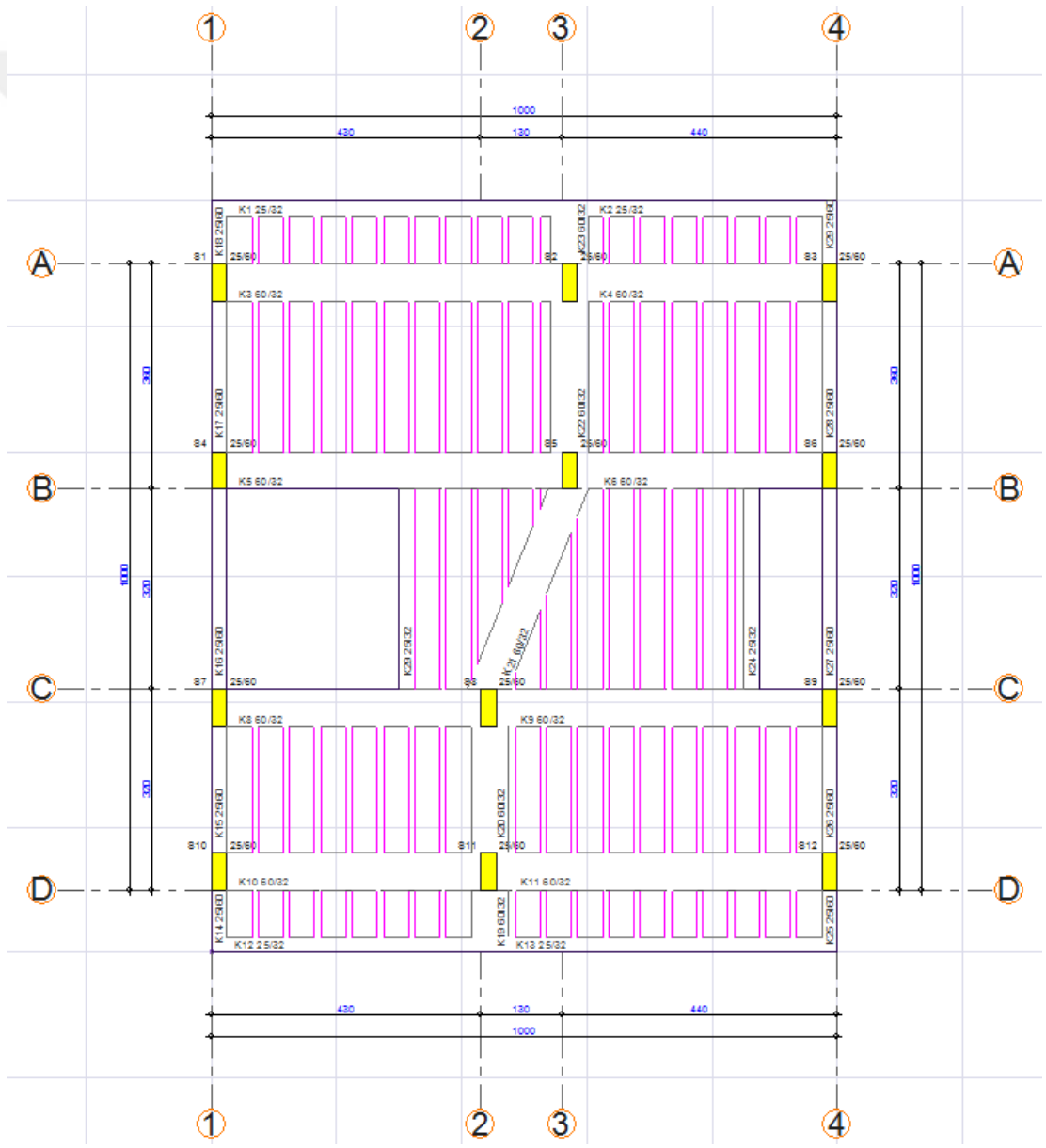
Çizelge 4.31. Güçlendirme performans özet raporu 1

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CANGÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	GÖÇME	<b>X</b>
Deprem Yükleme (-X Yönü)	GÖÇME	<b>X</b>
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	GÖÇME ÖNCESİ	<b>X</b>
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	GÖÇME ÖNCESİ	<b>X</b>





Şekil 4.37. Durum 1 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.38. Durum 1 için yapının kalıp planı

## Güçlendirme Performans Özet Raporu

(Tasarım Depremine-50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre)

Çizelge 4.32. Güçlendirme performans özet raporu 2

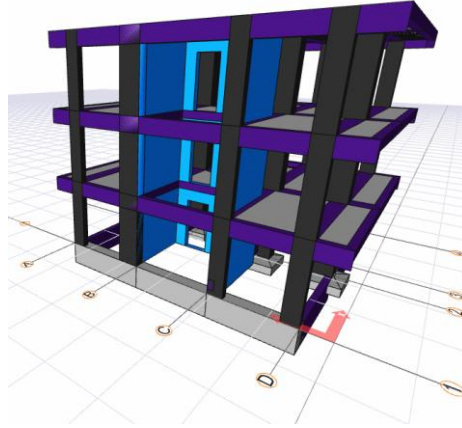
Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	HEMEN KULLANIM	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√

## Güçlendirme Performans Özet Raporu

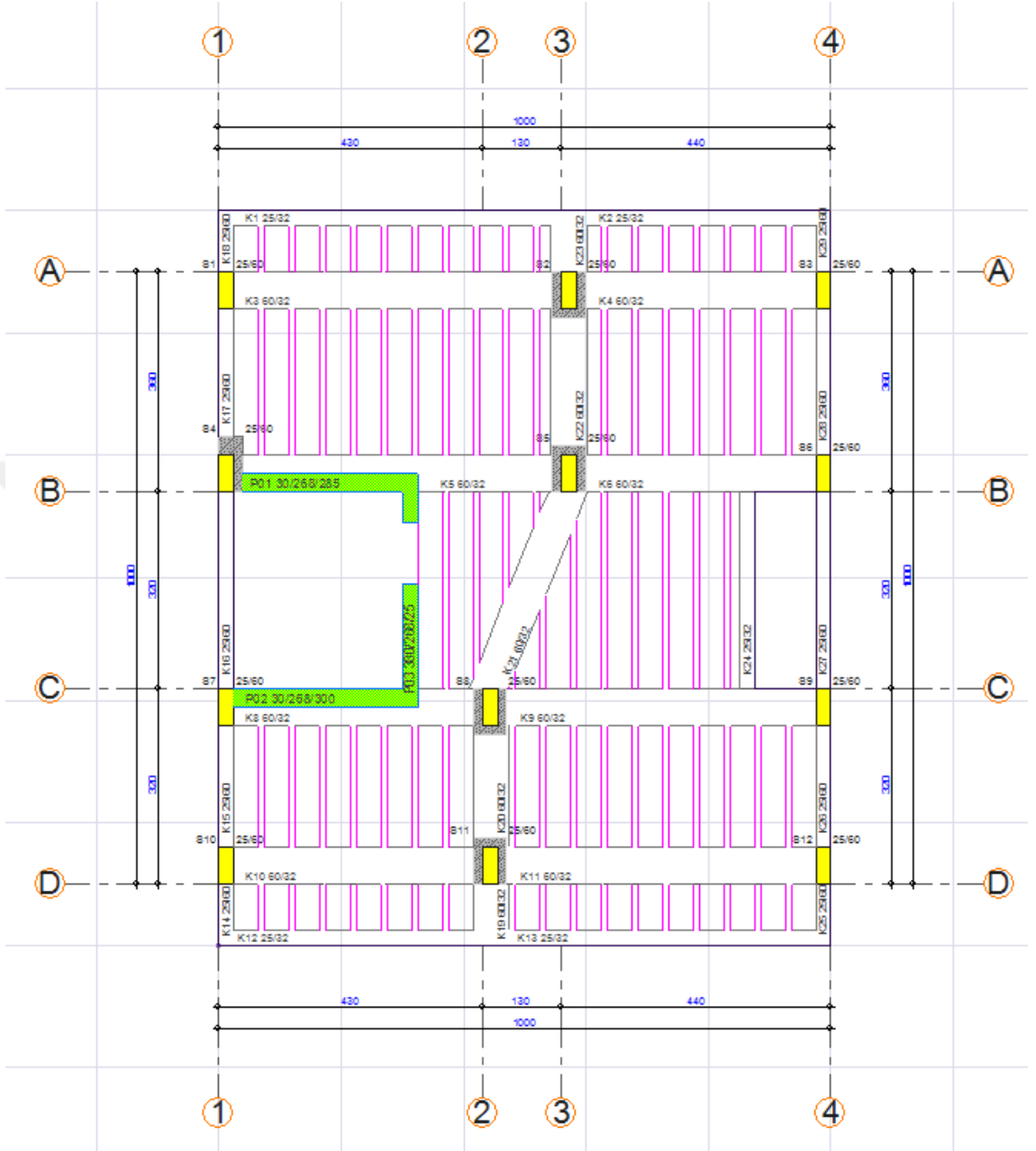
(En Büyük Depreme-50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre)

Çizelge 4.33. Güçlendirme performans özet raporu 3

Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	GÖÇME	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	GÖÇME	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√



Şekil 4.39. Durum 2 ve durum 3 yapının için 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.40. Durum 2 ve durum 3 yapının için kalıp planı

Ancak yapı en büyük depreme göre can güvenliğini sağlamamıştır. En büyük depreme (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) göre can güvenliği sağlanmadığı için tekrardan ikinci aşama olarak güçlendirmeye gidilerek eleman boyutları artırılmış ve aynı işlemler en büyük depreme (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) göre can güvenliğinin sağlanmasına kadar tekrarlanmıştır.

