

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YANGIN GEÇİRMİŞ BETONARME BİR YAPININ DEPREM
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mert HACİEMİROĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YANGIN GEÇİRMİŞ BETONARME BİR YAPININ DEPREM
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mert HACİEMİROĞLU
(501091241)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin AYDOĞAN

HAZİRAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091241 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mert HACİEMİROĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YANGIN GEÇİRMİŞ BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sema NOYAN ALACALI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **05 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2014**

Centilmen Baba'mın Anısına,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında DBYBHY-2007 VE TS500 yönetmeliklerine uygun olarak üç farklı pas payı kalınlığı için tasarlanmış üç yapının TS EN-1992-1-2’de bahsedilen malzemenin sıcaklıkla olan ilişkisini tanımlayan parametreler ve ISO834’de verilen sıcaklık-zaman eğrisi kullanılarak yangın modelinin farklı katlar ve yangın süreleri etkisinde simüle edilmesini ve doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemlerine göre performans noktalarındaki durumlarının karşılaştırılmalarını içermektedir.

Desteğini ve özverisini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile bana ışık tutan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Metin AYDOĞAN’a, lisans eğitimimde ve sonrasında attığım ilk adımları destekleyen ve arkasında duran Doç. Dr. Şevket ÖZDEN’e, mesleki hayatımdaki değerli yardımlarından dolayı Dr. Onur ERTAŞ’a, lisansüstü eğitimimde bilgi, deneyim, ve zamanını benimle paylaşan bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilir, en içten sevgi ve saygılarımı sunarım.

Yaşamım süresince karşılaştığım her türlü zorluğu kolaylıkla atlatmama yardımcı olan, sevgi ve ilgileriyle desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sabırlı annem, babam ve ablama en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Göstermiş oldukları sabır ve hoşgörülerini için tüm aileme ve yakın dostlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2014

Mert Hacımiroğlu
İnş. Müh.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xxi
ÖZET.....	xxv
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı	1
2. YANGIN MODELİNİN BELİRLENMESİ.....	3
2.1 Tasarımda Kullanılacak Yangın Eğrisi	3
2.2 Betonarme Yapıların Yangın Başarımlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	6
2.2.1 Yangın başarımının deneyle belirlenmesi	6
2.2.2 Yangın başarımının talimata dayalı yöntemlerle belirlenmesi	6
2.2.3 Yangın başarımının performansa dayalı yöntemlerle belirlenmesi	6
2.2.3.1 Basitleştirilmiş hesap metodu	7
2.2.3.2 Isıl tepki modeli	7
2.2.3.3 Mekanik tepki modeli	8
2.3 Malzeme Özelliklerinin Yüksek Sıcaklıkla Değişimi	8
2.3.1 Beton mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişimi.....	11
2.3.1.1 Yoğunluk değişimi	11
2.3.1.2 Isıl genleşme sayısının değişimi.....	11
2.3.1.3 Isıl iletkenlik katsayısının değişimi.....	12
2.3.1.4 Özgül ısı katsayısı değişimi	13
2.3.1.5 Gerilme şekil değiştirme eğrisinin değişimi	14
2.3.1.6 Beton elastisite modülünün değişimi	16
2.3.1.7 Diğer değişken parametreler hakkında.....	17
2.3.2 Donatı mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişimi	18
2.3.2.1 Yoğunluk değişimi	18
2.3.2.2 Isıl genleşme sayısının değişimi.....	18
2.3.2.3 Gerilme şekil değiştirme eğrisinin değişimi	19
2.3.2.4 Beton kesit içerisinde ısı iletimi	21
2.3.2.5 SAFIR paket programına kesit modeli tanımlanması hakkında	22
3. DBYBHY-2007'YE GÖRE DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE PERFORMANS ANALİZİ	23
3.1 Giriş	23
3.2 Talebin Belirlenmesi	25
3.2.1 Bina hedef performans veya performanslarının belirlenmesi.....	25

3.2.2 Hedef performans veya performanslara göre deprem etkisinin belirlenmesi	25
3.3 Kapasitenin Belirlenmesi.....	27
3.3.1 Bina bilgi düzeyinin ve mevcut malzeme dayanımlarının belirlenmesi ..	27
3.3.2 Yapı elemanlarının plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi	28
3.3.3 Yapı analitik modelinin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için uygun hale getirilmesi	32
3.3.4 Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile bina kapasitelerini belirlenmesi	33
3.3.5 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bina kapasitesinin belirlenmesi	33
3.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Kapasite ve Talebin Karşılaştırılması	35
3.4.1 Betonarme elemanlarda toplam eğriliklerin bulunması	38
3.4.2 Betonarme yapı elemanlarının kesit hasar sınırlarının belirlenmesi.....	38
3.5 Yapı Performans Düzeyinin Belirlenmesi	40
4. DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞLARININ İNCELENECEĞİ TAŞIYICI SİSTEMLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE PLASTİK MAFSALLIK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	41
4.1 Yangın Senaryoları	41
4.2 Tasarımı Yapılacak Binanın Geometrisi	42
4.3 Malzeme Özellikleri	43
4.3.1 Mevcut yapı malzeme özellikleri	43
4.3.2 Yangın etkisi sonrasında malzeme özellikleri	43
4.4 Deprem Karakteristikleri	58
4.5 Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler	58
4.6 Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması	58
4.7 Plastik Mafsallık Özelliklerinin Hesaplanması	61
4.7.1 Kolon kesit analizleri	61
4.7.2 Kiriş kesit analizleri	70
4.8 Mevcut Binanın Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi	75
4.8.1 Etkin Eğilme Rijitlik Oranlarının Belirlenmesi	76
4.8.2 Tepe deplasman talebinin belirlenmesi.....	76
5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	79
5.1 Global Sonuçlar	79
5.2 Eleman Bazında Sonuçlar	84
5.2.1 Kolon hasarları	84
5.2.2 Kiriş hasarları	93
6. SONUÇLAR	105
KAYNAKLAR.....	109
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	167

KISALTMALAR

ACI216-R89	: Betonarme Elemanların Yangın Dayanımının Belirlenmesi
ASTM E119	: ASTM E119 Kodlu ABD Standardı Isı-Zaman Eğrisi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
BS EN 1992-1-1	: İngiliz Şartnamesi-Betonarme Yapıların Tasarımı
DBYBHY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik -2007
GB	: Göçme Bölgesi
ISO834	: ISO 834 Standart Isı-Zaman Eğrisi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
SAP 2000	: Yapının Analitik Modelinin Kurgulanıp Çözümlendiği Paket Program
SAFIR	: Yapı Elemanlarının Yangın Etkisindeki Davranışını Hesaplayan Bir Paket Program
STA4CAD	: DBYBHY-2007 ve TS500'e Göre Yapının Analitik Modelinin Kurgulanıp Çözümlendiği Paket Program
TS EN 1992-1-2	: Beton Yapıların Tasarımı – Bölüm 1-2: Genel Kurallar-Yapısal Yangın Tasarımı (Eurocode 2)
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Silis agregalı betonda sıcaklığa bağlı gerilme şekil değiştirme ilişkisi	14
Çizelge 2.2 : Soğukta işlem görmüş (S420b) donatı çeliğine ait TS EN 1992-1-2’de verilen sıcaklığa bağlı gerilme ve elastisite modülündeki kayıplar ...	20
Çizelge 4.1 : Analitik modelin analizinin yapıldığı senaryolar tablosu.....	41
Çizelge 4.2 : Analitik modelin analizinin yapıldığı senaryolar tablosu (Devamı). .	42
Çizelge 4.3 : C25 Betonun mekanik özellikleri.....	43
Çizelge 4.4 : S420b Donatı çeliğinin mekanik özellikleri.....	43
Çizelge 4.5 : 1 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.....	45
Çizelge 4.6 : 2 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.....	46
Çizelge 4.7 : 3 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.....	47
Çizelge 4.8 : Yüksek sıcaklık etkisinde kolon etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği.	48
Çizelge 4.9 : Yüksek sıcaklık etkisinde kolon eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği.....	48
Çizelge 4.10 : 1 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri Yangın alt yüzden etkitiliyor.	50
Çizelge 4.11 : 2 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın alt yüzden etkitiliyor.	51
Çizelge 4.12 : 3 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın alt yüzden etkitiliyor.	52
Çizelge 4.13 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Alttan yangın etkisi).	53
Çizelge 4.14 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Alttan yangın etkisi).	53
Çizelge 4.15 : 1 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.	54
Çizelge 4.16 : 2 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.	55

Çizelge 4.17 : 3 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanın ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkililiyor.....	56
Çizelge 4.18 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın etkisi).....	57
Çizelge 4.19 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın etkisi). ...	57
Çizelge 4.20 : Sabit ve hareketli yükler tablosu.	58
Çizelge 4.21 : Kolon kesiti tablosu.	59
Çizelge 4.22 : Kiriş tip kesiti tablosu.....	59
Çizelge 4.23 : (a)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri.	65
Çizelge 4.24 : (b)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).....	66
Çizelge 4.25 : (c)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).....	67
Çizelge 4.26 : (d)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).....	68
Çizelge 4.27 : (e)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).....	69
Çizelge 4.28 : Kiriş kesiti mesnet bölgesinde kesme kapasitesi değerleri.....	73
Çizelge 4.29 : Kiriş kesiti açıklık bölgesinde kesme kapasitesi değerleri.	74
Çizelge 4.30 : Tüm senaryolara ait tepe deplasman istemi hesabı tablosu.	77
Çizelge 5.1 : Tüm senaryolara ait statik itme analizinin son adımındaki taban kesme kuvveti değerleri tablosu	81
Çizelge 5.2 : 1-9 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.	86
Çizelge 5.3 : 10-18 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.	87
Çizelge 5.4 : 19-28 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.	88
Çizelge 5.5 : Mevcut durumların kolon hasar durumlar tablosu.	89
Çizelge 5.6 : 1-9 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.	90
Çizelge 5.7 : 10-18 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.	91
Çizelge 5.8 : 19-27 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.	92
Çizelge 5.9 : Mevcut durum senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.....	93
Çizelge 5.10 : 1-9 senaryoları kiriş hasar durumlar tablosu.	94
Çizelge 5.11 : 10-18 senaryoları kiriş hasar durumlar tablosu.	95
Çizelge 5.12 : 19-27 senaryoları kiriş hasar durumlar tablosu.	96
Çizelge 5.13 : Mevcut durumların kiriş hasar durumlar tablosu.	97
Çizelge 5.14 : Kiriş hasarı hesabı örnek tablosu.....	98
Çizelge 5.15 : Kiriş hasarı hesabı örnek tablosu (Devamı).	99
Çizelge 5.16 : 1-9 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.	100
Çizelge 5.17 : 10-18 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.	101
Çizelge 5.18 : 19-27 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.	102
Çizelge 5.19 : Mevcut yapı senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.	103
Çizelge J.1 : Yangın etkisinin alttan gerçekleşmesi ile kiriş elemanlarının moment eğrilik ilişkileri.	130
Çizelge J.2 : Yangın etkisinin üstten gerçekleşmesi ile kiriş elemanlarının moment eğrilik ilişkileri (Devamı).	130

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :	Yangın etkisindeki bir yapının yük taşıma kapasitesine ilişkin hesap akış diyagramı.....	4
Şekil 2.2 :	Yukarıda adı geçen standart yangınlara ilişkin sıcaklık- zaman eğrileri grafiği.....	5
Şekil 2.3 :	Isıl işlem görmüş numunelerin akma dayanımlarının ilk hallerine oranları grafiği.	10
Şekil 2.4 :	Donatı çeliklerinin akma değerlerinin sıcaklıkla değişimi grafiği.....	10
Şekil 2.5 :	Silis agregalı betonun yoğunluğunun sıcaklığa göre değişim grafiği... ..	11
Şekil 2.6 :	Silis agregalı betonun ısı genleşme katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği.....	12
Şekil 2.7 :	Betonun ısı iletim katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği.	13
Şekil 2.8 :	%3 Rutubet muhtevasına sahip silis agregalı betonun sıcaklığa bağlı özgül ısı grafiği.	13
Şekil 2.9 :	Betonun yüksek sıcaklıktaki gerilme birim şekil değiştirme ilişkisi. .	15
Şekil 2.10 :	EN 1992-1-1’de tanımlanan normal sıcaklıktaki (20 °C) basınç altındaki betonun gerilme birim şekil değiştirme grafiği.....	15
Şekil 2.11 :	Eurocode 1992-1-1:2004 ‘e göre normal sıcaklıktaki (20 °C), basınç altındaki C25 sınıfı betonun gerilme birim şekil değiştirme değerleri. .	16
Şekil 2.12 :	Betonun elastisite modülünün sıcaklıkla değişimi.....	17
Şekil 2.13 :	Donatı çeliğinin ısı genleşme katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği. .	19
Şekil 2.14 :	Donatı çeliğine ait dayanım birim şekil değiştirme eğrisi.	20
Şekil 2.15 :	TS EN 1992-1-2’de tanımlanan herhangi bir sıcaklıktaki gerilme şekil değiştirme denklemleri.	21
Şekil 3.1 :	DBYBHY-2007’ye göre doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile bina performans değerlendirmesi akış diyagramı.....	24
Şekil 3.2 :	Yukarıda bahsedilen deprem türlerine göre elastik spektrum eğrisindeki değişim gösterilmiştir.	26
Şekil 3.3 :	Spektrum eğrisinde eksen dönüşümü.	27
Şekil 3.4 :	Eksenel yük düzeyinin moment-eğrilik ilişkisine olan etkisi.	28
Şekil 3.5 :	İki farklı sargılama donatısı düzeni için, sargılanmış-sargılanmamış beton alanları sargı donatısı düzeni gösterilmiştir.	29
Şekil 3.6 :	Sargılanmış ve sargılanmamış beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.....	31
Şekil 3.7 :	Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.	31
Şekil 3.8 :	Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi.	35
Şekil 3.9 :	Performans noktasının belirlenmesi($T_1^{(1)} \geq T_B$).....	36
Şekil 3.10 :	Performans noktasının belirlenmesi($T_1^{(1)} < T_B$).....	37
Şekil 3.11 :	Kesit hasar sınırları ve kesit hasar bölgeleri.	39
Şekil 4.1 :	Yangın etkisindeki katların 3 boyutlu görseli.....	42

Şekil 4.2 :	50cm x 50 cm kolonun dörtte bir kesitindeki seçilmiş beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişim grafiği.....	44
Şekil 4.3 :	1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.	45
Şekil 4.4 :	2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.	46
Şekil 4.5 :	3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.	47
Şekil 4.6 :	40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin dörtte bir kesitindeki seçilmiş beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişim grafiği.....	49
Şekil 4.7 :	1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.	50
Şekil 4.8 :	2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.	51
Şekil 4.9 :	3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinin kiriş kesitinde (40 cmx50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.	52
Şekil 4.10 :	1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.	54
Şekil 4.11 :	2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.	55
Şekil 4.12 :	3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.	56
Şekil 4.13 :	Örnek kiriş donatı düzeni.	60
Şekil 4.14 :	Örnek kolon kesiti yangın modeli.	60
Şekil 4.15 :	Örnek kiriş kesiti yangın modeli.	60
Şekil 4.16 :	1 cm pas payı için (a)hasarsız kolon kesiti ve (b)yangın hasarlı kolon kesiti için örnek XTRACT kesit modeli.	61
Şekil 4.17 :	Hasarsız kolon kesiti için (a)sargısız beton dayanımı (b)sargılı beton dayanımı (c) donatı çeliği dayanımı için örnek XTRACT kesit modeli.	62
Şekil 4.18 :	Hasarlı kolon kesiti için (a)sargısız beton dayanımı (b)sargılı beton dayanımı (c) donatı çeliği dayanımı için örnek XTRACT kesit modeli.	62
Şekil 4.19 :	Kolonlar için akma yüzeylerinin SAP2000 de tanımlanması a) Kolon doğrultusu, 0° , b) Kolon doğrultusu, 45°.	63
Şekil 4.20 :	Kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan örnek eksenel kuvvet – eğrilik ilişkisi.	64
Şekil 4.21 :	2 cm pas payı için (a)hasarsız kiriş kesiti (b)alttan yangın etkisine maruz kiriş kesiti, (c)üstten yangın etkisine maruz kiriş kesiti için örnek XTRACT kesit modelleri.	70
Şekil 4.22 :	Hasarsız Tip-1 kirişi için örnek negatif Moment-Eğrilik ilişkisi.	71
Şekil 4.23 :	Hasarsız Tip-1 kirişi için örnek pozitif Moment-Eğrilik ilişkisi.	71
Şekil 4.24 :	Kirişler için SAP2000de eğilme mafsalı tanımlanması.	72
Şekil 4.25 :	Senaryo 1 için modal kapasite diyagramı ve doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme istemi.	78
Şekil 5.1 :	Senaryo 1-2-3 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.(Zemin kat yangına maruz)	80
Şekil 5.2 :	Senaryo 10-11-12 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.(2. normal kat yangına maruz)	80

Şekil 5.3 :	Senaryo 19-20-21 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği. (4. normal kat yangına maruz)	80
Şekil 5.4 :	Zemin katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.	81
Şekil 5.5 :	2. Normal katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.	82
Şekil 5.6 :	4. Normal katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.	82
Şekil 5.7 :	Senaryo 1-2-3 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.	83
Şekil 5.8 :	Senaryo 10-11-12 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.	83
Şekil 5.9 :	Senaryo 19-20-21 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.	84
Şekil 5.10 :	Yangın süresine bağlı olarak kolon kapasiteleri ve hasar seviyeleri.(a) Mevcut durum, (b) 60 dak. yangın etkisi, (c) 120 dak. yangın etkisi, (d) 180 dak. yangın etkisi.	85
Şekil A.1 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)	114
Şekil A.2 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)	114
Şekil A.3 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)	114
Şekil B.1 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (1,10,19 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	115
Şekil B.2 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (4,13,22 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	115
Şekil B.3 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (7,16,25 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	115
Şekil B.4 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (2,11,20 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	116
Şekil B.5 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (5,14,23 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	116
Şekil B.6 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (8,17,26 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	116
Şekil B.7 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (3,12,21 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	117
Şekil B.8 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (6,15,24 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	117
Şekil B.9 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (9,18,27 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)	117

Şekil C.1 :	Tüm senaryolar kapsamında 50cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği.	118
Şekil C.2 :	Tüm senaryolar kapsamında 50cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği.	118
Şekil D.1 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)	119
Şekil D.2 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)	119
Şekil D.3 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)	119
Şekil E.1 :	Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Alttan yangın).	120
Şekil E.2 :	Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Alttan yangın).	120
Şekil F.1 :	1 saatlik (3600 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)	121
Şekil F.2 :	2 saatlik (7200 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)	121
Şekil F.3 :	3 saatlik (10800 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)	121
Şekil G.1 :	Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın).	122
Şekil G.2 :	Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın).	122
Şekil H.1 :	Zemin kat kalıp planı.	123
Şekil H.2 :	1. Normal kat kalıp planı.	123
Şekil H.3 :	2. Normal kat kalıp planı.	124
Şekil H.4 :	3. Normal kat kalıp planı.	124
Şekil H.5 :	4. Normal kat kalıp planı.	125
Şekil I.1 :	Hasar görmemiş kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.	126
Şekil I.2 :	1 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.	127
Şekil I.3 :	2 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.	128
Şekil I.4 :	3 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.	129

Şekil K.1 :	1 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	132
Şekil K.2 :	2 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	133
Şekil K.3 :	3 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	134
Şekil K.4 :	4 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	135
Şekil K.5 :	5 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	136
Şekil K.6 :	6 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	137
Şekil K.7 :	7 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	138
Şekil K.8 :	8 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	139
Şekil K.9 :	9 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	140
Şekil K.10 :	10 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	141
Şekil K.11 :	11 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	142
Şekil K.12 :	12 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	143
Şekil K.13 :	13 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	144
Şekil K.14 :	14 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	145
Şekil K.15 :	15 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	146
Şekil K.16 :	16 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	147
Şekil K.17 :	17 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	148
Şekil K.18 :	18 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	149
Şekil K.19 :	19 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	150
Şekil K.20 :	20 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	151
Şekil K.21 :	21 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	152
Şekil K.22 :	22 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	153
Şekil K.23 :	23 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	154
Şekil K.24 :	24 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	155
Şekil K.25 :	25 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	156

Şekil K.26 :	26 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	157
Şekil K.27 :	27 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	158
Şekil K.28 :	28 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	159
Şekil K.29 :	29 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	160
Şekil K.30 :	30 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.....	161
Şekil L.1 :	Senaryo 4-5-6 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	162
Şekil L.2 :	Senaryo 13-14-15 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	162
Şekil L.3 :	Senaryo 22-23-24 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	162
Şekil L.4 :	Senaryo 7-8-9 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	163
Şekil L.5 :	Senaryo 16-17-18 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	163
Şekil L.6 :	Senaryo 25-26-27 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.....	163
Şekil M.1 :	Senaryo 4-5-6 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	164
Şekil M.2 :	Senaryo 13-14-15 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	164
Şekil M.3 :	Senaryo 22-23-24 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	164
Şekil M.4 :	Senaryo 7-8-9 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	165
Şekil M.5 :	Senaryo 16-17-18 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	165
Şekil M.6 :	Senaryo 25-26-27 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.....	165

SEMBOL LİSTESİ

α_c	: Betonun ısı genleşme katsayısı
α_i	: Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
$\alpha_1^{(i)}$	: (i)'nci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
A_w	: Kesme donatısının alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
a_{y1}	: Birinci moda aiteşdeğer akma ivmesi
$a_{1(i)}$	: (i) itme adımı sonucunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
α_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
b_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
c	: Özgül ısı
C_c	: Betonun özgül ısısı [J/kgK]
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	: (i)'nci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
d_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma yerdeğiştirmesi
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$E_{s,\theta}$	: Sıcaklığa bağlı, doğrusal elastik bölümün eğimi
$(ED)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(ED)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ϵ_c	: Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{c(\theta)}$	: Betonun ısı birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{c1,\theta}$	: $f_{c,\theta}$ 'ya karşılık gelen birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{p(\theta)}$	: Donatı çeliğinin ısı birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{s(\theta)}$	: Donatı çeliğinin θ sıcaklığındaki birim şekil değiştirmesi
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton basınç dayanımı
$f_{c,\theta}$	: Basınç dayanımı
$f_{ck(\theta)}$	: Belirtilen birim şekil değiştirme değeri için θ sıcaklığındaki karakteristik beton basınç dayanımı
$f_{ck,t(\theta)}$	: Belirtilen bir birim şekil değiştirme değeri için betonun çekme dayanımının θ sıcaklığındaki karakteristik değeri
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
$f_{sp,\theta}$	: Donatı çeliğine ait sıcaklığa bağlı orantılılık sınırı
$f_{sy,\theta}$	: Donatı çeliğine ait sıcaklığa bağlı en büyük gerilme seviyesi

f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
G	: Sabit yükler
g	: Yerçekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
I_g	: Atalet momenti
h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
k	: Isıl yayılım katsayısı (termik difüzyon katsayısı)
L_p	: Plastik mafsallık boyu
M_{x1}	: X deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci hakim moda ait etkin kütle
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N_D	: Deprem hesabında esas alınan kütleler için düşey yükler altında eksenel kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Q	: Hareketli yükler
$\dot{Q}$	: Birim zamanda birim hacimde oluşan ısı (Isıl yayılım hızı hesaplanırken)
θ	: Sıcaklık [$^{\circ}C$]
θ_{cr}	: Kritik sıcaklık [$^{\circ}C$]
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
ρ_s	: Toplam enine donatının hacımsal oranı
ρ_x, ρ_y	: İlgili doğrultudaki enine donatının hacımsal oranı
ρ	: Özkütle
R_{y1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral yerdeğiştirme
S	: Etriye aralığı
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$S_{ae}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{de}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral yerdeğiştirme
T	: t anındaki sıcaklık derecesi ($^{\circ}C$)
T_0	: Başlangıçtaki sıcaklık derecesi ($^{\circ}C$)
t	: Yanma süresi (dak.- sn.)
Γ_{x1}	: X deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda (i)'inci itme analizi sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_c	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{cr}	: Tasarım kesme kuvveti
V_r	: Kesme dayanımı
V_w	: Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
$V_{x1}^{(i)}$	: X deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi

ϕ_y	: Eşdeğer akma eğrilği
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci mod şekli genliği
θ_p	: Plastik dönme istemi
η_{bi}	: i'nci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
ω	: Açısal frekans
μ	: Süneklik
λ_c	: Betonun ısı iletkenliği [W/mK]
$\sigma_{c,fi}$	: Yangına maruz betonda oluşan gerilme
$\sigma_{s,fi}$	: Yangına maruz çelikte oluşan gerilme
x	: Uzaklık (Isıl yayılım hızı hesaplanırken)
y	: Uzaklık(Isıl yayılım hızı hesaplanırken)

YANGIN GEÇİRMİŞ BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Ülkemizde yangın etkisine maruz kalmış betonarme yapıların bir kısmı hiç bir onarım veya güçlendirme müdahalesi yapılmadan servis ömürlerine devam etmektedir. Ancak düşey yükler etkisi altında ayakta kalabilen bu yapılar olası bir deprem etkisine maruz kaldığında orijinal halindeki performanslarını gösteremeyebilirler. Betonarme binaların yangın sonrası onarım veya güçlendirilmesini takiben tekrar kullanılabilmesi mümkün olabilmektedir. Bu yapıların tekrar kullanılabilmesi ya da onarım veya güçlendirme yapılabilmesi için performans yeterliliği kontrol edilmelidir. Bunun için ilk olarak beton ve donatı çeliğindeki kayıpların bilinmesi gerekmektedir. Özellikle yangın etkisiyle ortaya çıkan yüksek sıcaklıkla birlikte betonun ve donatı çeliğinin mekanik özelliklerinde belirgin değişimler olmaktadır.

Bu çalışma, yangına maruz kalmış betonarme yapıların deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesini kapsamaktadır. Bu amaçla tez çalışması, mevcut yapı durumları ile birlikte otuz farklı yangın senaryosu sonrasında deprem performans sonuçlarının karşılaştırılmasını içermektedir. Bahsedilen otuz senaryodaki parametreler, pas payı, yangın etkisindeki kat, ve üç farklı yangın süresidir (60 dk-120 dk-180 dk).

Bu amaçla gerçekleştirilen çalışma beş asıl bölüm ve on üç ekten oluşmaktadır. Birinci bölüm, betonarme yapıların yangın başarımı, yangın davranış modelleri, TS EN 1992-1-2'e göre betonarmeyi oluşturan beton ve donatının yüksek sıcaklık sonrasındaki değişimleri, betonun kavlanması, betonarme kesitlerin ısıl çözümleme yöntemleri, betonarme yapıların yangın etkisinde yapısal çözümleme yöntemleri, sonlu elemanlar modeli kullanılarak geliştirilen bilgisayar programlarının ilgili formülasyonları ve ilgili literatür çalışmasından ibarettir. İkinci bölümde, DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan itme analizi üzerinde durulmakta ve analiz adımları anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde yangın senaryoları, sıcaklık etkisinde değişmiş malzeme özellikleri ve buna bağlı oluşturulan sonlu eleman kesit analizleri, analitik modellerin kurulması, deprem karakteristikleri, plastik mafsallık özelliklerinin hesabı, tepe deplasman talebinin belirlenmesi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde bulguların irdelenmesi açısından bina tepe deplasman istemleri, taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri, modal eğrilikteki değişimleri ve eleman hasar durumları gibi elde edilen sonuçların farklı açılardan birbirleri ile karşılaştırılması verilmektedir. Beşinci bölümde çalışmadan çıkartılabilecek sonuç ve öneriler özetlenmektedir. Bu son bölümü kaynaklar dizini ve tezin kapsamına ilişkin ek bölümler izlemektedir.

Bu çalışmanın neticesinde, yangın geçirdikten sonra yeniden kullanılması düşünülen binaların onarım ve güçlendirmesi hakkında fikir ve bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, Yangın, Doğrusal Olmayan, Isıl Çözümleme, Yapısal Çözümleme, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.

EARTHQUAKE PERFORMANCE OF R.C. BUILDINGS WHICH EXPOSED TO FIRE

SUMMARY

Concrete is widely used as a primary structural material in construction due to numerous advantages, such as strength, durability, ease of fabrication, and noncombustibility properties, it possesses over other construction materials. Concrete structural members when used in buildings have to satisfy appropriate fire safety requirements. This is because fire represents one of the most severe environmental conditions to which structures may be subjected; therefore, provision of appropriate fire safety measures for structural members is an important aspect of building design.

Fire safety measures to structural members are measured in terms of fire resistance which is the duration during which a structural member exhibits resistance with respect to structural integrity, stability, and temperature transmission. Concrete generally provides the best fire resistance properties of any building material. This excellent fire resistance is due to concrete's constituent materials (i.e., cement and aggregates) which, when chemically combined, form a material that is essentially inert and has low thermal conductivity, high heat capacity, and slower strength degradation with temperature. It is this slow rate of heat transfer and strength loss that enables concrete to act as an effective fire shield not only between adjacent spaces but also to protect itself from fire damage.

The behaviour of a concrete structural member exposed to fire is dependent, in part, on thermal and mechanical properties of concrete of which the member is composed. Similar to other materials the thermophysical and mechanical properties of concrete change substantially within the temperature range associated with building fires. These properties vary as a function of temperature and depend on the composition and characteristics of concrete. The strength of concrete has significant influence on its properties at both room and high temperatures.

When a structural member is subjected to a defined temperature-time exposure during a fire, this exposure will cause a predictable temperature distribution in the member. Increased temperatures cause deformations and property changes in the constitutive materials of a structural member. With knowledge of property changes, the usual methods of structural mechanics can be applied to predict the fire resistance performance of a structural member. The availability of material properties at an elevated temperature permits a mathematical approach for predicting fire resistance of structural members.

In our country, a lot of reinforced concrete structures which exposed to fire effect continues service life without repairing or strengthening. However, under the influence of gravity loads, these structures can stay undamaged when exposed to seismic load effects after the fire not perform as designed. Structure in reinforced concrete buildings after a fire can be used again after repairing or strengthening is

possible. The performance level should be checked, before the fire damaged structures repairing or strengthening. Changes in the material properties have to be known to evaluate the existing reinforcement concrete (RC) building exposed to high temperature effect such as fire. The great losses of mechanical strength occur at reinforcing bars after the high temperature effect. The physical, chemical and mechanical properties of concrete and reinforcing bars can dramatically change when exposed to high temperatures although they are the non-combustible material. However, in high temperatures, the mechanical properties of structural reinforcements are affected by concrete cover significantly.

The scope of this study, the effect of fire in reinforced concrete structures, the nonlinear behavior of structures under earthquake loading is examined. For this purpose, thesis, together with the existing building condition and thirty different fire scenarios contains a comparison of the results of the seismic performance. Thirty - mentioned scenario, cover thickness, fire -influenced floor, and three different fire duration (60 min -120 min -180 min) contains.

For this purpose, the work performed and thirteen additional consists of five principal sections. The first section, the fire performance of reinforced concrete structures, fire behavior models, according to EN 1992-1-2 forming concrete after high temperature changes in the concrete and reinforcement, fire spalling of concrete, reinforced concrete cross-section of the thermal analysis methods, methods of structural analysis of reinforced concrete structures under the influence of fire, developed using finite element model of computer programs and related literature consists of relevant formulations. In the second part, based on Turkish Earthquake Code 2007 (TEC2007) focused on nonlinear pushover analysis steps are described and analyzed. In the third part fire scenarios, the influence of heat generated altered material properties and accordingly section finite element analysis, establishment of analytical models, seismic characteristics, calculation of plastic hinge properties, determination of peak demand are explained away. Fourth section, thirty types of scenario of RC buildings are designed in accordance with the provisions of TEC2007 and requirements for design and construction of RC structures. Then, scenarios are analyzed by nonlinear static analysis methods. These method is pushover analysis by using equivalent earthquake loading mentioned in TEC2007. Thus, in this study the results for the thirty scenarios obtained by nonlinear static analysis methods. In the fifth chapter the conclusions and recommendations can be drawn from the study are summarized. Results were obtained and determined for thirty different scenario and analysis procedures. Accordingly, building target displacement demands, drifts and member damage status are the most important parameters to realize the building performance. and final section of this resource directory on the scope of the thesis is followed by thirteen additional sections.

The overall results of the structure and the modal base shear-top displacement curves compared in terms of capacity consists of. Structures exposed to the fire period increases the rigidity of the structure is lost. consequently the small deformation is realized by the hinged. This time increases fire base shear are decreased. Studies of the effects of fire on the upper floors to upper floors being hinged as it exits, and the change in base shear in its current state (undamaged structure) are similar to values.

As a result of the analysis carried out based element results, columns and beams elements obtained for the plastic deformation demands, which are defined for various

damage limits were compared with the strain capacity. However shear capacity has been checked. As a result, of concrete cover in the analysis of the importance of the effects of fire damage caused by the structure of great importance in influencing is understood. Particularly low concrete cover thickness and reaching up to 2 hours in case of fire damage state of structures should be determined based engineering services. When necessary interventions must be given the necessary structural repair and strengthening.

Existing structure within the fire safety measures to be taken in the application is the easiest against high temperature insulation materials with improved protection of structural elements are considered to be useful. The obtained results of this study will be compared with literature values numerically not found complete. Maybe this study will be made thereafter will help to further

Keywords: Concrete, Fire, Nonlinear, Thermal Analysis, Structural Analysis, Finite Element Method, Repulsion Analysis with Incremental Equivalent Seismic Load Method, SAFIR.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Tüm diğer yapılarda olduğu gibi, yangının önlemi alınmamış betonarme yapılarda can ve mal kayıplarına neden olabilecek bir afet olduğu bilinmektedir. Deprem felaketi ile karşılaştırıldığında, depremin ne zaman ne şiddetle olacağı ya da dönüş periyotları itibari ile daha az ihtimali olan bir doğa felaketi olduğu düşünülecek olursa, yangın her zaman depreme göre daha sık meydana gelmesi olası olan bir yapay afettir.

Gelişmiş ülkelerde yapıların yangına karşı dayanımı depreme karşı dayanımına benzer şekilde güncel yönetmeliklere dayandırılarak istenmektedir. Ülkemizde özel yapıların dışında yapıların yangına karşı dayanıklı tasarlanmasını mecbur kılan bir yönetmelik yoktur. Bununla birlikte bir çok konut yapısının münferit katlarında çıkmış lokal yangınlar sonrasında herhangi bir onarım, iyileştirme yada güçlendirme yapılmaksızın kullanımına devam edilen taşıyıcı elemanların depremin yıkıcı etkisi altında davranışı çok daha farklı olabilmektedir.

Betonarme yapılar çelik yapılar ile karşılaştırıldığında yangına karşı çok daha iyi bir performans sergilerler. Bu dayanımın süresi betonun dökülmediği varsayımı ile betonun pas payı kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir çünkü çelik malzemesi kritik sıcaklıklarda ani dayanım kayıpları yaşar.

1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada DBYBHY-2007 ve TS500'e uygun olarak tasarlanmış ve sonrasında zemin kat, 2. normal kat ve 4. normal katlarda yangın etkisine maruz kalmış çok katlı bir betonarme çerçeve sistemin, yapısal elemanlardaki değişken pas payına (1cm, 2cm ve 3cm) ve yangın süresine (60 dak., 120 dak., 180 dak.) de bağlı olarak doğrusal olmayan hesap adımlarıyla deprem performansının tayini amaçlanmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada, yangın davranış modelleri, betonarmeyi oluşturan beton ve donatının yüksek sıcaklıklardaki özellikleri, betonarme kesitlerin

ısııl çözümlleme yöntemleri ve betonarme yapıların yangın etkisinde yapısal çözümlleme yöntemleri konusu üzerinde durulmaktadır. Daha sonra talimata dayalı ve basit yöntemlere göre tasarımlar yapılmakta ve betonarme yapıların yangın koşullarındaki davranışı, yapıyı temsil edebilen modeller üzerinde doğrusal olmayan çözümlmeleri kullanarak, incelenmektedir. Bu inceleme, geliştirilen modeller ve bilgisayar programları yardımıyla gerçekleştirilmekte, böylece elde edilen sonuçlar irdelenerek bazı sonuç ve öneriler getirilmektedir.

Bu çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Her bölüm içinde bahsedilen konu içerikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Bölüm 1; giriş bölümüdür. Bu bölümde incelenen binalar, kullanılan malzemelerin yangın davranışları, kullanılan doğrusal olmayan analiz yöntemleri, analizler sırasında kullanılan yazılımlar ve sonuçların irdelenmesi ile ilgili ön bilgiler verilmiştir. Tez çalışmasının ana hatları çizilmiştir.

Bölüm 2; TS EN-1992-1-2'e göre yangın etkisinde yapısal malzemelerdeki değişimin ve yangınla ilgili literatür çalışmasının yapıldığı bölümdür.

Bölüm 3; DBYBHY-2007'e göre doğrusal olmayan analiz yöntemi ile performans analizinin anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde DBYBHY-2007'de bahsedilen performansa dayalı doğrusal olmayan statik ve dinamik değerlendirme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Bölüm 4; yapıdaki farklı yangın senaryoları kapsamında binanın karakteristik özelliklerinin anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde yapının geometrik özellikleri, malzeme özellikleri, deprem karakteristikleri, kesit özellikleri, plastik mafsallık özelliklerinden bahsedilmektedir.

Bölüm 5; bahsedilen 30 senaryo için DBYBHY-2007'e göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizinin sayısal olarak uygulandığı bölümdür.

Bölüm 6; tez çalışması sonucunda elde edilen genel sonuçlardan bahsedilen bölümdür.

2. YANGIN MODELİNİN BELİRLENMESİ

2.1 Tasarımda Kullanılacak Yangın Eğrisi

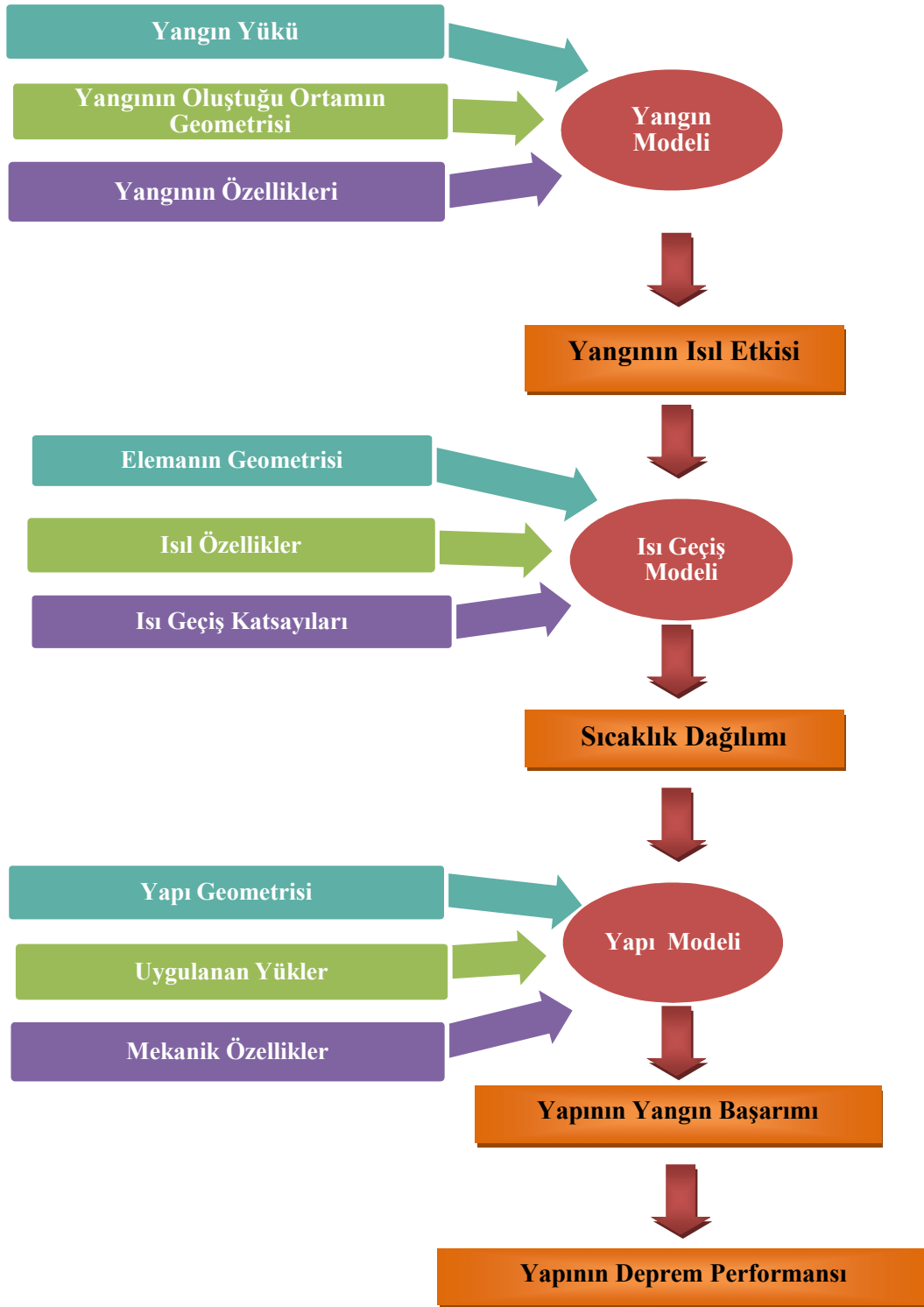
Bir yapı elemanın herhangi bir yangına karşı dayanım ve dayanıklılığının ölçüsü olarak tanımlanan yangın başarımının hesaplanmasında yangın davranışı önemli bir yer tutmaktadır. Bu yangın davranışı sıcaklık- zaman ilişkisi ile tanımlanır.

- Standart yangınlar (ISO834, ASTM E119, Hidrokarbon)
- Oda yangınları (Parametrik, Pencere yangınları)
- Bölge Modelleri (Tek bölge ve ileri bölge modelleri)
- Alan Modelleri (İleri yangın ve duman modellemesi)

Standart yangınlar ve oda yangınları basit modeller, bölge ve alan modelleri ise ileri model olarak kabul edilmektedir

Dünyanın birçok ülkesinde yapılan deney ve çalışmalarda yangın başarımının belirlenmesi için birebir ölçekli ya da ölçekli numuneler üzerinde yangın deneyleri yapılmaktadır. Bu deneylerde kullanılan sıcaklık-zaman eğrileri standart yangın eğrileridir. Sıklıkla kullanılan yangın eğrileri arasında ISO834 ve ASTM E119 bulunmaktadır. Bu yangın modellerinde odanın gaz sıcaklığı uniform olarak alınmaktadır. Duman hareketi ve alev sıçraması dikkate alınmaz. Genel tutuşma sonrası yangınlar için daha uygundur.