## Güçlendirme Performans Özet Raporu

(Tasarım Depremine-50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre)

Çizelge 4.34. Güçlendirme performans özet raporu 4

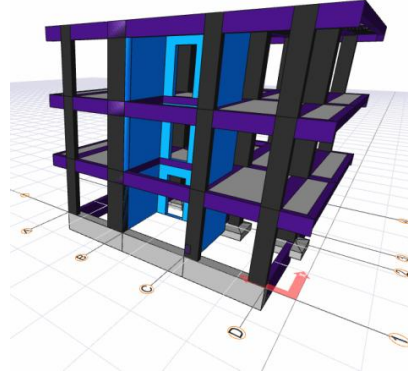
Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	HEMEN KULLANIM	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√

## Güçlendirme Performans Özet Raporu

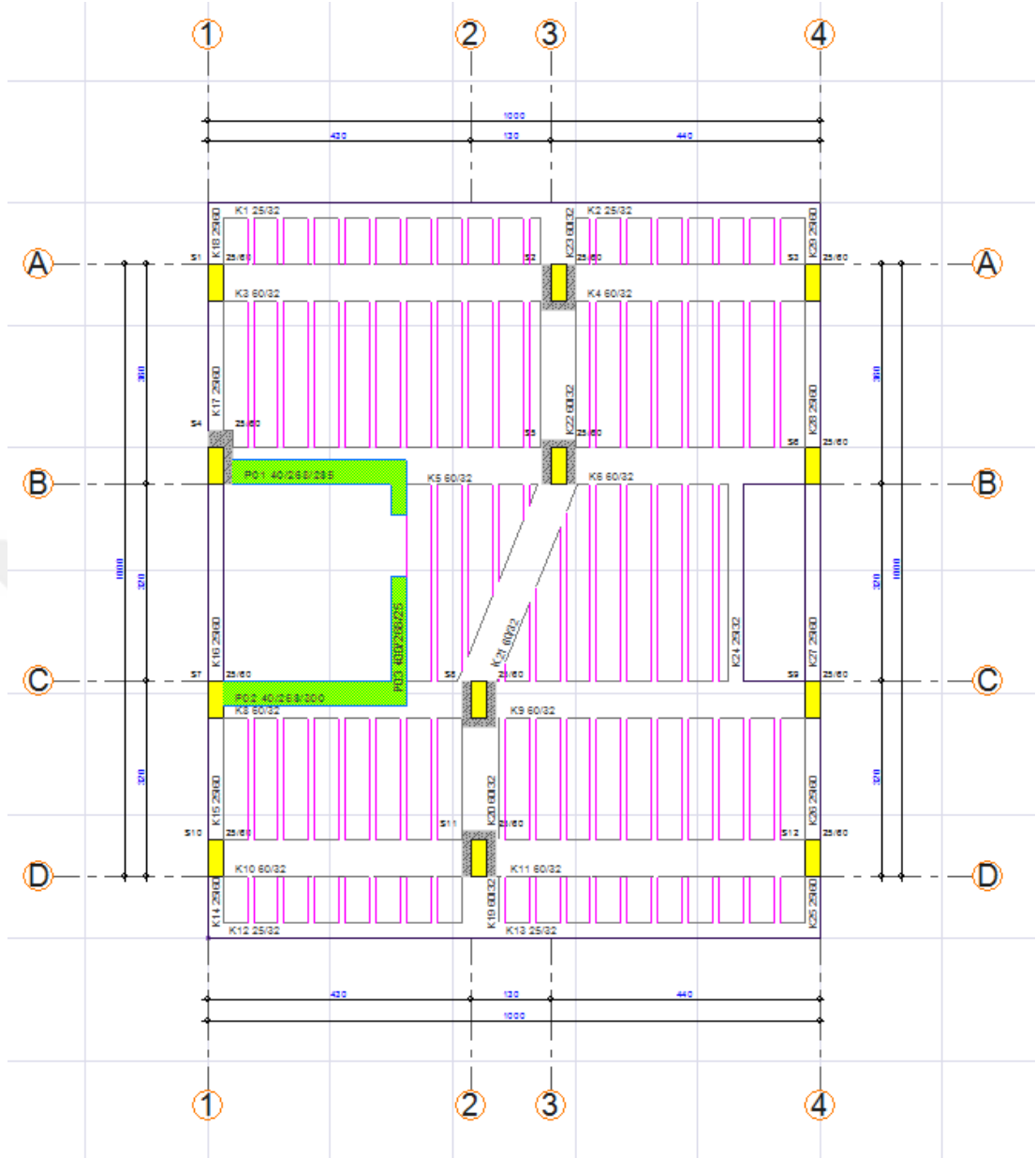
(En Büyük Depreme-50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depreme göre)

Çizelge 4.35. Güçlendirme performans özet raporu 5

Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	HEMEN KULLANIM	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√



Şekil 4.41. Durum 4 ve durum 5 için yapının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 4.42. Durum 4 ve durum 5 için yapının kalıp planı

Çizelge 4.36. + EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Kata Eleman tipi	3 katlı- 1.durum(mevcut durum)				3 katlı- 2.durum(tasarım depremine göre hemen kullanım)				3 katlı- 3.durum(şiddetli depreme göre geçmede)				3 katlı-4.durum(tasarım depremine göre hemen kullanım)				3 katlı-5.durum(şiddetli depreme göre can güvenliği)				
	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	
Zemin	Kiriş	23	77	0	0	100	50	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	92	8	0	100	0	0	0	92	0	0	8	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme	0	93	7	0	100	0	0	0	81	0	0	19	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	69	31	0	0	100	14	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	75	25	0	100	24	0	0	100	0	0	8	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	31	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme	0	79	21	0	100	0	0	0	100	0	0	19	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme	0	0	0	0	100	29	0	0	100	0	0	1	100	0	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	75	8	17	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon Kesme	0	79	7	13	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel Kesme	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.37. - EX doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

Kata Eleman tipi	2 katlı- 1.durum				2 katlı- 2.durum				3 katlı-3.durum				3 katlı-4.durum				3 katlı-5.durum				
	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	Minim	Belirgin	İle	Göçme	
Zemin	Kiriş	23	77	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	83	17	0	100	0	0	0	92	0	0	8	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	85	15	0	100	0	0	0	81	0	0	19	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. Kat	Kiriş	46	54	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	75	25	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	80	20	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2. Kat	Kiriş	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	0	83	17	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	0	87	13	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.38. + EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

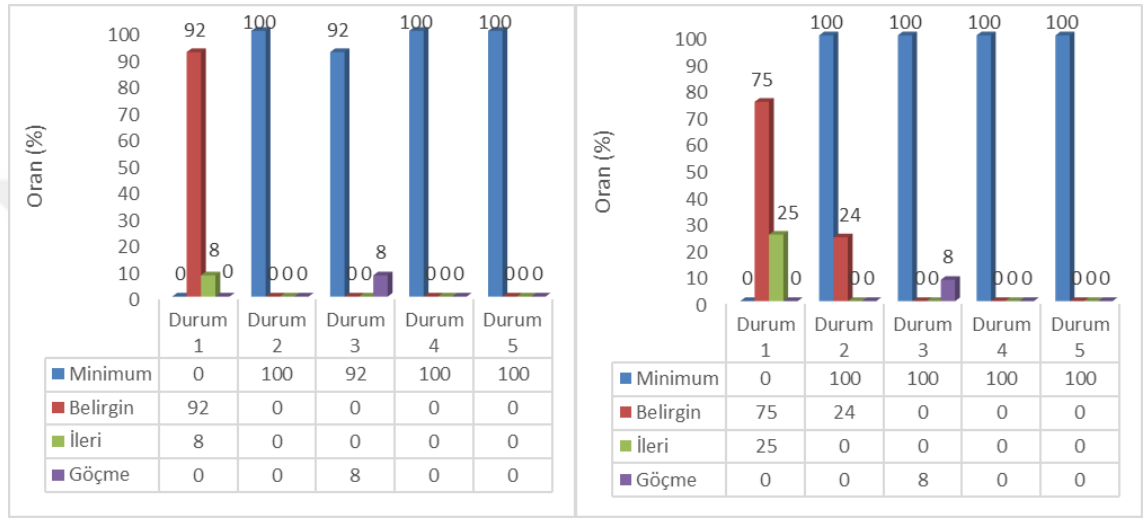
Kat	Durumlar	2 katlı- 1.durum				2 katlı- 2.durum				3 katlı-3.durum				3 katlı-4.durum				3 katlı-5.durum			
		Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me
Zemin	Kiriş	40	20	33	7	94	6	0	0	94	6	0	0	100	0	0	0	94	6	0	0
	Kolon	33	67	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	6	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	31	65	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. kat	Kiriş	40	19	6	6	100	0	0	0	94	6	0	0	100	0	0	0	94	6	0	0
	Kolon	67	47	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon keme kuvvetleri	57	66	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2. kat	Kiriş	93	7	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon	83	17	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	78	22	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.39. - EY doğrultusu - % cinsinden hasar oranları

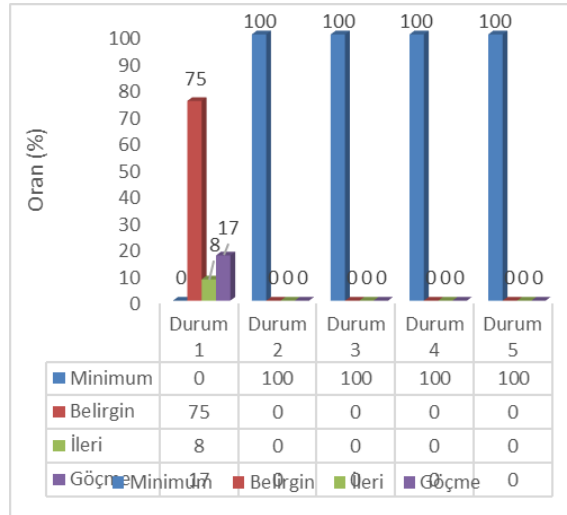
Kat	Durumlar	2 katlı- 1.durum				2 katlı- 2.durum				3 katlı-3.durum				3 katlı-4.durum				3 katlı-5.durum			
		Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me	Minim um	Belir gin	İle ri	Göç me
Zemin	Kiriş	40	20	20	20	100	0	0	0	94	6	0	0	100	0	0	0	94	6	0	0
	Kolon	25	75	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	6	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	22	78	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1. kat	Kiriş	40	40	20	0	100	0	0	0	94	6	0	0	100	0	0	0	88	13	0	0
	Kolon	67	33	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	57	43	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2. kat	Kiriş	73	27	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	4	0	0	100	0	0	0
	Kolon	83	17	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Kolon kesme kuvvetleri	78	22	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	Panel kesme kuvvetleri	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0

Çizelge 4.40. Örnek 5 için durumlar çizelgesi

Durumlar	3 katlı	Mantolu	30 cm x-y yönünde Perdeli	40 cm x-y yönünde perdeli	Tasarım depremine göre	En büyük depreme göre	Göçme	Can güvenliği	Hemen kullanım
Durum 1	X				X		X		
Durum 2	X	X	X		X				X
Durum 3	X	X	X			X	X		
Durum 4	X	X		X	X				X
Durum 5	X	X		X		X		X	



(a) Bodrum Kat Kolonlar İçin + EX Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kolonlar İçin + EX Hasar Oranları (%)

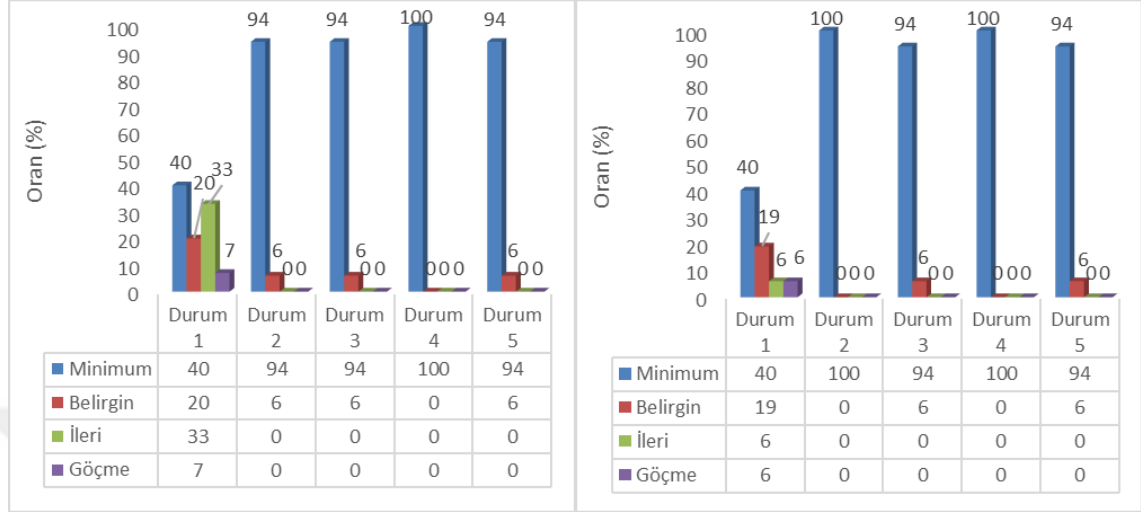


(c) 1. Kat Kolonlar İçin + EX Hasar Oranları (%)

Şekil 4.43. Örnek 5 için + EX doğrultusu için kolon hasar durumları

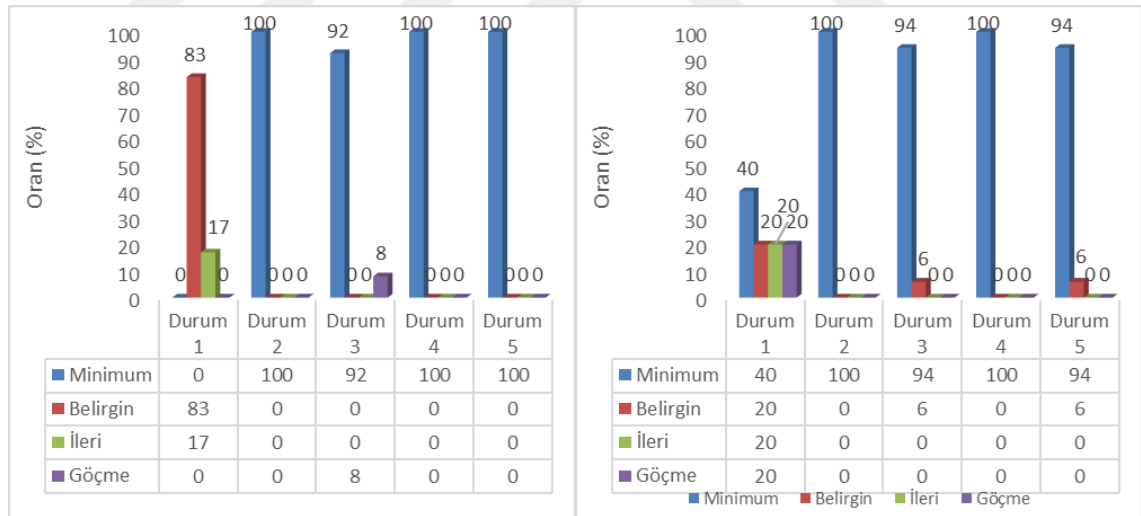


Yapıdaki kolonları en çok en büyük deprem (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) altında 3. durumda yapılan analiz zorlamaktadır. Bunun dışında güçlendirmenin belirgin etkisi kolonlarda görülmektedir.



(a) Bodrum Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%) (b) Zemin Kat Kirişler İçin + EY Hasar Oranları (%)

Şekil 4.44. Örnek 5 için +EY doğrultusu için kiriş hasar durumları



(a) Bodrum Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%) (b) Bodrum Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)

Şekil 4.45. Örnek 5 için - EX doğrultusu için kolon hasar durumları

Güçlendirmenin belirgin etkisi kirişlerde de görülmektedir.

Sonuç olarak; çizelgeler ve grafikler incelendiğinde 1.durumdan sonraki durumlarda güçlendirmenin belirgin etkisi görülmektedir. Güçlendirmeden sonra yapıda ani düzelleme meydana gelmiş kolonlardaki hasar durumu minimuma düşmüştür.