Oda yangınlarında ise ortamdaki yangın yükü ve havalandırma koşullarına bağlı olarak değişen gerçek sıcaklık-zaman eğrisi de kullanılabilir. Bu eğride standart yangından farklı olarak sönme aşaması da görülebilmektedir. Ancak yangının sönme aşamasına kadar standart ve gerçek sıcaklık-zaman eğrilerine göre belirlenen sıcaklık dağılımlarının pratik olarak birbirine eşit olduğu söylenebilir.



Şekil 2.1 : Yangın etkisindeki bir yapının yük taşıma kapasitesine ilişkin hesap akış diyagramı.

ISO834’de verilen sıcaklık-zaman eğrisi,

$$T - T_0 = 345 \log (8t + 1) \quad (2.1)$$

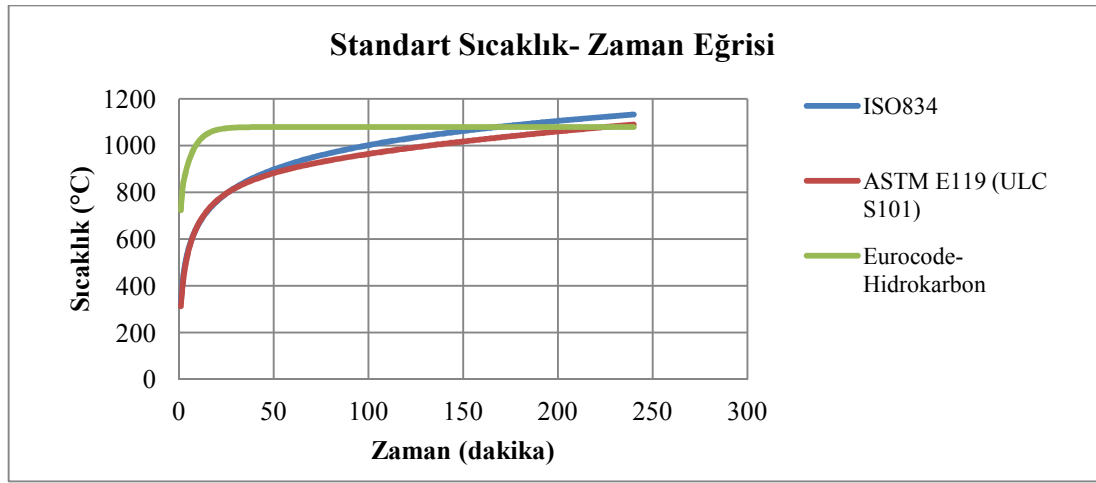
şeklinde ifade edilmektedir. Basitleştirilmiş ASTM E119 sıcaklık-zaman eğrisi

$$T = 750(1 - e^{-379553\sqrt{t/60}}) + 170.41\sqrt{t/60} + T_0 \quad (2.2)$$

bağıntısıyla verilmektedir. Eurocode hidrokarbon eğrisi olarak anılan,

$$T = 1080(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + T_0 \quad (2.3)$$

şeklindeki sıcaklık-zaman eğrisini standart yangın olarak tanımlamıştır.



Şekil 2.2 : Yukarıda adı geçen standart yangınlara ilişkin sıcaklık- zaman eğrileri grafiği.

Anlaşılabacağı üzere ISO834 ve ASTM E119 sıcaklık-zaman eğrileri birbirlerine oldukça yakın eğrilerdir. Bu çalışma kapsamında “standart yangın” olarak seçilen yangın eğrisi ISO 834’dür. Bir alanda bulunan ve duvarların, bölmelerin, döşemelerin ve tavanların yüzeylerini de içeren tüm yanabilir malzemelerin yanması ile serbest kalabilecek olan enerjilerin toplamı yangın yükünü oluşturur. Yangın süresi ise bir bölme içindeki yangının standart sıcaklık / zaman eğrisine göre, itfaiye müdahalesi olmadan devam edeceği süredir. Bu süre yangın yükü ile belirlenir. Bu çalışma kapsamında ortamda sürekli olarak yangın yükü oluşturacak yanıcı malzemelerin olduğu varsayımı ile yangının 60-120 ve 180 dakika devam ettiği düşünülmüş analizler gerçekleştirilmiştir.

2.2 Betonarme Yapıların Yangın Başarımlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yangın başarımının tayin edilmesinde kullanılabilecek üç yöntem mevcuttur. Bunlar;

- Yangın deneyine bağlı yöntemler
- Talimata dayalı yöntemler
- Performansa dayalı yöntemlerle yangın başarımının belirlenmesidir.

2.2.1 Yangın başarımının deneyle belirlenmesi

Standart yangın etkisindeki bir yapı ya da yapı elemanının yangın deneyi yöntemi büyük ve daha karmaşık yapılar düşünüldüğünde, en pahalı olanıdır. Elemanın deney numunesi olarak aynı boyutlara, gerilme seviyesine ve mesnetleme koşullarına sahip olması şartıyla, betonarme bir elemanının yangın başarımının gerçekçi olarak belirlenmesi sağlanabilmektedir. Yangın başarımını belirlemek için gerçekleştirilen standart deneyler genellikle tekil yapı elemanları üzerinde gerçekleştirilmektedir. Bir diğer durum ise ısı hareket yangın başarımını düşürebilmektedir. Deney ve deneyin yürütülmesi için yapılan hazırlıklar uzun zaman almakta ve deneyin kurulum ve uygulanmasının masrafları çok yüksek olmaktadır.

2.2.2 Yangın başarımının talimata dayalı yöntemlerle belirlenmesi

Yangın mühendisliği uygulamaları bugün genellikle talimata dayalı yöntemlerle yapılmaktadır. Talimata dayalı yöntemler birçok bakımdan sınırlayıcıdır. Uygulanması ekonomik olarak en ucuz olan bu yöntem yukarıda belirtilen üç yöntem arasında en az doğru olanıdır. Bu yöntemle elde edilen sonuçların güvenilirlik seviyesi önemli miktarda değişim göstermektedir. Birçok durumda çok emniyetli tarafta kalan yöntem bazı zamanlarda da güvensiz olabilmektedir.

2.2.3 Yangın başarımının performansa dayalı yöntemlerle belirlenmesi

Yangın mühendisliği hesaplamalarına bağlı olan performansa dayalı yöntemler, talimata dayalı yöntemlerden daha etkili ve esnek bir değerlendirme sağlayabilmektedir. Ele alınan problem farklı yangın senaryoları, geometrileri, malzeme özellikleri, yükleme ya da mesnet koşullarına göre incelenebilmektedir. Bu oldukça kısa bir zaman zarfında gerçekleştirilmekte ve dolayısıyla yangın etkisindeki elemanın davranışı göçmeye varana dek çok iyi bir şekilde anlaşılabilmektedir.

Performansa dayalı yöntemler, artan zorluk ve karmaşıklıklarına göre üç kategoride sınıflandırılmaktadır,

- Basitleştirilmiş hesap metodu
- Isıl tepki metodu
- Mekanik tepki metodu

Söz konusu üç performansa dayalı kategorinin tümünde, yapısal çözümlemenin bir parçası olarak ısıl çözümlemenin gerçekleştirilmesi, yapının yük taşıma fonksiyonu açısından gerekmektedir.

2.2.3.1 Basitleştirilmiş hesap metodu

Basit hesap yöntemi yangından doğan yüksek sıcaklıkların etkisinde kalmış bir kesitin taşıma kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemin, standart yangın etkisinde maksimum gaz sıcaklığına kadar ısıtıldığı kabul edilen yapılara uygulanabileceği öngörülmektedir. Kesitlerde bu etkiden doğan sıcaklık dağılımları ilgili tablo ya da şekillerden alınabileceği gibi bu dağılımlar hesap yoluyla da belirlenebilmektedir. Herhangi bir yangın süresi için yapının dayanımı, bu sıcaklık dağılımlarına göre değiştirilen malzeme özellikleri dikkate alınmak suretiyle hesaplanabilmektedir.

Betonarme yapı elemanlarının yangına göre tasarımları için geliştirilen basit yöntemlerden bazıları, TS EN-1992-1-2’de önerilen “500°C eş sıcaklık eğrisi metodu” BS8110 (BS EN 1992-1-1) ve ACI216-R89 standartlarında önerilen yöntemlerdir. Bunların yanında burada betonarme kolonların yangın başarımlarının basit yöntemle hesabında “500°C eş sıcaklık eğrisi metodu” kullanıldığını belirtmek uygun olmaktadır. Bu yöntemde betonun basınç dayanımının, sıcaklığı 500°C’nin üzerinde olan bölgelerde sıfır olduğu, sıcaklığı 500°C’nin altındaki bölgelerde normal sıcaklıktaki dayanıma eşit olduğu kabul edilmektedir.

2.2.3.2 Isıl tepki modeli

Isıl tepki için gelişmiş hesaplama metotlarında, ısı transferi teorisinin benimsenmiş ilkeleri ve varsayımları esas alınmalıdır. Rutubet muhtevasının ve rutubetin betonun veya eğer varsa koruyucu tabakaların içerisine sızmasının etkisi ihmal edilebilir. Betonarme bir elemandaki sıcaklık profili, donatı ihmal edilerek değerlendirilebilir.

Normal olarak ısı ve yapısal çözümleme, birbiriyle bağlantılı olmakla birlikte birleştirilmiş çözümlemeler değildir. Diğer bir deyişle ısı çözümleme bütün bir yangın süresi boyunca gerçekleştirilmekte ve daha sonra sıcaklık değerleri yapı ya da yapı elemanındaki gerilme ve şekil değiştirmeleri belirlemek için yapısal çözümleme programında kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu iki çözümleme etkileşim halinde çalışmamaktadır. Diğer taraftan bu şekilde yapılan hesaplamalar yapı elemanı içindeki nem içeriğini dikkate almamakta ve bu nedenle betonda meydana gelebilecek kavlanmayı dikkate almamaktadır. Ancak yine de bu tür hesaplamaların belirli orandaki geçerliliği yapılan birçok araştırmada ortaya koyulmuştur.

2.2.3.3 Mekanik tepki modeli

Mekanik tepki için gelişmiş hesaplama metotları, mekanik özelliklerin sıcaklığa göre değişmesini dikkate alan yapı mekaniği teorisinin benimsenmiş ilkeleri ve varsayımlarını esas almalıdır. Sıcaklık artışından ve sıcaklık farklılıklarından dolayı oluşan ısı tesirler sonucu ortaya çıkan birim şekil değişiklikleri ve gerilmelerin etkileri dikkate alınmalıdır. Hesaplama metotlarında nihaî sınır durumunda dikkate alınan şekil değişiklikleri, yapı bölümleri arasında uyumluluğu temin etmek için gerekli olan değer ile sınırlandırılmalıdır. Gerekli olduğu durumda, modelin mekanik tepkisi, doğrusal olmayan geometrik tesirleri de dikkate alınmalıdır. Betonarme kesitlerin plastik dönme kapasitesi, sıcak koşullar altında arttırılmış nihaî birim şekil değiştirme değerleri, ϵ_{cu} ve ϵ_{su} , dikkate alınarak değerlendirilmelidir. ϵ_{cu} , mevcut sargı donatısı ile etkilenebilir. Bir kesitin basınç bölgesi, özellikle yangına doğrudan maruz ise (örneğin, sürekli kirişlerde sarkma), beton örtü tabakasının kabuk dökülmesi veya donatı üzerinden ayrılarak düşmesi durumuna karşı kontrol edilmeli ve detaylandırılmalıdır. Kapsamlı ve karmaşık olan mekanik tepki modeli ısı ve kütle geçişi ile yapısal çözümlemeyi etkileşimli olarak gerçekleştirebilen bir performansa dayalı hesap yöntemidir.

2.3 Malzeme Özelliklerinin Yüksek Sıcaklıkla Değişimi

Yangın esnasında oluşan yüksek sıcaklıklarda, yapıların davranışını belirleyebilmek için yapıyı oluşturan malzemelerin yangın esnasında ulaştıkları sıcaklıklar bilinmeli ve o sıcaklıktaki malzeme özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Normal sıcaklıktaki bir tasarım, malzeme özelliklerinin oda sıcaklığındaki (20°C) değerlerine

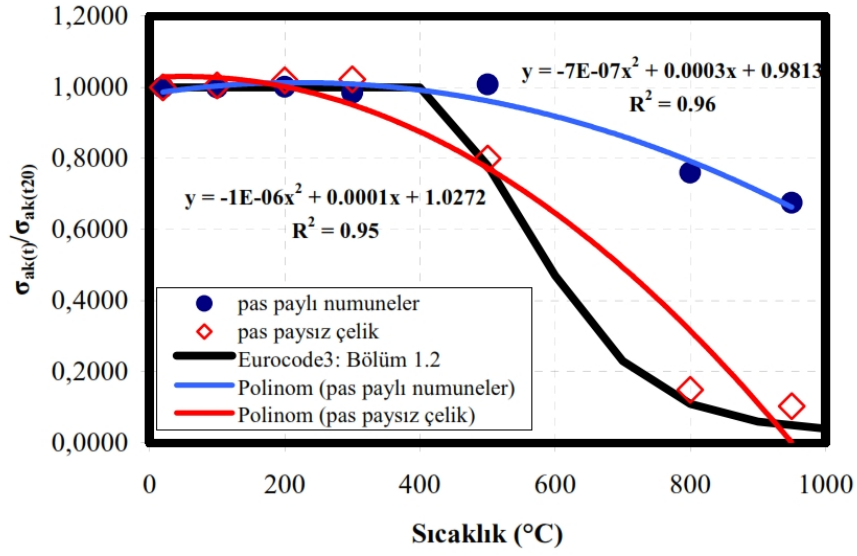
bağlı kalınarak yapılmaktadır. Sıcaklık arttıkça yapı malzemelerinin özellikleri de değişmektedir ve bu değişim yapının rijitliğini ve buna bağlı olarak tüm yapının deprem performansını etkileyecektir.

Beton yangıncılık açısından A1 sınıfı yani “hiç yanmaz” grubunda yer almasına rağmen herhangi bir nedenle yüksek sıcaklık etkisine maruz kaldığında, maruz kalınan sıcaklık ve etki süresi betonun mekanik, fiziksel ve termofiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

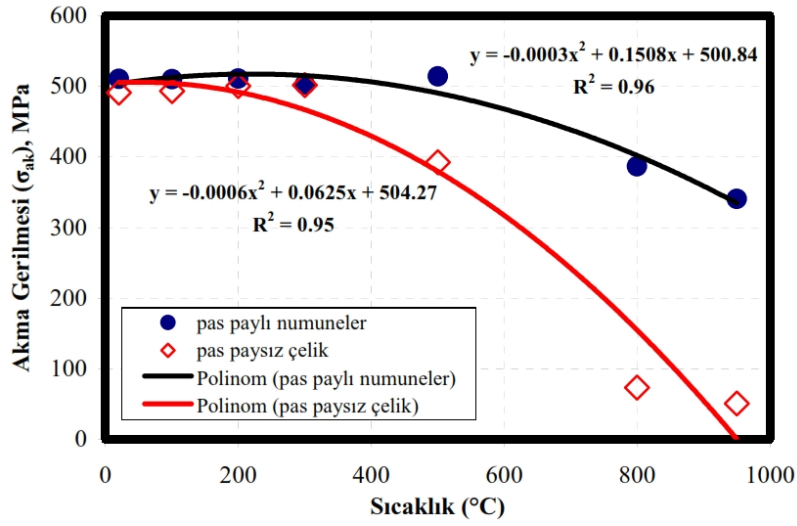
Bu etkiler özellikle 600°C ve üstü sıcaklıklarda daha belirgin bir şekilde kendini gösterir. Beton bu sıcaklıkta dayanımının yaklaşık yarısını kaybettiğinden dolayı bu sıcaklık kritik sıcaklık olarak adlandırılır.

Günümüzde yüksek sıcaklık etkisinde normal ve yüksek dayanımlı betonun basınç dayanımındaki azalma, yapısal yangın tasarımı genel kurallarının verildiği standartta da yer almaktadır. Bu standartta, yüksek sıcaklık etkisi altındaki normal dayanımlı betonun gerilme-birim şekil değiştirme ana parametreleri, fiziksel ve ısı özellikleri, üretimde kullanılan agrega türüne göre farklı değerler ve bağıntılarla ifade edilmiş; normal dayanımlı beton için verilen ısı özelliklerin yüksek dayanımlı beton için de kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca maruz kalınan sıcaklık ve etki süresine bağlı olarak taşıyıcı elemanlardaki sıcaklık profili de tasarımcılar için verilmiştir [1].

Donatı çeliğinin akma dayanımının test edildiği bir çalışma neticesinde Şekil 2.3’de, Eurocode’un (TS EN 1992-1-2), akma dayanımının sıcaklığa bağlı değişimini gösteren akma dayanım kayıp eğrisi ile yüksek sıcaklık deneyinde kullanılan yalıtımsız donatıların sıcaklığa maruz kalmamış halleri ile karşılaştırıldığında birbirine yakın çıktığı görülmektedir. Yaklaşık olarak 300 °C’ye kadar, harç numunelerinin bozulmadan önce, tam koruma yaptığını varsayılabilir. Şekil 2.4’te, çelik malzemesinin akma değeri kayıplarının 300 °C’den sonra düşüşe geçtiği ve yalıtımsız numunede düşüşün çok daha hızlı olduğu görülmektedir.[2]



Şekil 2.3 : Isıl işlem görmüş numunelerin akma dayanımlarının ilk hallerine oranları grafiği.



Şekil 2.4 : Donatı çeliklerinin akma değerlerinin sıcaklıkla değişimi grafiği.

Bu çalışma kapsamında yukarıda bahsedilen deney sonuçlarından faydalanırken donatı çeliğinin pas paysız durumdaki dayanımları dikkate alınmıştır, bunun nedeni bu çalışmada kesit analizi yapılan kolon kiriş elemanlarının donatılarının ulaştıkları sıcaklık hesaplanırken dış ortam sıcaklığının kesit içerisindeki donatıyı süreye bağlı olarak hangi sıcaklığa kadar çıkarttığı hesaplanmış olmasındandır.

2.3.1 Beton mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

2.3.1.1 Yoğunluk değişimi

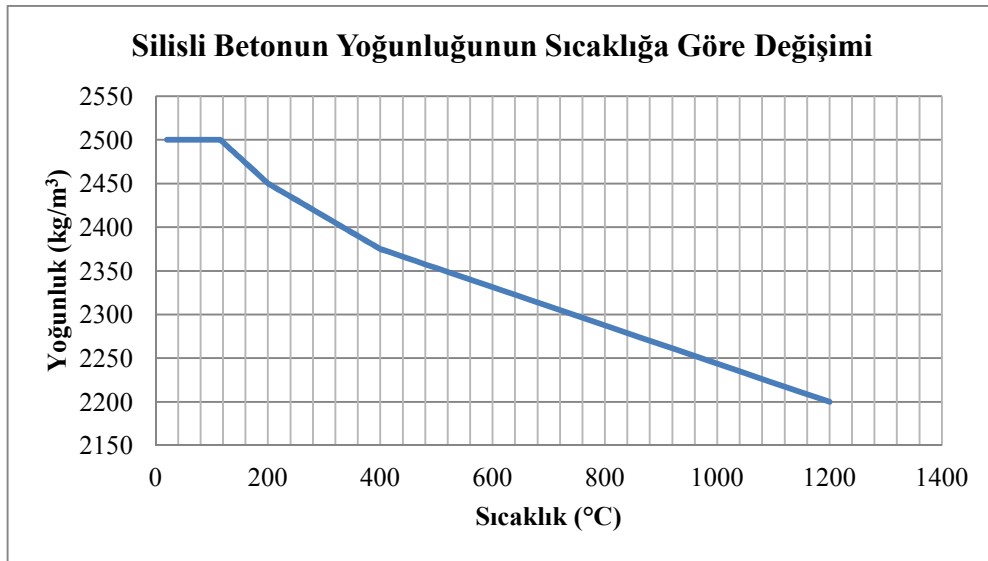
Betonun yoğunluğunun sıcaklığa göre değişimi su kaybından etkilenir ve aşağıda TS EN 1992-1-2’de verilen eşitlikler ile hesaplanır. Birim ağırlığı fazla olan agregalarla üretilmiş betonun özkütlesi $2.0 \text{ t/m}^3 - 2.5 \text{ t/m}^3$ arasında değişmektedir. Aşağıda analiz modelinde de kullanılacak $\rho_c=2500 \text{ kg/m}^3$ için hesaplanmış değerler grafik olarak sunulmuştur. Betonun özkütlesinin değişme nedeni sıcaklığın arttıkça kesitteki serbest su moleküllerini buharlaştırmasıdır.

$$20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 115^\circ\text{C} \text{ için } \rho(\theta) = \rho(20^\circ\text{C}) \quad (2.4)$$

$$115^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C} \text{ için } \rho(\theta) = \rho(20^\circ\text{C}) \times (1 - 0.02(\theta - 115)/85) \quad (2.5)$$

$$200^\circ < \theta \leq 400^\circ\text{C} \text{ için } \rho(\theta) = \rho(20^\circ\text{C}) \times (0.98 - 0.03(\theta - 200)/200) \quad (2.6)$$

$$400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C} \text{ için } \rho(\theta) = \rho(20^\circ\text{C}) \times (0.95 - 0.07(\theta - 400)/800) \quad (2.7)$$



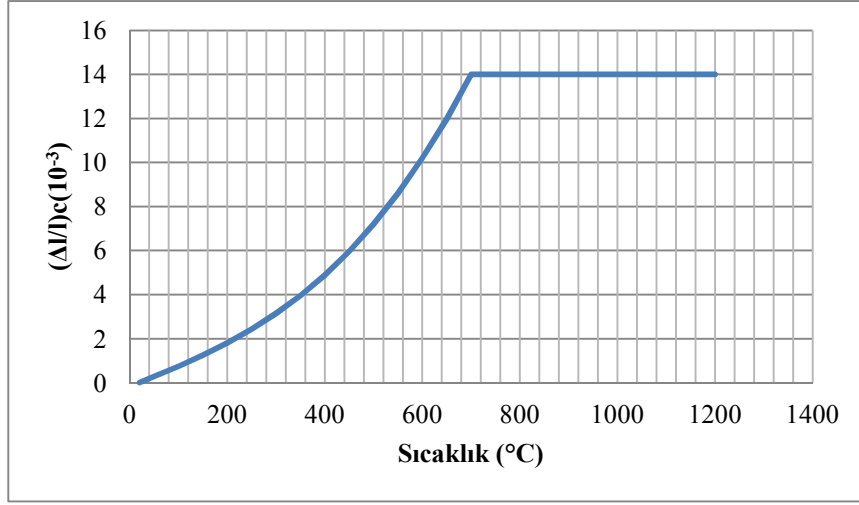
Şekil 2.5 : Silis agregalı betonun yoğunluğunun sıcaklığa göre değişim grafiği.

2.3.1.2 Isıl genleşme sayısının değişimi

Betonun ısı genleşme katsayısı, α_c aşağıda TS EN 1992-1-2’de verilen eşitliklere göre silis agregalı betonlar için hesaplanmış ve grafik olarak sunulmuştur. Isıl genleşme katsayısı sıcaklık arttıkça artmaktadır. Betonun ısı genleşme sayısı sıcaklıkla artmaktadır.

$$20^{\circ} < \theta \leq 700^{\circ}C \text{ için } \alpha_c(\theta) = (-1.8 \times 10^{-4}) + (9 \times 10^{-6} \theta) + (2.3 \times 10^{-11} \theta^3) \quad (2.8)$$

$$700^{\circ} \leq \theta \leq 1200^{\circ}C \text{ için } \alpha_c(\theta) = 14 \times 10^{-3} \quad (2.9)$$



Şekil 2.6 : Silis agregalı betonun ısı genleşme katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği.

2.3.1.3 Isıl iletkenlik katsayısının değişimi

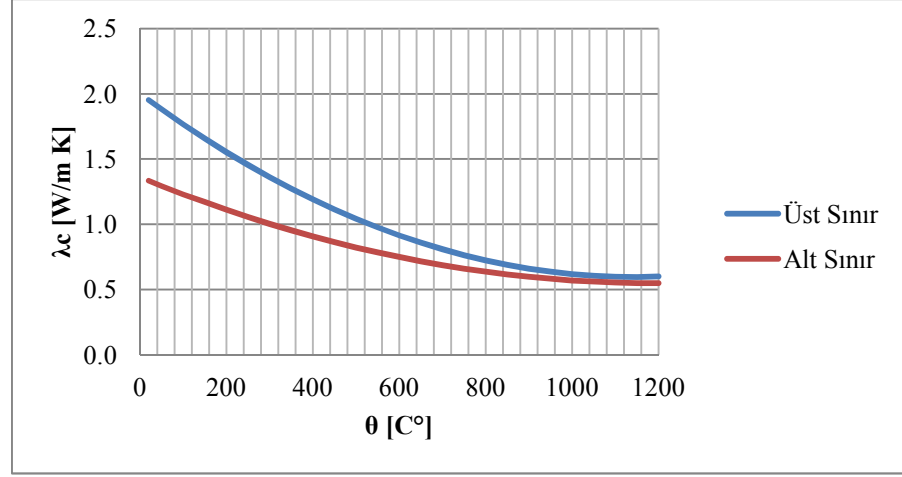
Betonun ısı iletkenlik katsayısı, λ_c aşağıda TS EN 1992-1-2’de verilen eşitliklere göre hesaplanmış ve grafik olarak sunulmuştur. Betonda ısı iletkenlik katsayısı hesabı için iki eşitlik verilmiştir, alt sınır ve üst sınır. Beton içerisinde silis agregası miktarı arttıkça iletkenlik sayısı da üst sınıra yaklaşmaktadır. Silis agregalı betonlarda üst sınır eşitliği kullanılabilir. Betonun ısı iletim katsayısı sıcaklıkla azalmaktadır. Betonda kullanılan agregası hacmi arttıkça ısı iletimi artar. Betonda kullanılan agregası türü ve miktarının yanı sıra nem oranı da ısı iletimine etki eden önemli parametrelerdendir ve nem miktarı arttıkça ısı iletimi artar.

Üst sınır için eşitlik,

$$20^{\circ} < \theta \leq 1200^{\circ}C \text{ için } \lambda_c = 2 - 0.2451(\theta/100) + 0.0107(\theta/100)^2 W/m K \quad (2.10)$$

Alt sınır için eşitlik,

$$20^{\circ} < \theta \leq 1200^{\circ}C \text{ için } \lambda_c = 1.36 - 0.136(\theta/100) + 0.0057(\theta/100)^2 W/m K \quad (2.11)$$



Şekil 2.7 : Betonun ısı iletim katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği.

2.3.1.4 Özgül ısı katsayısı değişimi

Betonun özgül ısı katsayısı, c_p sıcaklığa göre değiştiği gibi agrega cinsi ve betondaki nem oranına bağlı olarak da değişmektedir. Yüksek sıcaklıkta (100°C - 200°C) betondan uzaklaşan sudan dolayı özgül ısı katsayısında bir artış görülmektedir. Betonun özgül ısı katsayısının sıcaklıkla değişimine ilişkin bağıntılar TS EN 1992-1-2’de verilen eşitliklere göre aşağıda verilmektedir.

$$20^{\circ} \leq \theta \leq 100^{\circ}\text{C} \text{ için } c_p(\theta) = 900 \text{ (J/kg K)} \quad (2.12)$$

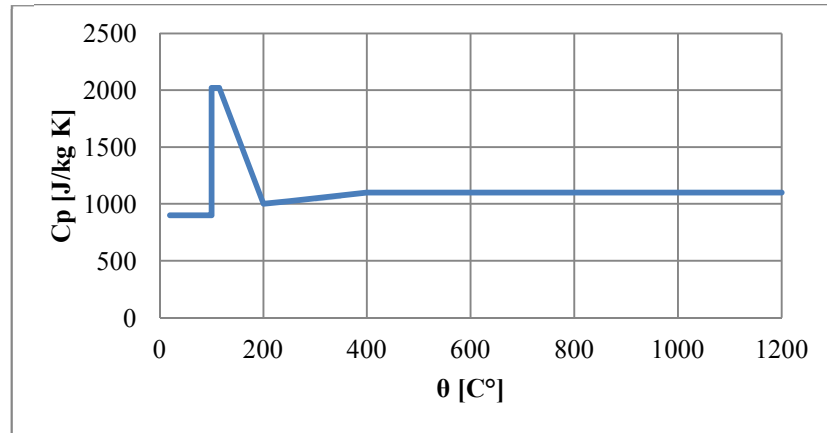
$$100^{\circ} \leq \theta \leq 200^{\circ}\text{C} \text{ için } c_p(\theta) = 900 + (\theta - 100) \text{ (J/kg K)} \quad (2.13)$$

$$200^{\circ} \leq \theta \leq 400^{\circ}\text{C} \text{ için } c_p(\theta) = 1000 + \frac{\theta - 200}{2} \left(\frac{\text{J}}{\text{kg K}} \right) \quad (2.14)$$

$$400^{\circ} \leq \theta \leq 1200^{\circ}\text{C} \text{ için } c_p(\theta) = 1100 \text{ (J/kg K)} \quad (2.15)$$

100°C ile 115°C arasında özgül ısı tepe noktası %3 su muhtevalı beton için

$$c_{p,\text{peak}} = 2020 \text{ J/kg K}$$



Şekil 2.8 : %3 Rutubet muhtevasına sahip silis agregalı betonun sıcaklığa bağlı özgül ısı grafiği.

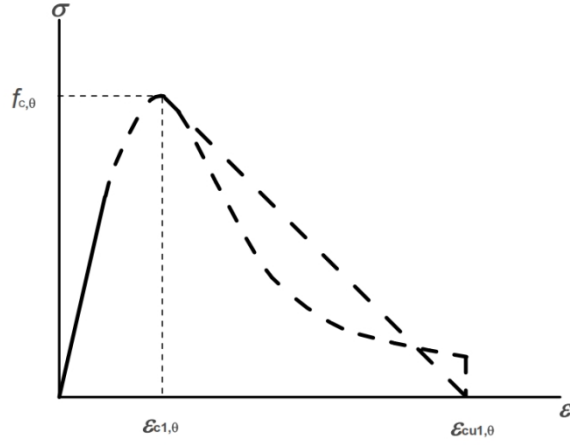
2.3.1.5 Gerilme şekil değiştirme eğrisinin değişimi

Yangın etkisinden sonra bir yapının taşıma gücünün ve deprem esnasındaki davranışının belirlenmesinde betonun gerilme – şekil değiştirme eğrisinin sıcaklıkla değişimi bilinmelidir. Yüksek sıcaklıktaki tek eksenli basınç uygulanan betonun dayanım ve şekil değiştirme özellikleri TS EN 1992-1-2’de silis agregası kullanılmış beton için gerilme – birim şekil değiştirme ilişkisi olarak verilmiştir. Aşağıda verilen gerilme - şekil değiştirme ilişkileri iki parametre ile ifade edilir. Basınç dayanımı $f_{c,\theta}$ ve $f_{c,\theta}$ ’e karşılık gelen birim şekil değiştirme, $\epsilon_{c1,\theta}$ olarak ifade edilir. Betonun çekme dayanımı ihmal edilmiştir.

Çizelge 2.1 : Silis agregalı betonda sıcaklığa bağlı gerilme şekil değiştirme ilişkisi

Beton Sıcaklığı, θ	Silisli Agregalar		
[°C]	$f_{c,\theta} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$
20	1	0.0025	0.0200
100	1	0.0040	0.0225
200	0.95	0.0055	0.0250
300	0.85	0.0070	0.0275
400	0.75	0.0100	0.0300
500	0.6	0.0150	0.0325
600	0.45	0.0250	0.0350
700	0.3	0.0250	0.0375
800	0.15	0.0250	0.0400
900	0.08	0.0250	0.0425
1000	0.04	0.0250	0.0450
1100	0.01	0.0250	0.0475
1200	0	0.0000	0.0000

Silisli agregası kullanılmış betonun yüksek sıcaklıktaki ana parametreleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Sıcaklığın ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmaktadır. Basınca maruz betonun yüksek sıcaklıktaki gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi aşağıdaki matematiksel modelde verilmiştir. (TS EN 1992-1-2)



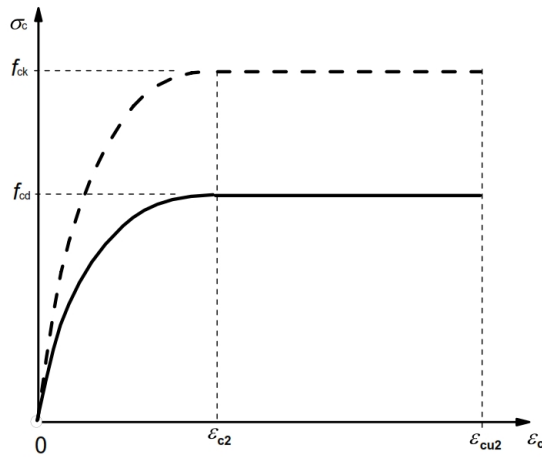
Şekil 2.9 : Betonun yüksek sıcaklıktaki gerilme birim şekil değiştirme ilişkisi.

$$\varepsilon_c \leq \varepsilon_{c1,\theta} \quad \sigma(\theta) = \frac{3\varepsilon f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta} \left(2 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,\theta}} \right)^3 \right)} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon_{c1}(\theta) < \varepsilon \leq \varepsilon_{cu1,\theta} \quad \sigma(\theta) \quad (2.17)$$

Gerilme değeri için eğrinin azalan kısmı uygulanmalıdır. Doğrusal olmayan modelleme kullanılabilir.

Yangın hasarı görmüş elemanların iç bölgelerinde(sıcaklığın değişmediği) normal sıcaklıktaki (20 °C) beton, donatı çeliği mekanik özellikleri, EN 1992-1-1’de normal sıcaklık tasarımı için verilen değerler gibi alınmıştır. Aşağıdaki gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi verilmiştir.



Şekil 2.10 : EN 1992-1-1’de tanımlanan normal sıcaklıktaki (20 °C) basınç altındaki betonun gerilme birim şekil değiştirme grafiği.

$$0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2} \quad \sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad (2.18)$$

$$\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2} \quad \sigma_c = f_{cd} \quad (2.19)$$

Strength classes for concrete										Analytical relation / Explanation
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0,3}$ (f_{cm} in MPa)
ε_{c2} (‰)				2,0						see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{c2}(\theta/100) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)				3,5						see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{cu2}(\theta/100) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n				2,0						for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$

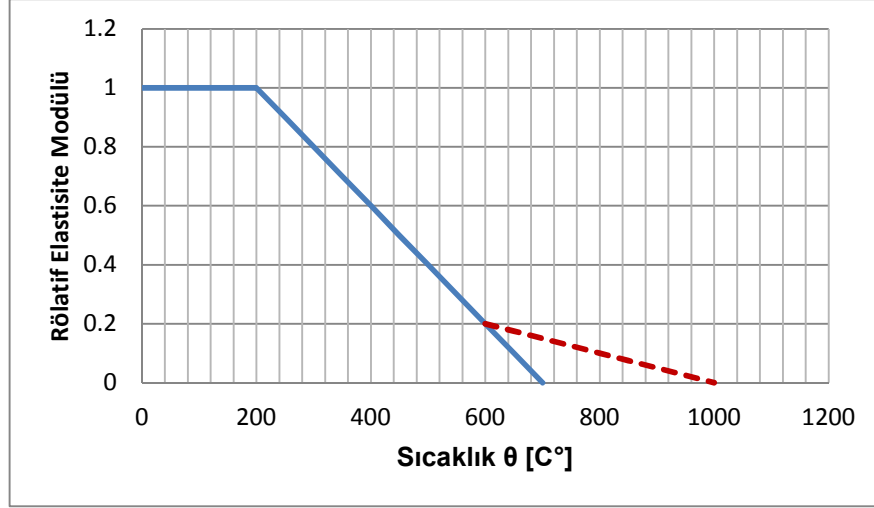
Şekil 2.11 : Eurocode 1992-1-1:2004 'e göre normal sıcaklıktaki (20 °C), basınç altındaki C25 sınıfı betonun gerilme birim şekil değiştirme değerleri.

2.3.1.6 Beton elastisite modülünün değişimi

Sıcaklık betonun elastisite modülü üzerinde de basınç dayanımına benzer bir etkiye neden olur. TS EN 1992-1-2'de betonların elastisite modülünün sıcaklıkla değişimine ilişkin bağıntılar da aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$20^\circ \leq \theta \leq 200^\circ C \text{ için } E_c(T) = 1,0 \times E_c(20^\circ C) \quad (2.20)$$

$$\theta > 200^\circ C \text{ için } E_c(T) = (700 - \theta)/500 \times E_c(20^\circ C) \quad (2.21)$$



Şekil 2.12 : Betonun elastisite modülünün sıcaklıkla değişimi.

2.3.1.7 Diğer değişken parametreler hakkında

Isı şoku parametresi

Gevrek malzemelerde sıcaklık değişimleri hızlı ve sıcaklık gradyanı yüksek ise büyük ısıl gerilmeler ve dolayısıyla çatlamlar oluşabilir. Isıl şoku denilen bu olay ısı iletimine ve ısıl genleşmeye büyük ölçüde bağlıdır.

Buhar difüzyonu

Malzemenin su buharı difüzyonuna gösterdiği direnç, su buharı difüzyon direnç faktörü olarak tanımlanır ve yapı malzemesi için TS EN 12086'ya göre belirlenir. Kearsley ve Wainwright tarafından yapılan çalışmada yoğunluğun artması ile betonun su buharı geçirimliliğinin azaldığı dolayısı ile su buharı difüzyon direncinin arttığı ifade edilmiştir [3].

Patlama şeklinde kabuk dökülmesi (Kavlama)

Betonun rutubet muhtevası kütlece %2,5-3,0'den daha az olduğunda patlama şeklinde kabuk dökülmesinin meydana gelmesi olası değildir. (TS EN 1992-1-2). Beton dayanımı arttıkça betonun kavlama riski de artar. Geleneksel beton yüksek başarımlı betonlara göre daha geçirimli olduğundan dolayı yangında bünyelerinde mevcut olan boşluk suyunun buharlaşmasından meydana gelen boşluk basıncı düşük düzeyde kalmaktadır. Bu nedenle patlayıcı kavlanmanın oluşma ihtimalinin bu betonlarda geçirimliliği daha az olan yüksek başarımlı betonlardan daha küçük olduğunu ve yüksek başarımlı betonlarla inşa edilmiş yapıların yangından daha çok

etkilendiğini belirtmek uygun olmaktadır. Bu çalışma kapsamında analizlerde C25 sınıfı beton kullanılmıştır.

2.3.2 Donatı mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

Bu başlık altında betonarmede donatı olarak kullanılan çeliğin mekanik özelliklerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Betonarme yapı elemanlarının kesitlerindeki sıcaklık dağılımında donatı oranına bağlı olarak da donatının etkisinin fazla önemli olmadığı düşünülebilir. Donatı sıcaklığı, donatının bulunduğu derinlikteki beton sıcaklığına eşit kabul edilebilir. Bu çalışma kapsamında beton örtü kalınlığı ve yangının etkime süresine bağlı olarak eğilme donatısı ve etriye donatısının sıcaklık değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2.3.2.1 Yoğunluk değişimi

Donatı özkütlesinin, $\rho_s=7850 \text{ kg/m}^3$ olduğu ve yüksek sıcaklıkta değişmediği kabul edilebilir. (TS EN 1992-1-2)

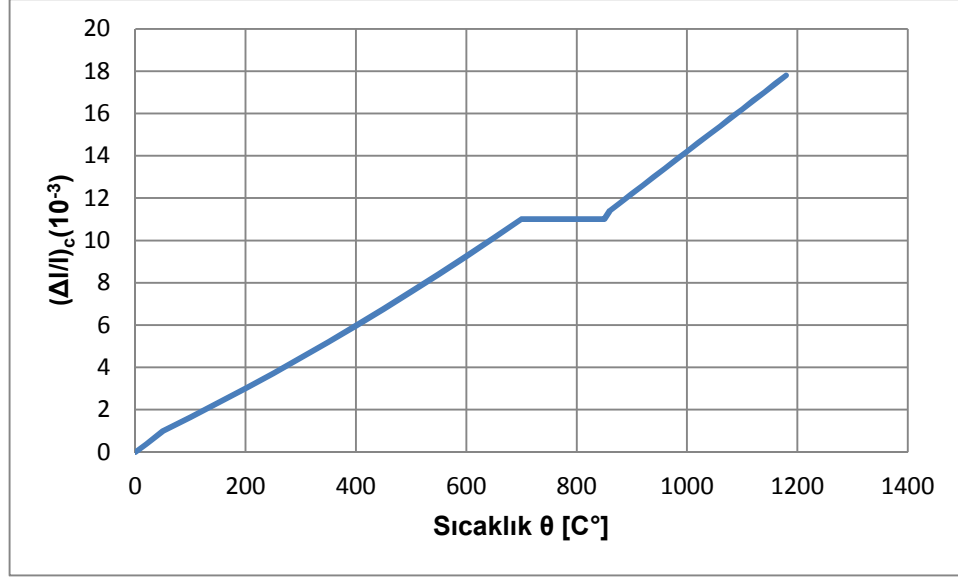
2.3.2.2 Isıl genleşme sayısının değişimi

Çeliğin ısı genleşme katsayısı, α_s aşağıda TS EN 1992-1-2’de verilen eşitliklere göre hesaplanmış ve grafik olarak sunulmuştur. Isıl genleşme katsayısı sıcaklık arttıkça artmaktadır.

$$20^\circ < \theta \leq 750^\circ\text{C} \text{ için } \alpha_s(\theta) = (-2.416 \times 10^{-4}) + (1.2 \times 10^{-5} \theta) + (0.4 \times 10^{-8} \theta^2) \quad (2.22)$$

$$700^\circ < \theta \leq 860^\circ\text{C} \text{ için } \alpha_s(\theta) = 11 \times 10^{-3} \quad (2.23)$$

$$860^\circ < \theta \leq 1200^\circ\text{C} \text{ için } \alpha_s(\theta) = (-6.2 \times 10^{-3}) + (2 \times 10^{-5} \theta) \quad (2.24)$$



Şekil 2.13 : Donatı çeliğinin ısı genleşme katsayısının sıcaklıkla değişim grafiği.