#### 4.6. Örnek 6 ( Yeni Yapılacak Olan Yapılarda Performans Analizi Üzerine Bir Çalışma)

Hatay ili İskenderun ilçesinde yapılmış olan bir binanın projesinde çeşitli incelemeler ve tahkiklerde bulunuldu. Bu projenin imarı zemin + 3 normal kattan oluşmak üzere 4 katlıdır. Öncelikle mimari projesi hazırlanmıştır. Daha sonra mimarisine uygun şekilde kalıp planı dizayn edilmiş ve statik-betonarme projeleri hazırlanmıştır. Kalıp planı asmolen döşeme şeklinde seçilmiştir. Tüm kolonlar 30x50 cm boyutlarındadır. Asansörün etrafında asansör perdesi mevcuttur. Su basman katı hariç bütün kalıp planları aynı şekilde dizayn edilmiştir. Yapı bilgisayar programı yardımıyla ve mimarisine uygun olarak ayrıca yapıdan toplanan bilgiler ışığında modellenmiştir. Oluşturulan modelin bilgisayarda dinamik analizi yapılmıştır. Bu analizler yapılırken kullanılan beton sınıfı C25, çelik sınıfı S420 olarak seçilmiştir. Analiz yöntemi olarak mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Problemin çözümünün birinci durumunda yapıya dinamik analiz uygulanmıştır. Yapının dinamik analizlerinden sonra yapı taşıyıcı sistem elemanlarının yeterli olduğu görülmüştür ve bu aşamadan sonra performans analizi aşamasına geçilmiştir. Yapı yeni olduğu için kapsamlı bilgi düzeyi seçilmiş ve konut yapısı olduğu için tasarım depremine göre performans analizi hedef kriteri can güvenliği olarak seçilmiştir.

Dinamik analizler sonucunda taşıyıcı sistem olarak yeterli çıkan bina performans analizi sonucunda ise yapı göçme bölgesinde çıkmıştır. Yapının projesinde X yönünde problem görülmezken, yani can güvenliğindeyken, Y yönünde göçme ve göçme öncesi performansında olduğu görülmüştür. Bu veriler çizelgeler aracılığıyla ayrıca performans sonuçlarıyla birlikte sunulmaktadır (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Güçlendirme performans özet raporu 1

Yapı Performans Değerlendirmesi		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	GÖÇME ÖNCESİ	X
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	GÖÇME	X

Problemin çözümünün ikinci durumunda yapıdaki sorunun nerden kaynaklandığı araştırılmış ve teşhis edilmiştir. Performans analiz sonuçlarında göçmenin bir kirişten (K216 kirişinden) kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu kirişin asansör perdesini sahanlığa bağlayan kiriş olduğu anlaşılmış ve zayıf olan bu kirişin ebadı 25/32 den 40/32 ye çıkarılmak suretiyle büyütülmüştür. Daha sonra analizler tekrarlanmış ve yapıda oluşan göçme durumunun düzeldiği tespit edilmiştir. Böylelikle can güvenliği kriteri sağlatılmıştır.

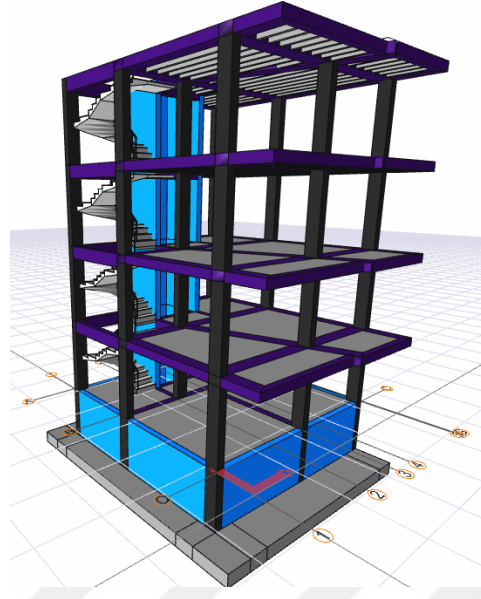
#### Çizelge 4.42.Güçlendirme performans özet raporu 2

<b>Yapı Performans Değerlendirmesi</b>		
Hedef Performans Düzeyi	CAN GÜVENLİĞİ	
Deprem Yükleme (+X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-X Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (+Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√
Deprem Yükleme (-Y Yönü)	CAN GÜVENLİĞİ	√

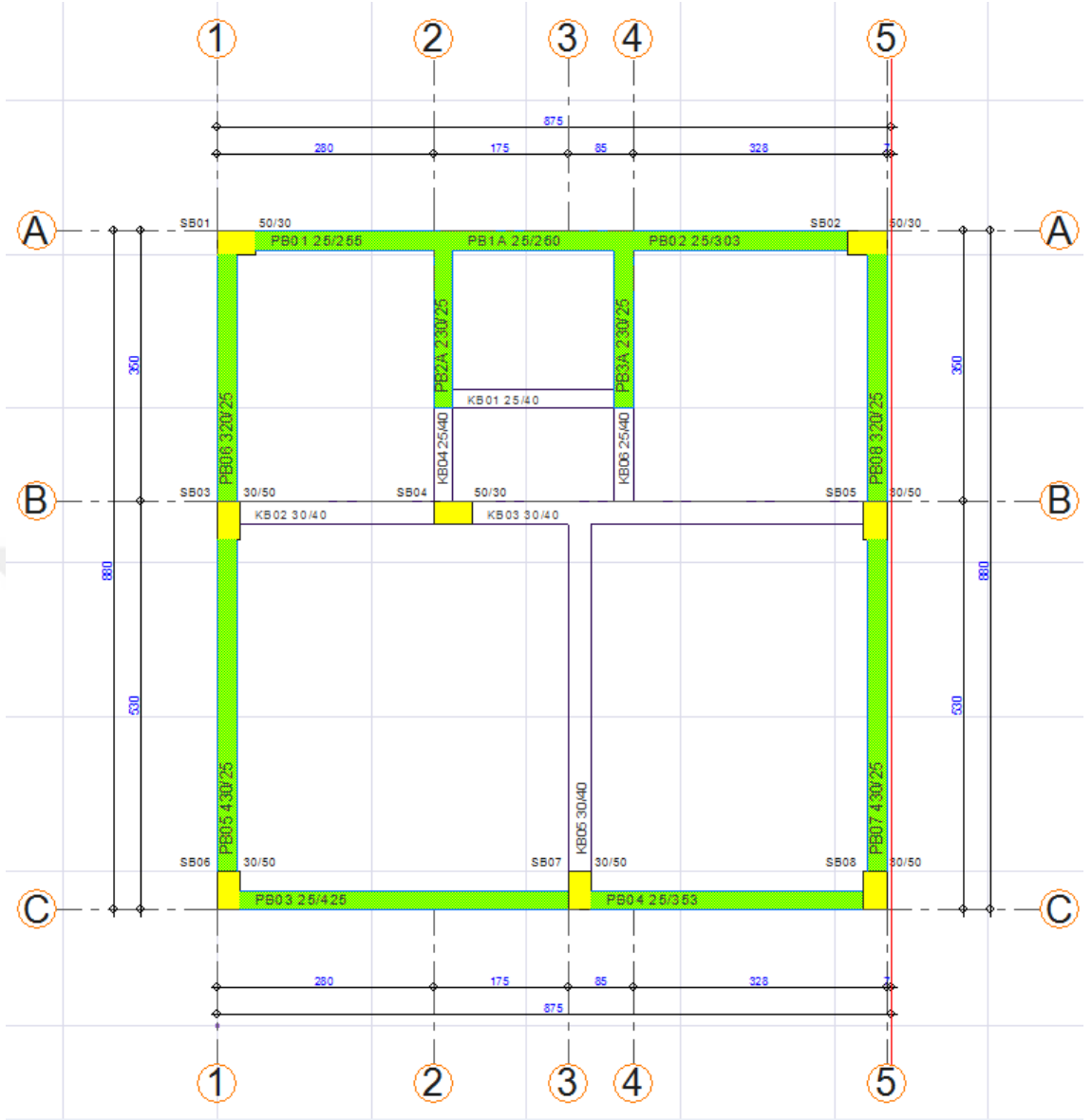
Problemin çözümünde can güvenliği kriterinin sağlatılmış olmasına rağmen yapı taşıyıcı sistem elemanları olan PB3A, PB2A, PB05, PB07 elemanlarda gevrek eleman sorunun devam etmekte olduğu görüldüğü için bu elemanlara müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu duruma çözüm olarak bu elemanlara etriye sıklaştırılması yapılmıştır.

Problemin çözümünün üçüncü durumunda kolon büyütmenin performans düzeyine veya analiz sonuçlarına katkısı araştırılmıştır. İkinci duruma ek olarak kolon ebatları 30/50 den 30/70 e çıkarılmış ve analizler tekrarlanmıştır. Sonuç olarak çizelgelerden de görüldüğü üzere X yönündeki performans analiz sonucunda kolon kesme kuvveti hasarlarının azaldığı Y yönünde ise değişme olmadığı her iki yönde de kiriş hasarının arttığı gözlemlenmektedir.

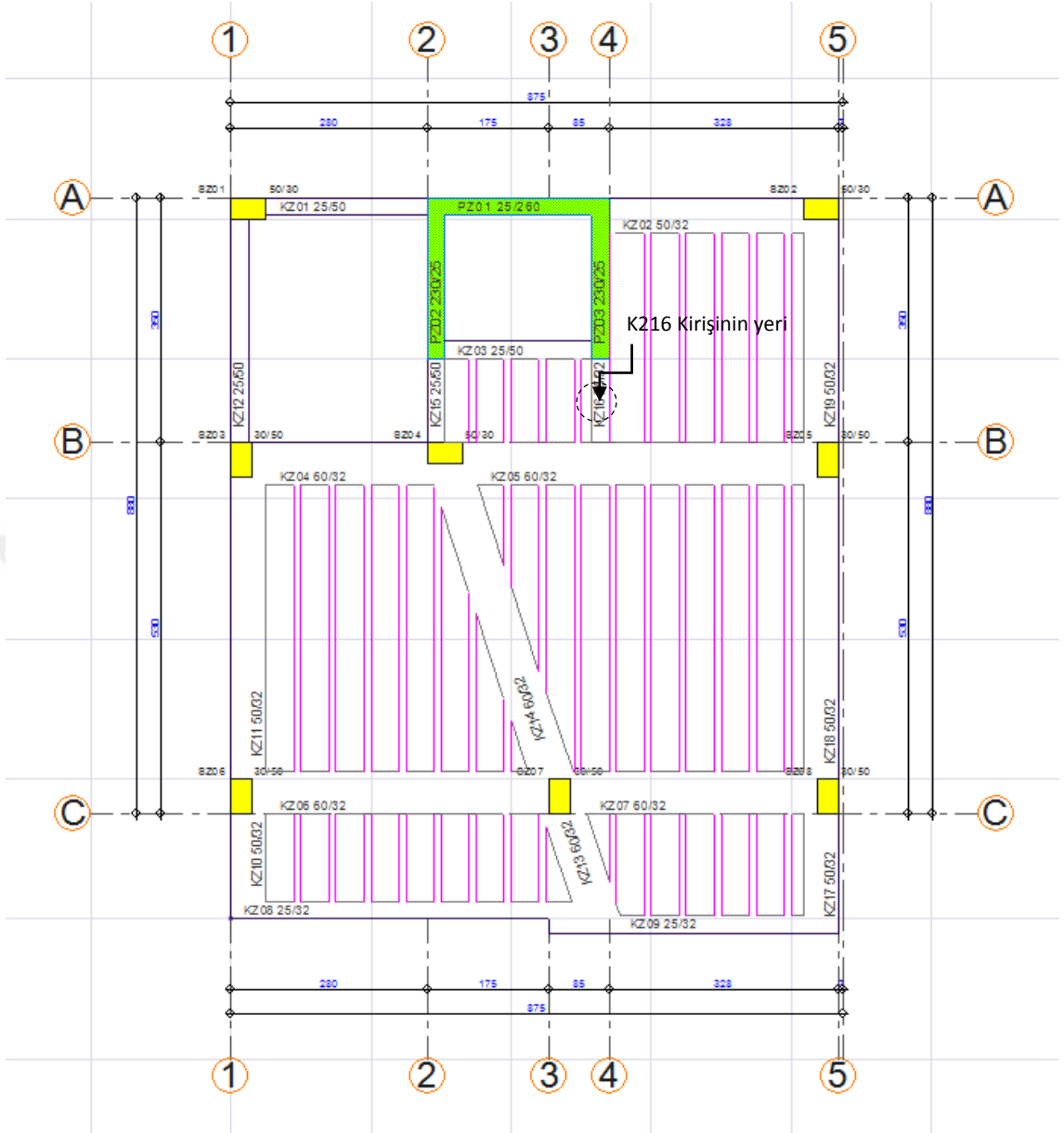
Problemin çözümünün dördüncü durumunda ikinci durumdaki kiriş büyütmesi yapılmadan sadece üçüncü durumdaki kolon boyutları büyütülmüştür. Böylelikle kirişin (K216) boyutun büyütülmesinin sonuca olan etkisi anlaşılacak istenmiştir.



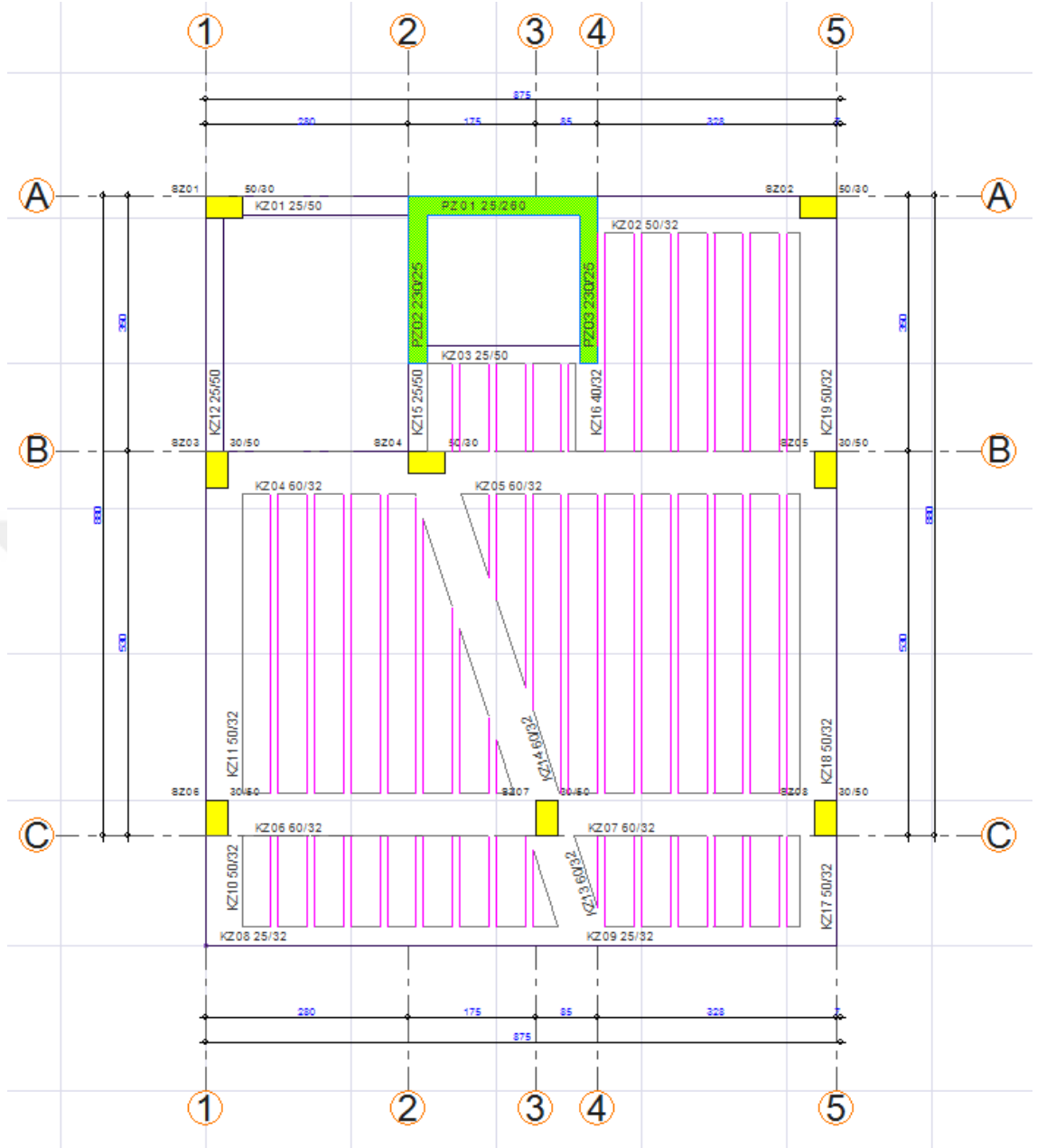
Şekil 4.46. Yapının üç boyutlu görüntüsü