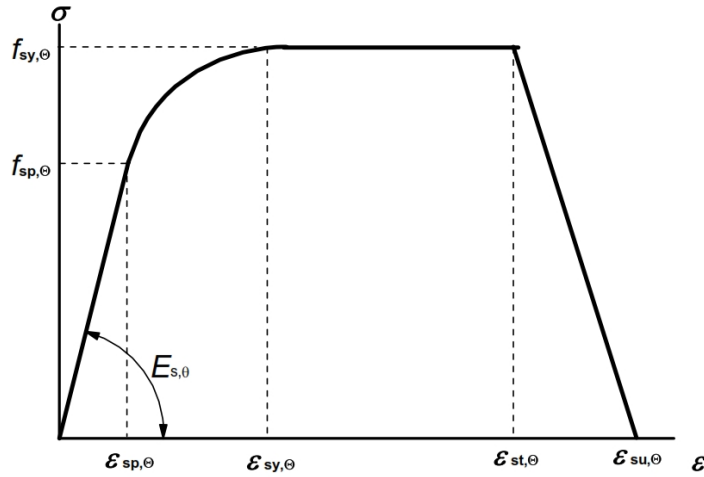
2.3.2.3 Gerilme şekil değiştirme eğrisinin değişimi

Donatı çeliğinin üretim şekli dayanımını etkilemektedir. Sıcak haddelenmiş ve soğuk işlem görmüş donatı çeliği için TS EN 1992-1-2’de belirtilen parametrelere ait yüksek sıcaklıktaki değeri verilmiştir. Bu çalışma kapsamında Türkiye’de de yaygın olarak kullanılan soğukta ilem görmüş (S420b) çeliğe ait parametrelere yer verilmiştir. Yüksek sıcaklıktaki çelik dayanım ve şekil değiştirme özellikleri TS EN 1992-1-2’de gerilme – birim şekil değiştirme ilişkisi olarak verilmiştir. Aşağıda verilen gerilme - şekil değiştirme ilişkileri iki parametre ile ifade edilir. Orantılılık sınırı $f_{sp,\theta}$ ’e karşılık gelen birim şekil değiştirme $\epsilon_{sp,\theta}$, en büyük gerilme seviyesi $f_{sy,\theta}$ ’e karşılık gelen birim şekil değiştirme $\epsilon_{sy,\theta}$, doğrusal elastik bölümün eğimi $E_{s,\theta}$ olarak ifade edilir.

Çizelge 2.2 : Soğukta işlem görmüş (S420b) donatı çeliğine ait TS EN 1992-1-2’de verilen sıcaklığa bağlı gerilme ve elastisite modülündeki kayıplar

Çelik Sıcaklığı, θ [°C]	Soğuk İşlenmiş		
	$f_{sy,\theta} / f_{yk}$	$f_{sp,\theta} / f_{yk}$	$E_{s,\theta} / E_s$
20	1.00	1.00	1.00
100	1.00	0.96	1.00
200	1.00	0.92	0.87
300	1.00	0.81	0.72
400	0.94	0.63	0.56
500	0.67	0.44	0.40
600	0.40	0.26	0.24
700	0.12	0.08	0.08
800	0.11	0.06	0.06
900	0.08	0.05	0.05
1000	0.05	0.03	0.03
1100	0.03	0.02	0.02
1200	0.00	0.00	0.00

Çeliğin yüksek sıcaklıktaki ana parametreleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Sıcaklığın ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmaktadır. Çeliğin yüksek sıcaklıktaki gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi aşağıdaki matematiksel modelde verilmiştir. (TS EN 1992-1-2)



Şekil 2.14 : Donatı çeliğine ait dayanım birim şekil değiştirme eğrisi.

Aralık	Gerilme $\sigma(\theta)$	Tanjant modülü
$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\varepsilon_{sp,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{sy,\theta}$	$f_{sp,\theta} - c + (b/a)[a^2 - (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)}{a[a^2 - (\varepsilon - \varepsilon_{sy,\theta})^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{sy,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\varepsilon_{st,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{st,\theta}) / (\varepsilon_{su,\theta} - \varepsilon_{st,\theta})]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{su,\theta}$	0,00	-
Parametre ^{*)}	$\varepsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta}$ $\varepsilon_{sy,\theta} = 0,02$ $\varepsilon_{st,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,20$ Sınıf A donatı: $\varepsilon_{st,\theta} = 0,05$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,10$	
Fonksiyonlar	$a^2 = (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta} + c / E_{s,\theta})$ $b^2 = c (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) E_{s,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) E_{s,\theta} - 2(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$	

Şekil 2.15 : TS EN 1992-1-2’de tanımlanan herhangi bir sıcaklıktaki gerilme şekil değiştirme denklemleri.

2.3.2.4 Beton kesit içerisinde ısı iletimi

Yangın etkisindeki yapı elemanlarının kesitlerindeki sıcaklık dağılımı, ısı iletimi bağıntıları ile teorik olarak hesaplanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında sıcaklığın yapısal elemanlar üzerindeki etkisini simüle etmek için Belçika Liege Üniversitesi’nde öğretim görevlisi olan J.M.Franssen tarafından geliştirilen SAFIR isimli bilgisayar yazılımından faydalanılmıştır. Bu program ısıнын malzeme içinde diğer bölümlere iletimi ve belirli zamanlarda, belirli noktalarda oluşacak sıcaklık derecelerini çift yönlü akım için “Fourier Isı İletim Kanunu”nu aşağıdaki diferansiyel denklem yardımı ile sonlu elemanlar metodu ile çözmektedir. İki ve üç boyutlu olarak ısı ve yapısal çözümleme yapabilen program, malzemenin ısı ve mekanik özelliklerdeki malzeme yönünden doğrusal olmama durumunu dikkate alabilmektedir. Bu çalışma kapsamında program iki boyutlu ısı çözümleme amacı ile kullanılmıştır.

$$\left(k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) + Q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.26)$$

Program içeriğinde betonun doğrusal olmayan ısı değişimi k, ρ ve c ’ye bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim iterasyon yapılarak uygun bir yakınsama değerine kadar tekrarlanmaktadır.

2.3.2.5 SAFIR paket programına kesit modeli tanımlanması hakkında

SAFIR paket programı, ısıl çözümleme ve yapısal çözümleme olmak üzere iki çözümleme yapabilmektedir. Isıl çözümleme yapısal çözümlemeden bağımsızdır. Bu çalışma kapsamında ısıl çözümleme kullanılmıştır. Isıl çözümlemede iki veya üç boyutlu elemanlar modellenebilmektedir. Isıl çözümlemeyi gerçekleştirmek için ilk olarak elemanın en kesit özellikleri ve malzeme özellikleri programa tanımlanmaktadır. Tanımlama işlemi metin düzenleyici tarafından yapılmaktadır. Düzlem kesitler üç ya da dört düğüm noktalı elemanlarla sonlu elemanlara ayrılmaktadır. Bu kesitteki malzemeler elemandan elemana değişebilmekte ve malzeme özellikleri de sıcaklığa bağlı olmaktadır. Kesit, sonlu elemanlara ayrıldıktan sonra seçilen bir sıcaklık-zaman eğrisine maruz bırakılmakta ve kesit üzerindeki sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Isıl çözümlemenin sonuçları bir çıktı olarak alınmakta ve grafikler son işlemci (DIAMOND paket programı) yardımıyla görüntülenebilmektedir. Isıl çözümlemede düzlem kesit elemanındaki ısı geçişi ısı iletimi yardımıyla olmaktadır. Malzeme içindeki nemin buharlaşması, ısıl özelliklerin değiştirilmesiyle modellenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında SAFIR ve DIAMOND paket programı 50 cm'e 50 cm boyutlarındaki bir kolonun ve 40 cm genişliğinde, 50 cm derinliğindeki bir kirişin yangına alttan ve üstten ayrı ayrı maruz bırakılması ile 60 dakika, 120 dakika ve 180 dakika sonrasında betonarme kesitler içerisindeki ısı dağılımını ve betonarme katmanlarının ulaştıkları sıcaklıkları hesaplayabilmek için kullanılmıştır.

3. DBYBHY-2007'YE GÖRE DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE PERFORMANS ANALİZİ

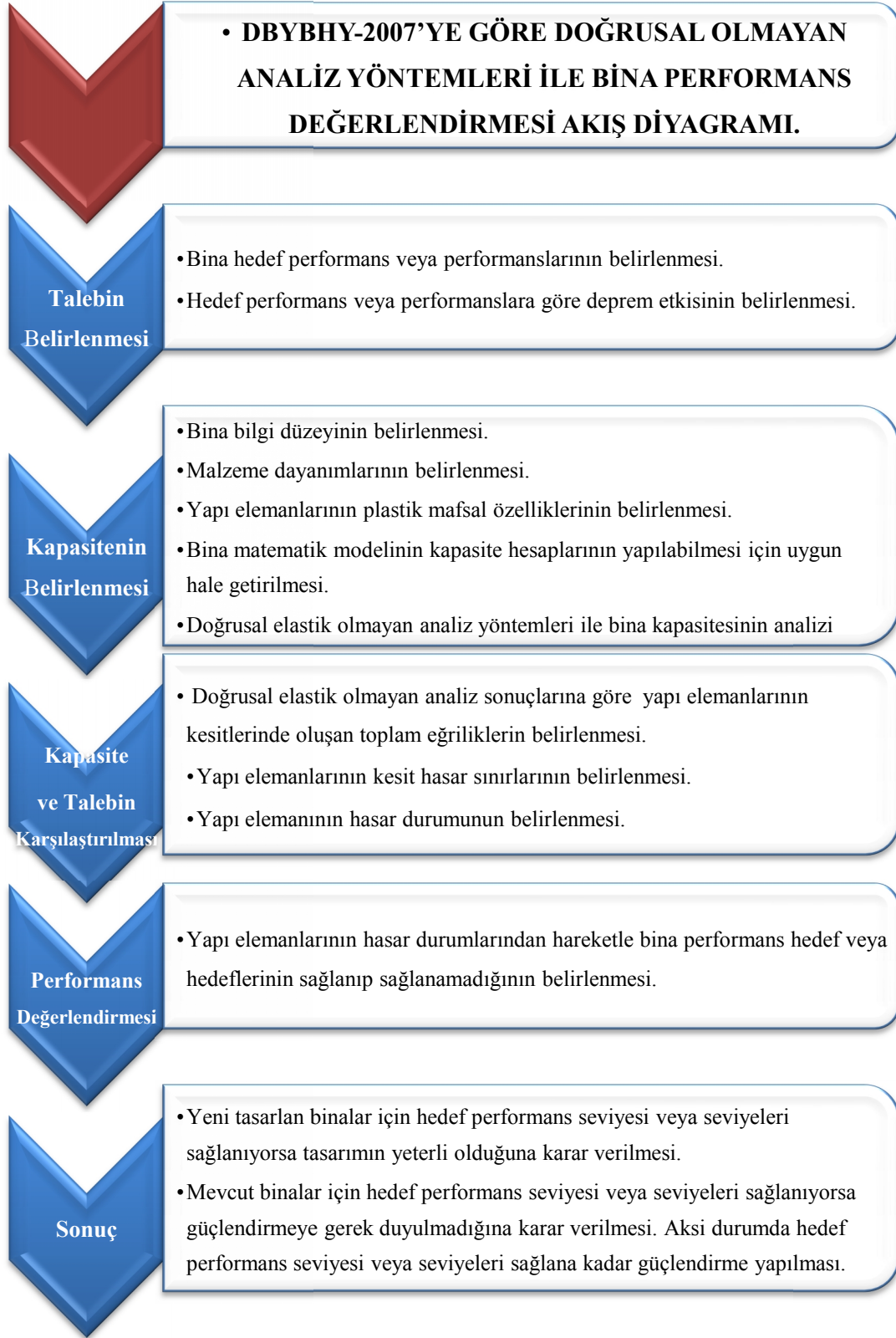
3.1 Giriş

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem etkisi için şekil değiştirme istemleri ile iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır. Yapı sistemleri, iki önemli ana sebepten ötürü doğrusallıklarını yitirir ve bu durumlarda doğrusal olmayan davranışlar önem arz eder. Bunlardan ilki malzeme non-lineerliği, diğeri ise geometrik non-lineerliğidir [4]. Malzeme non-lineerliği yapıyı oluşturan malzemelerin akmaya ya da çatlamaya başlaması ile yük taşıma karakterlerinin değişmesiyle oluşur. Bu çalışma kapsamında malzeme non-lineerliği önem kazanmaktadır, çünkü yüksek sıcaklık etkisinde malzemelerin mekanik özellikleri ile davranışları da değişmekte bu da şekil değiştirmeleri etkileyerek yapı elemanlarının mevcut kapasitelerinin altında mafsallaşmalarına neden olabilmektedir.

DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile performans analizi işlemi dört ana adımdan oluşmaktadır, bunlar;

- Talebin belirlenmesi,
- Kapasitenin belirlenmesi,
- Kapasite ve talebin karşılaştırılması,
- Performans değerlendirmesi,

Aşağıda verilen akış diyagramında bu adımlar gösterilmiş ve alt adımlar yazılmıştır.



Şekil 3.1 : DBYBHY-2007'ye göre doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile bina performans değerlendirme akış diyagramı.

3.2 Talebin Belirlenmesi

3.2.1 Bina hedef performans veya performanslarının belirlenmesi

DBYBHY-2007’de binalar için 3 farklı performans düzeyi tanımlanmaktadır. Bunlar sırası ile;

- Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi,
- Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi,
- Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi,
- Göçme Durumu’dur.

Yukarıda bahsedilen hedef performans seviyelerinde sağlanması gereken kıstaslar, kapasite ve talebin karşılaştırılması başlığı altında detaylı olarak açıklanmaktadır. DBYBHY-2007’de binalar, kullanım amacı ve türüne göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre üç tip deprem etkisi mevcuttur ve bu depremler sırası ile sık olabilecek ve şiddeti daha düşük olan Kullanım Depremi, daha az sık olabilecek ve orta şiddetli Tasarım Depremi ve meydana gelme olasılığı çok az olan ve çok şiddetli En Büyük Depremdir. Yapı önem katsayısı 1 olan binalar dışındaki tüm binalarda birden çok performans hedefi tanımlanmakta ve bina önem düzeyi yükseldikçe daha kuvvetli deprem etkisine karşı binanın daha az hasar alması hedeflenmektedir. Böylece incelenen yapıların türüne göre sağlanması gereken bina hedef performans düzeyleri / düzeyi belirlenir.

3.2.2 Hedef performans veya performanslara göre deprem etkisinin belirlenmesi

Binanın tipi ve türüne göre sağlanması gereken performans düzeyinin belirlenmesi ile birlikte bu performans düzeylerinin sağlanıp sağlanmadığının araştırılacağı deprem etkisi de beraberinde belirlenmektedir. Örneğin bu tez kapsamında incelenecek olan işyeri gibi yapıların sağlanması istenilen bir performans düzeyi vardır, bu Can Güvenliği (CG) performans düzeyidir. Bu performans düzeyinin sağlanıp sağlanmadığının araştırılmasında ise 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Tasarım Depremi kullanılmıştır.

Farklı deprem düzeylerinde binalar için ön görülen minimum performans hedefleri göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve

benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler.

- Servis depremi:

50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Kullanım depremi binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği bir deprem olarak kabul edilir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin etkisi, tasarım depreminin yarısı kadardır.

- Tasarım depremi:

50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Tasarım depremi binanın ömrü boyunca maruz kalma ihtimali düşük bir depremdir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. Tasarım Depremi, bina önem katsayısı $I=1$ olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine karşılık gelmektedir.

- En büyük deprem:

50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 2475 yıl olan bir depremdir. En büyük deprem binanın ömrü boyunca maruz kalması çok düşük bir depremi temsil eder. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.50 katıdır.

Deprem türleri ve elastik spektrum eğrisindeki değişim.				
Deprem Türü	Deprem Etkisi Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu	Elastik Spektrum Eğrisindeki Değişiklik $S_a - T$
Kullanım Depremi	0.5	50%	72 yıl	
Tasarım Depremi	1	10%	474 yıl	
En Büyük Deprem	1.5	2%	2475 yıl	

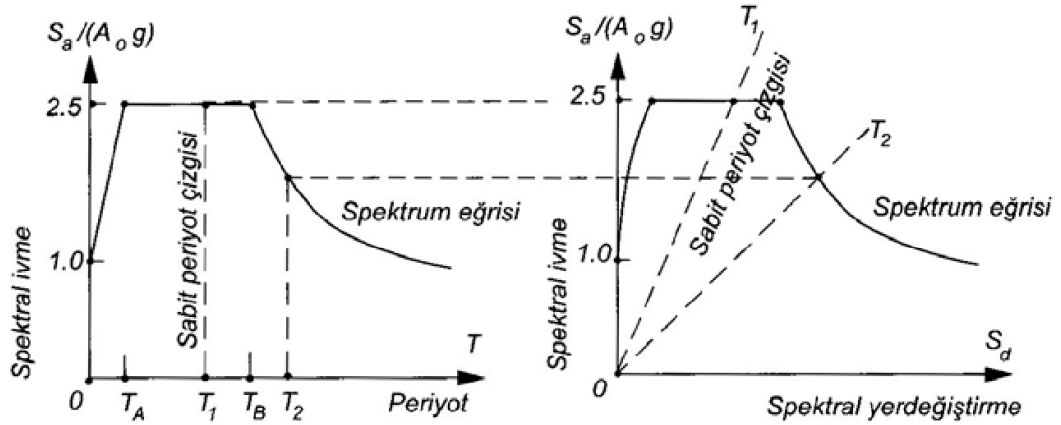
Şekil 3.2 : Yukarıda bahsedilen deprem türlerine göre elastik spektrum eğrisindeki değişim gösterilmiştir.

Elastik spektrum eğrisinde 50 yılda farklı aşılma olasılığı yüzdelere göre artım, azalım veya değişiklik yapılmaması durumlarına karşı gelen yeni elastik spektrum eğrileri veya eğrisi elde edilir.

İtme analizi ile performans değerlendirmesi yapılırken deprem etkisi, ivme spektrumları ile tanımlanırken; İtme analizinde deprem etkisini temsil eden ve aynı zamanda Talep Eğrisi olarak da tanımlanan spektral ivme (S_a) - spektral yerdeğiştirme (S_d) eğrisi yukarıda bahsedilen katsayılar ile modifiye edilmiş elastik

ivme spektrumundan türetilmektedir. Şekil 3.3’de de gösterildiği gibi ivme spektrumları, spektral ivme (S_a) – periyot (T) eksen takımlarında tanımlanmakta ve itme analizi ile performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için spektral ivme (S_a) - spektral yerdeğiştirme (S_d) eksen takımlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Elde edilen bu eğri, itme analizinde performans noktasının belirlenmesinde kullanılacak olan Talep Eğrisidir. Eksen dönüşümünün yapılmasında Denk.(3.1)’den faydalanılır;

$$S_a = \frac{S_d}{\omega^2} = S_d \frac{T^2}{(2\pi)^2} \quad (3.1)$$



Şekil 3.3 : Spektrum eğrisinde eksen dönüşümü.

3.3 Kapasitenin Belirlenmesi

3.3.1 Bina bilgi düzeyinin ve mevcut malzeme dayanımlarının belirlenmesi

Bina bilgi düzeyinin ve mevcut malzeme dayanımlarının belirlenmesinde iki ana durum vardır;

- Yeni projelendirilen binalar için, bina bilgi düzeyi, Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak kabul edilir ve Bilgi Düzeyi Katsayısı 1 alınır. Bu durumda mevcut malzeme dayanımı olarak bina tasarımında kullanılmış olunan karakteristik malzeme dayanımları kullanılır.
- Mevcut binalarda bilgi düzeyinin belirlenmesi için mevcut bina üzerinde bazı deneysel ve rölöve çalışmalarının yapılmasına, binanın taşıyıcı sistem proje ve raporlarının elde edilmesine çalışılır. Bina üzerinde yürütülen bu çalışmaların detay seviyesine göre bilgi düzeyi katsayısı ve mevcut malzeme dayanımı belirlenir.

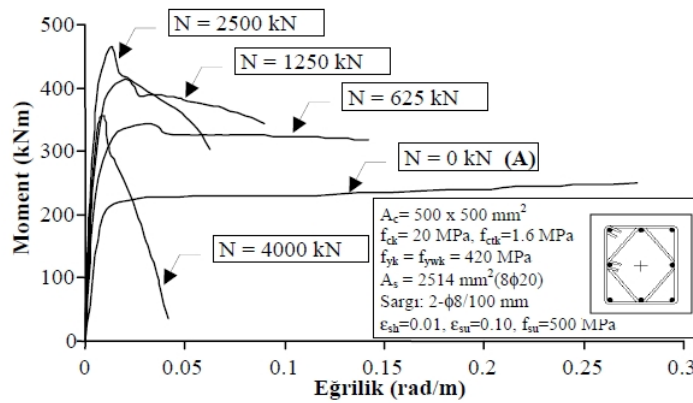
Bu çalışma kapsamında DBYBHY-2007'e göre tasarlanmış bir yapının yangın sonrası deprem performansının inceleneceği düşüncesi ile projelerinin var olduğu bu yüzden de bina bilgi düzeyinin Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak kabul edilerek hesapların yapılacağı söylenmelidir.

3.3.2 Yapı elemanlarının plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Malzeme dayanımları ve bina elemanlarının kesit özellikleri belirlendikten sonra doğrusal olmayan analizin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan plastik mafsal özelliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Plastik mafsallar, taşıyıcı elemanın doğrusal elastik sınırını aştıktan sonra göstereceği doğrusal olmayan davranışının karakteristiklerini içerirler. Plastik mafsalların, kolon ve kirişlerin mesnetlerinde veya mesnetlerine yakın bir bölgede olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle plastik mafsal özellikleri hesaplanırken, olası plastik mafsal bölgelerindeki kesit özelliklerine dikkat edilmelidir.

Kolonların doğrusal olmayan davranışlarının modellenebilmesi için eksenel kuvvet ve 2 eksen etrafında moment bileşenlerinden oluşan, 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin bilinmesi gerekmektedir. 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin üzerinde veya dışında kolon doğrusal elastik kapasitesini tamamlamıştır, bu sınırdan sonra plastikleşme nedeniyle elastik ötesi davranışı, kesitin sünekliliğine ve o anda maruz kaldığı eksenel yük düzeyine uygun olan moment- eğrilik ilişkisine bağlı olarak gösterir.

Kolonların moment – eğrilik ilişkileri üzerlerindeki eksenel yük seviyesine göre değişir. Eksenel basınç kuvveti arttıkça moment-eğrilik eğrisinin altında kalan alan küçülmekle birlikte kesit sünekliliği azalmaktadır.

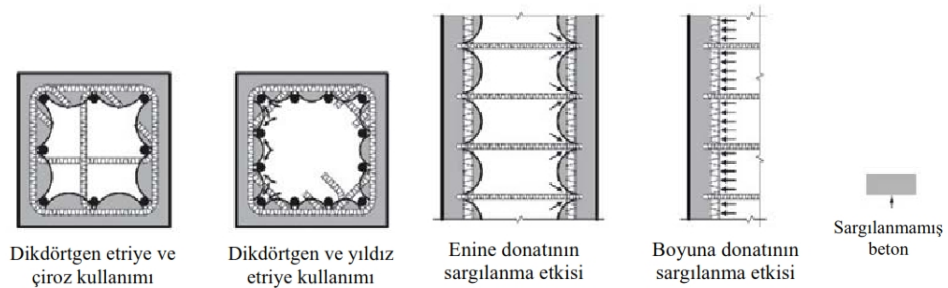


Şekil 3.4 : Eksenel yük düzeyinin moment-eğrilik ilişkisine olan etkisi.

Kirişlerin doğrusal olmayan davranışlarının modellenenebilmesi için kiriş mesnet kesitlerinde altta ve üstte çekme olması durumlarına göre moment-eğrilik ilişkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Kirişlerde eksenel yük oluşmadığı kabul edilirse, kirişlerin moment-eğrilik ilişkisi, kolonlardaki gibi değişken değildir ve sabittir.

Kolon ve kirişlerin büyük oranda enerji yutabilmeleri için sünek elemanlar olmaları gerekmektedir. Betonarme elemanlarda süneklik, kullanılan malzemenin cinsine, boyuna donatı düzeni ve miktarına, enine donatının sargılama etkisine, eksenel basınç ve kayma gerilmelerinin düzeyine göre değişkenlik göstermektedir. Sünekliğin oluşabilmesi için en önemli şartlardan birisi ise enine donatının sargılama etkisidir. Enine donatı ile uygun şekilde sargılanan beton, sargılanmış beton olarak tanımlanırken, sargı donatısının dışında kalan kabuk betonu ise sargılanmamış beton olarak tanımlanır. Sargılanmış beton sargılanmamış betona göre oldukça sünek ve dayanımlıdır. Aşağıda bahsedilen konulara dikkat edilerek betonarme elemanlarda sargılama etkisi arttırılabilir;

- Enine donatı aralığının azaltılması.
- Kesite ek etriyeler ve çiroz yerleştirilmesi.
- Boyuna donatının kesit çevresi boyunca düzgün dağılımı.
- Enine donatı hacminin çekirdek betonu hacmine oranının artması.
- Enine donatının akma dayanımının arttırılması.
- Dikdörtgen etriye ve yardımcı çiroz yerine, mümkün olan durumlarda dairesel (spiral) etriyelerin kullanılması.



Şekil 3.5 : İki farklı sargılama donatısı düzeni için, sargılanmış-sargılanmamış beton alanları sargı donatısı düzeni gösterilmiştir.

Kolon, kiriş ve perde gibi betonarme kesitlerin plastik mafsallık özelliklerinin belirlenebilmesi için malzeme modelleri kullanılmaktadır. Bu malzeme modelleri, DBYBHY-2007'nin Bilgilendirme Eki 7B bölümünde açıklanmakta ve grafik gösterimleri Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de verilmektedir. Beton malzeme modelleri için hem sargılanmış hem de sargılanmamış durumlar için iki farklı yaklaşım kabul edilmiştir. Sargılanmamış beton olarak tanımlanan betonu, sadece kabuk betonu olarak kabul etmemek gerekmektedir, aynı zamanda DBYBHY-2007'de belirtilen sargılama donatısı şartlarına uygun olmayan betonarme kesitlerin, enine donatılarının içinde kalan beton da sargılanmamış beton olarak düşünülmelidir.

DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7B'de bahsedilen beton modelleri, Mander beton modeli temel alınarak tanımlanmıştır. Aşağıda sargılı ve sargısız beton için gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri aşağıdaki ifadeler ile tanımlanmıştır.

$$f_c = \frac{f_{cc} x r}{r-1+xr} \quad (3.2)$$

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (3.3)$$

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

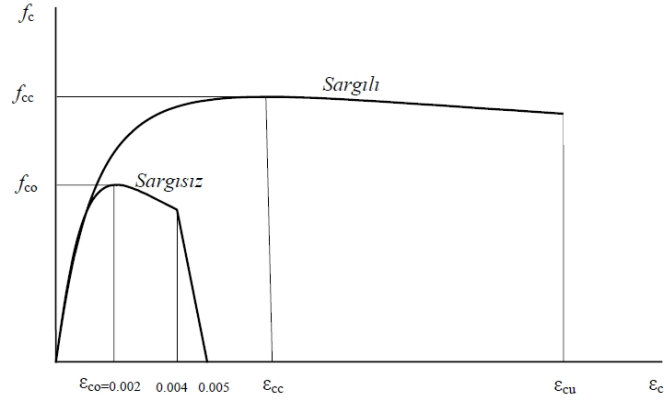
$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.5)$$

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

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

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

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



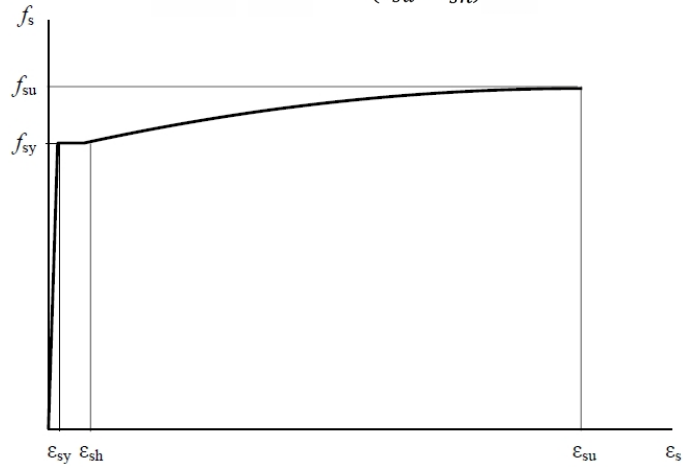
Şekil 3.6 : Sargılanmış ve sargılanmamış beton için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.

Donatı çeliği malzeme modelinde ise pekleşme etkisi göz önünde bulundurulmaktadır.

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \quad (3.10)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \quad (3.11)$$

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



Şekil 3.7 : Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.

Bu tez kapsamında malzeme modelleri tanımlanırken yangın etkisi sonrasında donatı çeliğinin (ettriye ve eğilme donatısı) ve beton modellerinin dayanım kayıplarına bağlı olarak oluşturulan sargılanmış beton dayanımları hesaplanmıştır ve analitik modele bu hesaplanan değerler tanımlanmıştır. Yangın etkisinde olmayan elemanlar ise mevcut malzeme dayanımları kullanılarak oluşturulan malzeme modelleri ile tanımlanmıştır.

3.3.3 Yapı analitik modelinin kapasite hesaplarının yapılabilmesi için uygun hale getirilmesi

Yapının analitik modeli belirlenmiş olan malzeme dayanımları ve plastik mafsallık özellikleri kullanılarak, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için hazırlanır. Bunun yanında bina elemanlarının eğilme rijitlikleri belirli oranda azaltılır. Bu rijitlik azaltımı sonucunda belirlenen yeni rijitlik değerlerine, etkin eğilme rijitlikleri denilmektedir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılır.

Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılır; (DBYBHY-2007-7.4.13)

a) Kirişlerde: $0.40 EI_0$

b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $0.40 EI_0$
 $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $0.80 EI_0$

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 $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenir. Yani, bina $W=G+nQ$ düşey yüklemesi altında analiz edilir. Burada n , hareketli yük katılım katsayısıdır ve binanın kullanım amacına göre değişiklik gösterir. Bu tez kapsamında işyeri olarak tasarlanmış yapı incelendiğinden dolayı hareketli yük katılım katsayısı 0.30 olarak kabul edilmiştir.

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 yapılır. Bundan sonraki hesaplarda aynı rijitlikler kullanılır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmaz. Bu çalışma kapsamında döşeme yükleri kirişler üzerine zarf yükleme şeklinde tanımlanmıştır.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak modellenebilir. Yukarıda bahsedilenler yapıldıktan sonra bina

matematik modeli, performans değerlendirmesi çalışmalarında kullanılmaya uygun hale getirilmiş olunur.

Performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için deprem yükleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilir. Bu nedenle, performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için toplamda 4 doğrultuda analiz yapılması gerekmektedir. Bu alışma kapsamında yapının yangın sonrasındaki performans seviyesinin pas payına, yangın süresine ve etkilenen kata göre değişimi esas olarak incelenmektedir. Sonuçların değerlendirilmesi aşamasında kesitlerde oluşan hasarların mümkün olduğunca yapı geometrisinden bağımsız olarak karşılaştırılmak istenmesinden dolayı simetrik kesit ve simetrik yapı geometrisi olarak modellenmiş yapı, tek yönlü, tek doğrultuda analiz edilmiştir.

3.3.4 Doğrusal elastik olmayan analiz metotları ile bina kapasitelerini belirlenmesi

DBYBHY-2007’de üç farklı doğrusal elastik olmayan hesap metodundan bahsedilmektedir.

Bu yöntemler şunlardır,

- Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi,
- Artımsal mod birleştirme yöntemi,
- Zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemidir.

İlk iki yöntem, DBYBHY-2007’de doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi için temel alınan Artımsal İtme Analizi’nde kullanılan yöntemlerdir.

Bu araştırmada Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılacağından sadece bu yöntem açıklanacaktır.

3.3.5 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bina kapasitesinin belirlenmesi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen her bir itme adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve i kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

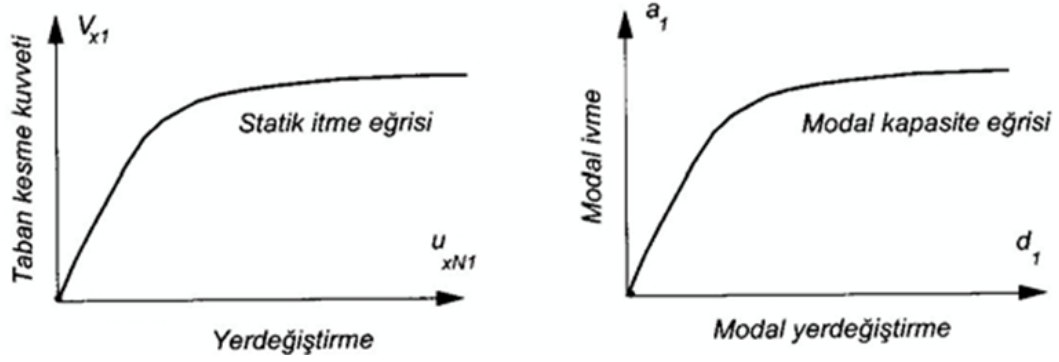
- Bu metodun kullanılabilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması zorunludur,
- Bodrum kat üzerindeki toplam kat sayısı 8'i geçmemelidir,
- Ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olmalıdır,

Ayrıca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması gerekmektedir.

Görüldüğü gibi bu yöntem birinci mod şeklinin etkin olduğu düşük katlı binalarda ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumda yeterli yaklaşım sağlamaktadır. İtme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılması durumunda yatay deprem yükü dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Bu dağılım, analizin başlangıç adımıda doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır.

Eşdeğer deprem yükü dağılımı, binanın her kat hizasında ve kütle merkezine ek dışmerkezlik uygulanmadan tanımlanır, bu yük itme analizi boyunca monotonik olarak arttırılacak yük şablonudur. İtme analizi sonucunda eksenleri taban kesme kuvveti - tepe yerdeğiştirmesi olan itme eğrisi elde edilir. Bu eğri binanın elastik ötesi davranışını ve dinamik elasto-plastik davranışta oluşan kuvvet – yerdeğiştirme eğrisinin ana iskelet eğrisini temsil eder. İtme eğrisinde elastik davranıştan ayrılarak elastik ötesi davranışa geçişin sağlandığı kıvrılma bölgesi plastik mafsalların oluşmaya başladığına işaret eder ve bu noktadan sonra eğer bina yeterli sünekliğe sahip ise yük artımıdaki küçük artışlar binada büyük yerdeğiştirme ve şekil değıştirmelere neden olur.

Kapasite ve talebin karşılaştırılması için aynı grafik üzerinde çizilmesi gerekmektedir. Bu ortak grafiğin eksen takımları ise spektral yerdeğiştirme - spektral ivme değerlerinden oluşur. İtme eğrisi ise eksenleri taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi olan bir egridir ve bu eksenlere dönüşüm yapılarak, spektral yerdeğiştirme - spektral ivme boyutuna getirilmeleri gerekmektedir.(DBYBHY-2007 7.6.5.4)



Şekil 3.8 : Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi.

Bu dönüşüm için; (i)'inci itme adımında hakim moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$, örnek olarak X doğrultusundaki hakim mod için aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.13)$$

(i)'nci itme adımında hakim moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$ nin hesabı için aşağıda verilen denklemler kullanılır.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Gamma_{x1} \Phi_{xN1}} \quad (3.14)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.15)$$

3.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine Göre Kapasite ve Talebin Karşılaştırılması

Deprem etkisini temsil eden talep ile binanın doğrusal olmayan davranışını temsil eden kapasite eğrileri birbiri ile karşılaştırılacaktır. Sonuçta, performans kriterleri ile karşılaştırma yapabilmek için yapı elemanlarının hasar durumları belirlenecektir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizinde, bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için daha önce aynı eksen takımında tanımlanmış kapasite ve talep eğrilerinden faydalanılır ve kapasite eğrisinin başlangıç teğeti uzatılarak talep eğrisi ile kesişmesi sağlanır. Sonrasında bina başlangıç periyoduna bağlı olarak eşit yerdeğiştirme kuralına göre bina yatay tepe yerdeğiştirmesi belirlenir. Bu tepe yerdeğiştirmesi değerine performans noktası denilmektedir. Performans noktasında, binanın kolon ve kiriş elemanlarındaki plastik mafsallardan hareketle kesit

ve eleman hasar durumları belirlenerek, bina performans kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığına bakılır.

Deprem talebini ifade eden elastik davranış spektrumu uygun koordinat dönüşümleri yapıldıktan sonra hakim moda ait maksimum modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$ elde edilmiş olunur. Elastik davranış spektrumunun, elastik spektral ivme – spektral yerdeğiştirme grafiğine çevrildikten sonra elde edilen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, tanım olarak doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeye, S_{di1} ’e eşittir. İtme analizinin, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan hakim moda ait başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme, S_{de1} ’e bağlı olarak eşit yerdeğiştirme kuralına göre belirlenir.

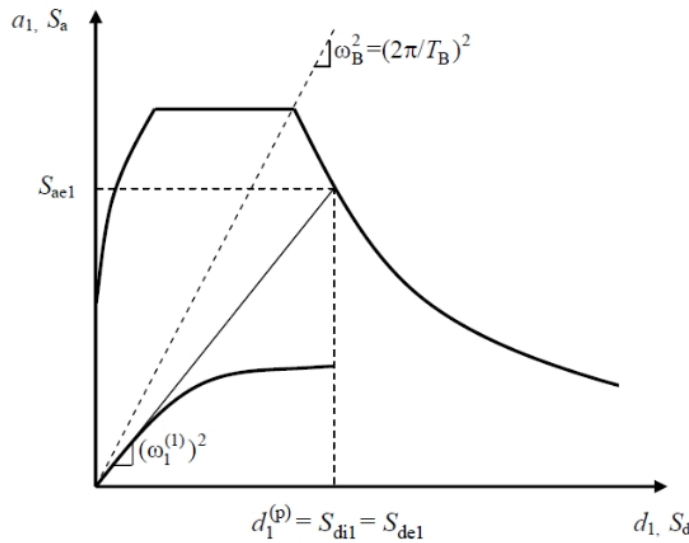
$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.16)$$

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de} \quad (3.17)$$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B ye eşit veya daha uzun olması durumunda doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca lineer elastik spektral yerdeğiştirmeye eşittir. Genelde uzun periyotlu yapılarda bu durum geçerli olur. (Şekil 3.9).

$T_1^{(1)} \geq T_B$ olması durumunda;

$$C_{R1} = 1 \text{ olarak alınır} \quad (3.18)$$



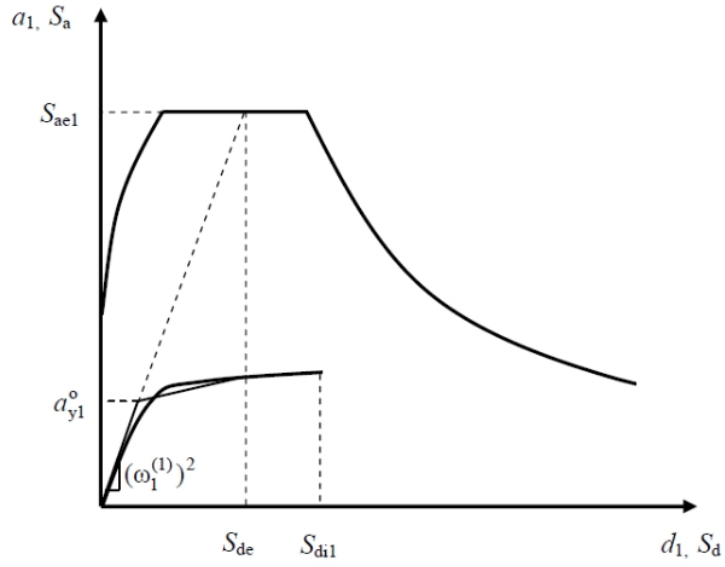
Şekil 3.9 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$).

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B den daha kısa olması durumunda;

$T_1^{(1)} < T_B$ ise ;

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.19)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.20)$$



Şekil 3.10 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$).

Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem için elde edilen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, çok serbestlik dereceli sistemin tepe yerdeğiştirmesine u_{xN1} , aşağıdaki ifade ile dönüştürülür. Buna göre son itme adımı $i = p$ için, X deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirme istemi $u_{xN1}^{(p)}$ aşağıdaki denklemde olduğu gibi hesaplanır.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.21)$$

Bu tepe yerdeğiştirmesi değerinde binada oluşan plastik şekil değiştirmeler, plastik mafsallar yardımı ile belirlenir. Belirlenen plastik şekil değiştirmeler, elastik şekil değiştirmelere eklenerek toplam şekil değiştirme istemleri hesaplanır. Toplam şekil değiştirme istemlerinden hareketle, ilk önce eleman kesitlerinin hasar düzeyi daha sonra elemanların hasar düzeyi bulunur. Eleman hasar düzeyleri, bina performans

kriterleri ile karşılaştırılarak bina hedef performansının sağlanıp sağlanamadığına karar verilir.

3.4.1 Betonarme elemanlarda toplam eğriliklerin bulunması

Yukarıda anlatılan itme analizinin sonucunda sünek elemanlarda plastik dönme istemi θ_p , ve gevrek elemanlarda ise iç kuvvet istemleri elde edilir. Elemanda meydana gelene plastik dönme istemi, aşağıdaki ifade kullanılarak kritik kesitteki plastik eğrilik istemine dönüştürülür.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.22)$$

Önceki bölümlerde bahsedilen beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, plastik eğrilik istemi ϕ_p ile toplanarak, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi elde edilir.

$$\phi_t = \phi_p + \phi_y \quad (3.23)$$

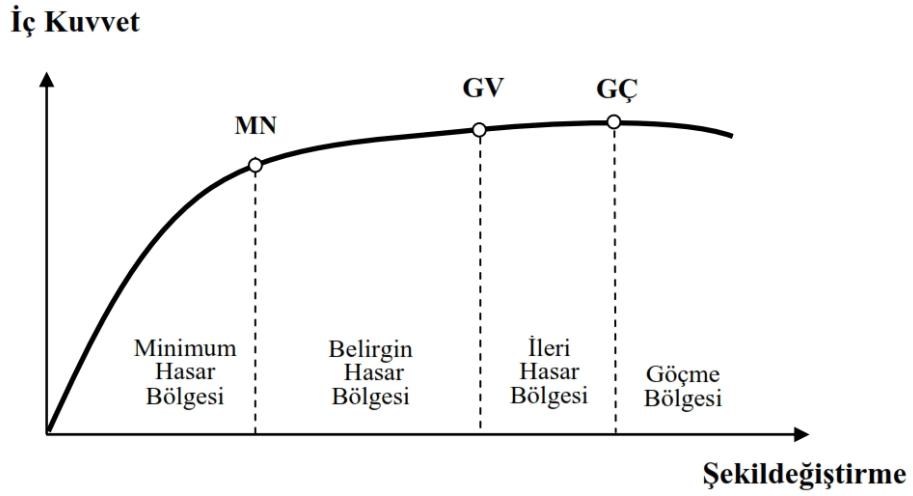
Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi, Denk.(3.23) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır. Analiz sonucunda bulunan beton ve donatı çeliğine ait birim şekil değiştirme istemeleri DBYBHY-2007’de belirtilmiş kesit hasar sınırlarını belirleyen birim şekil değiştirme değerleri ile karşılaştırılır ve kesit hasar durumu belirlenir.

3.4.2 Betonarme yapı elemanlarının kesit hasar sınırlarının belirlenmesi

Betonarme yapı elemanlarının kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri belirlenirken hem beton hem de donatının kapasiteleri ayrı ayrı belirlenmelidir. Daha sonra bu kapasite değerleri, kesitte oluşacak hasarın sınırlarını belirleyen göstergeler olarak kullanılacaktır.