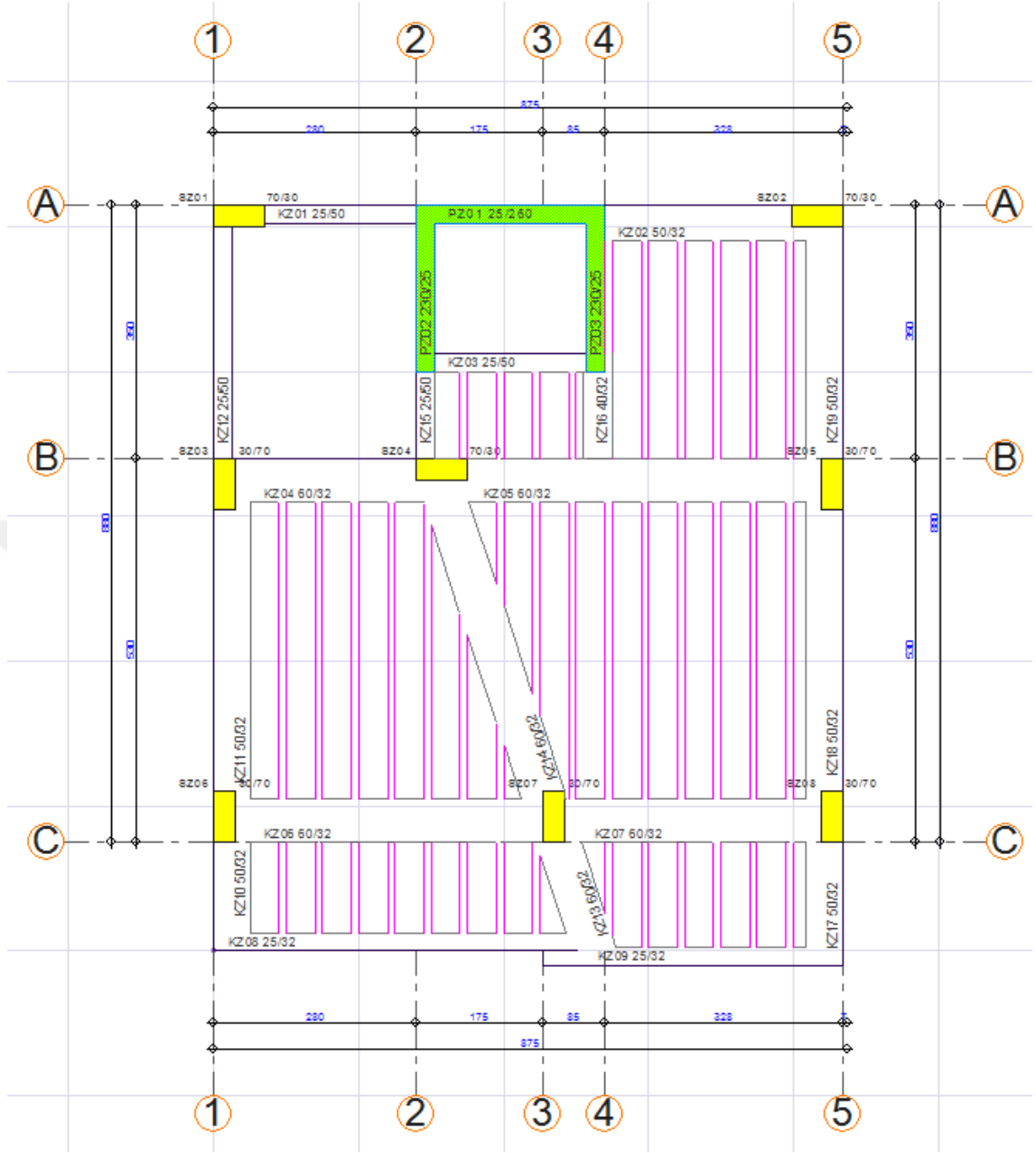
Şekil 4.47. Yapının su basman katı kalıp planı



Şekil 4.48. Durum 1 için yapının kalıp planı



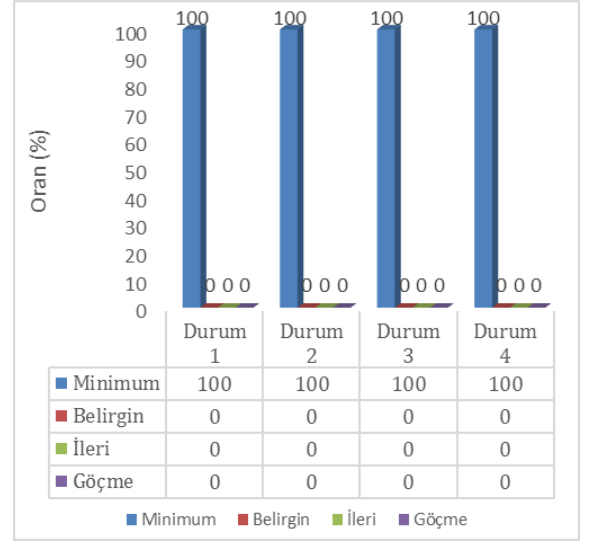
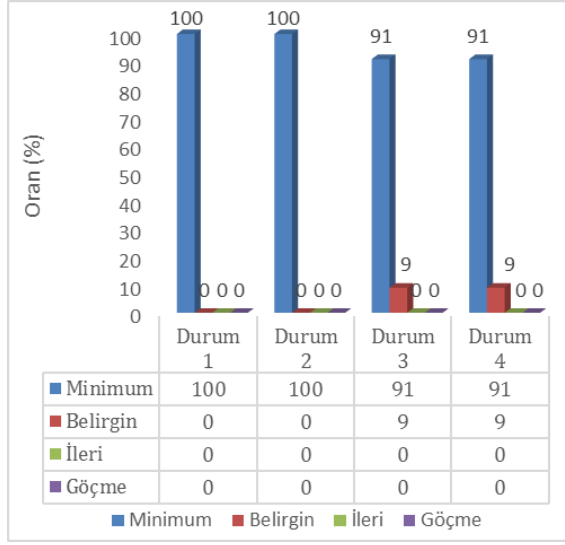
Şekil 4.49. Durum 2 için yapının kalıp planı



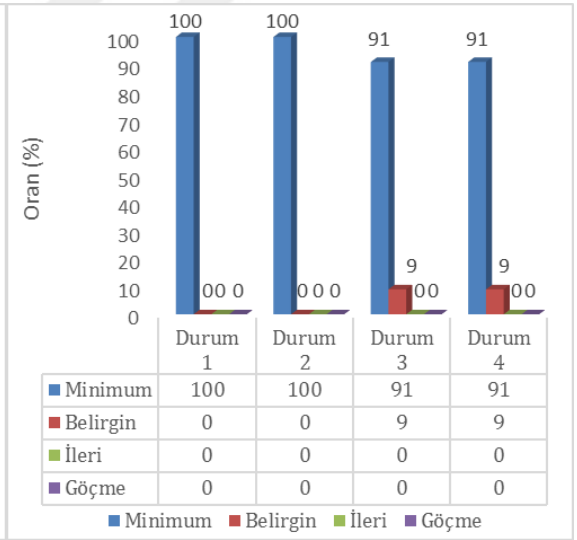
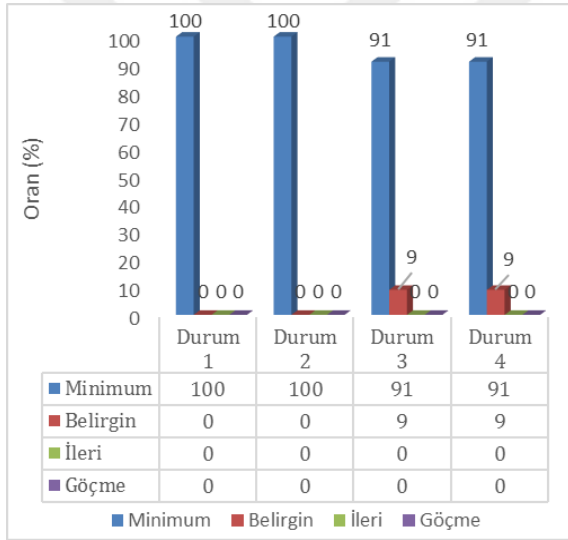
Şekil 4.50. Durum 3 için yapının kalıp planı





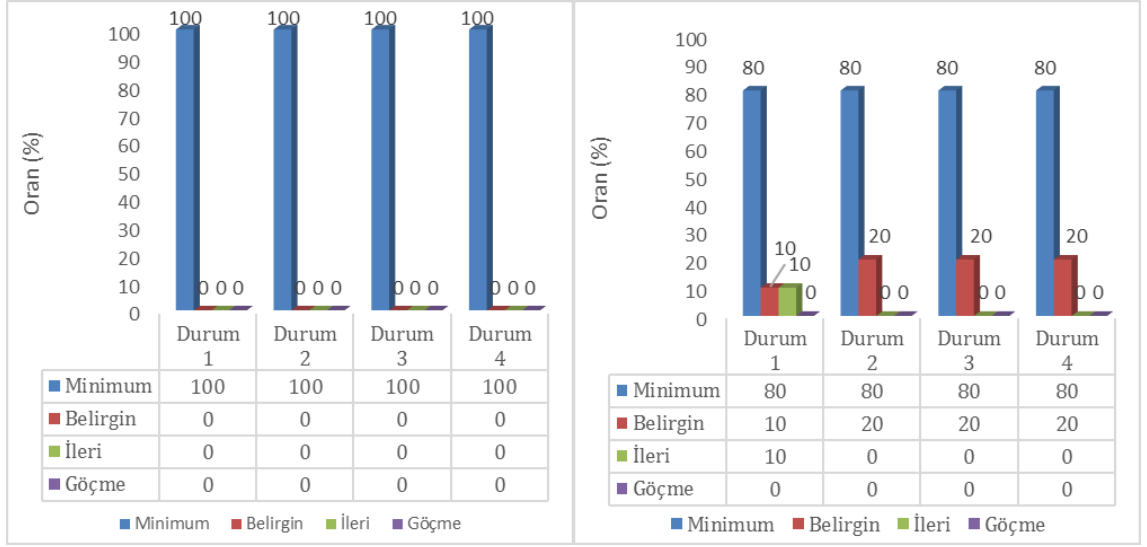


(a) Zemin Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (b) Bodrum Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%)

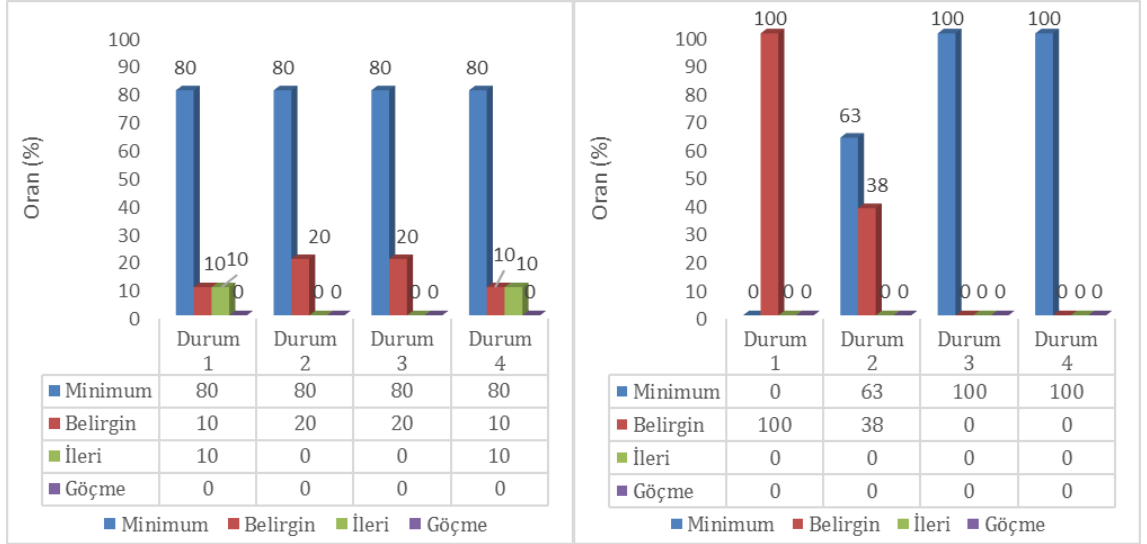


(c) 1. Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%) (d) 2. Kat Kirişler İçin + EX Hasar Oranları (%)

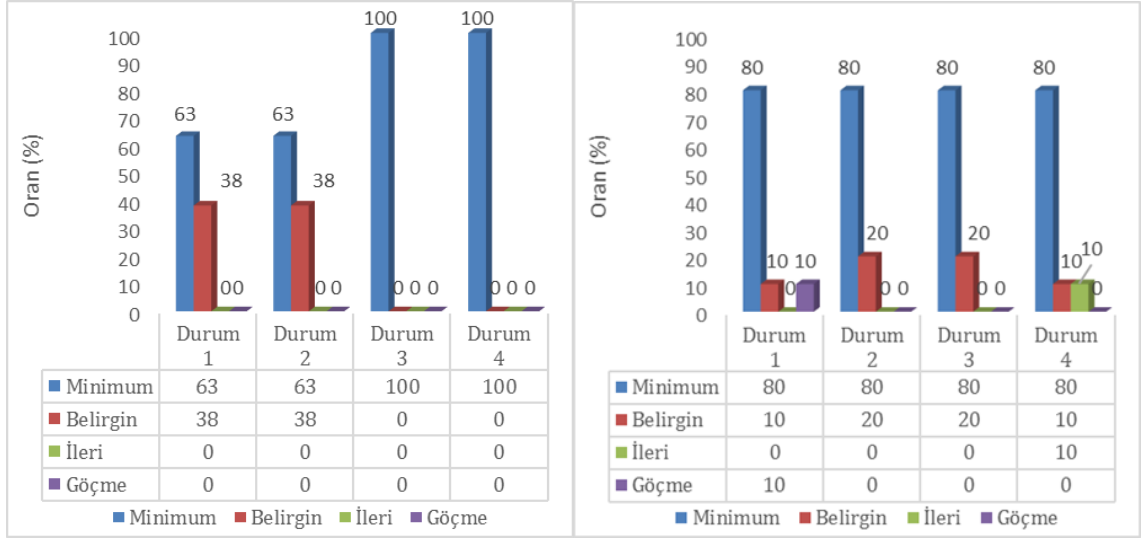
Şekil 4.52. Örnek 6 için kiriş-kolon hasar durumları



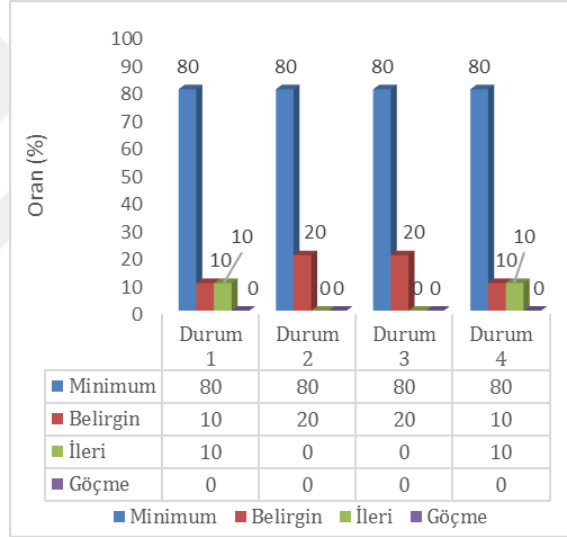
(e) Bodrum Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%) (f) Zemin Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)



(g) 1. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%) (h) Zemin Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%)  
Şekil 4.52. Örnek 6 için kiriş – kolon hasar durumları(devamı)



(i) 2. Kat Kolonlar İçin - EX Hasar Oranları (%) (i) 2. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)



(k) 3. Kat Kirişler İçin - EY Hasar Oranları (%)

Şekil 4.52. Örnek 6 için kiriş-kolon hasar durumları(devamı)

Grafiklerden anlaşıldığı üzere kirişlerde birinci durumda ileri hasar ve göçme durumları söz konusudur. Fakat 2 durumda hasarlı kirişin tespit edilip büyütülmesiyle kiriş hasar oranları azalmıştır. (Şekil 4.52a-b-c-d-e-f-g-i-k) 3. durumda kolon ve kirişin boyutlarının birlikte artırılması ile kolon elemanlardaki hasar durumlarında iyileşme görülmüştür, belirgin hasar durumu minimum hasar durumuna dönüşmüştür (Şekil 4.52h-i). 4. durumda sadece kolon boyutlarının büyütülmesi ve kiriş boyutlarının aynı kalması nedeniyle kiriş hasar oranının 2. duruma göre fazla olmasının sebebi, kolonların

boyutlarının artırılmasına rağmen hasarlı kirişin boyutunun artırılmamasıdır. (Şekil 4.52i).

Bu örnekteki veriler değerlendirildiğinde ortaya şu sonuçlar çıkmaktadır:

1.Yeni yapılacak olan yapılarda öncelikli olarak sorunun tespiti yapılmalı ve ilk olarak sorunlu elemanlardaki sorununun giderilmesi yoluna gidilmelidir.

2.Yapıdaki gevrek elemanlara etriye sıklaştırılması yapılması önerilir.

3.Her zaman ve her şekilde kolon ebatlarının arttırılması performans analizine yeterli faydayı sağlamayabilir.