DBYBHY-2007’ sünek elemanlar için üç sınır durumu tanımlanmıştır, Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Kesit Göçme Sınırı (GÇ) olarak tanımlanmıştır. Bu hasar sınırlarının arasında kalan bölgeler ise Minimum Hasar

Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi olarak tanımlanmıştır. Bu hasar sınırları ve bölgeleri Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



Şekil 3.11 : Kesit hasar sınırları ve kesit hasar bölgeleri.

Kritik kesitlerin hangi hasar bölgesinde bulunduğunu belirleyebilmek için doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile elde edilen kesit birim şekil değiştirme istemleri, kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılırlar. Yönetmeliğin ilgili kısmında, her bir hasar sınırı için beton ve donatı çeliğine ait izin verilen birim şekil değiştirme kapasitelerinin üst sınırları tanımlanmıştır. Buna göre,

- Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları,

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.24)$$

- Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları,

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.25)$$

- Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları,

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.26)$$

3.5 Yapı Performans Düzeyinin Belirlenmesi

Uygulanan deprem etkisi altında her katta tüm elemanların hasar durumlarının belirlenmesinden sonra, bina deprem performansı belirlenir. Bina deprem performansı dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanır.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi için, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde bulunmalıdır.

Can Güvenliği Performans Düzeyi için, yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'unun İleri Hasar Bölgesi'ne geçmesine izin verilir. İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında bulunması gerekmektedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birde Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde ise, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, ikincil kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Bunların dışındaki tüm elemanlar Minimum Hasar, Belirgin Hasar veya İleri Hasar Bölgesi'nde yer almalıdır. 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 gerekmektedir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nin sağlanamaması durumunda bina Göçme Durumu'ndadır.

4. DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞLARININ İNCELENECEĞİ TAŞIYICI SİSTEMLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE PLASTİK MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

4.1 Yangın Senaryoları

Analizi yapılan yapı her iki doğrultuda 5 aksı olan düzenli, simetrik 5 katlı çerçeve sistemli bir işyeri yapısıdır. Mevcut yapının davranışı, değişken pas payı kalınlığı ve farklı yangın süreleri ile toplamda 30 senaryo ile doğrusal olmayan itme analizleri yapılmıştır. Bu senaryolar aşağıdaki tabloda detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Analitik modelin analizinin yapıldığı senaryolar tablosu.

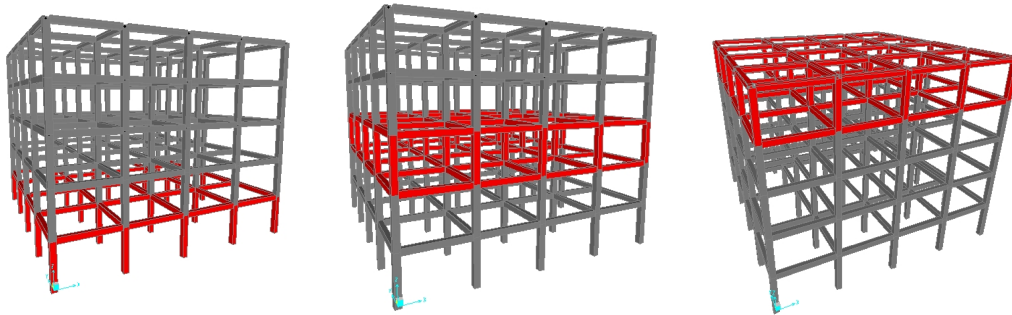
SENARYO #	SENARYO ADI	KAT #	PAS PAYI KOLON	PAS PAYI KİRİŞ	YANGIN SÜRESİ (dk)
1	Z-1-2-60	Zemin Kat	1 cm	2 cm	60
2	Z-1-2-120	Zemin Kat	1 cm	2 cm	120
3	Z-1-2-180	Zemin Kat	1 cm	2 cm	180
4	Z-2-2-60	Zemin Kat	2 cm	2 cm	60
5	Z-2-2-120	Zemin Kat	2 cm	2 cm	120
6	Z-2-2-180	Zemin Kat	2 cm	2 cm	180
7	Z-3-2-60	Zemin Kat	3 cm	2 cm	60
8	Z-3-2-120	Zemin Kat	3 cm	2 cm	120
9	Z-3-2-180	Zemin Kat	3 cm	2 cm	180
10	2NK-1-2-60	2. N. Kat	1 cm	2 cm	60
11	2NK-1-2-120	2. N. Kat	1 cm	2 cm	120
12	2NK-1-2-180	2. N. Kat	1 cm	2 cm	180
13	2NK-2-2-60	2. N. Kat	2 cm	2 cm	60
14	2NK-2-2-120	2. N. Kat	2 cm	2 cm	120
15	2NK-2-2-180	2. N. Kat	2 cm	2 cm	180
16	2NK-3-2-60	2. N. Kat	3 cm	2 cm	60
17	2NK-3-2-120	2. N. Kat	3 cm	2 cm	120
18	2NK-3-2-180	2. N. Kat	3 cm	2 cm	180
19	4NK-1-2-60	4. N. Kat	1 cm	2 cm	60
20	4NK-1-2-120	4. N. Kat	1 cm	2 cm	120
21	4NK-1-2-180	4. N. Kat	1 cm	2 cm	180
22	4NK-2-2-60	4. N. Kat	2 cm	2 cm	60
23	4NK-2-2-120	4. N. Kat	2 cm	2 cm	120
24	4NK-2-2-180	4. N. Kat	2 cm	2 cm	180
25	4NK-3-2-60	4. N. Kat	3 cm	2 cm	60
26	4NK-3-2-120	4. N. Kat	3 cm	2 cm	120
27	4NK-3-2-180	4. N. Kat	3 cm	2 cm	180

Çizelge 4.2 : Analitik modelin analizinin yapıldığı senaryolar tablosu (Devamı).

SENARYO #	SENARYO ADI	KAT #	PAS PAYI KOLON	PAS PAYI KİRİŞ	YANGIN SÜRESİ (dk)
28	Mevcut Durum-1	-	1 cm	2 cm	-
29	Mevcut Durum-2	-	2 cm	2 cm	-
30	Mevcut Durum-3	-	3 cm	2 cm	-

4.2 Tasarımı Yapılacak Binanın Geometrisi

Bu çalışmada aynı geometrik özelliklere sahip her iki doğrultuda dört açıklıklı, her aks arası 6 metre olan ve katlar arası mesafenin 4 metre olduğu bir yapının kolonlarında üç farklı pas payı kalınlığı oluşturularak üç farklı model elde edilmiştir ve bu üç farklı modelin her birinde zemin katta, 2.normal katta ve 4.normal katta 1 saatlik, 2 saatlik ve 3 saatlik yangınların olduğu var sayımı ile kesitlerinde meydana gelen dayanım kayıpları sonlu elemanlar modelleri ile elde edilmiştir. Yapı hem X hem de Y eksenlerine göre simetriktir. Katlar arası geçişler sırasında kolonların ağırlık merkezlerinden geçen düşey eksenleri çakıştırılmıştır, yani kolonlarda eksenel eksantriste bulunmamaktadır. Kolonlar ve kirişler ise her katta aynı boyuttadır ve kolon boyutları 50 cm * 50 cm, kiriş boyutları 25 cm * 50 cm olarak seçilmiştir. Kiriş-kolon birleşimlerinde eksantriste bulunmamaktadır, yani kirişlerin ağırlık merkezinden geçen eksen ile kolonların ağırlık merkezinden geçen eksen çakıştırılmıştır.



Şekil 4.1 : Yangın etkisindeki katların 3 boyutlu görseli.

4.3 Malzeme Özellikleri

4.3.1 Mevcut yapı malzeme özellikleri

Mevcut taşıyıcı sistemin tasarlanmasında kullanılan malzeme özellikleri tüm modellerde aynıdır ve beton için C25, donatı çeliği için S420b'dır. TS500'e göre bu malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 : C25 Betonun mekanik özellikleri.

Beton Sınıfı	Silindir Basınç Dayanımı f_{ck} (MPa)	Eşdeğer Küp Dayanımı (MPa)	Eksenel Çekme Dayanımı f_{ctk} (MPa)	Elastisite Modülü E_{c28} (MPa)
C25	25	30	1.8	30000

Çizelge 4.4 : S420b Donatı çeliğinin mekanik özellikleri.

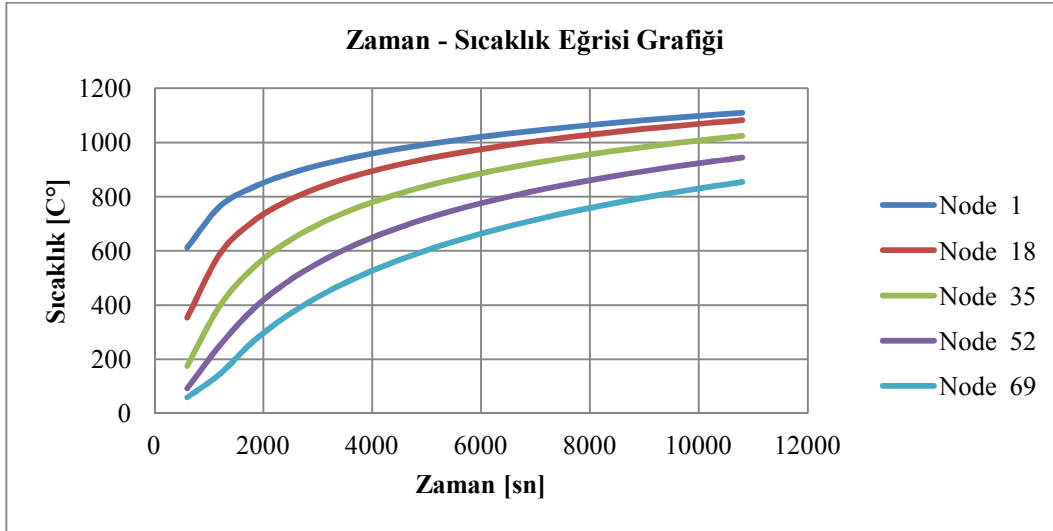
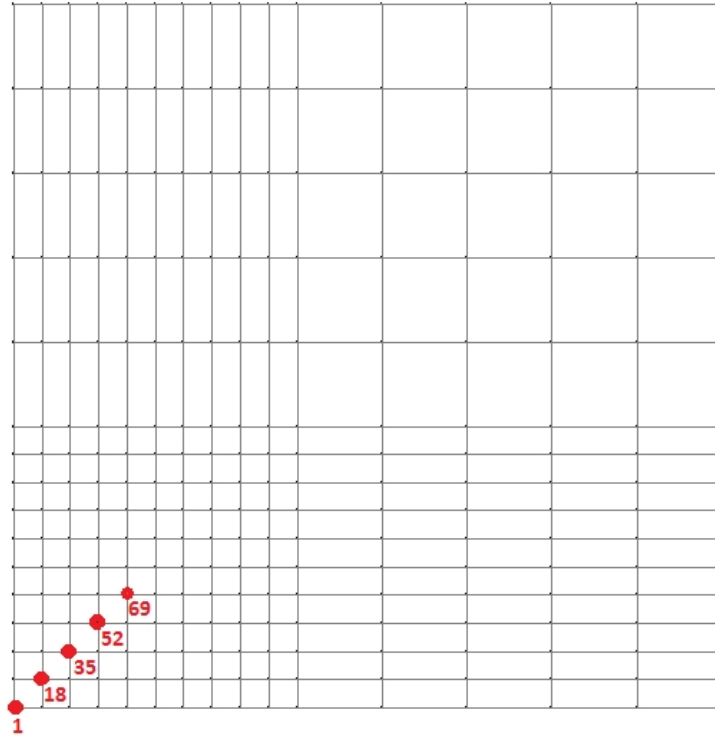
Çelik Sınıfı	Minimum akma dayanımı f_{yk} (MPa)	Minimum kopma dayanımı f_{su} (MPa)	$\emptyset \leq 32$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	$32 < \emptyset \leq 50$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)
S420b	420	550	10	10

4.3.2 Yangın etkisi sonrasında malzeme özellikleri

Çalışma kapsamında yangın etkisine maruz kalan kolon ve kiriş elemanlarının en dış katmandan içe doğru her 1 cm'lik beton örtüsünün ulaştığı sıcaklık değerleri SAFIR paket programı ile hesaplanmıştır.

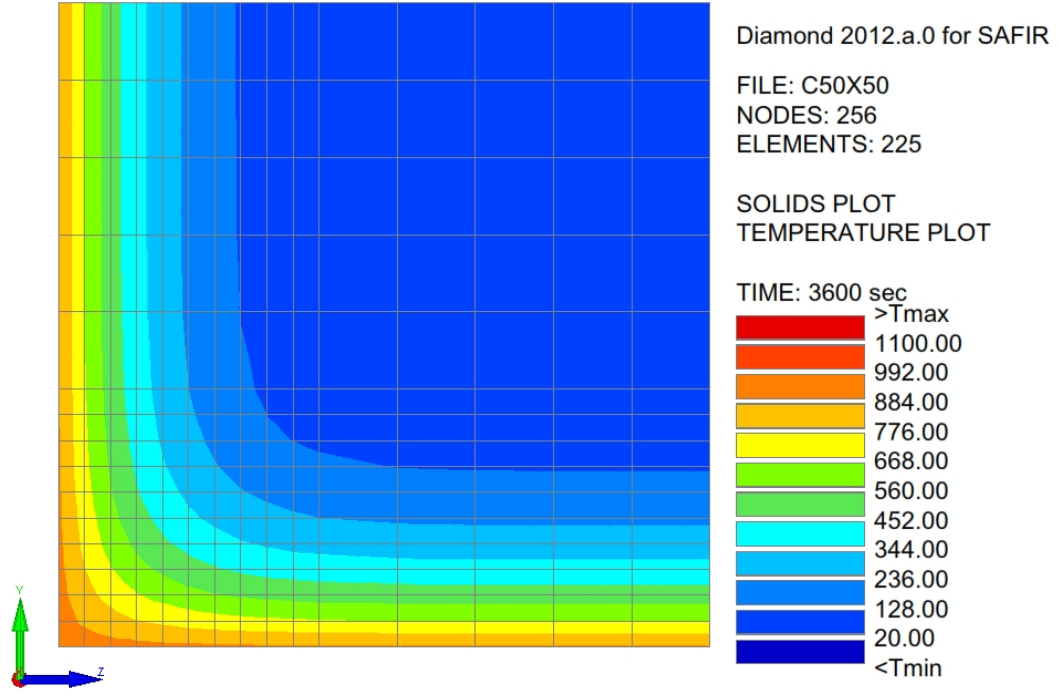
SAFIR paket programında sonlu elemanlar modeli oluşturulurken %3 su muhtevasına sahip olduğu kabul edilen ve basınç dayanımı 25 MPa olan silis agregalı beton kullanılmıştır. Normal sıcaklıktaki beton yoğunluğu 2500 kg/m^3 alınmıştır. Donatı çeliği sınıfı ise soğukta işlem görmüş S420b olarak seçilmiştir.

50 cm * 50 cm ebatlarındaki kolon kesiti SAFIR paket programına dörtte bir ebatlarıyla tanımlanmıştır. Aşağıdaki grafik kolon köşesinden diyagonal yönünde beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişimini vermektedir.



Şekil 4.2 : 50cm x 50 cm kolonun dörtte bir kesitindeki seçilmiş beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişim grafiği.

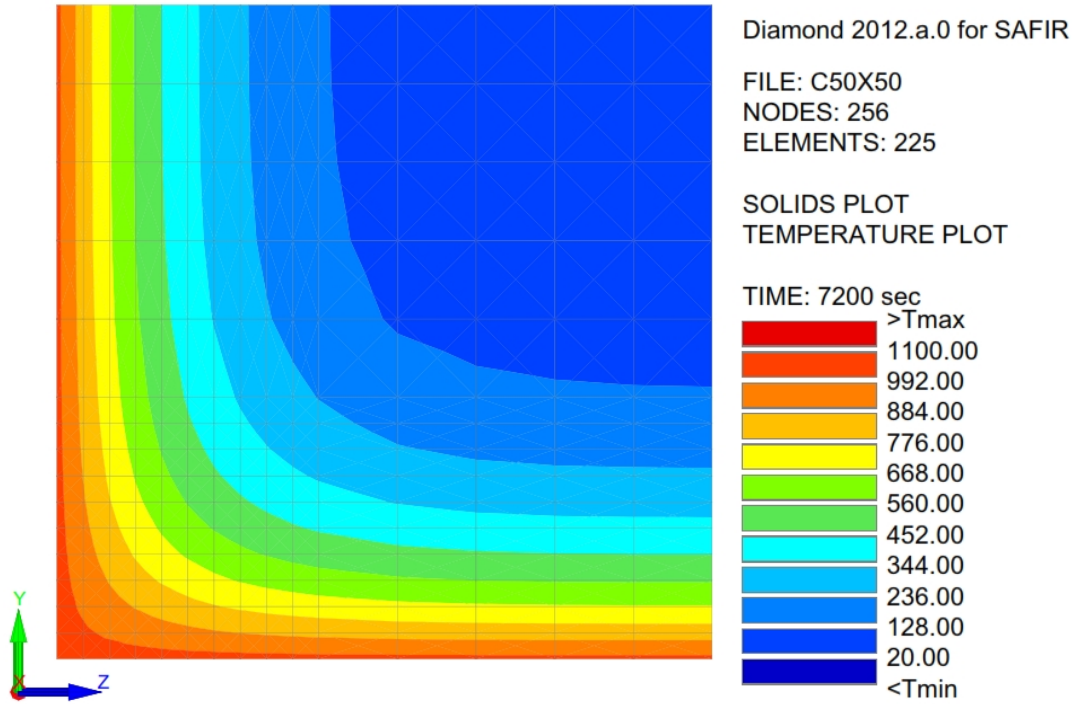
Yangın etkisine maruz kalmış elemanların sargılanmış beton modelini doğru bir şekilde hesaplayabilmek için etriyelerin, eğilme donatılarının ve en dıştan içeriye doğru beton dayanımları hesaplanmış ve kullanılan değerler aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir. Bu değerler grafik olarak **Ek A** ve **Ek B**'de verilmektedir.



Şekil 4.3 : 1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.

Çizelge 4.5 : 1 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.

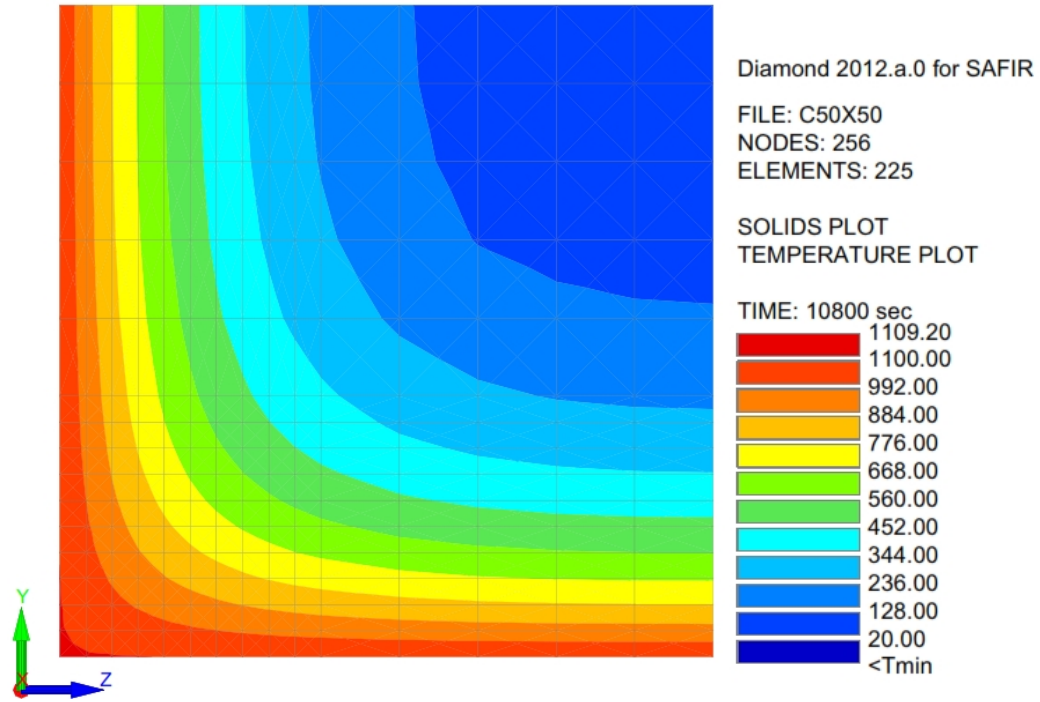
Yangın Süresi : 1 Saat (3600 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı $f_{c,0}$	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Elastisite Modülü E_c
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$			
1	942 °C	0.0512	0.0250	0.0443	1.28	2256	620
2	789 °C	0.1665	0.0250	0.0397	4.16	2298	3100
3	558 °C	0.5130	0.0208	0.0340	12.83	2340	8804
4	404 °C	0.7440	0.0102	0.0301	18.60	2374	18352
5	328 °C	0.8220	0.0078	0.0282	20.55	2402	23064
6	251 °C	0.8990	0.0063	0.0263	22.48	2430	27838
7	173 °C	0.9635	0.0051	0.0243	24.09	2465	31000
8	139 °C	0.9805	0.0046	0.0235	24.51	2485	31000
9	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
10	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
11	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.4 : 2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.

Çizelge 4.6 : 2 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.

Yangın Süresi : 2 Saat (7200 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Elastisite Modülü E_c
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$	$f_{c,0}$		
1	1048 °C	0.0256	0.0250	0.0462	0.64	2233	0
2	880 °C	0.0940	0.0250	0.0420	2.35	2270	620
3	668 °C	0.3480	0.0250	0.0367	8.70	2316	1984
4	542 °C	0.5370	0.0192	0.0336	13.43	2344	9796
5	500 °C	0.5985	0.0151	0.0325	14.96	2353	12400
6	415 °C	0.7275	0.0108	0.0304	18.19	2371	17670
7	352 °C	0.7980	0.0086	0.0288	19.95	2393	21576
8	289 °C	0.8610	0.0068	0.0272	21.53	2416	25482
9	225 °C	0.9250	0.0059	0.0256	23.13	2440	29450
10	36 °C	1.0000	0.0028	0.0205	25.00	2500	31000
11	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.5 : 3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinde 50cm x 50cm boyutlarındaki kolonda sıcaklık dağılımı.

Çizelge 4.7 : 3 saatlik yangın sonrasında 50cm x 50cm kolonun her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen malzeme mekanik özellikleri.

Yangın Süresi : 3 Saat (10800 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı	Yoğunluk	Elastisite Modülü
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$	$f_{c,0}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	E_c
1	1109	0.0000	0.0000	0.0432	0.00	2220	0
2	980	0.0480	0.0250	0.0445	1.20	2248	155
3	850	0.1150	0.0250	0.0413	2.88	2276	2480
4	720	0.2700	0.0250	0.0380	6.75	2305	4960
5	591	0.4635	0.0241	0.0348	11.59	2333	6758
6	526	0.5610	0.0176	0.0332	14.03	2347	10788
7	461	0.6585	0.0131	0.0315	16.46	2361	14818
8	396	0.7540	0.0099	0.0299	18.85	2376	18848
9	332	0.8180	0.0080	0.0283	20.45	2400	22816
10	267	0.8830	0.0065	0.0267	22.08	2425	31000
11	72	1.0000	0.0035	0.0216	25.00	2500	31000
12	20	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000

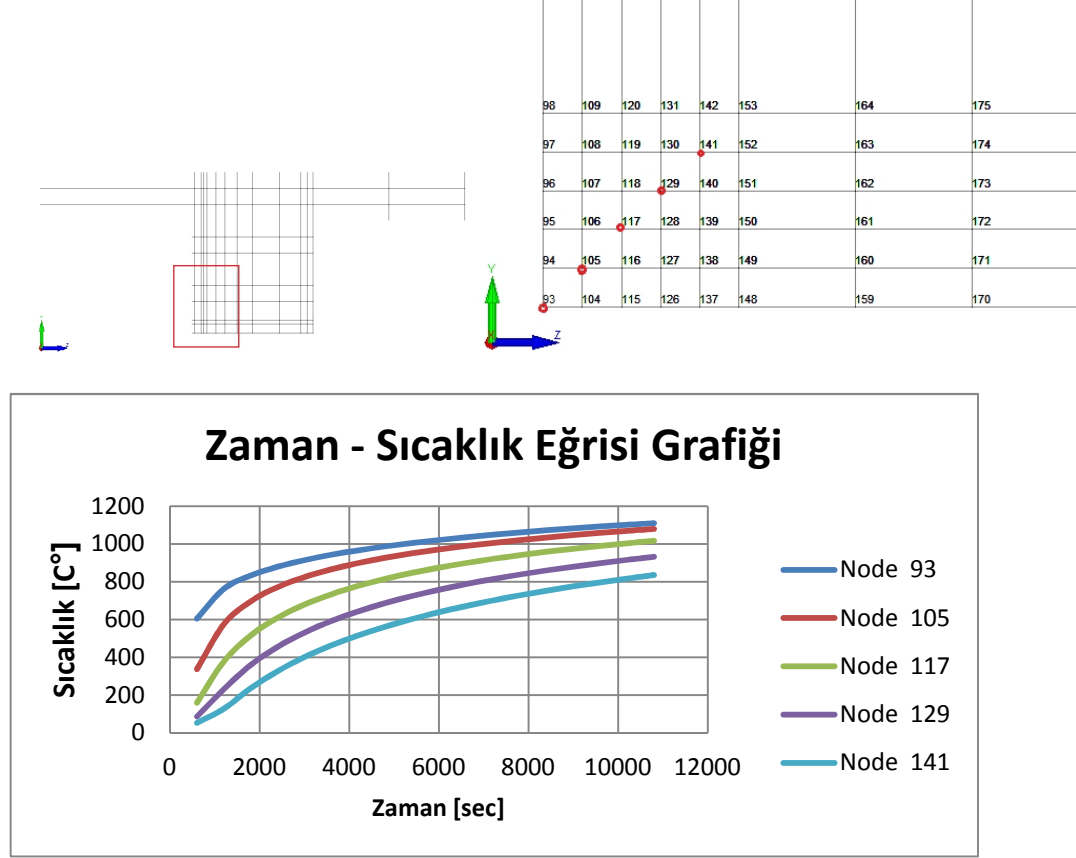
Çizelge 4.8 : Yüksek sıcaklık etkisinde kolon etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği.

Kolon Etriyesinin Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yangına Mesafe	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	1 cm	1 saat	789	21.9	51.7	18880	0.0012	0.02	0.05	0.10
4,13,22	2 cm	2 cm	1 saat	558	107.4	252.1	86360	0.0012	0.02	0.05	0.10
7,16,25	3 cm	3 cm	1 saat	404	175.4	392.1	139200	0.0013	0.02	0.05	0.10
2,11,20	1 cm	1 cm	2 saat	880	17.6	29.4	14800	0.0012	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	2 cm	2 saat	668	44.2	128.9	37520	0.0012	0.02	0.05	0.10
8,17,26	3 cm	3 cm	2 saat	542	119.4	272.9	95640	0.0012	0.02	0.05	0.10
3,12,21	1 cm	1 cm	3 saat	980	10.1	18.5	9200	0.0011	0.02	0.05	0.10
6,15,24	2 cm	2 cm	3 saat	850	18.9	35.7	16000	0.0012	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	3 cm	3 saat	720	27.7	86.5	24400	0.0011	0.02	0.05	0.10

Çizelge 4.9 : Yüksek sıcaklık etkisinde kolon eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği.

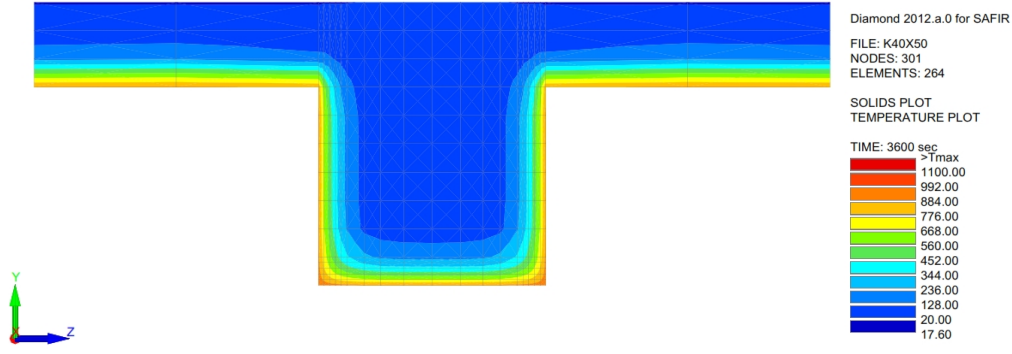
Kolon Eğilme Donatısının Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yangına Mesafe	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	2 cm	1 saat	558	107.4	252.1	86360	0.0012	0.02	0.05	0.10
4,13,22	2 cm	3 cm	1 saat	404	175.4	392.1	139200	0.0013	0.02	0.05	0.10
7,16,25	3 cm	4 cm	1 saat	328	233.9	412.9	154400	0.0015	0.02	0.05	0.10
2,11,20	1 cm	2 cm	2 saat	668	44.2	128.9	37520	0.0012	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	3 cm	2 saat	542	119.4	272.9	95640	0.0012	0.02	0.05	0.10
8,17,26	3 cm	4 cm	2 saat	500	151.2	327.6	120000	0.0013	0.02	0.05	0.10
3,12,21	1 cm	2 cm	3 saat	850	18.9	35.7	16000	0.0012	0.02	0.05	0.10
6,15,24	2 cm	3 cm	3 saat	720	27.7	86.5	24400	0.0011	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	4 cm	3 saat	591	82.4	209.1	67220	0.0012	0.02	0.05	0.10

40 cm x 50 cm ebatlarındaki kiriş kesiti SAFIR programına 15 cm döşeme kalınlığı ile beraber modellenmiştir. Aşağıdaki grafik kirişin alt köşesinden diyagonal yönünde beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişimini vermektedir.



Şekil 4.6 : 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin dörtte bir kesitindeki seçilmiş beş noktanın zamana bağlı sıcaklık değişim grafiği.

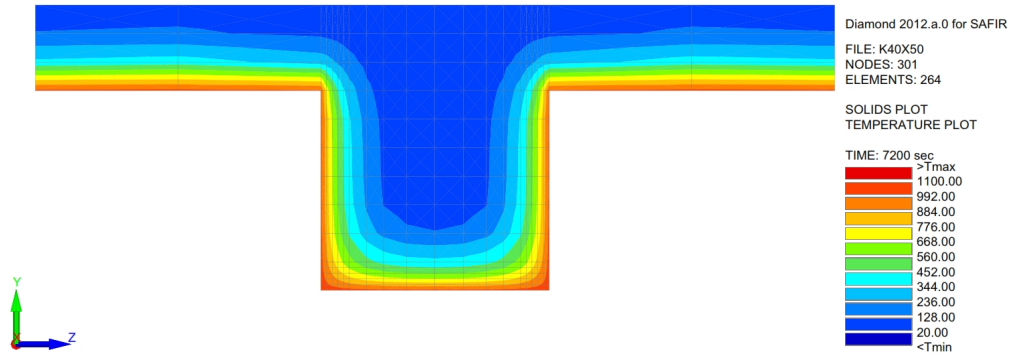
Yangın etkisine maruz kalmış kiriş elemanları tanımlanan senaryolara göre (yangın etkisinin bulunduğu kata göre) alttan veya üstten yangın etkisine maruz kalmaktadır. Malzemelerin değişken mekanik özellikleri aşağıdaki çizelgelerle verilmektedir Bu değerler grafik olarak **Ek D** ve **Ek E**'de verilmektedir.



Şekil 4.7 : 1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.10 : 1 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanın ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri Yangın alt yüzden etkitiliyor.

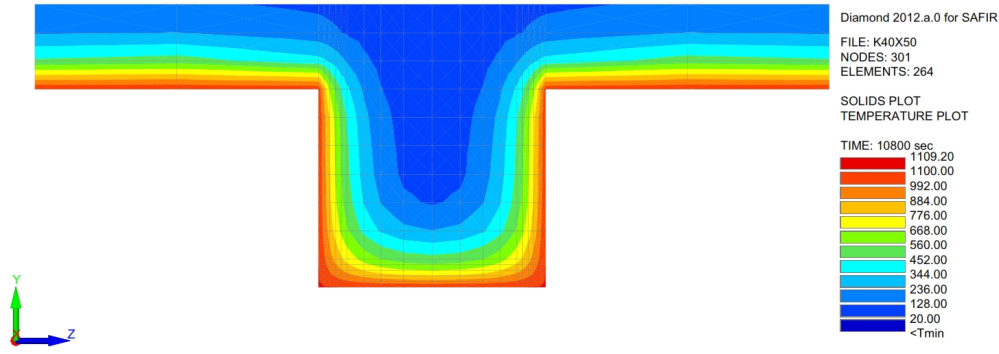
Yangına olan mesafe (cm)	Yangın Süresi : 1 Saat (3600 sn)						
	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı $f_{c,0}$	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Elastisite Modülü E_c
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$			
1	942 °C	0.0632	0.0250	0.0436	1.58	2256	310
2	711 °C	0.2835	0.0250	0.0378	7.09	2307	6200
3	480 °C	0.6300	0.0140	0.0320	15.75	2358	13640
4	364 °C	0.7860	0.0089	0.0291	19.65	2389	20832
5	298 °C	0.8520	0.0070	0.0275	21.30	2413	24924
6	268 °C	0.8820	0.0065	0.0267	22.05	2425	26784
7	268 °C	0.8820	0.0065	0.0267	22.05	2425	26784
8	171°C	0.9645	0.0051	0.0243	24.11	2467	31000
9	171°C	0.9645	0.0051	0.0243	24.11	2467	31000
10	171°C	0.9645	0.0051	0.0243	24.11	2467	31000
11	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.8 : 2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.11 : 2 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın alt yüzden etkitiliyor.

Yangına olan mesafe (cm)	Yangın Süresi : 2 Saat (7200 sn)						
	Sıcaklık	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı	Yoğunluk	Elastisite Modülü
	(°C)	$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$	$f_{c,0}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	E_c
1	1048 °C	0.0256	0.0250	0.0462	0.64	2233	310
2	877 °C	0.0961	0.0250	0.0419	2.40	2271	3875
3	706 °C	0.2910	0.0250	0.0377	7.28	2308	6076
4	536 °C	0.5460	0.0186	0.0334	13.65	2345	10168
5	451 °C	0.6735	0.0126	0.0313	16.84	2364	15438
6	365 °C	0.7850	0.0090	0.0291	19.63	2388	20770
7	365 °C	0.7850	0.0090	0.0291	19.63	2388	20770
8	280°C	0.8700	0.0067	0.0270	21.75	2420	26040
9	280°C	0.8700	0.0067	0.0270	21.75	2420	26040
10	110°C	0.9950	0.0042	0.0228	24.88	2500	31000
11	110 °C	0.9950	0.0042	0.0228	24.88	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.9 : 3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinin kiriş kesitinde (40 cmx50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın alt yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.12 : 3 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanının ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın alt yüzden etkitiliyor.

Yangın Süresi : 3 Saat (10800 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı $f_{c,0}$	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Elastisite Modülü E_c
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$			
1	1109 °C	0.0091	0.0228	0.0432	0.23	2220	310
2	931 °C	0.0676	0.0250	0.0433	1.69	2377	930
3	842 °C	0.1206	0.0250	0.0411	3.02	2278	2325
4	664 °C	0.3540	0.0250	0.0366	8.85	2317	2232
5	575 °C	0.4875	0.0225	0.0344	12.19	2337	7750
6	486 °C	0.6210	0.0143	0.0322	15.53	2356	13268
7	398 °C	0.7520	0.0099	0.0300	18.80	2376	18724
8	309°C	0.8410	0.0073	0.0277	21.03	2409	24242
9	309°C	0.8410	0.0073	0.0277	21.03	2409	24242
10	202°C	0.9480	0.0055	0.0251	23.70	2450	31000
11	202 °C	0.9480	0.0055	0.0251	23.70	2450	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000

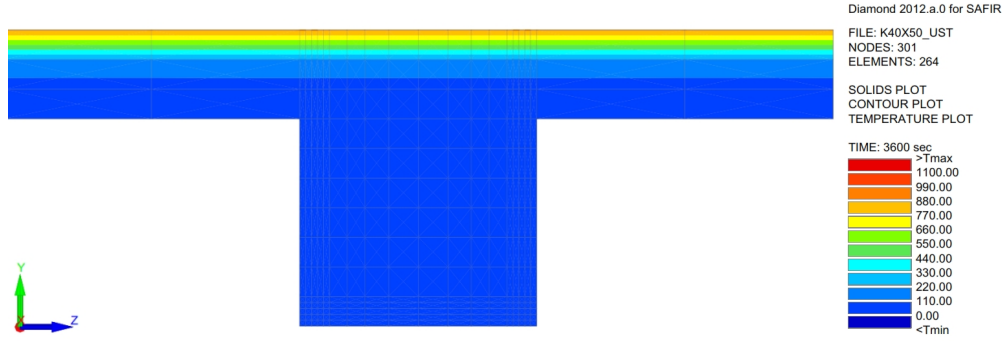
Çizelge 4.13 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Altın yangın etkisi).

Kiriş Etriyesinin Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yan. Mes.	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	1 cm	1 saat	711	28.5	91.1	25120	0.0011	0.02	0.05	0.10
4,13,22	2 cm	2 cm	1 saat	480	156.2	341.0	124000	0.0013	0.02	0.05	0.10
7,16,25	3 cm	3 cm	1 saat	364	205.1	403.9	147200	0.0014	0.02	0.05	0.10
2,11,20	1 cm	1 cm	2 saat	877	17.8	30.0	14920	0.0012	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	2 cm	2 saat	706	28.9	93.6	25520	0.0011	0.02	0.05	0.10
8,17,26	3 cm	3 cm	2 saat	536	124.0	280.7	99120	0.0012	0.02	0.05	0.10
3,12,21	1 cm	1 cm	3 saat	931	14.2	22.6	12140	0.0012	0.02	0.05	0.10
6,15,24	2 cm	2 cm	3 saat	842	19.2	37.4	16320	0.0012	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	3 cm	3 saat	664	46.0	132.9	38960	0.0012	0.02	0.05	0.10

Çizelge 4.14 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Altın yangın etkisi).

Kiriş Eğilme Donatısının Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yan. Mes.	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	2 cm	1 saat	480	156.2	341.0	124000	0.0013	0.02	0.05	0.10
4,13,22	2 cm	3 cm	1 saat	364	205.1	403.9	147200	0.0014	0.02	0.05	0.10
7,16,25	3 cm	4 cm	1 saat	248	299.9	420.0	170400	0.0018	0.02	0.05	0.10
2,11,20	1 cm	2 cm	2 saat	706	28.9	93.6	25520	0.0011	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	3 cm	2 saat	536	124.0	280.7	99120	0.0012	0.02	0.05	0.10
8,17,26	3 cm	4 cm	2 saat	451	163.5	360.5	129800	0.0013	0.02	0.05	0.10
3,12,21	1 cm	2 cm	3 saat	842	19.2	37.4	16320	0.0012	0.02	0.05	0.10
6,15,24	2 cm	3 cm	3 saat	664	46.0	132.9	38960	0.0012	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	4 cm	3 saat	573	96.0	232.6	77660	0.0012	0.02	0.05	0.10

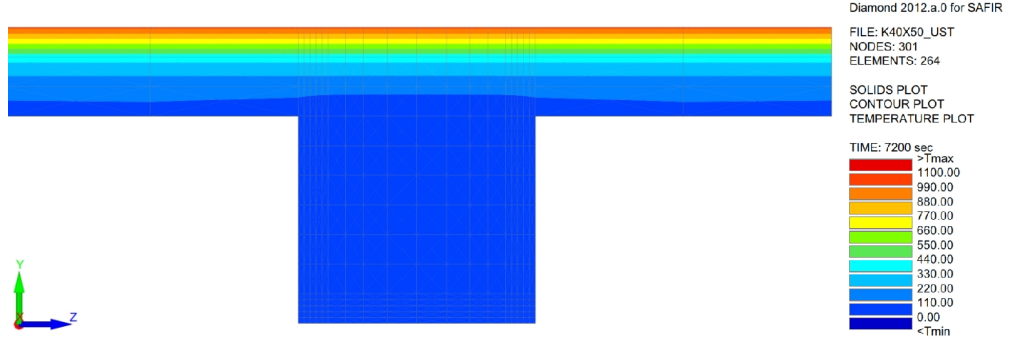
Yangın etkisinin üstten etkimesi döşemenin olumlu etkisini aşağıdaki şekilde göstermektedir, Bunun nedeninin de tablalı kesitin döşeme kısmının kirişin çekme bölgesini yandan kuşatması ve donatılarda oluşacak sıcaklık artışını bir miktar önlemesidir.



Şekil 4.10 : 1 saatlik (3600 sn) yangın etkisinde kiriş kesitin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.15 : 1 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanın ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

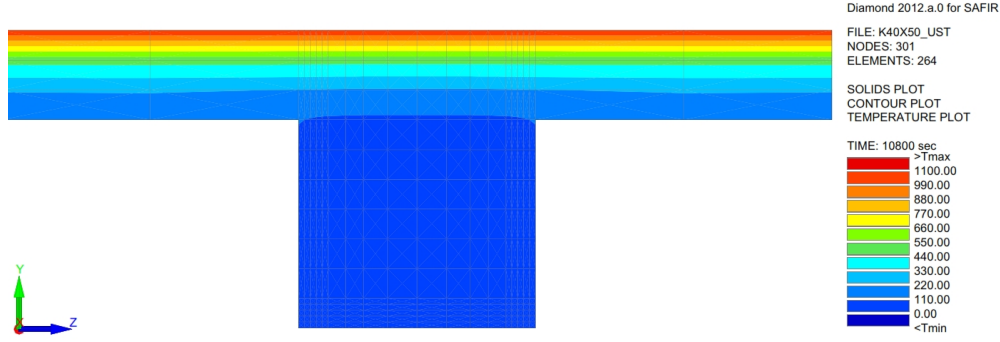
Yangın Süresi : 1 Saat (3600 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık (°C)	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı $f_{c,0}$	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Elastisite Modülü E_c
		$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$			
1	891 °C	0.0863	0.0250	0.0423	2.16	2268	1550
2	672 °C	0.3420	0.0250	0.0368	8.55	2316	5425
3	599 °C	0.4515	0.0249	0.0350	11.29	2331	6262
4	454 °C	0.6690	0.0127	0.0314	16.73	2363	15252
5	308 °C	0.8420	0.0072	0.0277	21.05	2410	24304
6	235 °C	0.9150	0.0060	0.0259	22.88	2437	28830
7	235 °C	0.9150	0.0060	0.0259	22.88	2437	28830
8	163 °C	0.9685	0.0049	0.0241	24.21	2472	31000
9	163 °C	0.9685	0.0049	0.0241	24.21	2472	31000
10	163 °C	0.9685	0.0049	0.0241	24.21	2472	31000
11	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.11 : 2 saatlik (7200 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.16 : 2 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanın ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

Yangın Süresi : 1 Saat (3600 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı	Yoğunluk	Elastisite Modülü
	(°C)	$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$	$f_{c,0}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	E_c
1	1048 °C	0.0256	0.0250	0.0462	0.64	2233	620
2	877 °C	0.0961	0.0250	0.0419	2.40	2271	2325
3	706 °C	0.2910	0.0250	0.0377	7.28	2308	5425
4	536 °C	0.5460	0.0186	0.0334	13.65	2345	10168
5	451 °C	0.6735	0.0126	0.0313	16.84	2364	15438
6	365 °C	0.7850	0.0090	0.0291	19.63	2388	20770
7	365 °C	0.7850	0.0090	0.0291	19.63	2388	20770
8	280°C	0.8700	0.0067	0.0270	21.75	2420	26040
9	280°C	0.8700	0.0067	0.0270	21.75	2420	26040
10	110°C	0.9950	0.0042	0.0228	24.88	2500	31000
11	110 °C	0.9950	0.0042	0.0228	24.88	2500	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000



Şekil 4.12 : 3 saatlik (10800 sn) yangın etkisinde kiriş kesitinin (40 cm x 50 cm) sıcaklık dağılımı. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

Çizelge 4.17 : 3 saatlik yangın sonrasında 40cm x 50cm kirişin her 1 cm lik beton katmanın ulaştığı sıcaklık ve buna bağlı değişen beton malzeme mekanik özellikleri. Yangın Üst yüzden etkitiliyor.

Yangın Süresi : 1 Saat (3600 sn)							
Yangına olan mesafe (cm)	Sıcaklık	Silisli Agregalar			Beton Dayanımı	Yoğunluk	Elastisite Modülü
	(°C)	$f_{c,0} / f_{ck}$	$\epsilon_{c1,0}$	$\epsilon_{cu1,0}$	$f_{c,0}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	E_c
1	1087 °C	0.0139	0.0250	0.0472	0.35	2225	620
2	998 °C	0.0408	0.0250	0.0450	1.02	2244	1550
3	909 °C	0.0764	0.0250	0.0427	1.91	2264	3100
4	731 °C	0.2535	0.0250	0.0383	6.34	2303	5425
5	642 °C	0.3870	0.0250	0.0361	9.68	2322	5890
6	464 °C	0.6540	0.0132	0.0316	16.35	2361	14632
7	464 °C	0.6540	0.0132	0.0316	16.35	2361	14632
8	375°C	0.7750	0.0093	0.0294	19.38	2384	20150
9	375°C	0.7750	0.0093	0.0294	19.38	2384	20150
10	286°C	0.8640	0.0068	0.0272	21.60	2418	25668
11	197 °C	0.9515	0.0055	0.0249	23.79	2452	31000
12	20 °C	1.0000	0.0025	0.0200	25.00	2500	31000
EC 20 °C	20 °C	1.0000	0.0020	0.0035	25.00	2500	31000

Çizelge 4.18 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş etriyesinin ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın etkisi).

Kiriş Etriyesinin Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yan. Mes.	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	1 cm	1 saat	672 °C	42.3	124.8	36080	0.0012	0.02	0.05	0.10
4,13,22	2 cm	2 cm	1 saat	599 °C	76.4	198.7	62580	0.0012	0.02	0.05	0.10
7,16,25	3 cm	3 cm	1 saat	454 °C	162.8	358.5	129200	0.0013	0.02	0.05	0.10
2,11,20	1 cm	1 cm	2 saat	778 °C	22.8	57.3	19760	0.0012	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	2 cm	2 saat	694 °C	32.2	102.6	28160	0.0011	0.02	0.05	0.10
8,17,26	3 cm	3 cm	2 saat	610 °C	71.0	187.3	58400	0.0012	0.02	0.05	0.10
3,12,21	1 cm	1 cm	3 saat	1087 °C	4.7	9.5	4520	0.0011	0.02	0.05	0.10
6,15,24	2 cm	2 cm	3 saat	998 °C	8.6	17.0	8120	0.0011	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	3 cm	3 saat	909 °C	16.0	24.4	13460	0.0012	0.02	0.05	0.10

Çizelge 4.19 : Yüksek sıcaklık etkisinde kiriş eğilme donatısının ulaştığı sıcaklıklara göre gerilme birim şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın etkisi).

Kiriş Eğilme Donatısının Sıcaklığa Göre Değişen Stres-Dayanım İlişki Tablosu											
Senaryo	Pas payı	Yan. Mes.	Yangın süresi	°C	$f_{sp,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	$E_{s,\theta}$	$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon_{sy,\theta}$	$\varepsilon_{st,\theta}$	$\varepsilon_{su,\theta}$
1,10,19	1 cm	2 cm	1 saat	599 °C	76.4	198.7	62580	0.0012	0.02	0.05	0.10
2,11,20	2 cm	3 cm	1 saat	454 °C	162.8	358.5	129200	0.0013	0.02	0.05	0.10
3,12,21	3 cm	4 cm	1 saat	308 °C	249.8	418.0	158400	0.0016	0.02	0.05	0.10
4,13,22	1 cm	2 cm	2 saat	694 °C	32.2	102.6	28160	0.0011	0.02	0.05	0.10
5,14,23	2 cm	3 cm	2 saat	610 °C	71.0	187.3	58400	0.0012	0.02	0.05	0.10
6,15,24	3 cm	4 cm	2 saat	525 °C	132.3	295.05	105500	0.0012	0.02	0.05	0.10
7,16,25	1 cm	2 cm	3 saat	998 °C	8.6	17.0	8120	0.0011	0.02	0.05	0.10
8,17,26	2 cm	3 cm	3 saat	909 °C	16.0	24.4	13460	0.0012	0.02	0.05	0.10
9,18,27	3 cm	4 cm	3 saat	642 °C	56.2	155.1	46880	0.0012	0.02	0.05	0.10

4.4 Deprem Karakteristikleri

DBYBHY-2007 ve TS500'e göre boyutlandırılan yapı taşıyıcı sistem modellerinde esas alınan deprem karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

Bina önem katsayısı	: $I = 1.0$
Hareketli yük katılım katsayısı	: $n = 0.30$
Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0 = 0.40$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	: $R = 8$
Yerel zemin sınıfı	: $Z2$
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A = 0.15 \text{ s}$, $T_B = 0.40 \text{ s}$

4.5 Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında Çizelge 4.20'de verilen düşey yükler kullanılmıştır. Bu yüklere ilave olarak, elemanların kendi ağırlıklarından gelen zati yükler analiz sırasında göz önüne alınmıştır. Donatılı betonarme betonun birim hacim ağırlığı hasarsız elemanlar için 25 kN/m^3 kabul edilmiştir.

Çizelge 4.20 : Sabit ve hareketli yükler tablosu.

YÜKLER		
Dış duvar yükü (20 cm+sıva)	3.8	kN/m^2
İç duvar yükü (10 cm+sıva)	2.5	kN/m^2
Sıva+kaplama	1.5	kN/m^2
Hareketli yük	5	kN/m^2
Kar yükü	0.75	kN/m^2

4.6 Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması

Taşıyıcı sistemler, yukarıda verilen özelliklere göre STA4CAD v13.1 paket programı ile boyutlandırılmıştır. Bu boyutlandırma, DBYBHY-2007 ve TS500'e uygun olarak yapılmıştır. Sonuç olarak taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özellikleri ve çizimleri elde edilmiştir.

Analizler sonucunda tek tip kolon kesiti ve beş tip kiriş kesiti elde edilmiştir, bu kolon ve kiriş kesitleri bütün senaryolarda kullanılan ortak kesitlerdir. Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de, kolon ve kiriş kesit özellikleri verilmektedir.

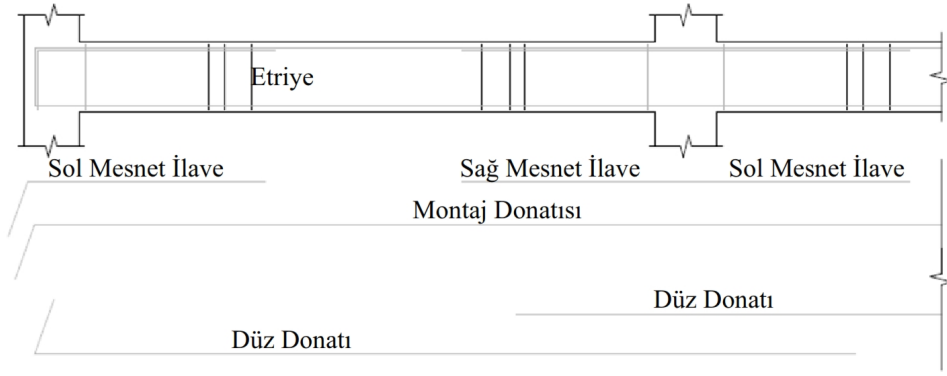
Çizelge 4.21 : Kolon kesiti tablosu.

Tip No	Düşey Donatı	Yatay Donatı	Kesit Tipinin Kullanıldığı Kolon
Tip 1	16Φ16	Φ10/10/20	Tüm Kolonlarda

Çizelge 4.22 : Kiriş tip kesiti tablosu.

Tip No	Montaj Donatısı	Düz Donatı	Sol Mesnet İlave	Sağ Mesnet İlave	Kesit Tipinin Kullanıldığı Kiriş
Tip 1	3Φ20	3Φ20	3Φ20	3Φ20	KZK01, KZK02, KZK03, KZK04, KZK09, KZK10, KZK11, KZK12, KZK17, KZK18, KZK19, KZK20, K1NK01, K1NK02, K1NK03, K1NK04, K1NK09, K1NK10, K1NK11, K1NK12, K1NK17, K1NK18, K1NK19, K1NK20, K2NK05, K2NK06, K2NK07, K2NK08, K2NK09, K2NK10, K2NK11, K2NK12, K2NK13, K2NK14, K2NK15, K2NK16
Tip 2	3Φ20	3Φ20	4Φ20	4Φ20	KZK05, KZK06, KZK07, KZK08, KZK13, KZK14, KZK15, KZK16, K1NK05, K1NK06, K1NK07, K1NK08, K1NK13, K1NK14, K1NK15, K1NK16,
Tip 3	3Φ20	3Φ20	2Φ20	2Φ20	K2NK01, K2NK02, K2NK03, K2NK04, K2NK17, K2NK18, K2NK19, K2NK20, K3NK05, K3NK06, K3NK07, K3NK08, K3NK09, K3NK10, K3NK11, K3NK12, K3NK13, K3NK14, K3NK14, K3NK15, K3NK16
Tip 4	3Φ20	3Φ20	1Φ20	1Φ20	K3NK01, K3NK02, K3NK03, K3NK04, K3NK17, K3NK18, K3NK19, K3NK20
Tip 5	3Φ20	3Φ20	-	-	K4NK01, K4NK02, K4NK03, K4NK04, K4NK05, K4NK06, K4NK07, K4NK08, K4NK09, K4NK10, K4NK11, K4NK12, K4NK13, K4NK14, K4NK15, K4NK16, K4NK17, K4NK18, K4NK19, K4NK20

Tüm kiriş ve kolonlarda etriye sıklaştırması Φ10/10/20 düzenindedir. Simetrik olan yapıda sadece X doğrultusundaki kiriş donatıları yukarıdaki tabloda verilmiştir. Yukarıda bahsedilen kirişlerin, kat planlarındaki yerlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için **Ek H**’de kat planları verilmiştir.



Şekil 4.13 : Örnek kiriş donatı düzeni.

YANGIN YÖNÜ	YANGIN YÖNÜ GÖRSELİ	SAP 2000 GÖRSELİ	X TRACT GÖRSELİ
DÖRT YÜZ			

Şekil 4.14 : Örnek kolon kesiti yangın modeli.

YANGIN YÖNÜ	YANGIN YÖNÜ GÖRSELİ	SAP 2000 GÖRSELİ	X TRACT GÖRSELİ
ALT			
ÜST			

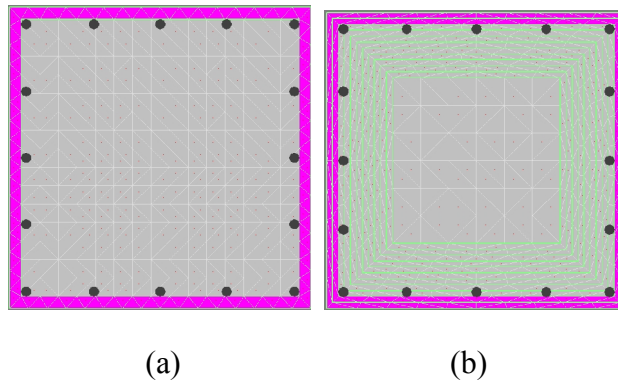
Şekil 4.15 : Örnek kiriş kesiti yangın modeli.

4.7 Plastil Mafsal Özelliklerinin Hesaplanması

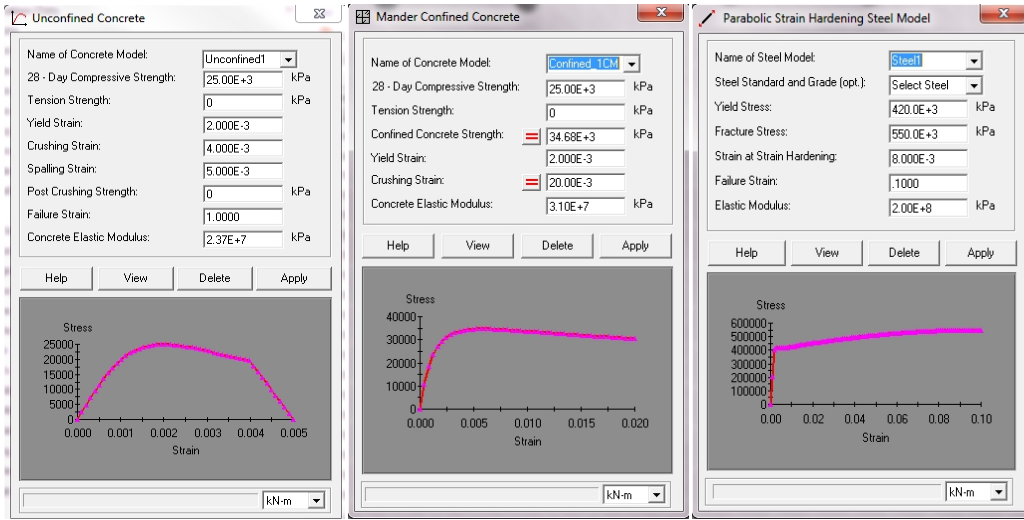
Bu tez çalışmasında, performansa dayalı değerlendirmede kullanılan analiz metodu doğrusal olmayan statik itme analizi olmasından dolayı tasarlanan taşıyıcı sistemlerdeki kolon ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Kolon ve kirişlerin plastik mafsal özelliklerinin hesaplanmasında XTRACT v3.0.8 yazılımından yararlanılmıştır.

4.7.1 Kolon kesit analizleri

Mevcut taşıyıcı sistemde bütün kolonların boyutları 50x50 cm'dir. Tüm kesitlerde 16 Φ 16 boy donatısı bulunmaktadır. Etriyeler ise tüm kolonlar için Φ 10/10/20 olarak ve çift kollu etriye olarak bulunmaktadır. Etriyelerin kancalarının 135° kıvrımlı ve DBYBHY-2007'de tanımlanan özel deprem etriyeleri olarak düzenlenmiştir. Bu sebepten dolayı kolonlarda sargı etkisi bulunmaktadır. Doğrusal elastik olmayan analizlerde kullanılmak üzere, kolon kesitleri için iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde akma yüzeyleri XTRACT yazılımı kullanılarak elde edilmiştir (Chadwell, 2002). Yangın hasarı görmemiş elemanlarda akma yüzeylerinin belirlenmesinde göz önüne alınan maksimum beton basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, maksimum donatı çeliği birim şekil değiştirmesi 0.01 olarak alınmıştır. Yangın hasarı gören elemanlarda ise betondaki basınç birim şekil değiştirmesi ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesi farklılıklar göstermekte ve **Ek A**, **Ek B**, **Ek C**'de grafiksel olarak detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.16 : 1 cm pas payı için (a)hasarsız kolon kesiti ve (b)yangın hasarlı kolon kesiti için örnek XTRACT kesit modeli.

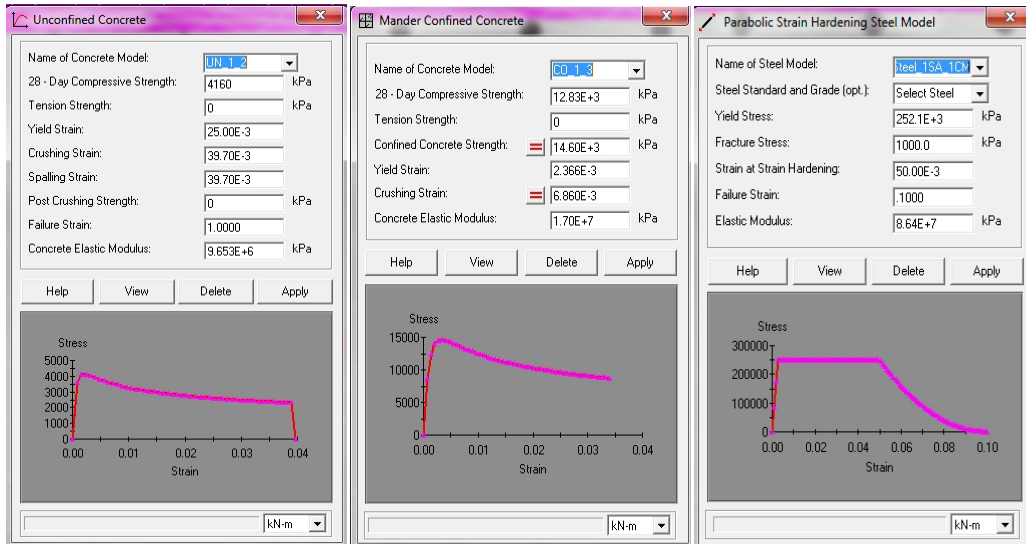


(a)

(b)

(c)

Şekil 4.17 : Hasarsız kolon kesiti için (a)sargısız beton dayanımı (b)sargılı beton dayanımı (c) donatı çeliği dayanımı için örnek XTRACT kesit modeli.



(a)

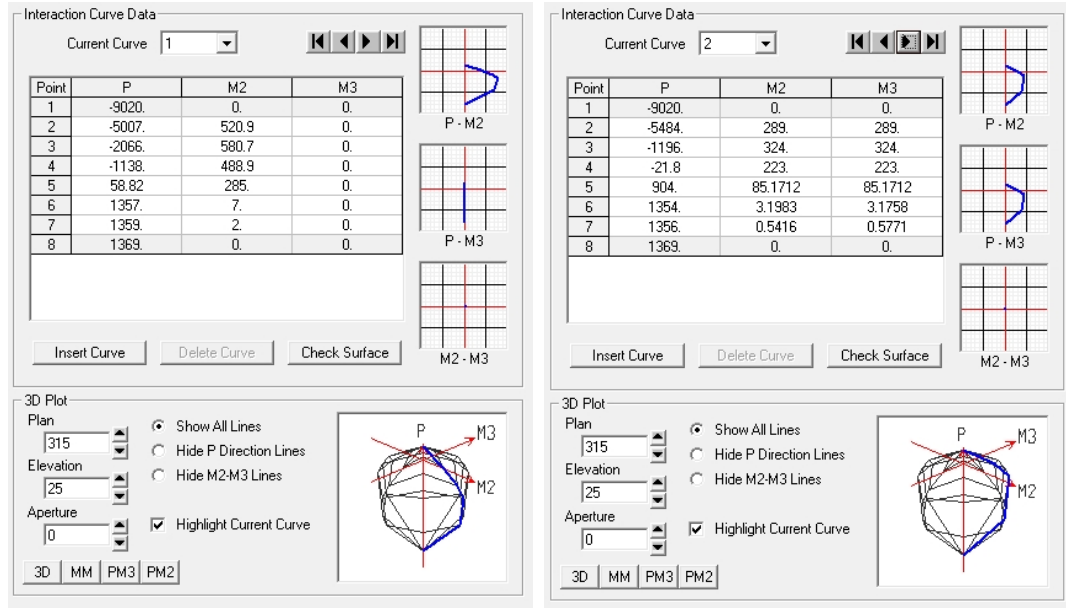
(b)

(c)

Şekil 4.18 : Hasarlı kolon kesiti için (a)sargısız beton dayanımı (b)sargılı beton dayanımı (c) donatı çeliği dayanımı için örnek XTRACT kesit modeli.

Kolonlar için akma yüzeyleri XTRACT yazılımı ile elde edildikten sonra bu değerler SAP2000'de oluşturulan eksenel yük ve iki doğrultudaki eğilme mafsallarında tanımlanmıştır. Şekil 4.19'da SAP2000'de akma yüzeylerinin 0 ve 45 derecelik açılarla tanımlanmış hali gösterilmiştir. (0 ve 90 derece simetrik). Mafsal

özellikleri SAP2000 programında atanırken eksenel yük moment etkileşim yüzeyleri konveks olacak şekilde tanımlanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 4.19 : Kolonlar için akma yüzeylerinin SAP2000 de tanımlanması

a) Kolon doğrultusu, 0° , b) Kolon doğrultusu, 45°.

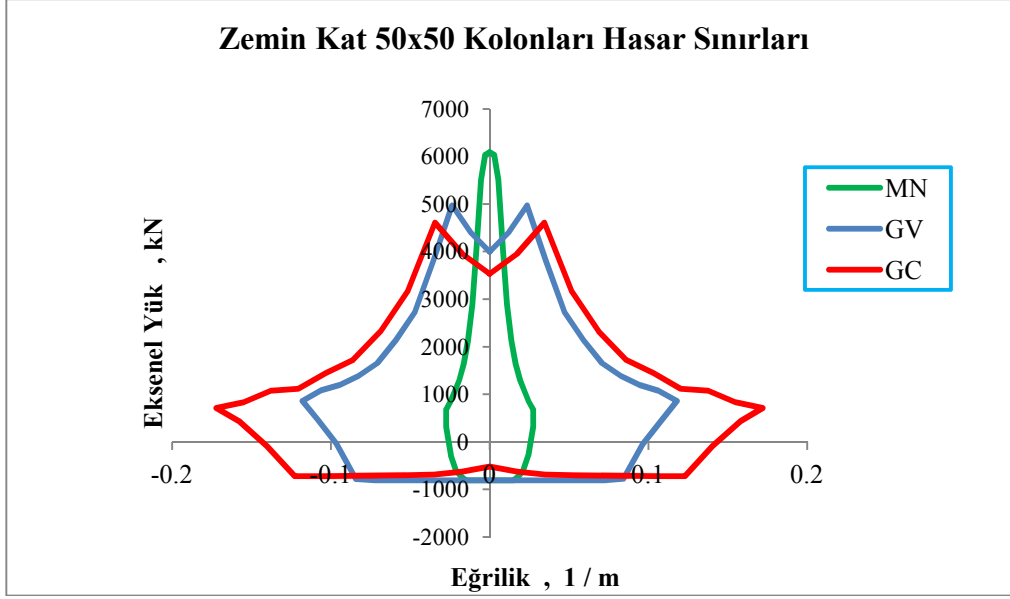
Kolonlar için akma yüzeylerinin elde edilmesinden sonra, doğrusal olmayan analizler sonucunda elde edilen istemlerin, aşağıda her bir hasar sınırı için verilen birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistemin performansının belirlenmesi için eksenel yük – eğrilik diyagramlarının oluşturulması tariflenmiştir. Bu çalışma kapsamında kolon ve kirişlerde her bir hasar sınırı için kabul edilen birim şekil değiştirme kapasiteleri aşağıda verilmiştir.

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (4.1)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (4.2)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (4.3)$$

Yukarıda göz önüne alınan birim şekil değiştirme kapasiteleri kullanılarak, eksenel kuvvet – toplam eğrilik diyagramları oluşturulmuştur. Şekil 4.20’de kolonun her iki yönü için bu diyagramlar verilmiştir. **Ek I**’da kolonlarda 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulması için gerekli 2 boyutlu etkileşim eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.20 : Kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan örnek eksenel kuvvet – eğrilik ilişkisi.

Kolonların plastik mafsalları DBYBHY-2007’de tanımlandığı üzere çalışan doğrultudaki kesit derinliğinin yarısı olarak analizlerde göz önüne alınmıştır. Plastik mafsallar ise, pratik olması açısından kolonların net açıklıklarının uçlarında tanımlanmıştır.

Kolonlar için son olarak kesme kapasiteleri TS-500 standardına göre elde edilmiştir. TS-500’e göre betonarme elemanların kesme kapasitesi aşağıdaki ifadelerle hesaplanmaktadır.

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c} \right) \quad (4.4)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (4.5)$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} \quad (4.6)$$

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.7)$$

Kolonlarda $\Phi 10/10$ aralığında etriye kullanılması durumunda kolon kesme kapasiteleri hesaplanmıştır. Hasarsız ve yangın etkisindeki durum için verilen değerlerde etriyenin yangın etkisinde kaybettiği dayanım ve etriyenin sardığı beton katmanının dayanımına göre kesme kapasiteleri de hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.23 : (a)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri.

Senaryo Adı	Eleman Yangın Koşulu	Kat	Kolon Tipi	Pas Payı cm	γ	N kN	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw} mm ²	s mm	f_{ys} Mpa	V_w kN	V_r kN
1	1 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	12.83	1.25	500	480	312.51	250.01	314.16	100	51.7	76.34	326.34
	1 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	620.15	943.66
	1 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	420	620.15	916.27
	1 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	620.15	869.76
	1 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	620.15	860.85
2	2 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	8.7	1.03	500	470	253.98	203.19	314.16	100	29.4	42.49	245.67
	2 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	606.96	925.91
	2 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	420	606.96	898.52
	2 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	606.96	852.02
	2 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	606.96	843.10
3	3 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	2.88	0.59	500	460	144.20	115.36	314.16	100	18.5	26.15	141.51
	3 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	593.76	908.17
	3 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	420	593.76	880.78
	3 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	593.76	834.28
	3 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	593.76	825.36
4	1 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	18.6	1.51	500	480	376.27	301.02	314.16	100	252.1	364.32	665.34
	1 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	606.96	930.46
	1 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	420	606.96	903.07
	1 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	606.96	856.57
	1 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	606.96	847.65
5	2 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	13.43	1.28	500	470	315.56	252.45	314.16	100	128.9	182.23	434.68
	2 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	593.76	912.72
	2 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	420	593.76	885.33
	2 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	593.76	838.83
	2 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	593.76	829.91
6	3 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	6.75	0.91	500	460	220.76	176.61	314.16	100	35.7	49.35	225.96
	3 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	580.57	894.97
	3 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	420	580.57	867.58
	3 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	580.57	821.08
	3 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	580.57	812.16

Çizelge 4.24 : (b)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).

Senaryo Adı	Eleman Yangın Koşulu	Kat	Kolon Tipi	Pas Payı cm	γ	N kN	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw}^2 mm ²	s mm	f_{ys} Mpa	V_w kN	V_r kN
7	1 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	20.55	1.59	500	480	395.51	316.40	314.16	100	392.1	554.32	870.72
	1 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	593.76	917.27
	1 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	420	593.76	889.88
	1 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	593.76	843.38
	1 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	593.76	834.46
8	2 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	14.96	1.35	500	470	333.05	266.44	314.16	100	272.9	377.23	643.67
	2 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	580.57	899.52
	2 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	420	580.57	872.13
	2 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	580.57	825.63
	2 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	580.57	816.71
9	3 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	11.59	1.19	500	460	289.28	231.42	314.16	100	86.5	116.85	348.27
	3 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	567.37	881.78
	3 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	420	567.37	854.39
	3 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	567.37	807.89
	3 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	567.37	798.97
10	1 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	420	620.15	969.14
	1 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	620.15	943.66
	1 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	12.83	1.25	500	480	265.16	212.13	314.16	100	51.7	76.34	288.47
	1 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	620.15	869.76
	1 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	620.15	860.85
11	2 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	420	606.96	951.39
	2 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	606.96	925.91
	2 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	8.7	1.03	500	470	215.00	172.00	314.16	100	29.4	42.49	214.49
	2 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	606.96	852.02
	2 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	606.96	843.10
12	3 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	420	593.76	933.65
	3 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	593.76	908.17
	3 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	2.88	0.59	500	460	121.77	97.42	314.16	100	18.5	26.15	123.57
	3 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	593.76	834.28
	3 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	593.76	825.36

Çizelge 4.25 : (c)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).

Senaryo Adı	Eleman Yangın Koşulu	Kat	Kolon Tipi	Pas Payı cm	γ	N kN	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw}^2 mm ²	s mm	f_{ys} Mpa	V_w kN	V_r kN
13	1 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	420	606.96	955.94
	1 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	606.96	930.46
	1 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	18.6	1.51	500	480	319.27	255.41	314.16	100	252.1	364.32	619.73
	1 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	606.96	856.57
	1 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	606.96	847.65
14	2 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	420	593.76	938.20
	2 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	593.76	912.72
	2 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	13.43	1.28	500	470	267.12	213.70	314.16	100	128.9	182.23	395.93
	2 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	593.76	838.83
	2 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	593.76	829.91
15	3 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	420	580.57	920.45
	3 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	580.57	894.97
	3 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	6.75	0.91	500	460	186.42	149.14	314.16	100	35.7	49.35	198.49
	3 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	580.57	821.08
	3 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	580.57	812.16
16	1 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	420	593.76	942.75
	1 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	593.76	917.27
	1 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	20.55	1.59	500	480	335.59	268.47	314.16	100	392.1	554.32	822.79
	1 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	593.76	843.38
	1 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	593.76	834.46
17	2 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	420	580.57	925.00
	2 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	580.57	899.52
	2 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	14.96	1.35	500	470	281.93	225.54	314.16	100	272.9	377.23	602.77
	2 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	580.57	825.63
	2 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	580.57	816.71
18	3 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	420	567.37	907.26
	3 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	567.37	881.78
	3 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	11.59	1.19	500	460	244.28	195.42	314.16	100	86.5	116.85	312.27
	3 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	567.37	807.89
	3 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	567.37	798.97

Çizelge 4.26 : (d)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).

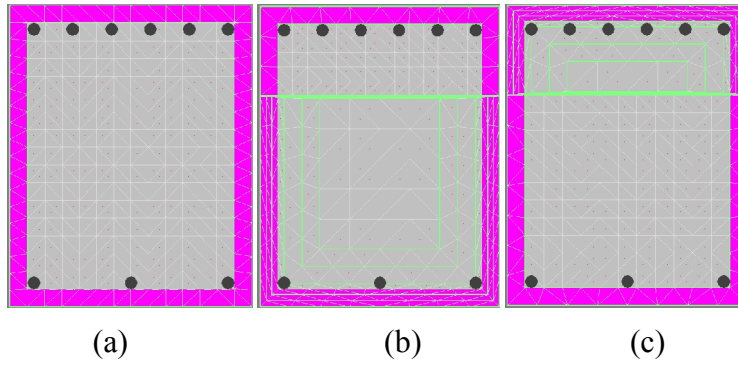
Senaryo Adı	Eleman Yangın Koşulu	Kat	Kolon Tipi	Pas Payı cm	γ	N kN	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw}^2 mm ²	s mm	f_{ys} Mpa	V_w kN	V_r kN
19	1 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	51.7	76.34	425.32
	1 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	51.7	76.34	399.84
	1 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	51.7	76.34	372.45
	1 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	51.7	76.34	325.95
	1 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	12.83	1.25	500	480	215.54	172.43	314.16	100	51.7	76.34	248.77
20	2 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	29.4	42.49	386.92
	2 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	29.4	42.49	361.44
	2 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	29.4	42.49	334.05
	2 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	29.4	42.49	287.55
	2 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	8.7	1.03	500	470	174.13	139.31	314.16	100	29.4	42.49	181.79
21	3 Saat	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	18.5	26.15	366.04
	3 Saat	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	18.5	26.15	340.56
	3 Saat	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	18.5	26.15	313.17
	3 Saat	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	18.5	26.15	266.67
	3 Saat	4. NK	C50x50	1	0.07	350	2.88	0.59	500	460	98.26	78.61	314.16	100	18.5	26.15	104.76
22	1 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	252.1	364.32	713.30
	1 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	252.1	364.32	687.82
	1 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	252.1	364.32	660.43
	1 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	252.1	364.32	613.93
	1 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	18.6	1.51	500	480	259.52	207.61	314.16	100	252.1	364.32	571.93
23	2 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	128.9	182.23	526.66
	2 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	128.9	182.23	501.18
	2 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	128.9	182.23	473.79
	2 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	128.9	182.23	427.29
	2 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	13.43	1.28	500	470	216.35	173.08	314.16	100	128.9	182.23	355.31
24	3 Saat	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	35.7	49.35	389.23
	3 Saat	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	35.7	49.35	363.75
	3 Saat	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	35.7	49.35	336.36
	3 Saat	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	35.7	49.35	289.86
	3 Saat	4. NK	C50x50	2	0.07	350	6.75	0.91	500	460	150.43	120.34	314.16	100	35.7	49.35	169.69

Çizelge 4.27 : (e)Kolon kesitlerinde yangın hasarsız ve hasarlı olarak analizlerde kullanılan kesme kapasitesi değerleri (Devamı).

Senaryo Adı	Eleman Yangın Koşulu	Kat	Kolon Tipi	Pas Payı cm	γ	N kN	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw} mm ²	s mm	f_{ys} Mpa	V_w kN	V_r kN
25	1 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	392.1	554.32	903.30
	1 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	392.1	554.32	877.82
	1 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	392.1	554.32	850.43
	1 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	392.1	554.32	803.93
	1 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	20.55	1.59	500	480	272.78	218.22	314.16	100	392.1	554.32	772.54
26	2 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	272.9	377.23	721.67
	2 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	272.9	377.23	696.19
	2 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	272.9	377.23	668.79
	2 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	272.9	377.23	622.29
	2 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	14.96	1.35	500	470	228.34	182.67	314.16	100	272.9	377.23	559.90
27	3 Saat	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	86.5	116.85	456.74
	3 Saat	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	86.5	116.85	431.26
	3 Saat	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	86.5	116.85	403.87
	3 Saat	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	86.5	116.85	357.36
	3 Saat	4. NK	C50x50	3	0.07	350	11.59	1.19	500	460	197.11	157.69	314.16	100	86.5	116.85	274.54
Mevcut Durum 1	Hasarsız	Zemin	C50x50	1	0.07	2050	25	1.75	500	480	436.23	348.99	314.16	100	420	620.15	969.14
	Hasarsız	1. NK	C50x50	1	0.07	1650	25	1.75	500	480	404.38	323.51	314.16	100	420	620.15	943.66
	Hasarsız	2. NK	C50x50	1	0.07	1220	25	1.75	500	480	370.14	296.11	314.16	100	420	620.15	916.27
	Hasarsız	3. NK	C50x50	1	0.07	490	25	1.75	500	480	312.02	249.61	314.16	100	420	620.15	869.76
	Hasarsız	4. NK	C50x50	1	0.07	350	25	1.75	500	480	300.87	240.70	314.16	100	420	620.15	860.85
Mevcut Durum 2	Hasarsız	Zemin	C50x50	2	0.07	2050	25	1.75	500	470	430.54	344.44	314.16	100	420	593.76	938.20
	Hasarsız	1. NK	C50x50	2	0.07	1650	25	1.75	500	470	398.69	318.96	314.16	100	420	593.76	912.72
	Hasarsız	2. NK	C50x50	2	0.07	1220	25	1.75	500	470	364.46	291.56	314.16	100	420	593.76	885.33
	Hasarsız	3. NK	C50x50	2	0.07	490	25	1.75	500	470	306.33	245.06	314.16	100	420	593.76	838.83
	Hasarsız	4. NK	C50x50	2	0.07	350	25	1.75	500	470	295.18	236.15	314.16	100	420	593.76	829.91
Mevcut Durum 3	Hasarsız	Zemin	C50x50	3	0.07	2050	25	1.75	500	460	424.86	339.89	314.16	100	420	567.37	907.26
	Hasarsız	1. NK	C50x50	3	0.07	1650	25	1.75	500	460	393.01	314.41	314.16	100	420	567.37	881.78
	Hasarsız	2. NK	C50x50	3	0.07	1220	25	1.75	500	460	358.77	287.01	314.16	100	420	567.37	854.39
	Hasarsız	3. NK	C50x50	3	0.07	490	25	1.75	500	460	300.64	240.51	314.16	100	420	567.37	807.89
	Hasarsız	4. NK	C50x50	3	0.07	350	25	1.75	500	460	289.49	231.60	314.16	100	420	567.37	798.97

4.7.2 Kiriş kesit analizleri

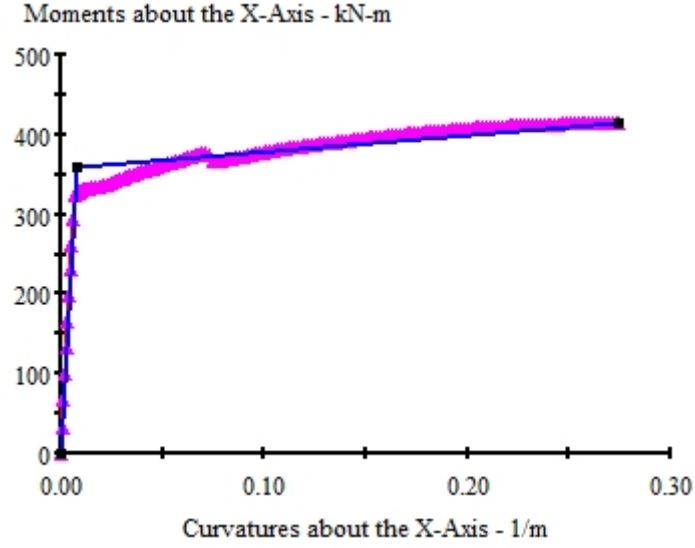
Yapı taşıyıcı sisteminde tüm kirişlerin boyutları 40x50 cm'dir. Kirişlerin donatı düzeni Çizelge 4.22'de kiriş tiplerine göre verilmiştir. Kiriş etriyeleri ise tüm kirişler için $\Phi 10/10$ olarak ve tek etriye olarak belirlenmiştir. Etriyelerin kancalarının 135° kıvrımlı ve DBYBHY-2007'de tanımlanan özel deprem etriyeleri olarak düzenlendiği kabul edilmiştir. Bu sebepten dolayı kirişlerde sargı etkisinin bulunduğu kabul edilerek kapasite hesapları gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.21'de kiriş kesitleri için XTRACT yazılımında oluşturulan kesit görünüşleri verilmiştir.



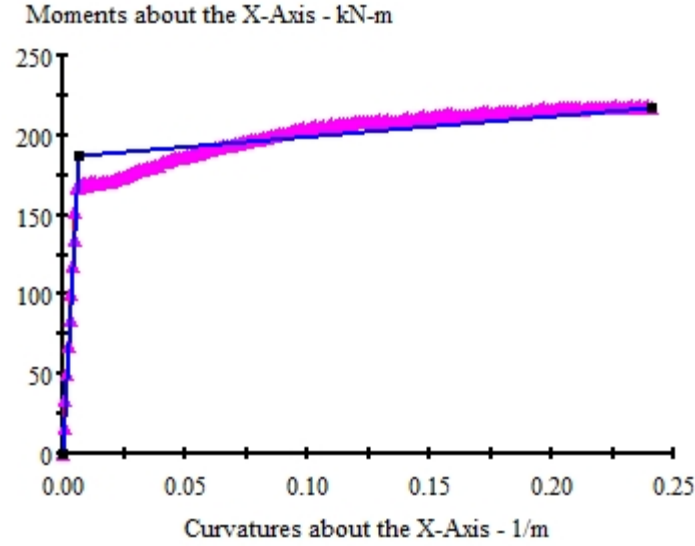
Şekil 4.21 : 2 cm pas payı için (a)hasarsız kiriş kesiti (b)alttan yangın etkisine maruz kiriş kesiti, (c)üstten yangın etkisine maruz kiriş kesiti için örnek XTRACT kesit modelleri.

Yangın hasarı gören kiriş elemanlarında ise betondaki basınç birim şekil değiştirmesi ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesi farklılıklar göstermekte ve **Ek D**, **Ek E**, **Ek F**, **Ek G**'de grafiksel olarak detaylı olarak verilmiştir.

Doğrusal elastik olmayan analizlerde kullanılmak üzere, kiriş kesitleri için moment – eğrilik ilişkileri XTRACT yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. **Ek J** de kiriş kesitleri için elde edilen moment eğrilik ilişkileri verilmiştir. Hesaplanan moment eğrilik analizi sonuçları idealize edilerek SAP2000 ortamına aktarılmıştır.



Şekil 4.22 : Hasarsız Tip-1 kirişi için örnek negatif Moment-Eğrilik ilişkisi.



Şekil 4.23 : Hasarsız Tip-1 kirişi için örnek pozitif Moment-Eğrilik ilişkisi.

Kirişlerin plastik mafsalları boyutları DBYBHY'2007 de tanımlandığı üzere çalışan kesit derinliğinin yarısı olarak analizlerde göz önüne alınmıştır. Plastik mafsallar ise, pratik olması açısından kirişlerin net açıklıklarının uçlarında tanımlanmıştır. SAP2000'de kirişler için tanımlanan eğilme mafsalları Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'de gösterilmiştir.

Frame Hinge Property Data for KIR_TIP1_M3 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Curvature/SF
E-	-1.16	-37.
D-	-1.16	-37.
C-	-1.16	-37.
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.16	37.
D	1.16	37.
E	1.16	37.

☐ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☐ Drops To Zero

☒ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Curvature

	Positive	Negative
☐ Use Yield Moment	Moment SF 187.5	359.
☐ Use Yield Curvature (Steel Objects Only)	Curvature 6.537E-03	7.431E-03

Type

☐ Moment - Rotation

☒ Moment - Curvature

Hinge Length 0.25

☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Şekil 4.24 : Kirişler için SAP2000de eğilme mafsalı tanımlanması.

İtme analizinin son adımında elde edilen plastik dönme istemlerinden, toplam eğrilik istemleri hesaplanır. Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de gösterilen moment-eğrilik ilişkisinden, toplam eğrilik istemine karşılık gelen birim şekil değiştirme istemleri bulunur ve bu değerler her bir hasar sınırı için tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit hasar düzeyi belirlenir.

Kirişler için kesme kapasiteleri TS-500 standardına göre elde edilmiştir. Kirişlerde $\Phi 10/10/20$ etriye bulunması durumunda kiriş kesme kapasiteleri Hesaplanan değerler Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.28 : Kiriş kesiti mesnet bölgesinde kesme kapasitesi değerleri.