4.Yapıdaki tüm kolonların büyütülmesi yerine performans analizi sonucunda sorunlu olduğu tespit edilen taşıyıcı sistem elemanlarına büyütme uygulanmasının ekonomik açıdan da daha uygun olduğu düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Daha önce çalışmada bahsedildiği gibi ülkemizde depremler sonrası meydana gelen can ve mal kayıplarının büyüklüğü mevcut yapıların bir an önce değerlendirilmesi konusunu gündeme getirmiştir. Bunun için çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalara yön göstermek için yönetmelikler çıkarılmıştır. Yapıların deprem performanslarının belirlenebilmesi için TDY 2007' nin 7. Bölümü hazırlanmıştır. TDY 2007 ile deprem sırasında can güvenliğini sağlamayan yapıların belirlenmesi hızlanmıştır. Önemli olan bir yapının depremden tamamen hasarsız çıkması değildir, yapıda yaşayan canlıların zarar görmeden yapı içerisinden çıkabilmesi, yani can kayıplarının önlenmesidir. Bu bahsedilen konularla bağlantılı olarak bu çalışmada günlük hayatta görebilecek örnekler irdelenmiş ve sunulmuştur.

Tezdeki ilk çalışmada 2007 sonrası yapıldığı bilinen, 2 katlı bir yapı ele alınmıştır. İncelenen örnekte yapı sahibi bölgedeki imar değişiminden faydalanarak kat ilavesi yapmak istemiştir. Yapının imarının 3 kata çıkmasından dolayı yapıya bir asansör yeri ve perdesi eklenmesi gerekmiştir. Eklenen perdenin yapıya olumlu ve olumsuz etkileri ve kat ilavesinin sonuçları bu örnekte irdelenmiştir.

Tezdeki ikinci çalışmada 1998 öncesi yapıldığı bilinen 2 katı mevcut bir yapıya kat ilavesi incelenmiştir. Bu çalışmanın ilkinden farkı yapının eski yönetmenliğe göre yapılmış olmasıdır. Bu yapıya iki aşamadan oluşan güçlendirme çalışması yapılmıştır. Şöyle ki, 2 katlı yapıya eklenen güçlendirme 3. katın eklenmesiyle yeterli gelmeyince ek bir güçlendirme daha uygulanmıştır.

Üçüncü çalışmada ise diğer iki örnekten farklı olarak, incelenen yapı zamanının yürürlükte olan yönetmenliğine dahi uymamaktadır. Yapım yılı itibarıyla 1998 öncesi yönetmeliğe tabi bulunan ve bodrum üstü iki kattan oluşan mevcutlu bir yapıdır. Bu yapının kolon enlerinin 20 cm olması dolayısıyla tüm kolon elemanlarına mantolama yapılmış ve bu şekilde can güvenliği sağlatılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde TDY 2007 öncesi yapının kolonlarına betonarme manto eklenerek güçlendirilmiş Hatay'ın İskenderun ilçesinde bulunan bir yapı üzerinde yapılan güçlendirmenin çeşitli yöntemlerle doğruluğu incelenmiş ayrıca en uygun çözümün ne olabileceği araştırılmıştır. 2 katlı mevcut yapıya betonarme manto eklenerek S220 ve S420 çelik sınıfları kullanılarak o zaman yapıldığı gibi önce sıfır

kolon gibi düşünülerek yani yeni kolon gibi çözüm yapılarak performans analizleri sonucu incelenmiştir. Daha sonra en uygun mantolamanın hangi kolonlara hangi ebatta yapılacağı belirlenmek istenmiştir.

Tezin bir diğer aşamasında ise anlatılmak istenen yapı örneği yine Hatay yöresinden konut yapısı olarak inşa edilmişken kullanım amacının değişmesi sonucu gerekli kontrollerin yapılmasının zorunlu olduğu bir yapıdır. TDY 2007 ' ye göre ise performansa analizi sonucu göçme durumunda çıkmıştır. Yapının kullanım amacı değiştiğinden TDY 2007'nin 7. Bölümüne göre tasarım depremi altında hemen kullanımı, en büyük deprem altında ise can güvenliği performans kriterini sağlaması gerekmektedir. Buna göre güçlendirmeler yapılmış ve bu kriterler sağlatılmıştır. Bu yapıya 3 adet güçlendirme perdesi eklenmiştir.

Son örnek olarak yeni bir yapıya bilgisayar programı yardımıyla can güvenliği performansa kriteri sağlatılmak istenmiştir.

Son olarak yapılan çalışmalardan çıkan sonuçları özetlersek;

1. Güçlendirmede esas amaç, yapıya maksimum fayda sağlanırken mümkün olduğu kadar minimum güçlendirme uygulamasının yapılmasıdır. Güçlendirme de maliyet göz ardı edilmemeli ve özellikle uygulanabilir çözümler üretilmelidir. Çabuk tamamlanan, yapıda ek hasarlara sebep olmayan, uygulanabilir, çözüm odaklı iyi bir proje çalışması yapılması gerektiği düşünülmektedir.

2. Yapının uygun yerlerine kapı ve pencerelerin bulunmadığı merdiven etraflarına yapılan güçlendirme uygun olmakla beraber eklenen güçlendirme perdelerinin yeri de önemlidir. Ayrıca mümkünse perdelerin devamı yapı yüksekliği boyunca sağlanmalıdır. Aksi takdirde yapıda burulma ve yumuşak kat düzensizlikleri görülebileceği düşünülmektedir.

3. Çok sayıda elemana az miktarda güçlendirme yapmak yerine yeterli ve gerekli oranda güçlendirme az elemana güçlendirme uygulanması olduğu düşünülmektedir.

4. Yeni yapılarda sorunun çözümü için önce hasarlı elemanlar incelenmeli gerekli yere yeteri kadar büyütme yapılmalıdır. Gevrek elemanlar içinde etriye sıklaştırması önerilir.

Yapıya yapılacak olan güçlendirmelerin her zaman yoğun bir şekilde yapılması uygun olmayabilir. Çünkü her yapılan güçlendirme yapıya ek yük ve düzensizlik durumu getirebilir. Bu durumda en basit ve en etkili güçlendirme yönteminin

seçilmesinin yapı güvenliği ve ekonomiklik açısından daha uygun olduğu düşünölmektedir. Özellikle güçlendirme perdelerinin konumunun yanlış seçimi yapıya faydadan çok zarar getirebilir.

Güçlendirilme yapılacak yapının gerçek taşıma kapasitesi tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeple mevcut yapının taşıyıcı elemanlarının gerçek kapasitelerinin tam olarak bilinmesi çok zordur. Güçlendirme yöntemleri seçilirken, taşıyıcı sistem elemanlarındaki yetersizliklerin giderilmesinin yanında, sistemde ek burulma ve düzensizlik etkileri doğurmayacak ve rijitliği artıracak önlemler alınmasına özen gösterilmelidir.





## KAYNAKLAR

- Ateş, S. (2009). Mevcut binaların depreme karşı performans analizi için kullanılan alternatif yöntem ve paket programların karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Atmaca, M. (2013). Betonarme yapılarda performans analizi. Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Aydın, İ. (2006). Betonarme binaların performans analizi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi.
- Bilgin, H., İnel, M. ve Özmen, H. B. (2006). Orta katlı betonarme yapıların deprem performansları. **Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu**.
- Dinçer. (2012). Mevcut yapıların TDY 2007 ye göre performans analizi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- DBYYHY (2007) Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Genç, M. (2007). Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme yapıların çeşitli çözüm yöntemleriyle performansa dayalı analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gökalp, E. (2009). Betonarme yapıların performans analizinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- İnel, M., Bilgin, H. ve Özmen, H. B. (2007). Orta yükseklikteki betonarme binaların deprem performanslarının afet yönetmeliğine göre tayini. **Mühendislik Bilimleri Dergisi** 13:1, 81-89.
- İnel, M., Bilgin, H. ve Özmen, H. B. (2008). Orta yükseklikli binaların Türkiye' de yaşanan son depremlerdeki performansı. **İMO Teknik Dergi** 284, 4319-4331.
- Kanbir, Z. (2012). Betonarme yapıların deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özmen, H. B. (2011). Düşük ve orta yükseklikteki betonarme yapıların deprem performanslarını etkileyen faktörlerin irdelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Tuncer, Ö. (2008). Betonarme yapıların deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ürünveren, M.F. (2010). Çok katlı betonarme yapılarda deprem performansının belirlenmesi yöntemleri ve güçlendirme önerileri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Vulaş, Y. (2014). Mevcut betonarme binaların perla (hızlı performans değerlendirme yöntemi) ile performans analizinin yapılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Yılmaz, B. (2014). Eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında doğrusal elastik yöntemlerle performans analizinin mevcut betonarme bir bina örneğinde karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.



## ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1981 yılında Sivas' ta doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini Hatay'ın İskenderun ilçesinde tamamladı. MKÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 1999 yılında kazandı. Üniversiteden 2004 yılında mezun oldu. 2010 yılında Yüksek Lisans öğrenimine MKÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde başladı. 2012 yılında serbest inşaat mühendisi olarak çalışmaya başlayan yazar 2015 yılında TKA MÜH. MÜŞ. İNŞ. LTD. ŞTİ.'ni kurdu. Yazar halen serbest inşaat mühendisi olarak kurduğu şirkette çalışmaya devam etmektedir.