Eleman Yangın Koşulu	Kiriş Tipi	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw} mm²	s mm	f_{yw} Mpa	V_w kN	V_r kN
Mevcut	Tip 1	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	100	420	316.83	498.83
Mevcut	Tip 2	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	100	420	316.83	498.83
Mevcut	Tip 3	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	100	420	316.83	498.83
Mevcut	Tip 4	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	100	420	316.83	498.83
Mevcut	Tip 5	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	100	420	316.83	498.83
1 Saat	Tip 1	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	100	341	257.24	401.70
1 Saat	Tip 2	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	100	341	257.24	401.70
1 Saat	Tip 3	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	100	341	257.24	401.70
1 Saat	Tip 4	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	100	341	257.24	401.70
1 Saat	Tip 5	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	100	341	257.24	401.70
2 Saat	Tip 1	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	100	93.6	70.61	168.82
2 Saat	Tip 2	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	100	93.6	70.61	168.82
2 Saat	Tip 3	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	100	93.6	70.61	168.82
2 Saat	Tip 4	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	100	93.6	70.61	168.82
2 Saat	Tip 5	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	100	93.6	70.61	168.82
3 Saat	Tip 1	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	100	37.4	28.21	91.47
3 Saat	Tip 2	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	100	37.4	28.21	91.47
3 Saat	Tip 3	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	100	37.4	28.21	91.47
3 Saat	Tip 4	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	100	37.4	28.21	91.47
3 Saat	Tip 5	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	100	37.4	28.21	91.47

Çizelge 4.29 : Kiriş kesiti açıklık bölgesinde kesme kapasitesi değerleri.

Eleman Yangın Koşulu	Kiriş Tipi	f_{cm} Mpa	f_{ctm} Mpa	b mm	d mm	V_{cr} kN	V_c kN	A_{sw} mm²	s mm	f_{yw} Mpa	V_w kN	V_r kN
Mevcut	Tip 1	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	200	420	158.42	340.42
Mevcut	Tip 2	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	200	420	158.42	340.42
Mevcut	Tip 3	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	200	420	158.42	340.42
Mevcut	Tip 4	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	200	420	158.42	340.42
Mevcut	Tip 5	25	1.75	400	500	227.50	182.00	157.16	200	420	158.42	340.42
1 Saat	Tip 1	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	200	341	128.62	273.08
1 Saat	Tip 2	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	200	341	128.62	273.08
1 Saat	Tip 3	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	200	341	128.62	273.08
1 Saat	Tip 4	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	200	341	128.62	273.08
1 Saat	Tip 5	15.75	1.39	400	500	180.57	144.46	157.16	200	341	128.62	273.08
2 Saat	Tip 1	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	200	93.6	35.30	133.52
2 Saat	Tip 2	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	200	93.6	35.30	133.52
2 Saat	Tip 3	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	200	93.6	35.30	133.52
2 Saat	Tip 4	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	200	93.6	35.30	133.52
2 Saat	Tip 5	7.28	0.94	400	500	122.77	98.21	157.16	200	93.6	35.30	133.52
3 Saat	Tip 1	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	200	37.4	14.11	77.36
3 Saat	Tip 2	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	200	37.4	14.11	77.36
3 Saat	Tip 3	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	200	37.4	14.11	77.36
3 Saat	Tip 4	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	200	37.4	14.11	77.36
3 Saat	Tip 5	3.02	0.61	400	500	79.07	63.26	157.16	200	37.4	14.11	77.36

4.8 Mevcut Binanın Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

İtme analizinin DBYBHY-2007'deki tanımı; birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değıştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

İtme analizinin yapılması için ilk önce analizde kademeli olarak arttırılacak olan yatay yük dağılımının, yani eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi gerekmektedir. SAP 2000 programında başlangıç koşulu modal analiz seçilerek eşdeğer yüklerinin her kat seviyesinde dağılımı sağlanmıştır. Yukarıdan da anlaşılacağı gibi bu yük dağılımının belirlenmesinde binanın hesap yapılacak doğrultudaki hakim mod şekli genliklerinden ve kat kütlelerinden faydalanılmaktadır. İtme analizi sırasında oluşan plastik kesitlerden dolayı binanın hakim mod şeklinde değışmeler oluşur. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınır.

DBYBHY-2007'ye göre itme analizinde Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için daha önceki başlıklarda da açıklanan ve sağlanması gereken 3 şart vardır. Bunlar;

- Binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması;

Bu çalışma 5 kattan oluşan bir yapı üzerinde sürdürölmüştür.

- Herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması;

Bu çalışmada incelenen binalar hem rijitlik hem de kütle bakımından planda simetriktir. Bundan dolayı burulma etkisi oluşmamaktadır.

- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Analizi yapılan tüm senaryolarda bu oran 0.85 mertebelerindedir.

4.8.1 Etkin Eğilme Rijitlik Oranlarının Belirlenmesi

Bu bölümde öncelikle deprem hesabında esas alınan toplam kütleler ile uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen N_D 'ye göre kolonlarda çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri belirlenmiştir.

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde,

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

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

Kirişlerde çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri eksenel yükten bağımsız olup DBYBHY-2007 uyarınca 0.40 olarak alınmıştır. Kolonlarda ise yapılan düşey analiz neticesinde zemin katta 0.45 diğer katlarda 0.40 olarak alınmıştır. Bu kabul doğrultusunda çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitliklerinin geçerli olduğu başlangıç durumu için modal analiz gerçekleştirilmiştir.

4.8.2 Tepe deplasman talebinin belirlenmesi

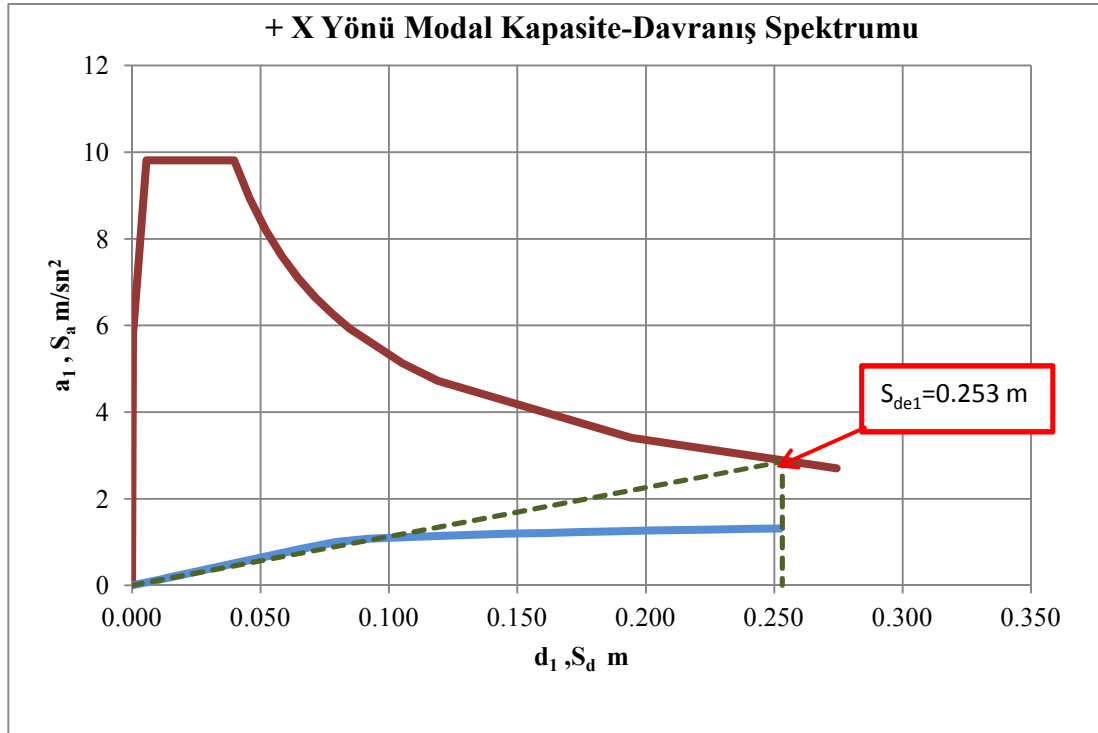
Tepe yerdeğiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrilerinden (itme eğrisi, kapasite eğrisi) hareketle tüm senaryolara ait performans noktaları belirlenecektir. DBYBHY-2007'ye göre bina performans noktasının belirlenmesi 3.bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. 50 yılda aşılma ihtimali %10 olan deprem düzeyi için, tepe deplasman talebi hesaplanmıştır. Yapının çerçeve sistem olması ve rijitliklerin belirgin oranda

düşürülmesi neticesinde tüm senaryolardaki hakim periyotlar 5 katlı bir yapı için normalden büyük hesaplanmaktadır, hakim periyotların depremin karakteristik periyotu T_B 'den büyük olmasından dolayı eşit yerdeğiştirme kuralı geçerli olarak, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme, doğrusal elastik yerdeğiştirmeye eşit olarak alınmıştır. Çizelge 4.30'de tüm senaryolar için ayrı ayrı hesaplanan tepe deplasman değerleri verilmiştir. Yangın etkisine maruz elemanların malzeme özelliklerinden hareketle analizi yapılan modellerin periyotları ve buna bağlı olarak da tepe deplasman istemleri farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 4.30 : Tüm senaryolara ait tepe deplasman istemi hesabı tablosu.

Senaryo #	Senaryo adı	T_x	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	V_x	ΣM	Cr	u_{xN1}
1	Z-1-2-60	1.871	0.0216	58.910	0.869	4023	1	0.322
2	Z-1-2-120	1.780	0.0215	59.030	0.873	4023	1	0.303
3	Z-1-2-180	1.755	0.0216	58.670	0.832	4023	1	0.297
4	Z-2-2-60	1.749	0.0216	58.910	0.870	4023	1	0.297
5	Z-2-2-120	1.850	0.0211	59.620	0.890	4023	1	0.314
6	Z-2-2-180	1.755	0.0216	57.670	0.862	4023	1	0.292
7	Z-3-2-60	1.749	0.0216	58.910	0.869	4023	1	0.297
8	Z-3-2-120	1.850	0.0211	59.620	0.890	4023	1	0.314
9	Z-3-2-180	1.755	0.0216	58.675	0.862	4023	1	0.297
10	2NK-1-2-60	1.748	0.0221	57.840	0.822	4023	1	0.298
11	2NK-1-2-120	1.825	0.0221	57.403	0.810	4023	1	0.312
12	2NK-1-2-180	1.807	0.0222	57.611	0.817	4023	1	0.311
13	2NK-2-2-60	1.747	0.0221	57.840	0.823	4023	1	0.298
14	2NK-2-2-120	1.825	0.0221	57.403	0.811	4023	1	0.312
15	2NK-2-2-180	1.861	0.0222	57.250	0.807	4023	1	0.320
16	2NK-3-2-60	1.725	0.0221	57.989	0.827	4023	1	0.294
17	2NK-3-2-120	1.825	0.0221	57.403	0.810	4023	1	0.312
18	2NK-3-2-180	1.807	0.0222	57.611	0.817	4023	1	0.311
19	4NK-1-2-60	1.669	0.0223	58.250	0.834	4023	1	0.287
20	4NK-1-2-120	1.674	0.0226	58.140	0.831	4023	1	0.291
21	4NK-1-2-180	1.667	0.0223	58.254	0.834	4023	1	0.286
22	4NK-2-2-60	1.669	0.0223	58.258	0.834	4023	1	0.287
23	4NK-2-2-120	1.674	0.0226	57.147	0.831	4023	1	0.286
24	4NK-2-2-180	1.667	0.0223	58.254	0.835	4023	1	0.286
25	4NK-3-2-60	1.669	0.0223	58.250	0.834	4023	1	0.287
26	4NK-3-2-120	1.674	0.0226	58.147	0.831	4023	1	0.291
27	4NK-3-2-180	1.667	0.0223	58.254	0.835	4023	1	0.286
28	Mevcut Durum-1	1.607	0.0224	57.270	0.837	4023	1	0.271
29	Mevcut Durum-2	1.607	0.0224	57.270	0.837	4023	1	0.271
30	Mevcut Durum-3	1.607	0.0224	57.270	0.837	4023	1	0.271

Elde edilen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değerleri, modal yerdeğiştirme istemine eşittir. Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem için hesaplanan modal yerdeğiştirme istemleri, uygun koordinat dönüşümü ile çok serbestlik dereceli sistemin tepe yerdeğiştirme istemine dönüştürülür. Binanın X doğrultusu için tepe yerdeğiştirmesi istemleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Elde edilen bu değerler SAP2000'e aktarılmıştır ve her bir senaryo analitik modeli hesaplanan yerdeğiştirme istemine kadar itilmiş ve son adımda elde edilen tüm istem büyüklüklerine ait sonuçlar 5. Bölümde incelenmiştir.



Şekil 4.25 : Senaryo 1 için modal kapasite diyagramı ve doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme istemi.

5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

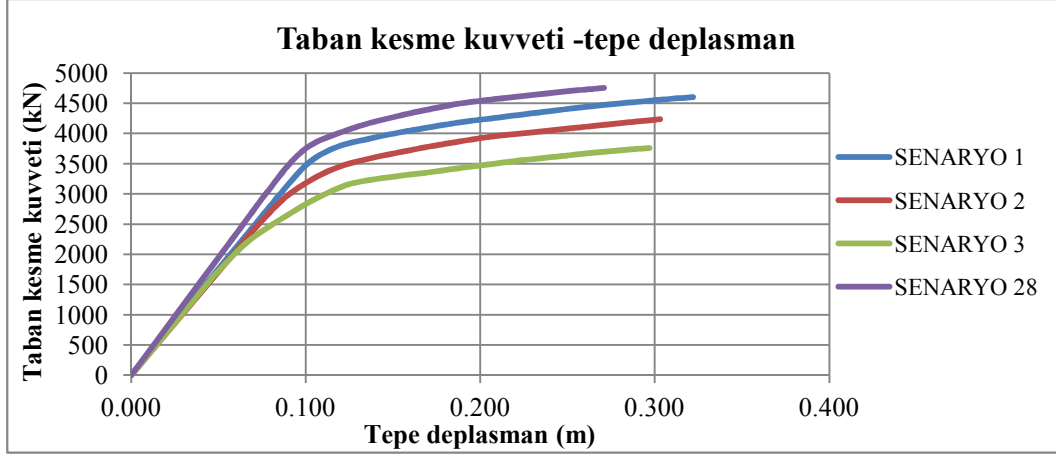
Bu bölümde, gerçekleştirilen analizler neticesinde elde edilen sonuçlar iki başlık altında incelenmiştir. Buna göre genel sonuçlar; senaryolar bazında elde edilen sonuçları ve bunların karşılaştırılmasını, eleman bazında sonuçlar ise kirişler ve kolonlara gelen istemlerin DBYBHY-2007’de verilen kapasiteler ile karşılaştırılmasını içermektedir.

5.1 Global Sonuçlar

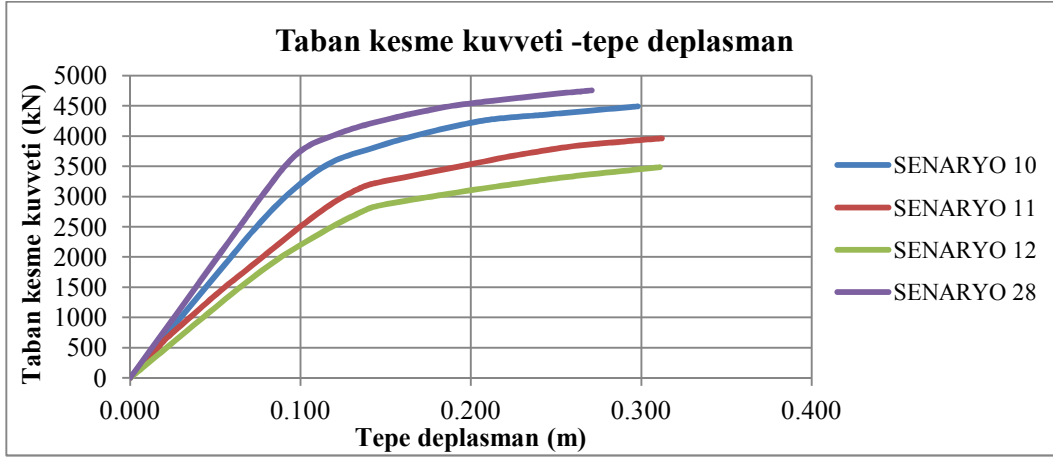
Doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar mevcut yapının durumu ve bölüm 4’de bahsedilen yangın senaryoları için verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, taban kesme kuvveti-tepe deplasman ve modal kapasite eğrileri açısından karşılaştırılmıştır.

İlk olarak taban kesme kuvveti- deplasman ilişkisi verilmiştir. Aynı katta, sabit pas payı kalınlığı ile sadece değişken yangın süresi parametresine bağlı senaryolar ile mevcut durum karşılaştırılmıştır. Yapının yangına maruz kalma süresi arttıkça yapı rijitliğini kaybetmekte, buna bağlı olarak da mafsallaşmalar daha ufak deformasyonlar ile gerçekleşmektedir. Bu durum yangın süresi arttıkça taban kesme kuvvetinin azaldığını göstermektedir. Yangın etkisi üst katlara çıktıkça mafsallaşmalar üst katlarda olmakta ve taban kesme kuvvetindeki değişim mevcut durumdaki değerlerine benzemektedir. 1 cm’lik kolon pas payı ve değişken yangın süreleri için grafikler üç farklı kat seviyesindeki yangın için aşağıda sırasıyla verilmiştir.

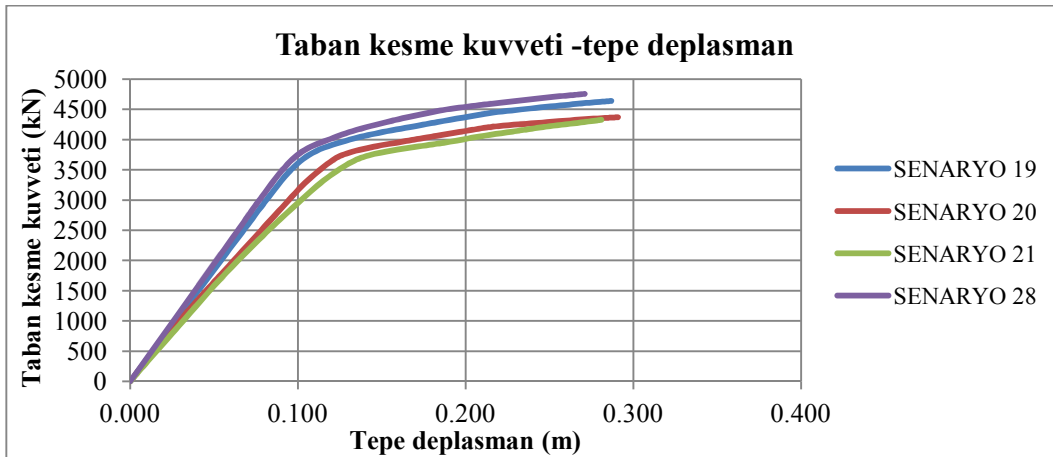
Diğer senaryolara ait taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırmaları **Ek L**’de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Senaryo 1-2-3 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.(Zemin kat yangına maruz)



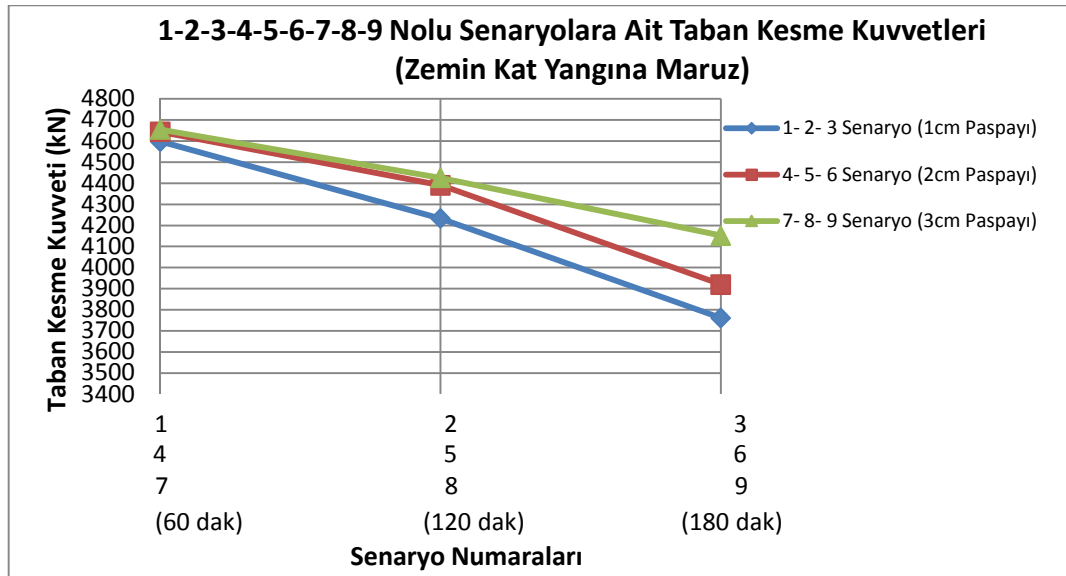
Şekil 5.2 : Senaryo 10-11-12 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.(2. normal kat yangına maruz)



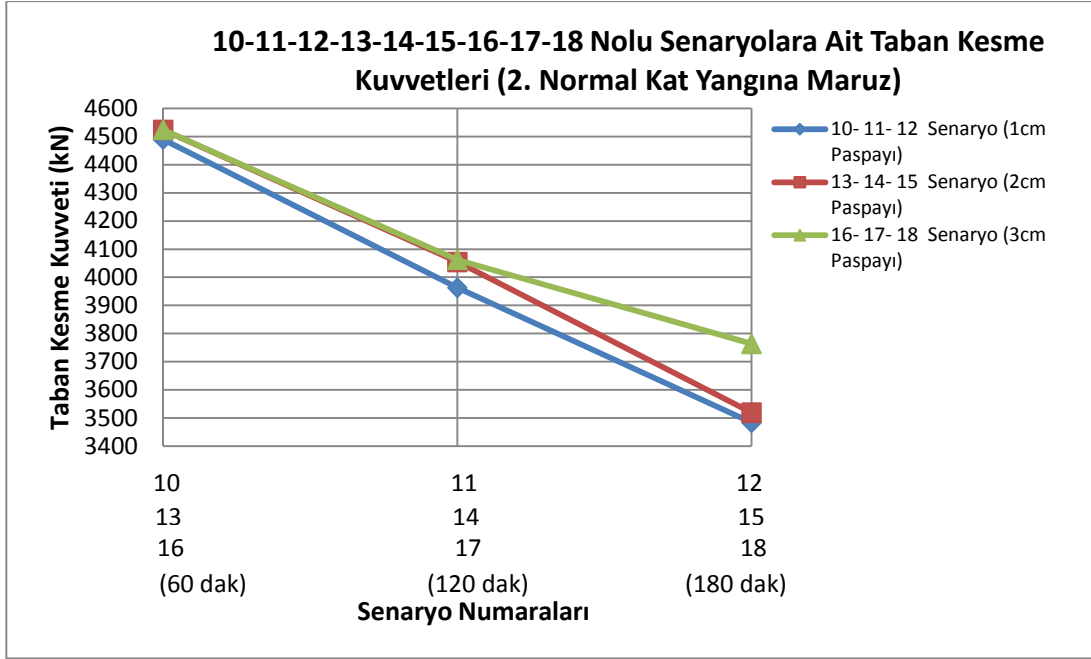
Şekil 5.3 : Senaryo 19-20-21 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği. (4. normal kat yangına maruz)

Çizelge 5.1 : Tüm senaryolara ait statik itme analizinin son adımındaki taban kesme kuvveti değerleri tablosu

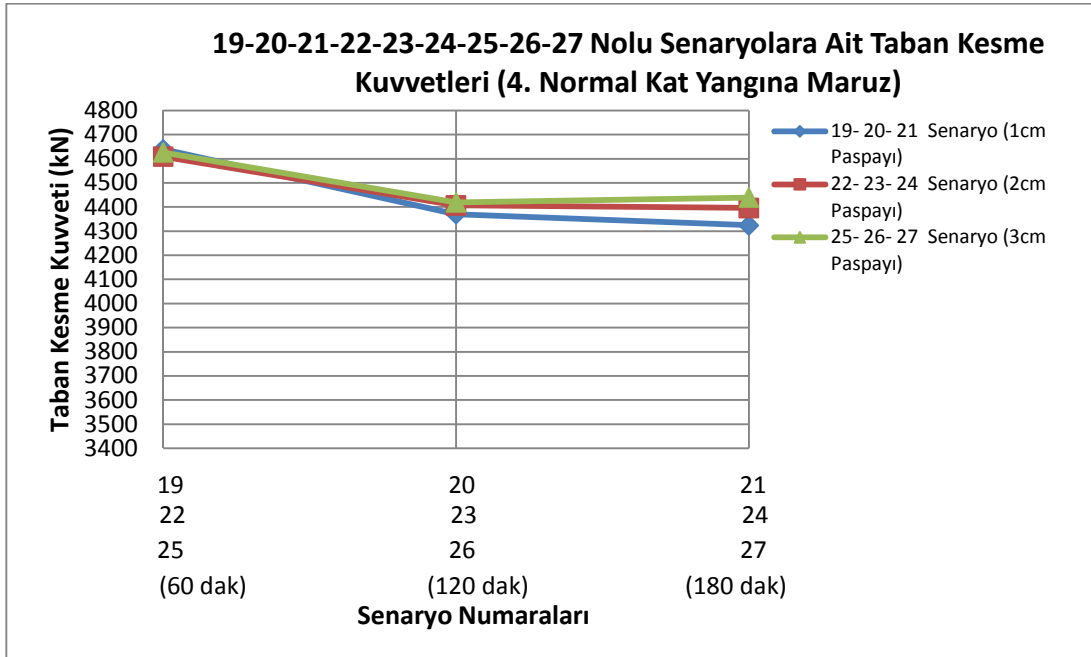
Senaryo #	Senaryo Adı	T_x	U_{xnl}	$V_{x1}^{(i)}$ (kN)	Senaryolardaki taban kesme kuvvetindeki azalışın hasarsız yapı ile karşılaştırılması (%)
1	Z-1-2-60	1.871	0.322	4598.41	96.71
2	Z-1-2-120	1.78	0.303	4233.32	89.03
3	Z-1-2-180	1.755	0.297	3761.075	79.10
4	Z-2-2-60	1.749	0.297	4644.26	97.85
5	Z-2-2-120	1.85	0.314	4389.95	92.49
6	Z-2-2-180	1.755	0.292	3919.34	82.58
7	Z-3-2-60	1.749	0.297	4655.42	98.45
8	Z-3-2-120	1.85	0.314	4426.21	93.60
9	Z-3-2-180	1.755	0.297	4151.51	87.79
10	2NK-1-2-60	1.748	0.298	4489.89	94.42
11	2NK-1-2-120	1.825	0.312	3963.18	83.35
12	2NK-1-2-180	1.807	0.311	3484.38	73.28
13	2NK-2-2-60	1.747	0.298	4523.97	95.32
14	2NK-2-2-120	1.825	0.312	4054.59	85.43
15	2NK-2-2-180	1.861	0.32	3519.51	74.15
16	2NK-3-2-60	1.725	0.294	4523.99	95.67
17	2NK-3-2-120	1.825	0.312	4062.36	85.91
18	2NK-3-2-180	1.807	0.311	3763.9	79.60
19	4NK-1-2-60	1.669	0.287	4639.37	97.57
20	4NK-1-2-120	1.674	0.291	4370.37	91.91
21	4NK-1-2-180	1.667	0.286	4324.27	90.94
22	4NK-2-2-60	1.669	0.287	4609.27	97.11
23	4NK-2-2-120	1.674	0.286	4406.74	92.85
24	4NK-2-2-180	1.667	0.286	4395.97	92.62
25	4NK-3-2-60	1.669	0.287	4626.26	97.83
26	4NK-3-2-120	1.674	0.291	4419.42	93.46
27	4NK-3-2-180	1.667	0.286	4439.55	93.88
28	Mevcut Durum-1	1.607	0.271	4755.05	100.00
29	Mevcut Durum-2	1.607	0.271	4746.27	100.00
30	Mevcut Durum-3	1.607	0.271	4728.73	100.00



Şekil 5.4 : Zemin katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.



Şekil 5.5 : 2. Normal katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.

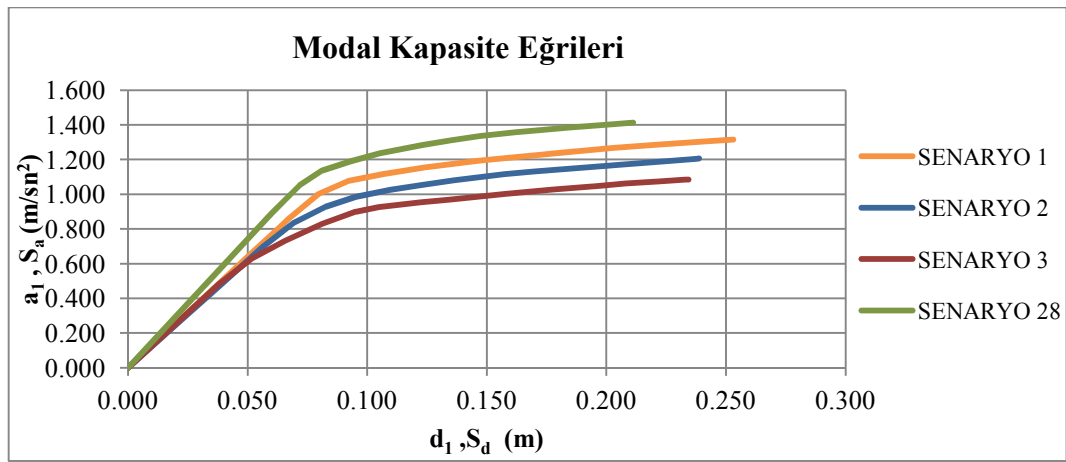


Şekil 5.6 : 4. Normal katın yangına maruz kalması durumunda yangın süresine ve paspayı kalınlığına göre değişen taban kesme kuvveti grafiği.

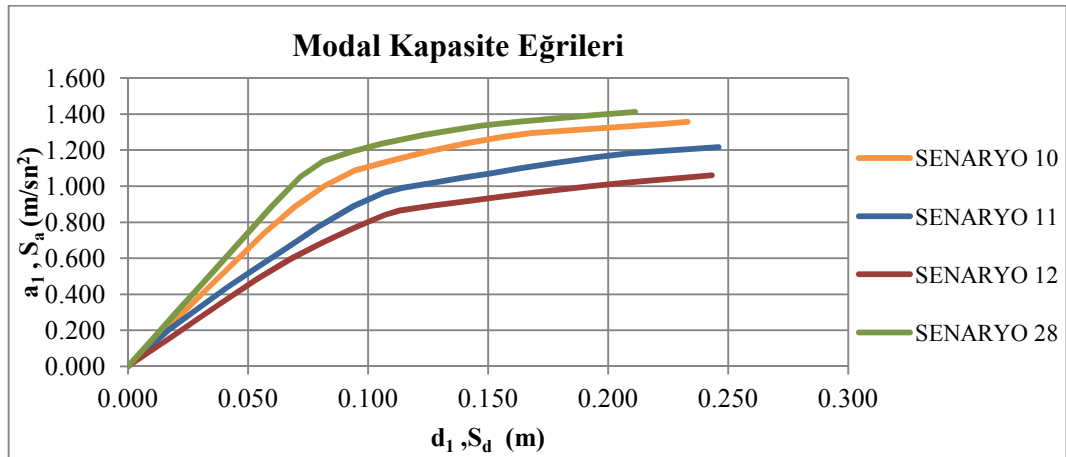
Yukarıdaki grafiklerde statik itme analizinin son adımındaki taban kesme kuvvetleri senaryolara göre karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda yangın süresinin artması taban kesme kuvvetin azalmasına, pas payının artması (benzer koşuldaki senaryolar ile karşılaştırıldığında) taban kesme kuvvetinin artmasına, yangının alt katlarda

meydana gelmesi ise taban kesme kuvvetindeki azalışın daha belirgin farklarla oluştuğunu göstermektedir.

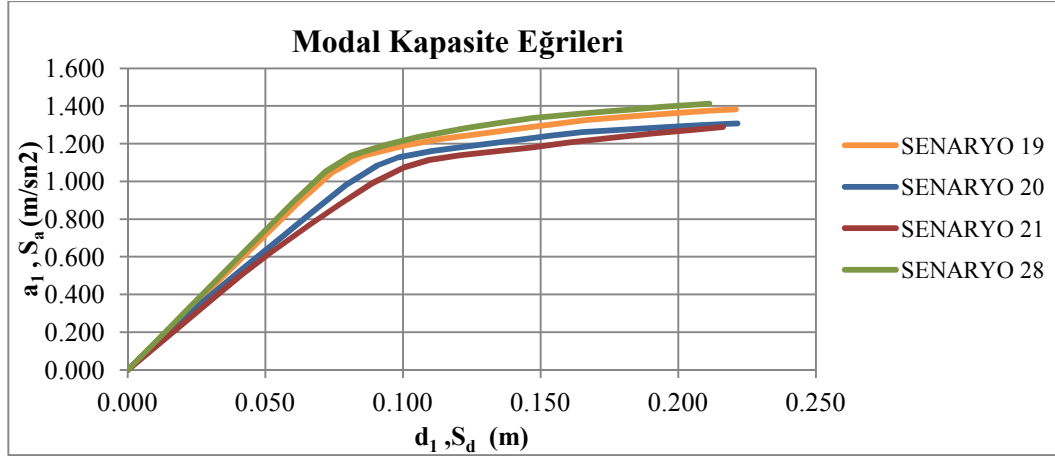
İkinci olarak mevcut yapıların ve yangın etkisine maruz kalmış yapıların, doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen modal kapasite eğrileri verilmiştir. Modal kapasite eğrileri, modal yerdeğiştirme istemine kadar elde edilmiştir. Buna göre, yangın etkisinin olduğu durumlarda sistemin yatay yük taşıma kapasitesinde ve rijitliğinde azalış görülmüştür. Söz konusu azalış malzemelerin yangın etkisindeki dayanım kayıpları ve buna bağlı olarak da mafsallaşmaların mevcut durumdakine kıyasla daha küçük deformasyon ile gerçekleşmesindendir.



Şekil 5.7 : Senaryo 1-2-3 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.



Şekil 5.8 : Senaryo 10-11-12 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.



Şekil 5.9 : Senaryo 19-20-21 ve 28'in karşılaştırmalı taban kesme modal kapasite eğrileri.

5.2 Eleman Bazında Sonuçlar

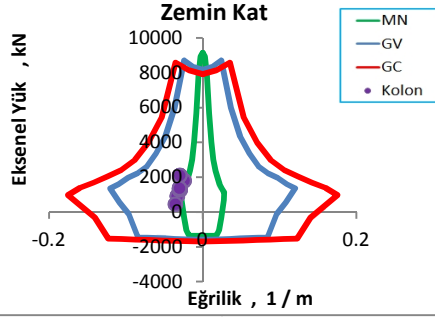
Gerçekleştirilen analizler sonucunda, kolon ve kiriş elemanları için elde edilen plastik şekil değiştirme istemleri, çeşitli hasar sınırları için tanımlanmış olan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte hesaplanan kesme kapasitelerinin aşılp aşılmadığı kontrol edilmiştir. Kolon hasarları ve kiriş hasarları ayrı başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

5.2.1 Kolon hasarları

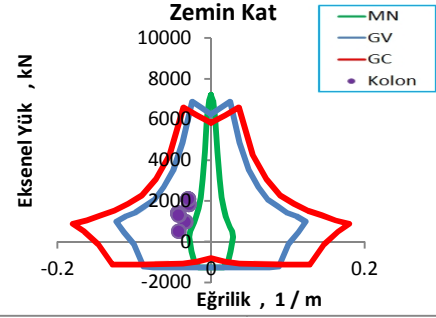
Tek doğrultuda gerçekleştirilen itme analizi sonuçlarına göre mevcut durumda binanın zemin kat kolonlarının tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Diğer katlarda ise mevcut durumda tüm kolonlar Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Yangın süresinin yapı elemanlarının hasar seviyeleri üzerindeki etkisi büyüktür. Zemin katta yangına maruz kolon elemanlarının 2 cm'lik sabit paspayı ile sadece yangın süresinin değişmesi ile kolonlarda oluşturduğu hasar durumu şekil 5.10'de verilmiştir. Yangın süresi arttıkça kesit hasar sınır çizgileri daralmakta ve buna bağlı olarakta eleman hasarları artmaktadır.

SENARYO ADI : 29-MEV CUT-2
 ANALİZ YAPILAN KAT : -
 KOLON BOYUTU : 50X50
 PAS PAYI : 2 CM
 YANGIN ETKİSİNDEKİ KAT : -
 YANGIN SÜRESİ : -

SENARYO ADI : 4-Z-2-2-60
 ANALİZ YAPILAN KAT : ZEMİN
 KOLON BOYUTU : 50X50
 PAS PAYI : 2 CM
 YANGIN ETKİSİNDEKİ KAT : ZEMİN KAT
 YANGIN SÜRESİ : 60 DK.



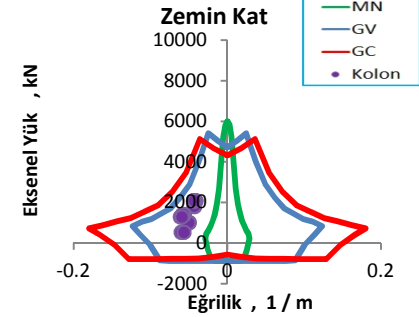
(a)



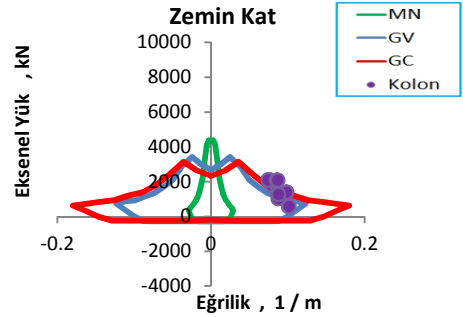
(b)

SENARYO ADI : 5-Z-2-2-120
 ANALİZ YAPILAN KAT : ZEMİN
 KOLON BOYUTU : 50X50
 PAS PAYI : 2 CM
 YANGIN ETKİSİNDEKİ KAT : ZEMİN KAT
 YANGIN SÜRESİ : 120 DK.

SENARYO ADI : 6-Z-2-2-180
 ANALİZ YAPILAN KAT : ZEMİN
 KOLON BOYUTU : 50X50
 PAS PAYI : 2 CM
 YANGIN ETKİSİNDEKİ KAT : ZEMİN KAT
 YANGIN SÜRESİ : 180 DK.



(c)



(d)

Şekil 5.10 : Yangın süresine bağlı olarak kolon kapasiteleri ve hasar seviyeleri.(a) Mevcut durum, (b) 60 dak. yangın etkisi, (c) 120 dak. yangın etkisi, (d) 180 dak. yangın etkisi.

Yangın etkisinden sonra değerlendirilen modellerde yangın süresine ve pas payına göre hasar sınırlarını aşan eleman adetlerinde değişiklikler görülmektedir. Aşağıdaki çizelgelerde tüm senaryolara ait kolon hasar durumları kat kat tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 5.2 : 1-9 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları			
			MHB	BHB	İHB	GB
1	Z-1-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
2	Z-1-2-120	ZK	4	4	12	5
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
3	Z-1-2-180	ZK			2	23
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
4	Z-2-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
5	Z-2-2-120	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
6	Z-2-2-180	ZK		5	3	17
		1NK				
		2NK				
		3NK				
		4NK				
7	Z-3-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
8	Z-3-2-120	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
9	Z-3-2-180	ZK		22	3	
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			

Çizelge 5.3 : 10-18 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları			
			MHB	BHB	İHB	GB
10	2NK-1-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	3	22		
		3NK	25			
		4NK	25			
11	2NK-1-2-120	ZK	13	12		
		1NK	25			
		2NK		21	4	
		3NK	25			
		4NK	25			
12	2NK-1-2-180	ZK	25			
		1NK	25			
		2NK		3	10	12
		3NK	25			
		4NK	25			
13	2NK-2-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK		25		
		3NK	25			
		4NK	25			
14	2NK-2-2-120	ZK	5	20		
		1NK	25			
		2NK		25		
		3NK	25			
		4NK	25			
15	2NK-2-2-180	ZK	25			
		1NK	25			
		2NK		16	9	
		3NK	25			
		4NK	25			
16	2NK-3-2-60	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	13	12		
		3NK	25			
		4NK	25			
17	2NK-3-2-120	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	6	19		
		3NK	25			
		4NK	25			
18	2NK-3-2-180	ZK	22	3		
		1NK	25			
		2NK		25		
		3NK	25			
		4NK	25			

Çizelge 5.4 : 19-28 senaryoları kolon hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları		
			MHB	BHB	İHB
19	4NK-1-2-60	ZK	1	24	
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	25		
20	4NK-1-2-120	ZK	25		
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	6	19	
21	4NK-1-2-180	ZK	25		
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK		25	
22	4NK-2-2-60	ZK		25	
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	25		
23	4NK-2-2-120	ZK	25		
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	25		
24	4NK-2-2-180	ZK	25		
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK		25	
25	4NK-3-2-60	ZK		25	
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	25		
26	4NK-3-2-120	ZK	23	2	
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	25		
27	4NK-3-2-180	ZK	25		
		1NK	25		
		2NK	25		
		3NK	25		
		4NK	23	2	

Çizelge 5.5 : Mevcut durumların kolon hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları			
			MHB	BHB	İHB	GB
28	Mevcut Durum-1	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
29	Mevcut Durum-2	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			
30	Mevcut Durum-3	ZK		25		
		1NK	25			
		2NK	25			
		3NK	25			
		4NK	25			

Yukarıdaki tablolarda görüldüğü gibi, yangın süresi arttıkça hasarlı eleman sayısı da artmaktadır. Pas payı katmanı kalınlaştıkça ise yangın etkisinin özellikle donatılarda meydana getirdiği dayanım kaybı azalmakta buna bağlı olarak da kolonun sargılama etkisi artmaktadır. Benzer yangın ve pas payı koşullarının farklı katlarda etkiyor olması da farklı sonuçlar doğurmaktadır. Üst katlarda meydana gelen yangın neticesinde oluşan hasarlar neticesinde mafsallaşmalar önce üst katlarda olmaktadır, böylelikle hasarlar üst katlarda kalmakta ve daha az yapı elemanı etkilenmektedir. Özellikle pas payının 1 cm ve yangın süresinin 180 dk. olduğu senaryolarda kolon elemanlarının bir çoğu göçme bölgesine geçmektedir.

Kolonlara ait gevrek bir göçmenin olup olmadığı kontrol edilmiş ve aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 5.6 : 1-9 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Pas Payı cm	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
1	Z-1-2-60	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
2	Z-1-2-120	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
3	Z-1-2-180	Zemin	1	6	19
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
4	Z-2-2-60	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
5	Z-2-2-120	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
6	Z-2-2-180	Zemin	2	24	1
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
7	Z-3-2-60	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
8	Z-3-2-120	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
9	Z-3-2-180	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	

Çizelge 5.7 : 10-18 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No	Pas Payı cm	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
10	2NK-1-2-60	Zemin	1	25	5
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
11	2NK-1-2-120	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
12	2NK-1-2-180	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	20	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
13	2NK-2-2-60	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
14	2NK-2-2-120	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
15	2NK-2-2-180	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
16	2NK-3-2-60	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
17	2NK-3-2-120	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
18	2NK-3-2-180	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	

Çizelge 5.8 : 19-27 senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No	Pas Payı cm	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
19	4NK-1-2-60	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
20	4NK-1-2-120	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
21	4NK-1-2-180	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
22	4NK-2-2-60	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
23	4NK-2-2-120	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
24	4NK-2-2-180	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
25	4NK-3-2-60	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
26	4NK-3-2-120	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	
27	4NK-3-2-180	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	

Çizelge 5.9 : Mevcut durum senaryolarına ait kolon kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No	Pas Payı cm	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
28	Mevcut Durum-1	Zemin	1	25	
		1. NK	1	25	
		2. NK	1	25	
		3. NK	1	25	
		4. NK	1	25	
29	Mevcut Durum-2	Zemin	2	25	
		1. NK	2	25	
		2. NK	2	25	
		3. NK	2	25	
		4. NK	2	25	
30	Mevcut Durum-3	Zemin	3	25	
		1. NK	3	25	
		2. NK	3	25	
		3. NK	3	25	
		4. NK	3	25	

DBYBHY-2007'e göre yapısal elemanlardan hiç biri gevrek olarak göçemez. Bu durum her bir senaryo için kat kat kontrol edilmiştir. Yapılan kontroller kuvvet bazlı gerçekleştirilmiştir. Özellikle pas payı katmanının azaldığı ve yangın süresinin arttığı senaryolarda olası bir deprem sonucunda etriye dayanımının oldukça etkilenmiş olmasından ötürü kesitlerde gevrek göçme meydana gelmektedir. Alt katlarda eksenel yükün fazla olması sebebiyle kesme kapasitesinin de fazla olmasına karşın alt katlardaki kesme zorları da daha fazladır. Bu nedenle 3. 6. ve 12. senaryolarda gevrek olarak göçen elemanlar bulunmaktadır.

5.2.2 Kiriş hasarları

Tek doğrultuda gerçekleştirilen itme analizi sonuçlarına göre X doğrultusundaki her bir kattaki kiriş adeti 20'dir. Yangın etkisinden sonra değerlendirilen modellerde yangın süresine ve pas payına göre hasar sınırlarını aşan eleman adetlerinde değişiklikler görülmektedir. Aşağıdaki şekillerde tüm senaryolara ait hasar durumları yüzdesel bazda kat kat tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 5.10 : 1-9 senaryoları giriş hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları %			GB
			MHB	BHB	İHB	
1	Z-1-2-60	ZK		25	75	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
2	Z-1-2-120	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
3	Z-1-2-180	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK	95	5		
		3NK	100			
		4NK	100			
4	Z-2-2-60	ZK		90	10	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
5	Z-2-2-120	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
6	Z-2-2-180	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK	80	20		
		3NK	100			
		4NK	100			
7	Z-3-2-60	ZK		90	10	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
8	Z-3-2-120	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
9	Z-3-2-180	ZK			100	
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			

Çizelge 5.11 : 10-18 senaryoları kiriş hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları %			GB
			MHB	BHB	İHB	
10	2NK-1-2-60	ZK		100		
		1NK		30	70	
		2NK	75	25		
		3NK	100			
		4NK	100			
11	2NK-1-2-120	ZK		100		
		1NK				100
		2NK	75	25		
		3NK	100			
		4NK	100			
12	2NK-1-2-180	ZK		100		
		1NK				100
		2NK	35	65		
		3NK	100			
		4NK	100			
13	2NK-2-2-60	ZK		100		
		1NK		30	70	
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
14	2NK-2-2-120	ZK		100		
		1NK				100
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
15	2NK-2-2-180	ZK		100		
		1NK				100
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
16	2NK-3-2-60	ZK		100		
		1NK		40	60	
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
17	2NK-3-2-120	ZK		100		
		1NK				100
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
18	2NK-3-2-180	ZK		100		
		1NK				100
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			

Çizelge 5.12 : 19-27 senaryoları giriş hasar durumlar tablosu.

Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları %			
			MHB	BHB	İHB	GB
19	4NK-1-2-60	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			
20	4NK-1-2-120	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			
21	4NK-1-2-180	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		75	25	
		4NK	75	25		
22	4NK-2-2-60	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			
23	4NK-2-2-120	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			
24	4NK-2-2-180	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		75	25	
		4NK	75	25		
25	4NK-3-2-60	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK				
		4NK	100			
26	4NK-3-2-120	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			
27	4NK-3-2-180	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK		100		
		4NK	100			

Çizelge 5.13 : Mevcut durumların kiriş hasar durumlar tablosu.

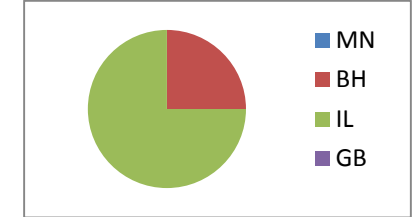
Senaryo No#	Senaryo Adı	Kat No#	Hasar Sınırları %			
			MHB	BHB	İHB	GB
28	Mevcut Durum-1	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
29	Mevcut Durum-2	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			
30	Mevcut Durum-3	ZK		100		
		1NK		100		
		2NK		100		
		3NK	100			
		4NK	100			

Mevcut yapıdaki kiriş elemanlarının hasar durumlarına bakıldığında elemanlar alt katlarda belirgin hasar durumundan ileriye geçmemişlerdir. Yangın etkisinin kirişlerde oluşturduğu hasar yangının meydana geldiği kata göre farklılık göstermektedir. Analiz modeli oluşturulurken tanımlanan mafsallar kirişlerin mesnet bölgelerine atanmıştır. Deprem etkisi esnasında oluşabilecek hasarlar mesnet bölgesinde beklenmektedir. Bu nedenle yangının kirişleri üstten etkilediği senaryolarda üst mesnet donatıları daha çok dayanım kaybettiği için hasarlar o kirişlerde artmaktadır. Normal şartlarda döşeme kalınlığının da kiriş donatılarının yangından korunması açısından olumlu etkisi bulunmaktadır ancak bu fayda analizler dahilinde yok sayılmıştır. Yangın süresi arttıkça elemanların hasar seviyeleri de artmıştır. Kirişlerdeki pas payı kalınlığı tüm senaryolarda 2 cm'dir, ancak kolonlardaki pas payının değişken kalınlığı kirişteki hasarı dolaylı yoldan etkilemektedir. Kolonlardaki pas payının azlığı yangın etkisinde kolonlardaki mafsallaşmayı arttırmakta bu durum o kolona bağlı kirişleri de olumsuz olarak etkilemektedir. Yangının zemin katta gerçekleştiği senaryolarda İHB'ne geçen eleman sayıları artmaktadır. Ancak üst katlarda olan yangınlarda hasar azalmakla birlikte yangına maruz eleman sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da hasar seviyeleri artmaktadır. Kirişlerin hasar tespiti yapılırken kullanılan hesap tablosu aşağıda senaryo no 1 için verilmiştir.

Çizelge 5.14 : Kiriş hasarı hesabı örnek tablosu.

KAT NO	ZEMİN KAT HASAR DAĞILIMI
KOŞUL	MEVCUT - 1 cm
ANALİZ YÖNÜ	+X YONU
SENARYO NO #	1-Z-1-2-60

ZEMİN KAT HASAR DAĞILIMI			
MN	BH	IL	GB
0.00%	23.81%	71.43%	0.00%



Frame	Output Case	Case Type	Step Type	Assign Hinge	Gen Hinge	RelDist	AbsDist	M3	θ_p	Lp	Φ_p	Φ_y	Φ_T	$\xi_{un.c}$	ξ_c	ξ_s	UÇ	KESİT HASAR DURUMU	ELEMAN HASAR DURUMU
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	m	KN-m	Radians	m	1/m	1/m	1/m						
45	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	45H1	0.05	0.3	-371.8913	-0.021048	0.25	-0.084192	-0.008904	-0.093096	0.0063	0.0055	0.0339	ÜST	BH	IH
45	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	45H2	0.95	5.7	159.1931	0.0223	0.25	0.0892	0.008904	0.098104	0.0031	0.0004	0.0407	ALT	IH	
46	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	46H1	0.05	0.3	-372.27	-0.021078	0.25	-0.084312	-0.008904	-0.093216	0.0063	0.0055	0.0339	ÜST	BH	IH
46	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	46H2	0.95	5.7	159.2766	0.022422	0.25	0.089688	0.008904	0.098592	0.0031	0.0004	0.0407	ALT	IH	
332	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	332H1	0.05	0.3	-372.6716	-0.0209	0.25	-0.0836	-0.008904	-0.092504	0.0063	0.0055	0.0339	ÜST	BH	IH
332	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	332H2	0.95	5.7	160.5066	0.024399	0.25	0.097596	0.008904	0.1065	0.0033	0.0004	0.0440	ALT	IH	
333	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	333H1	0.05	0.3	-375.612	-0.021788	0.25	-0.087152	-0.008904	-0.096056	0.0066	0.0058	0.0353	ÜST	BH	IH
333	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	333H2	0.95	5.7	161.496	0.022349	0.25	0.089396	0.008904	0.0983	0.0031	0.0004	0.0407	ALT	IH	
336	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	336H1	0.05	0.3	-371.1718	-0.020323	0.25	-0.081292	-0.008904	-0.090196	0.0062	0.0054	0.0332	ÜST	BH	BH
336	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	336H2	0.95	5.7	159.0435	0.021509	0.25	0.086036	0.008904	0.09494	0.0030	0.0004	0.0394	ALT	BH	
337	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	337H1	0.05	0.3	-372.8042	-0.020311	0.25	-0.081244	-0.008904	-0.090148	0.0062	0.0054	0.0332	ÜST	BH	BH
337	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	337H2	0.95	5.7	162.4001	0.021322	0.25	0.085288	0.008904	0.094192	0.0030	0.0004	0.0394	ALT	BH	
338	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	338H1	0.05	0.3	-372.3087	-0.019987	0.25	-0.079948	-0.008904	-0.088852	0.0060	0.0052	0.0325	ÜST	BH	IH
338	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	338H2	0.95	5.7	162.4001	0.023361	0.25	0.093444	0.008904	0.102348	0.0032	0.0004	0.0427	ALT	IH	
339	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	339H1	0.05	0.3	-373.8518	-0.021757	0.25	-0.087028	-0.008904	-0.095932	0.0064	0.0056	0.0346	ÜST	BH	IH
339	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	339H2	0.95	5.7	160.1938	0.021715	0.25	0.08686	0.008904	0.095764	0.0030	0.0004	0.0400	ALT	IH	
340	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	340H1	0.05	0.3	-371.1596	-0.020307	0.25	-0.081228	-0.008904	-0.090132	0.0062	0.0054	0.0332	ÜST	BH	BH
340	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	340H2	0.95	5.7	159.0434	0.021526	0.25	0.086104	0.008904	0.095008	0.0030	0.0004	0.0394	ALT	BH	
341	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	341H1	0.05	0.3	-372.8152	-0.020326	0.25	-0.081304	-0.008904	-0.090208	0.0062	0.0054	0.0332	ÜST	BH	BH
341	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	341H2	0.95	5.7	162.4001	0.02135	0.25	0.0854	0.008904	0.094304	0.0030	0.0004	0.0394	ALT	BH	

Çizelge 5.15 : Kiriş hasarı hesabı örnek tablosu (Devamı).

Frame	Output Case	Case Type	Step Type	Assign Hinge	Gen Hinge	RelDist	AbsDist	M3	θ_p	Lp	Φ_p	Φ_y	Φ_T	$\xi_{un.c}$	ξ_c	ξ_s	UÇ	KESİT HASAR DURUMU	ELEMAN HASAR DURUMU
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	m	KN-m	Radians	m	1/m	1/m	1/m						
342	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	342H1	0.05	0.3	-372.3191	-0.020001	0.25	-0.080004	-0.008904	-0.088908	0.0060	0.0052	0.0325	ÜST	BH	<i>IH</i>
342	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	342H2	0.95	5.7	162.4001	0.023549	0.25	0.094196	0.008904	0.1031	0.0032	0.0004	0.0427	ALT	IH	
343	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	343H1	0.05	0.3	-373.8816	-0.021797	0.25	-0.087188	-0.008904	-0.096092	0.0066	0.0058	0.0353	ÜST	BH	<i>BH</i>
343	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP1_M3_Y_A_1SA	343H2	0.95	5.7	160.1938	0.021683	0.25	0.086732	0.008904	0.095636	0.0030	0.0004	0.0394	ALT	BH	
36	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	36H1	0.05	0.3	-423.173	-0.018473	0.25	-0.073892	-0.008904	-0.082796	0.0070	0.0063	0.0287	ÜST	BH	<i>IH</i>
36	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	36H2	0.95	5.7	159.2641	0.0231	0.25	0.0924	0.008904	0.101304	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	
37	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	37H1	0.05	0.3	-423.5041	-0.018317	0.25	-0.073268	-0.008904	-0.082172	0.0070	0.0063	0.0287	ÜST	BH	<i>IH</i>
37	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	37H2	0.95	5.7	159.3652	0.023093	0.25	0.092372	0.008904	0.101276	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	
38	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	38H1	0.05	0.3	-423.8041	-0.018144	0.25	-0.072576	-0.008904	-0.08148	0.0067	0.0060	0.0281	ÜST	BH	<i>IH</i>
38	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	38H2	0.95	5.7	160.5838	0.025472	0.25	0.101888	0.008904	0.110792	0.0034	0.0004	0.0460	ALT	IH	
54	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	54H1	0.05	0.3	-423.2455	-0.018339	0.25	-0.073356	-0.008904	-0.08226	0.0070	0.0063	0.0287	ÜST	BH	<i>IH</i>
54	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	54H2	0.95	5.7	159.2641	0.023149	0.25	0.092596	0.008904	0.1015	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	
55	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	55H1	0.05	0.3	-423.6793	-0.018353	0.25	-0.073412	-0.008904	-0.082316	0.0070	0.0063	0.0287	ÜST	BH	<i>IH</i>
55	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	55H2	0.95	5.7	159.3652	0.023159	0.25	0.092636	0.008904	0.10154	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	
56	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	56H1	0.05	0.3	-423.6632	-0.018081	0.25	-0.072324	-0.008904	-0.081228	0.0067	0.0060	0.0281	ÜST	BH	<i>IH</i>
56	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	56H2	0.95	5.7	160.5838	0.025477	0.25	0.101908	0.008904	0.110812	0.0034	0.0004	0.0460	ALT	IH	
326	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	326H1	0.05	0.3	-422.2188	-0.019349	0.25	-0.077396	-0.008904	-0.0863	0.0074	0.0066	0.0300	ÜST	BH	<i>IH</i>
326	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	326H2	0.95	5.7	161.5001	0.023095	0.25	0.09238	0.008904	0.101284	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	
327	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	327H1	0.05	0.3	-422.2584	-0.019385	0.25	-0.07754	-0.008904	-0.086444	0.0074	0.0066	0.0300	ÜST	BH	<i>IH</i>
327	PUSH+X	NonStatic	Last Step	KIR_TIP2_M3_Y_A_1SA	327H2	0.95	5.7	161.5001	0.023257	0.25	0.093028	0.008904	0.101932	0.0032	0.0004	0.0420	ALT	IH	

Kirişlere ait gevrek bir göçmenin olup olmadığı kontrol edilmiş ve aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 5.16 : 1-9 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No #	Kolon Pas Payı cm	Kiriş Pas Payı cm	Mesnet Bölgesi		Açıklık Bölgesi	
					Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
1	Z-1-2-60	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
2	Z-1-2-120	Zemin	1	2		20		20
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
3	Z-1-2-180	Zemin	1	2		20		20
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
4	Z-2-2-60	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
5	Z-2-2-120	Zemin	2	2		20		20
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
6	Z-2-2-180	Zemin	2	2		20		20
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
7	Z-3-2-60	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
8	Z-3-2-120	Zemin	3	2		20		20
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
9	Z-3-2-180	Zemin	3	2		20		20
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	

Çizelge 5.17 : 10-18 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No #	Kolon Pas Payı cm	Kiriş Pas Payı cm	Mesnet Bölgesi		Açıklık Bölgesi	
					Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
10	2NK-1-2-60	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
11	2NK-1-2-120	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	12	8		20
		2. NK	1	2		20		20
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
12	2NK-1-2-180	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2		20		20
		2. NK	1	2		20		20
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
13	2NK-2-2-60	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
14	2NK-2-2-120	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20			20
		2. NK	2	2		20	20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
15	2NK-2-2-180	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2		20		20
		2. NK	2	2		20		20
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
16	2NK-3-2-60	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2				
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
17	2NK-3-2-120	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20			20
		2. NK	3	2		20		20
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
18	2NK-3-2-180	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2		20		20
		2. NK	3	2		20		20
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	

Çizelge 5.18 : 19-27 senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No #	Kolon Pas Payı cm	Kiriş Pas Payı cm	Mesnet Bölgesi		Açıklık Bölgesi	
					Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
19	4NK-1-2-60	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
20	4NK-1-2-120	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
21	4NK-1-2-180	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2		20		20
		4. NK	1	2	20		20	
22	4NK-2-2-60	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
23	4NK-2-2-120	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
24	4NK-2-2-180	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2		20		20
		4. NK	2	2	20		20	
25	4NK-3-2-60	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
26	4NK-3-2-120	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	
27	4NK-3-2-180	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2		20		20
		4. NK	3	2	20		20	

Çizelge 5.19 : Mevcut yapı senaryolarına ait kiriş kesme hasarı tablosu.

Senaryo No #	Senaryo Adı	Kat No #	Kolon Pas Payı cm	Kiriş Pas Payı cm	Mesnet Bölgesi		Açıklık Bölgesi	
					Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı	Sünek El.Sayısı	Gevrek El. Sayısı
28	Mev. Durum-1	Zemin	1	2	20		20	
		1. NK	1	2	20		20	
		2. NK	1	2	20		20	
		3. NK	1	2	20		20	
		4. NK	1	2	20		20	
29	Mev. Durum-2	Zemin	2	2	20		20	
		1. NK	2	2	20		20	
		2. NK	2	2	20		20	
		3. NK	2	2	20		20	
		4. NK	2	2	20		20	
30	Mev. Durum-3	Zemin	3	2	20		20	
		1. NK	3	2	20		20	
		2. NK	3	2	20		20	
		3. NK	3	2	20		20	
		4. NK	3	2	20		20	

Elemanların kesme kapasitelerine ait hasar sınırları tespit edilirken eğilme kapasitelerinin tespitinden farklı olarak deformasyon bazlı bir kontrol değil kuvvet bazlı bir kontrol yapılmıştır bu kapsamda mevcut yapının kesme kapasiteleri ile üzerine gelen kesme zorları karşılaştırıldığında tüm elemanlar sünek kalmaktadır. Ancak yangın etkisine maruz kalmış kiriş elemanları özellikle farklı yangın süresine bağlı olarak farklı hasar sınıfları içerisindeyler. Yangın süresinin 120 dk. ve 180 dk.'a çıktığı senaryolarda kesme dayanımının yetersiz olduğu ve elemanların gevrek olarak göçtüğü görülmektedir. Bu durum yangın etkisinde pas payı kalınlığının önemini göstermektedir. DBYBHY-2007'e göre eğilme etkisinde elemanlar için hasar sınırları belirtilmektedir ancak hiçbir yapı elemanı gevrek olarak göçemez denilmektedir. Kesme donatısı, eğilme donatısına göre daha dış beton katmanında bulunmakta ve yangından daha çabuk etkilenmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış çok katlı bir betonarme yapısının farklı yangın süresi, farklı pas payı kalınlığı ve yangının farklı katlarda yapıyı etkilediği durumlar gözetilerek analitik modeller kurulmuştur. Yangına maruz kalmış malzeme dayanımı TS EN 1992-1-2'de verilen bağıntılarla belirlenmiştir. Yangın etkime süresine bağlı olarak ortaya çıkan yüksek sıcaklığın eleman kesitlerinin taşıma gücünü hızla azalttığı gözlenmiş ve sonuçlar grafikler üzerinde gösterilmiştir. Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi kullanılarak oluşturulan analitik modellerin DBYBHY-2007'ye göre deprem performansları belirlenmiştir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analiz yapılan 30 senaryo sonuçları kıyaslanmıştır. Binanın mevcut ve yangın geçirmiş durumlarına ait bazı genel ve eleman bazlı sonuçlara varılmıştır. Buna göre, elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Genel sonuçlar yapının taban kesme kuvveti-tepe deplasman ve modal kapasite eğrileri açısından karşılaştırılmasından oluşmaktadır.

Yapının yangına maruz süresi arttıkça yapı rijitliğini kaybetmekte buna bağlı olarakta mafsallaşmalar daha ufak deformasyonlar ile gerçekleşmektedir. Bu durum yangın süresi arttıkça taban kesme kuvvetinin azaldığını göstermektedir. Yangın etkisi üst katlara çıktıkça mafsallaşmalar üst katlarda olmakta ve taban kesme kuvvetindeki değişim mevcut durumdaki (hasarsız yapı) değerlerine benzemektedir.

Modal kapasite eğrileri, modal yerdeğiştirme istemine kadar elde edilmiştir. Buna göre, yangın etkisinin olduğu durumlarda sistemin yatay yük taşıma kapasitesinde ve rijitliğinde azalış görülmüştür. Söz konusu azalış malzemelerin yangın etkisindeki dayanım kayıpları ve buna bağlı olarak da mafsallaşmaların mevcut durumdakine kıyasla daha küçük deformasyon ile gerçekleşmesindendir.

Eleman bazlı sonuçlar gerçekleştirilen analizler sonucunda, kolon ve kiriş elemanları için elde edilen plastik şekil değiştirme istemleri, çeşitli hasar sınırları için

tanımlanmış olan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte hesaplanan kesme kapasitelerinin aşılp aşılmadığı kontrol edilmiştir.

Tek doğrultuda gerçekleştirilen itme analizi sonuçlarına göre mevcut durumda binanın zemin kat kolonlarının tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Diğer katlarda ise mevcut durumda tüm kolonlar Minimum Hasar Bölgesindedir. Yangın etkisinden sonra değerlendirilen modellerde yangın süresine ve pas payına göre hasar sınırlarını aşan eleman adetlerinde değişiklikler görülmektedir.

Yangın süresi arttıkça hasarlı eleman sayısı da artmaktadır. Pas payı katmanı kalınlaştıkça ise yangın etkisinin özellikle donatılarda meydana getirdiği dayanım kaybı azalmakta buna bağlı olarak da kolonun sargılama etkisi de artmaktadır. Benzer yangın ve pas payı koşullarının farklı katlarda etkiyor olması da farklı sonuçlar doğurmaktadır. Üst katlarda meydana gelen yangın etkisinde oluşan hasarlar neticesinde mafsallaşmalar üst katlarda önce olmaktadır, böylelikle hasarlar üst katlarda kalmakta ve daha az yapı elemanı etkilenmektedir. Özellikle pas payının 1 cm ve yangın süresinin 180 dk. olduğu senaryolarda kolon elemanlarının bir çoğu göçme bölgesine geçmektedir. DBYBHY-2007'e göre yapısal elemanlardan hiç biri gevrek olarak göçemez. Bu durum her bir senaryo için kat kat kontrol edilmiştir. Yapılan kontroller kuvvet bazlı gerçekleştirilmiştir. Özellikle pas payı katmanının azaldığı ve yangın süresinin arttığı senaryolarda olası bir deprem sonucunda etriye dayanımının oldukça etkilenmiş olmasından ötürü kesitlerde gevrek göçme meydana gelmektedir. Alt katlarda eksenel yükün fazla olması sebebiyle kesme kapasitesinin de fazla olmasına karşın alt katlardaki kesme zorları da daha fazladır. Bu nedenle 3. 6. ve 12. senaryolarda gevrek olarak göçen kolon elemanları bulunmaktadır.

Tek doğrultuda gerçekleştirilen itme analizi sonuçlarına göre X doğrultusundaki her bir kattaki kiriş adeti 20'dir. Yangın etkisinden sonra değerlendirilen modellerde yangın süresine ve pas payına göre hasar sınırlarını aşan eleman adetlerinde değişiklikler görülmektedir. Mevcut yapıdaki kiriş elemanlarının hasar durumlarına bakıldığında elemanlar alt katlarda Belirgin Hasar durumundan ileriye geçmemişlerdir. Yangın etkisinin kirişlerde oluşturduğu hasar, yangının meydana geldiği kata göre farklılık göstermektedir. Analiz modeli oluşturulurken tanımlanan mafsallar kirişlerin mesnet bölgelerine atanmıştır. Deprem etkisi esnasında oluşabilecek hasarlar mesnet bölgesinde beklenmektedir. Bu nedenle yangının kirişleri üstten etkilediği senaryolarda üst mesnet donatıları daha çok dayanım

kaybettiği için hasarlar o kirişlerde artmaktadır. Normal şartlarda döşeme kalınlığının da kiriş donatılarının yangından korunması açısından olumlu etkisi bulunmaktadır ancak bu fayda analizler dahilinde yok sayılmıştır. Yangın süresi arttıkça elemanların hasar seviyeleri de artmıştır. Kirişlerdeki pas payı kalınlığı tüm senaryolarda 2 cm'dir, ancak kolonlardaki pas payının değişken kalınlığı kirişteki hasarı dolaylı yoldan etkilemektedir. Kolonlardaki pas payının azlığı yangın etkisinde kolonlardaki mafsallaşmayı arttırmakta bu durum o kolona bağlı kirişleri de olumsuz olarak etkilemektedir. Yangının zemin katta gerçekleştiği senaryolarda İHB geçen eleman sayıları artmaktadır. Ancak üst katlarda olan yangınlarda hasar azalmakla birlikte yangına maruz eleman sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da hasar seviyeleri artmaktadır. Kiriş elemanlarının kesme kapasitelerine ait hasar sınırları tespit edilirken eğilme kapasitelerinin tespitinden farklı olarak deformasyon bazlı bir kontrol değil kuvvet bazlı bir kontrol yapılmıştır bu kapsamda mevcut yapının kesme kapasiteleri ile üzerine gelen kesme zorları karşılaştırıldığında tüm elemanlar sünek kalmaktadır. Ancak yangın etkisine maruz kalmış kiriş elemanları özellikle farklı yangın süresine bağlı olarak farklı hasar sınıfları içerisindeyler. Yangın süresinin 120 dk. ve 180 dk.'a çıktığı senaryolarda kesme dayanımının yetersiz olduğu ve elemanların gevrek olarak göçtüğü görülmektedir. Bu durum yangın etkisinde pas payı kalınlığının önemini göstermektedir. Kesme donatısı, eğilme donatısına göre daha dış beton katmanında bulunmakta ve yangından daha çabuk etkilenmektedir.

Sonuç olarak, yapılan analizlerde pas payının öneminin yangın etkisinin yapıda oluşturabileceği hasarları etkilemede büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Özellikle düşük pas payı kalınlığında ve 2 saate ulaşan yangın durumlarında yapıların mühendislik hizmeti alınarak hasar durumları tespit edilmeli ve gerekli görüldüğü takdirde gerekli yapısal onarım ve güçlendirme müdahalelerinde bulunulmalıdır. Hali hazırdaki yapıların yangın güvenliği konusunda alınabilecek önlemler dahilinde uygulaması en kolay olan yüksek sıcaklığa karşı geliştirilmiş izolasyon malzemeleri ile yapısal elemanların korunmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Elde edilen bu çalışma sonuçları ile sayısal olarak tam bir karşılaştırma yapılacak literatür değerleri bulunamamıştır. Belki bu çalışma bundan sonra yapılacak daha ileri çalışmalara yardımcı olabilecektir.

KAYNAKLAR

- ACI 216R-89.** (1994). Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements, ACI, USA.
- Arioğlu, E.** (t.y.) Türkiye'de Üretilen St I Ve St III/B Betonarme Donatılarının Yangın Sonrası Mekanik Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma *Yapı Merkezi*, İstanbul.
- Bingöl A. F. ve Gül R. (2009)** Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına Ve Aderansa Etkileri Konusunda Bir Derleme Atatürk Üniversitesi, *Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü*, Erzurum
- Burnaz, O.** (2003). Betonarme Yapılarda Yangın ve Yangın Tasarımlarının Bir Model Üzerinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Burnaz, O.** (2010). Betonarme Yapılarda Yangın Ve Bu Yapıların Yangın Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Celep, Z.,** (2007). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, *Beta Yayıncılık*, İstanbul.
- Chadwell C. B.**(t.y.) XTRACT-Cross Section Analysis Software for Structural and Eartquake Engineering, *Imbsen&Associates*
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.** (2007). *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara
- DIAMOND (t.y.)** A Thermal/Structural Program Showing The Evolution Of Various Results Under Fire Alındığı tarih:09.11.2013
- Durmuş, A. ve Ataman, R.** (1992). Yüksek Sıcaklık Değişimlerinin Beton Dayanımına Etkileri, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni*, 42, 1314.
- Eren İ. ve Kocataşkın F.** (2008). Betonarme Yapılarda Yapısal Yangın Güvenliği *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim Dalı Betonarme ve Deprem Mühendisliği*. İstanbul
- Elices M ve Atienza J.M.** (t.y.) Behavior of Prestressing Steels After Fire Technical University of Madrid (UPM) Spain

- Eren İ. ve Gençoğlu M.** (2012) Yapısal Yangın Güvenliği Ders Notları. *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi*. İstanbul
- Eren İ.** (2002) Yapıların Yangın Güvenliği. *İMO İstanbul Bülteni*, Sayı 63/2002 shf.15-16
- Ergün A., Kürklü G., ve Başpınar M.S.** (2009). Yüksek Sıcaklık Sonrası Farklı Sınıflardaki Betonarme Çeliklerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2009-02 97-103*. Afyon
- Fib.Bulletin 46.** (2008). Fire Design of Concrete Structures – Structural Behaviour and Assessment. *International Federation for Structural Concrete (fib)*Lausanne, Switzerland
- Gernay, T. ve Franssen J.M.** (2011) *Safir Manual Faculté des Sciences Appliquées Département d'Architecture, Géologie, Environnement & Constructions*. Belgique
- Karabulut A.** (2011) TDY2007 Yönetmeliği Ve Fema 440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi. *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Kearsley, E.P. ve Wainwright, P.J.** (2001) “Porosity and Permeability of Foamed Concrete”, *Cement and Concrete Research*, No: 31, pp.805-812
- Khoury, G.A.** (2000). Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures, *Progress in Structural Engineering and Materials*, No: 2, pp. 429-447
- Kodur, V. ve McGrath, R.** (2003). Fire Endurance of High Strength Concrete Columns, *Fire Technology*, 39, 1, 73-87.
- Liew R.J.Y.** (2003). Performance Based Fire Safety Design Of Structures - A Multi-Dimensional Integration. *Department Of Civil Engineering*, National University Of Singapore, Blk E1A, #05-13, 1 Engineering Drive 2, Singapore 117576
- Özer, E.**, (2007) Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Ders Notu*, İstanbul.
- Öztürk, A. ve Yavuz, H.** (1995). Uygulamalarla Isı Geçişi: Taşınım ve Işınım, Birinci Baskı, *Çağlayan Basımevi*, İstanbul.
- Resmi Gazete.** (2002). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY), *Başbakanlık Basımevi*, 24827, 1-68.

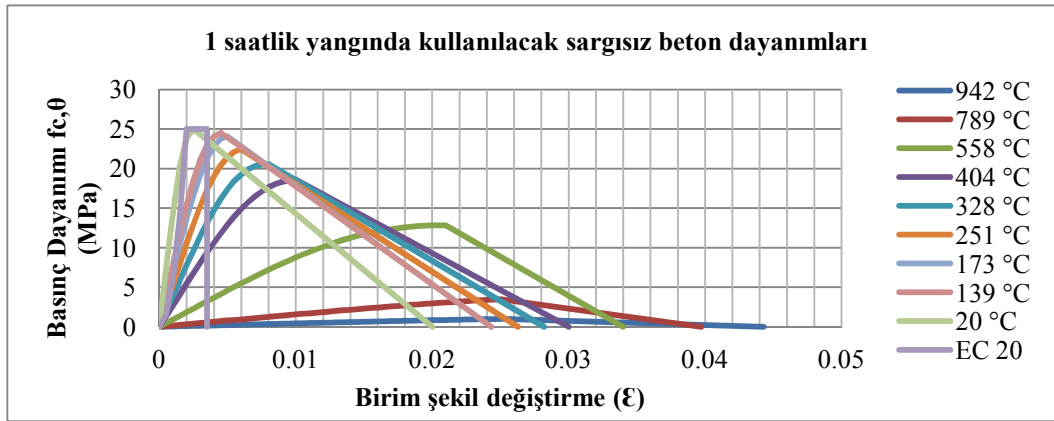
- R. Felicetti, A. Meda** (2005) Residual Behaviour Of Reinforcing Steel Bars After Fire Proc. Fib Symposium 'Keep Concrete Attractive' Budapest (Hungary), May 23-25, 2005,
- STA4CAD v13.1**, (t.y.) Betonarme ve Çelik Bina Tasarım Yazılımı, *Sta Bigisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.*, İstanbul
- SAP2000 Advanced 14.2.2**, (2011). Structural Analysis Program, *Computers and Structures Inc., Berkeley, California.*
- SAFIR (t.y.)** A Thermal/Structural Program Modeling Structures Under Fire
- TS EN 1992-1-2** (2006). Betonarme Yapıların Tasarımı-Bölüm 1-2: Genel Kurallar-Yapısal Yangın Tasarımı (Eurocode2), *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12086**. (2002). Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Su Buharı Geçirgenlik Özelliklerinin Tayini. *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-500**, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-498**, (1984). Betonarme Yapıların Boyutlandırmasında alınacak yükler, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- Fitzgerald R. W.** (2004) Building Fire Performance Analysis. *Worcester Polytechnic Institute, Worcester. Massachusetts, USA*
- XTRACT**, (2004). Cross Section Analysis Program of Structural Engineers, *Imbsen Software Systems.*
- Willam K., Xi Y. Lee K.ve Kim B.** (2009) Thermal Response Of Reinforced Concrete Structures In Nuclear Power Plants, *University of Colorado at Boulder. USA*
- Zeybek A.** (2008). Betonarme Kolonların Yangın Koşullarında Tasarımı ve Kontrolü *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim Dalı Betonarme ve Yapı Mühendisliği. İstanbul*

- [1] **Yüzer N., Kızıllkanat A.B., Uçarkoşar B.** (t.y.). Yüksek Sıcaklık Etkisinde Beton Davranışı. *Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul*
- [2] **Ünlüoğlu E., Topçu İ.B. ve Yalaman B.** (2007) Yüksek Sıcaklıkta Kalmış Yapılarda Pas Payının Betonarme Çelik Donatı Özelliklerine Etkisi. *İMO Teknik Dergi*, 4145 -4155, Yazı 273. Eskişehir
- [3] **Nasser, K. W.** (1968) Creep of Concrete at Low Stress-Strength Ratios and Elevated Temperatures, Temperature and Concrete, *ACI SP25, 137-148* Detroit, Michigan.
- [4] **Yerlici V., Luş H** (2007). Yapı Dinamiğine Giriş, 2. Baskı, *Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi*. İstanbul

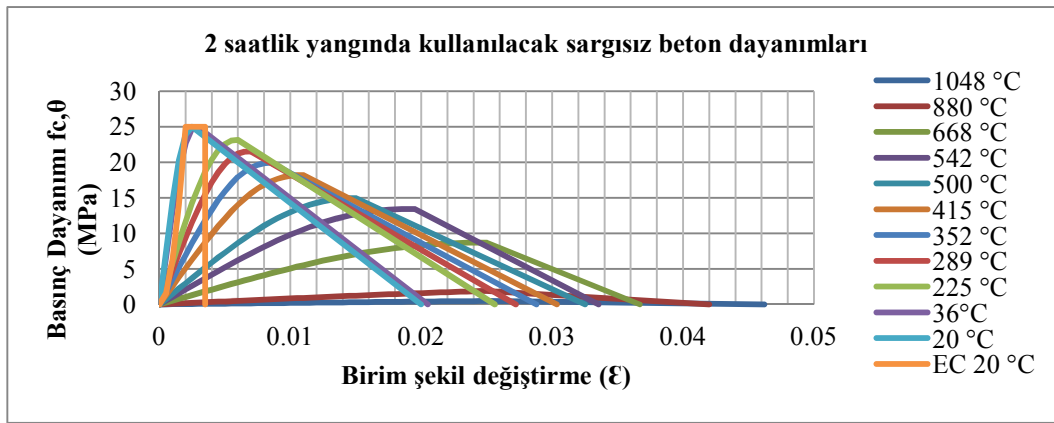
EKLER

- EK A:** Yüksek sıcaklık sonrasında 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun dış yüzden iç yüze doğru sargılanmamış beton dayanımındaki değişim grafikleri.
- EK B:** Yüksek sıcaklık sonrasında 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun dış yüzden iç yüze doğru EK C’de verilen parametreler neticesinde sargılanmış beton dayanımındaki değişim grafikleri.
- EK C:** Yüksek sıcaklık sonrasında 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun kesme donatısı ve eğilme donatısı birim şekil değiştirme grafikleri.
- EK D:** Yüksek sıcaklık sonrasında 40 cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin dış yüzden iç yüze doğru sargılanmamış beton dayanımındaki değişim grafikleri (Alttan Yangın Etkisi).
- EK E:** Yüksek sıcaklık sonrasında 40 cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin kesme donatısı ve eğilme donatısı birim şekil değiştirme grafikleri (Alttan Yangın Etkisi).
- EK F:** Yüksek sıcaklık sonrasında 40 cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin dış yüzden iç yüze doğru sargılanmamış beton dayanımındaki değişim grafikleri (Üstten Yangın Etkisi).
- EK G:** Yüksek sıcaklık sonrasında 40 cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin etriye ve eğilme donatısı birim şekil değiştirme grafikleri (Üstten Yangın Etkisi).
- EK H:** Kalıp planları.
- EK I:** Kolonlarda 3 boyutlu etkileşim yüzeyinin oluşturulmasında kullanılan değerler boyutlu etkileşim eğrileri değerleri.
- EK J:** Kirişlerde moment eğrilik ilişkileri değerleri.
- EK K:** Her senaryoya ait kat kat kolon hasar sınırları ve eleman kapasiteleri grafikleri.
- EK L:** Karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafikleri.
- EK M:** Karşılaştırmalı modal kapasite eğrileri.

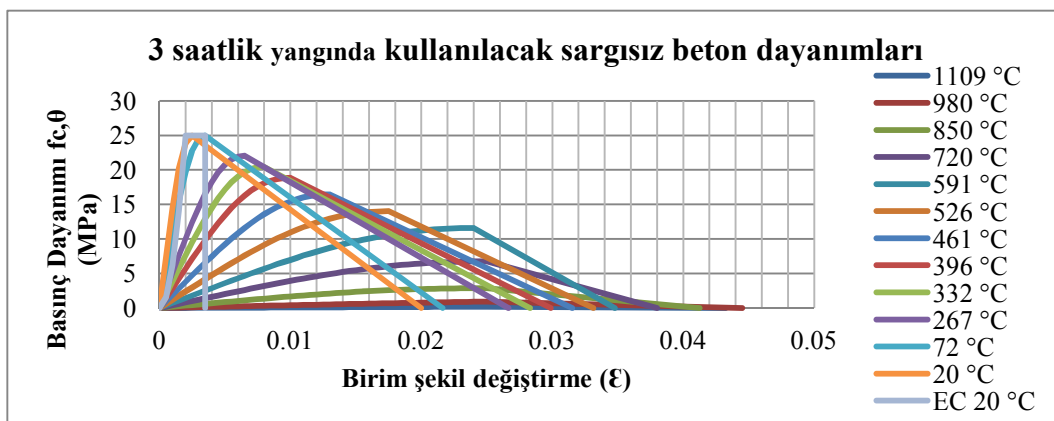
EK A



Şekil A.1 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)

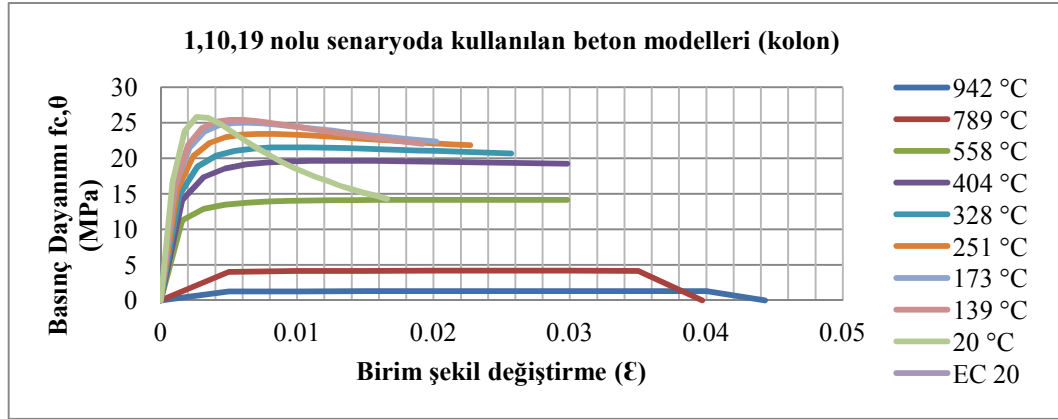


Şekil A.2 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)

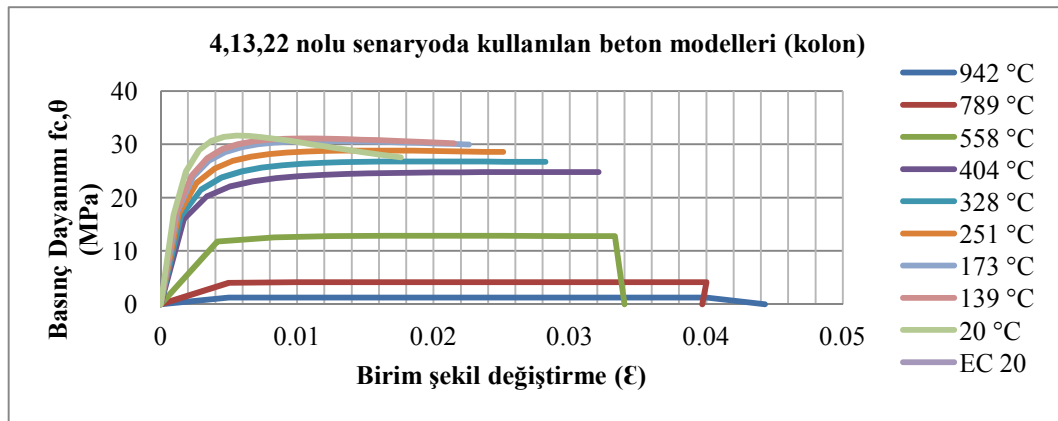


Şekil A.3 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği. (Dıştan içe doğru)

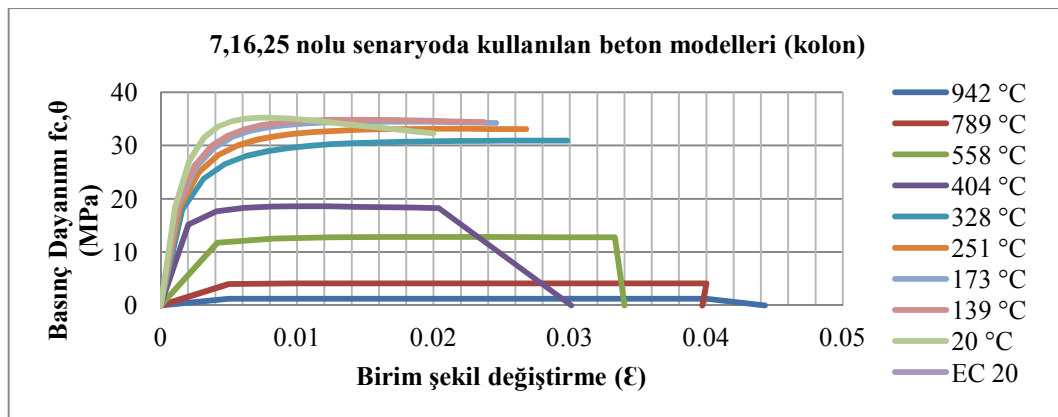
EK B



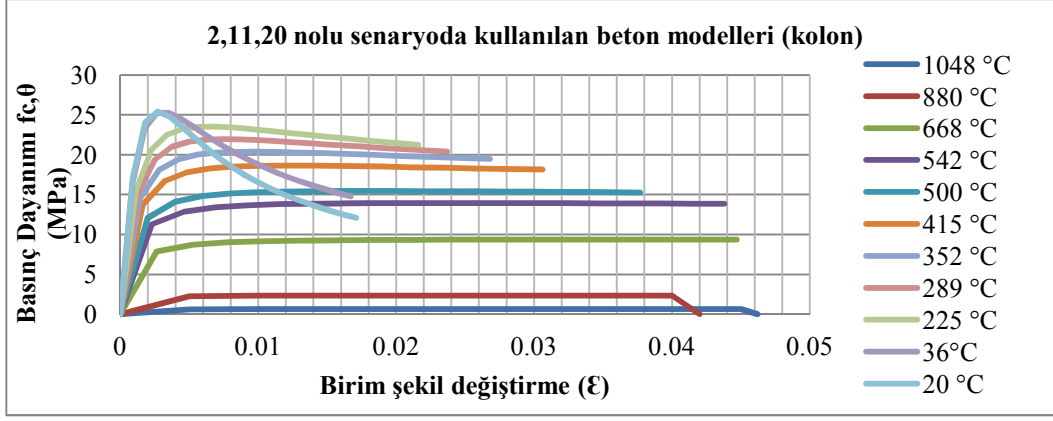
Şekil B.1 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (1,10,19 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



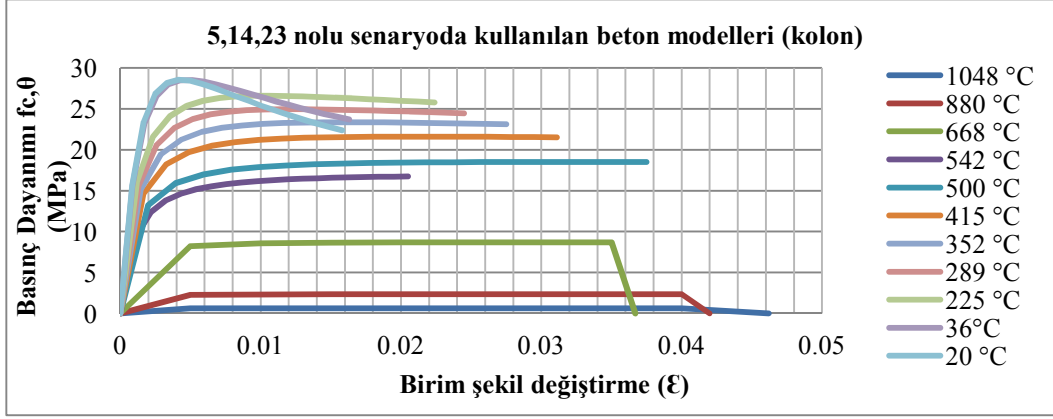
Şekil B.2 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (4,13,22 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



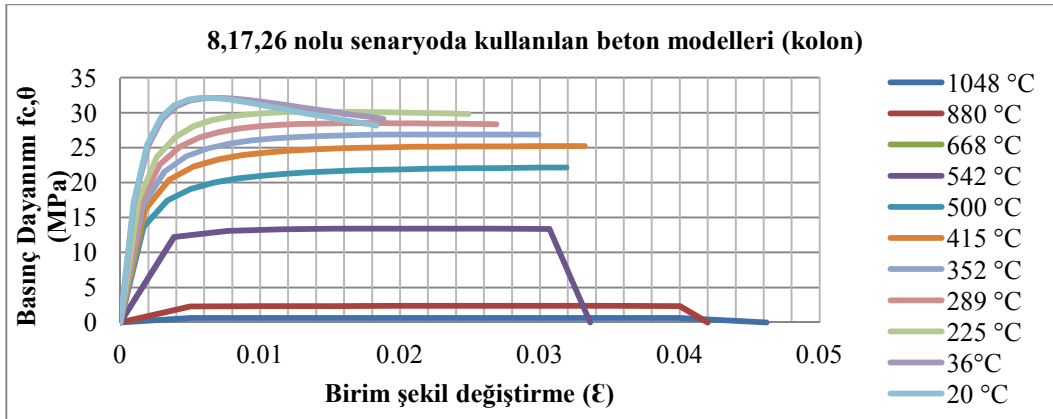
Şekil B.3 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (7,16,25 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



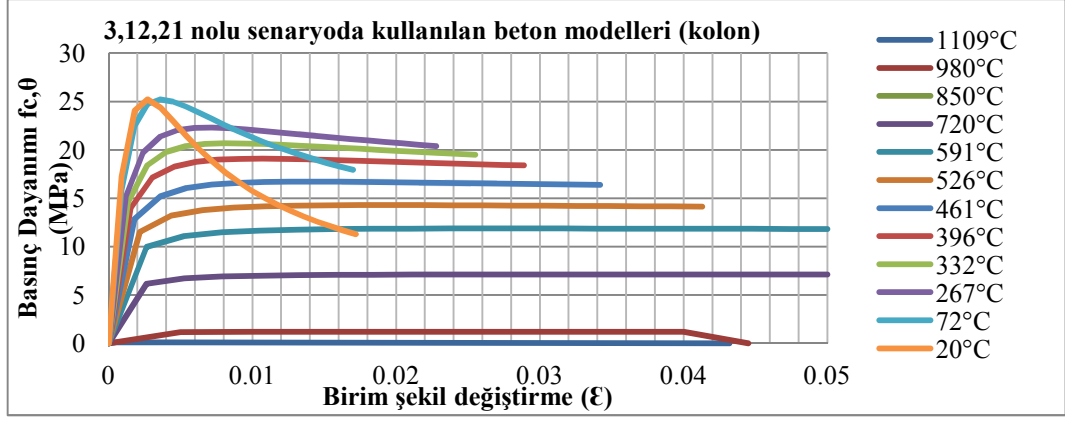
Şekil B.4 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (2,11,20 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



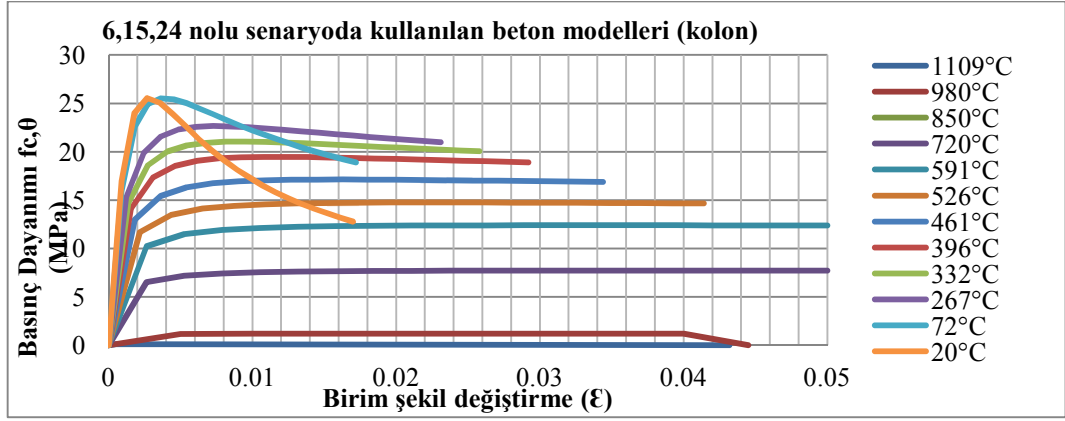
Şekil B.5 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (5,14,23 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



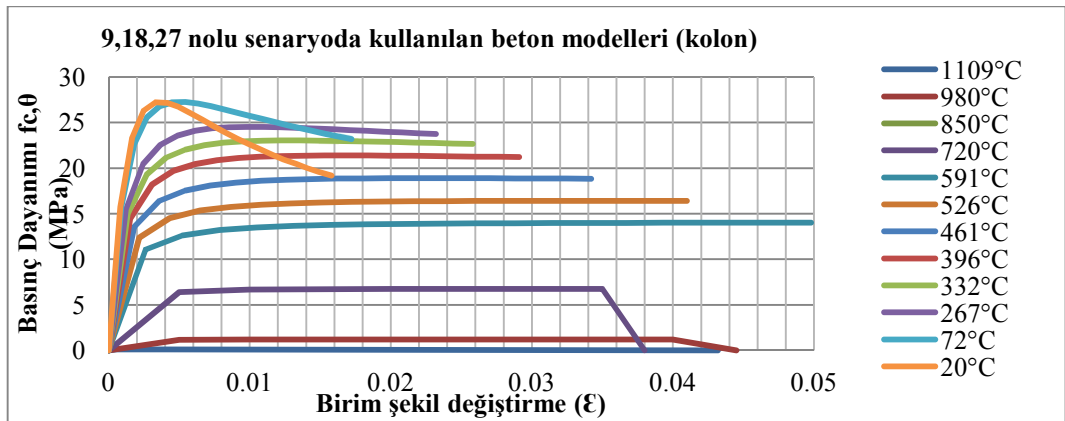
Şekil B.6 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (8,17,26 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)



Şekil B.7 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (3,12,21 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)

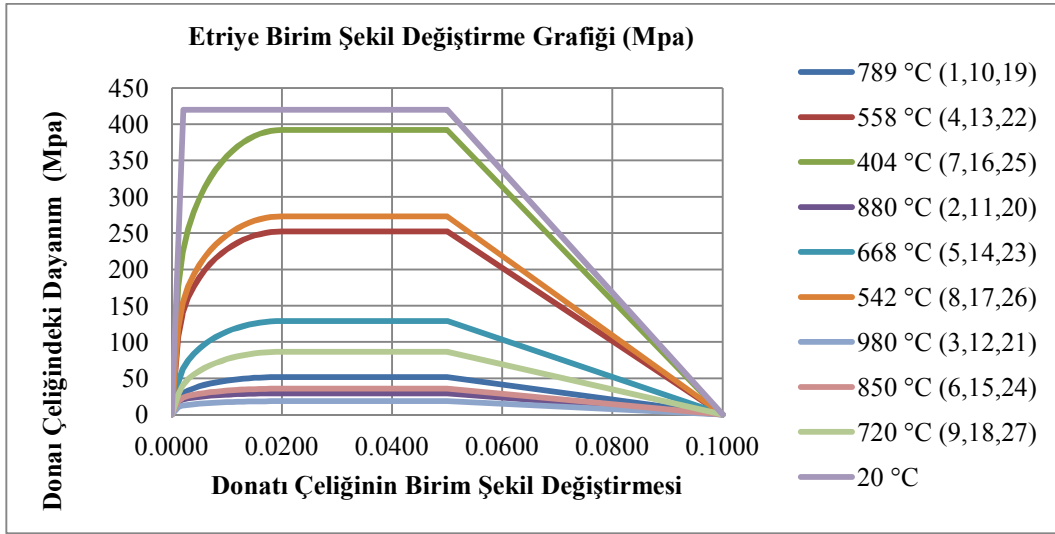


Şekil B.8 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (6,15,24 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)

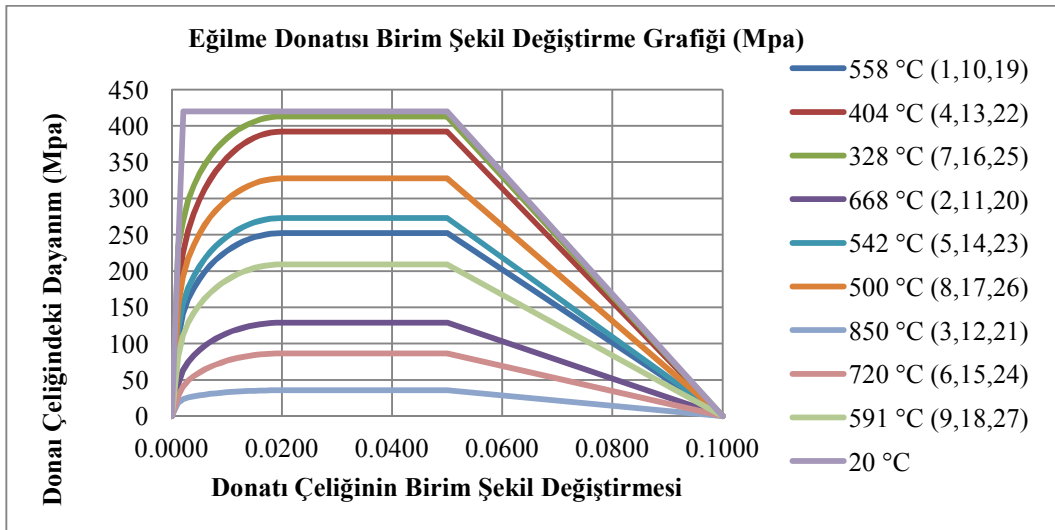


Şekil B.9 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 50cm x 50cm boyutlarındaki sargılanmış kolon kesitindeki basınç dayanımı gerilme grafiği (9,18,27 Nolu Senaryo). (Dıştan içe doğru)

EK C

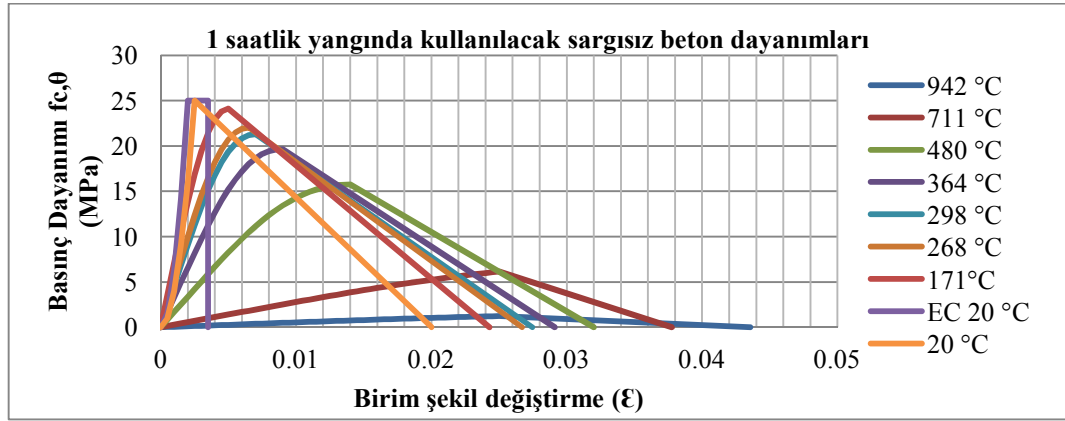


Şekil C.1 : Tüm senaryolar kapsamında 50cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği.

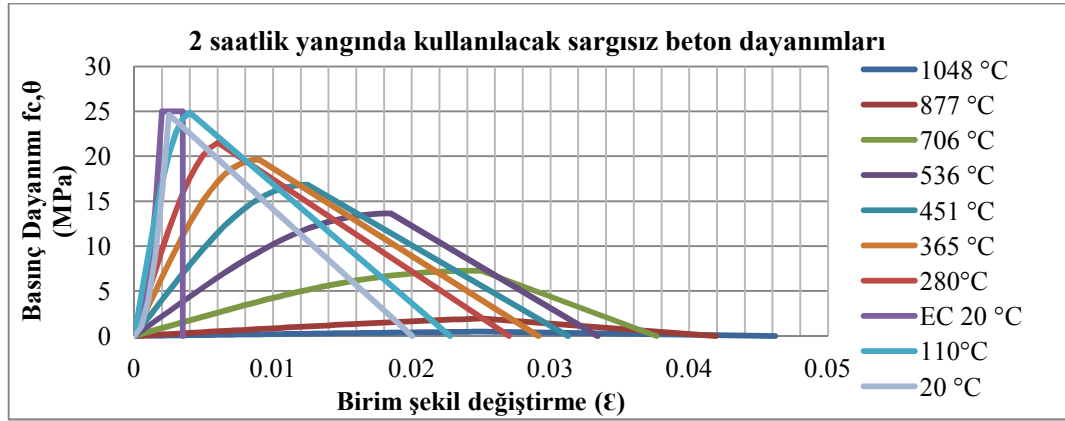


Şekil C.2 : Tüm senaryolar kapsamında 50cm x 50 cm boyutlarındaki kolonun eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği.

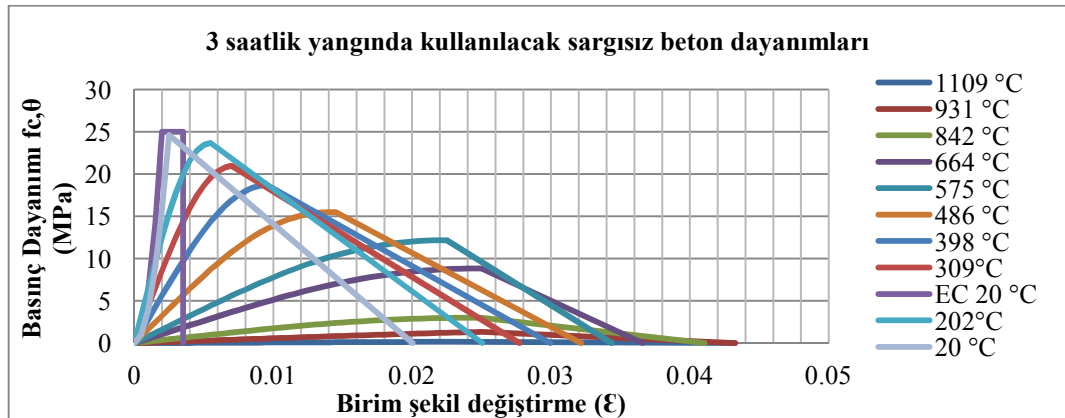
EK D



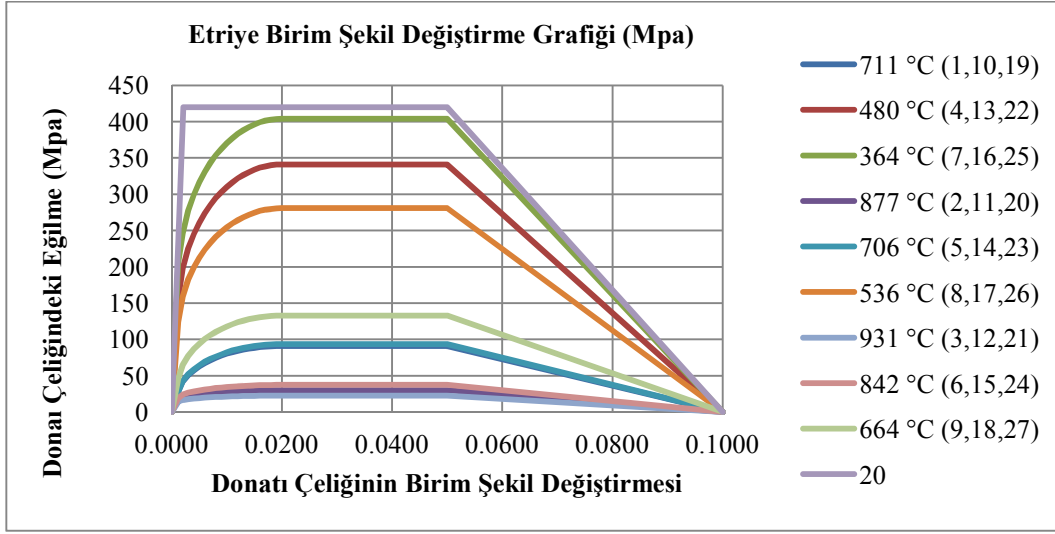
Şekil D.1 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)



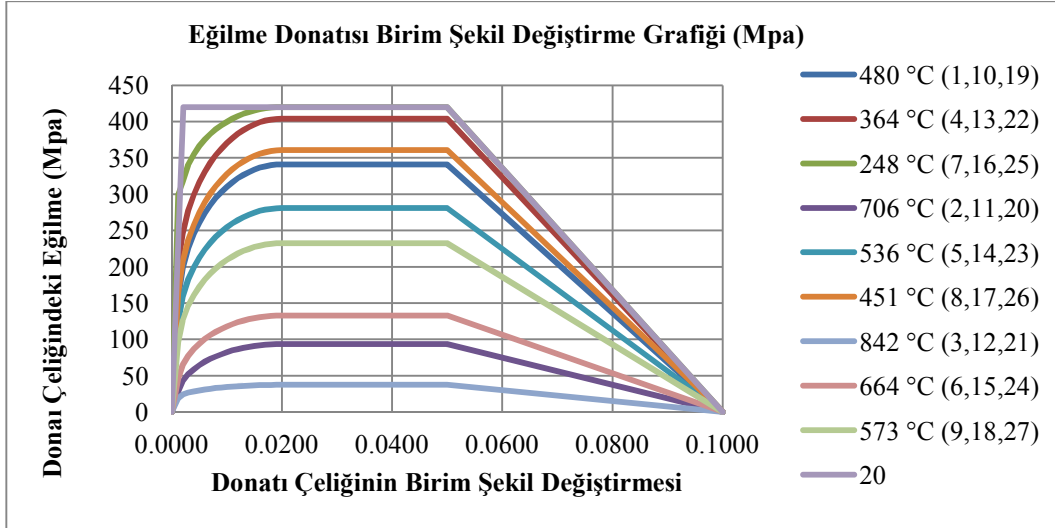
Şekil D.2 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)



Şekil D.3 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Alttan yangın). (Dıştan içe doğru)

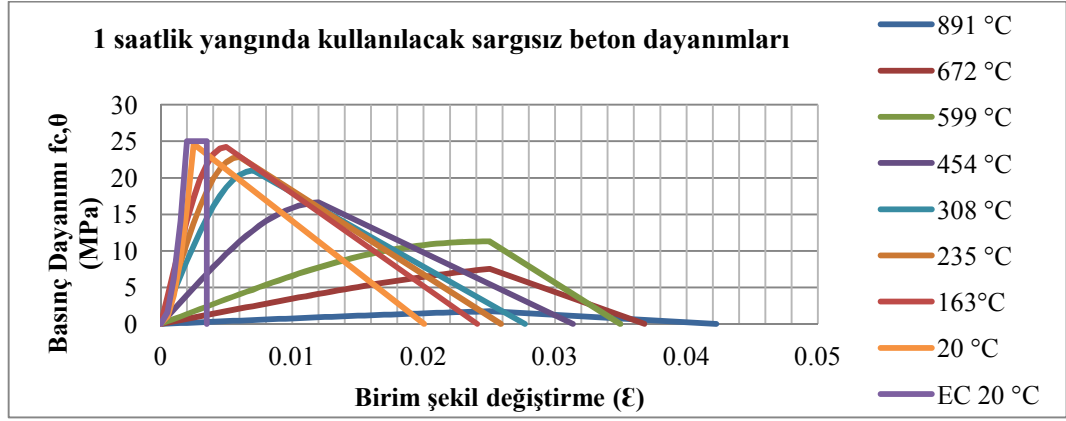


Şekil E.1 : Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Altan yangın).

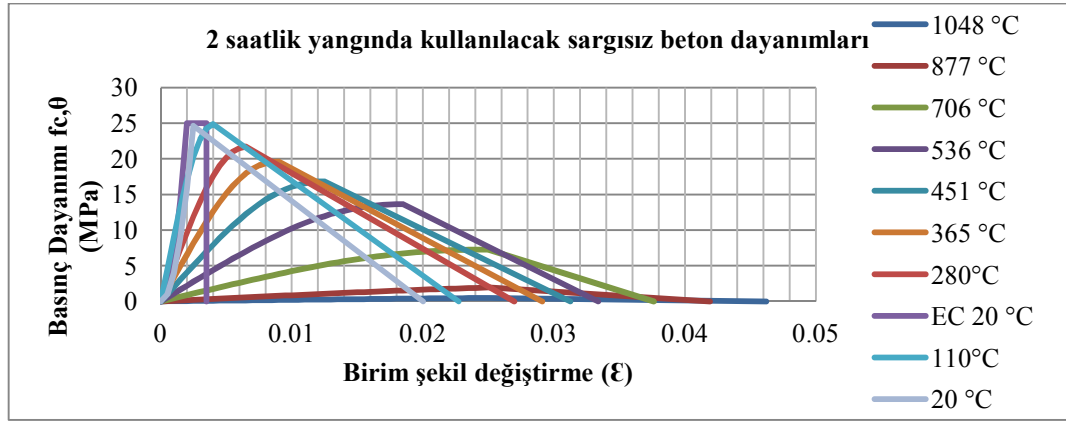


Şekil E.2 : Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Altan yangın).

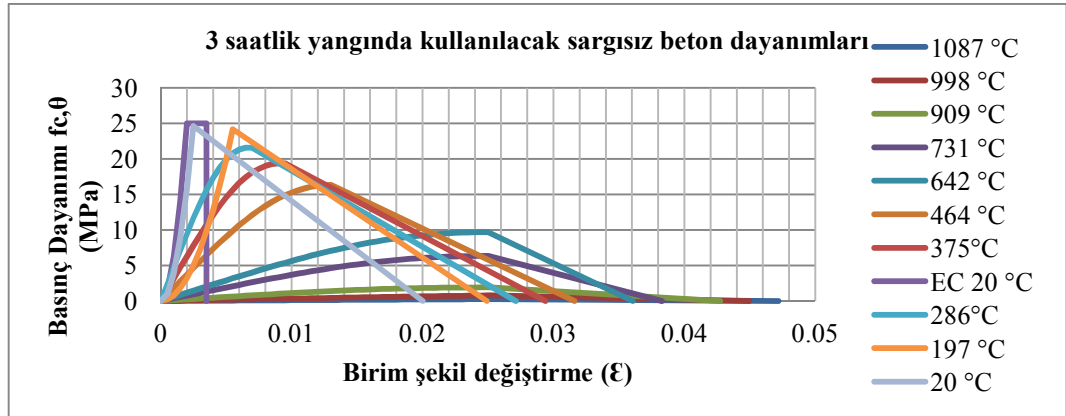
EK F



Şekil F.1 : 1 saatlik (3600 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)

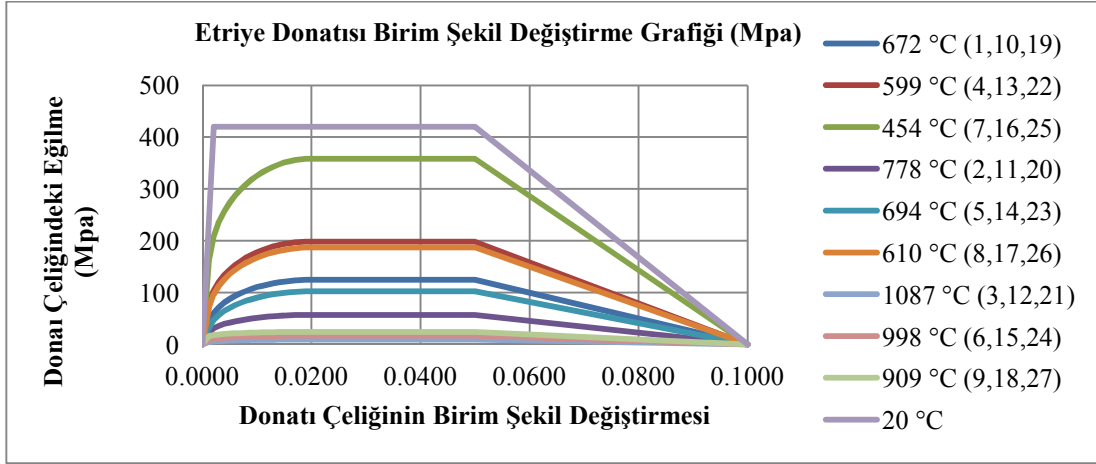


Şekil F.2 : 2 saatlik (7200 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)

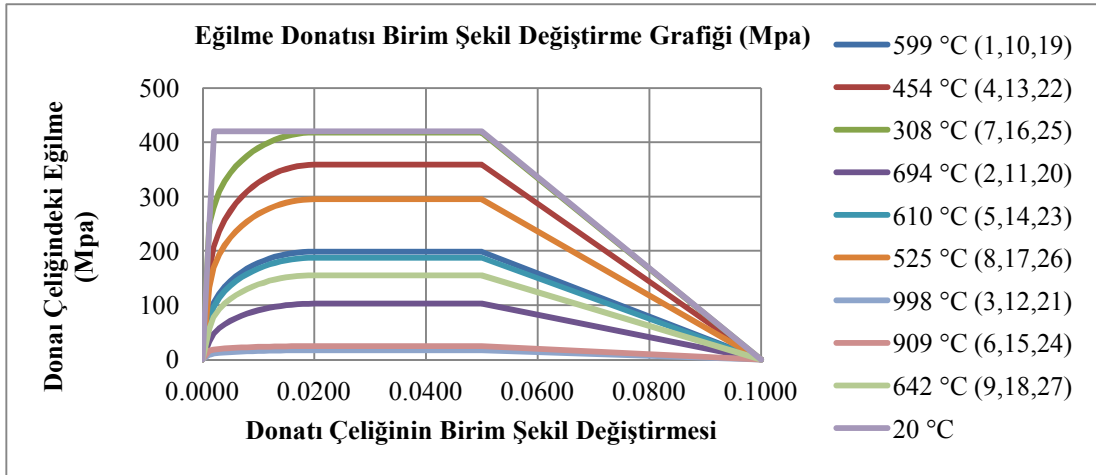


Şekil F.3 : 3 saatlik (10800 sn) yangının 40cm x 50cm boyutlarındaki kiriş kesitindeki sargısız beton basınç dayanımı gerilme grafiği (Üstten yangın). (Dıştan içe doğru)

EK G

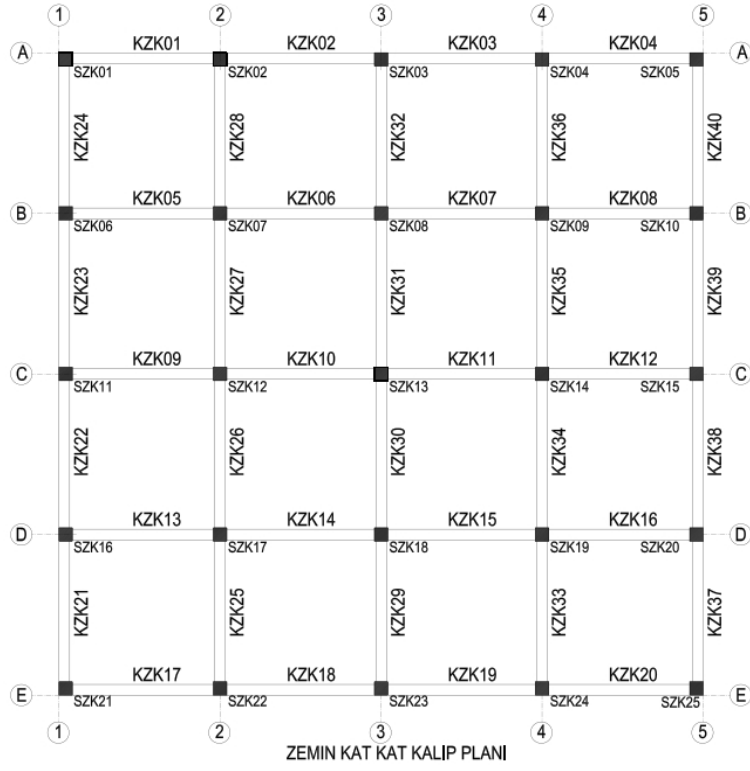


Şekil G.1 : Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin kesme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın).

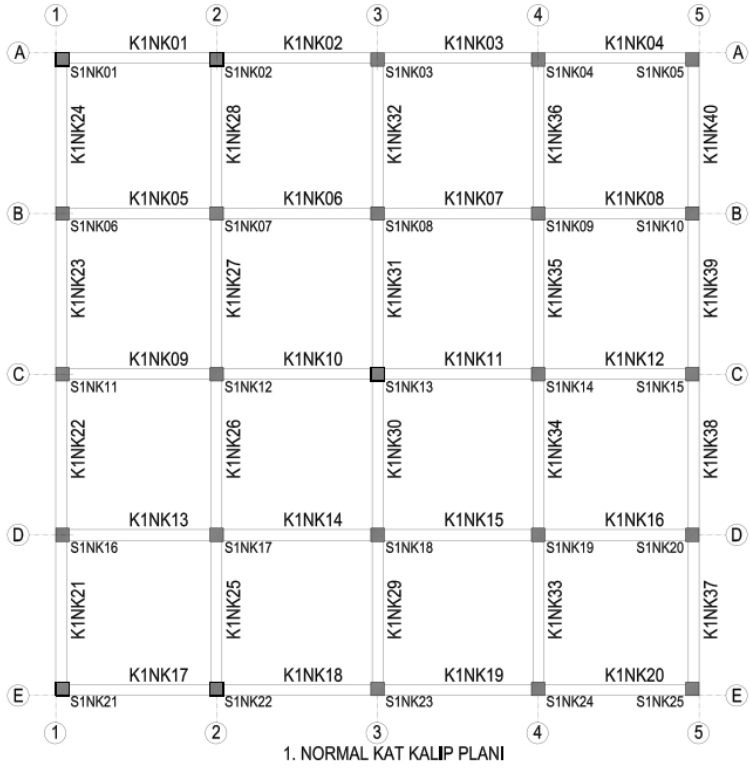


Şekil G.2 : Tüm senaryolar kapsamında 40cm x 50 cm boyutlarındaki kirişin eğilme donatısındaki sıcaklığa bağlı dayanım şekil değiştirme grafiği (Üstten yangın).

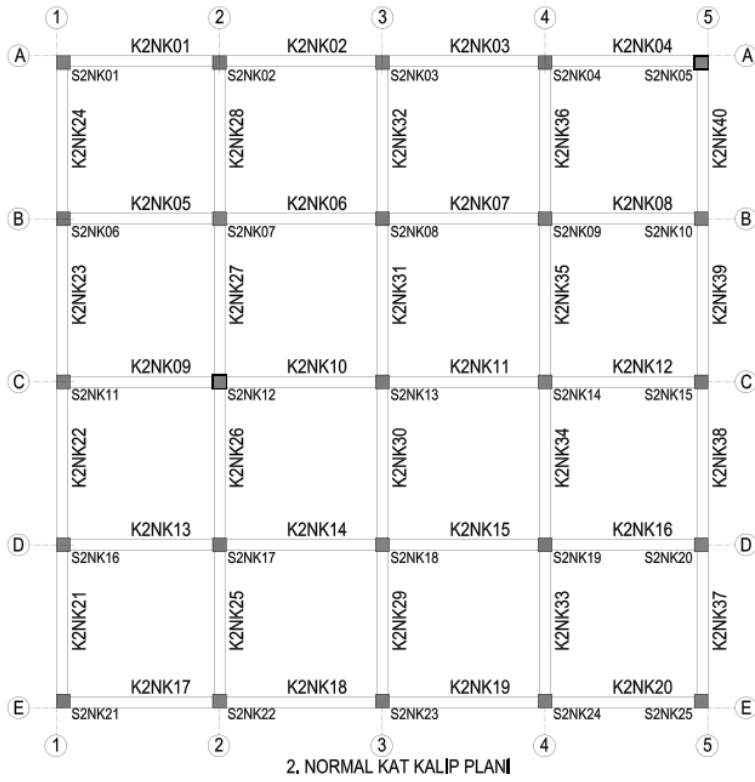
EK H



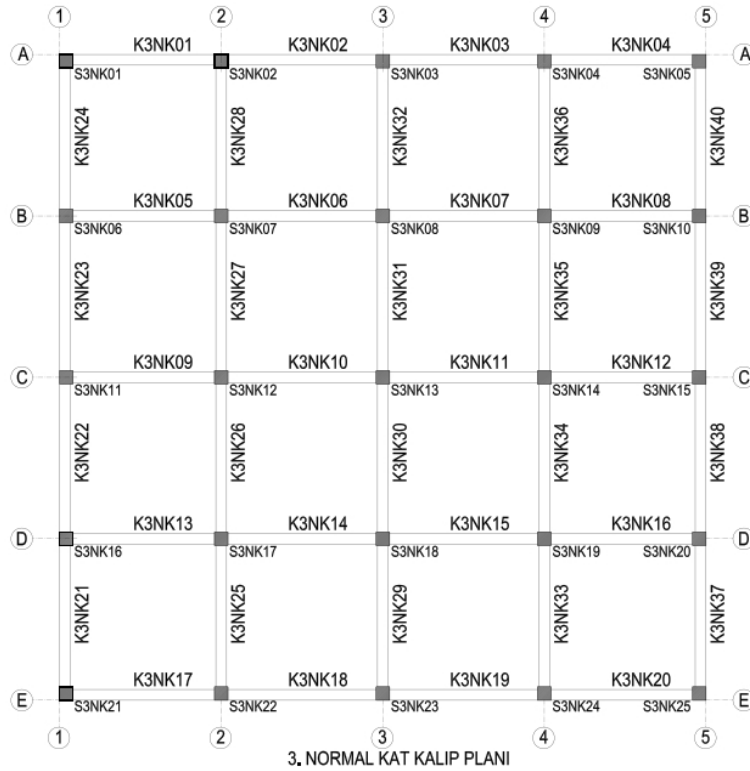
Şekil H.1 : Zemin kat kalıp planı.



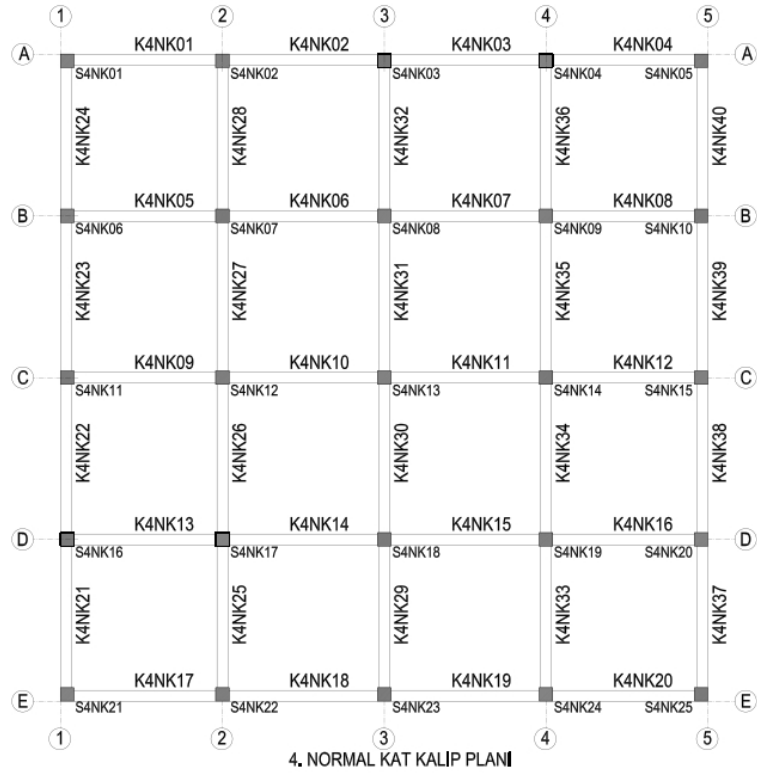
Şekil H.2 : 1. Normal kat kalıp planı.



Şekil H.3 : 2. Normal kat kalıp planı.



Şekil H.4 : 3. Normal kat kalıp planı.



Şekil H.5 : 4. Normal kat kalıp planı.

EK I

Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	1 cm							
Durum	Mevcut							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
9020	0	0	9020	0	0	9020	0	0
5007	521	0	5484	289	289	5007	0	521
2066	581	0	1196	324	324	2066	0	581
1138	489	0	22	223	223	1138	0	489
-59	285	0	-904	86	86	-59	0	285
-1357	7	0	-1354	3	3	-1357	0	7
-1358	2	0	-1356	1	1	-1358	0	2
-1369	0	0	-1369	0	0	-1369	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	2 cm							
Durum	Mevcut							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
8817	0	0	8817	0	0	8817	0	0
4934	503	0	5419	281	281	4934	0	503
2026	564	0	1188	315	315	2026	0	564
1117	475	0	9	217	217	1117	0	475
56	301	0	-853	93	93	56	0	301
-1357	6	0	-1354	5	5	-1357	0	6
-1358	2	0	-1356	1	1	-1358	0	2
-1369	0	0	-1369	0	0	-1369	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	3 cm							
Durum	Mevcut							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
8624	0	0	8624	0	0	8624	0	0
4885	483	0	5370	271	271	4885	0	483
1993	547	0	1160	306	305	1993	0	547
1099	462	0	-24	209	209	1099	0	462
180	316	0	-793	102	102	180	0	316
-1357	6	0	-1354	4	4	-1357	0	6
-1358	2	0	-1356	1	1	-1358	0	2
-1369	0	0	-1369	0	0	-1369	0	0

Şekil I.1 : Hasar görmemiş kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.

Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	1 cm							
Durum	1 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
6141	0	0	6141	0	0	6141	0	0
3585	316	0	3875	171	171	3585	0	316
1390	351	0	794	187	187	1390	0	351
652	276	0	-12	123	123	652	0	276
-148	139	0	-554	46	46	-149	0	139
-796	7	0	-805	4	4	-796	0	7
-809	2	0	-811	1	1	-809	0	2
-811	0	0	-811	0	0	-811	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	2 cm							
Durum	1 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
7093	0	0	7093	0	0	7093	0	0
3824	359	0	4070	193	193	3824	0	359
1327	406	0	680	217	217	1327	0	406
477	324	0	-265	148	148	477	0	324
-314	193	0	-876	66	66	-315	0	193
-1235	9	0	-1245	6	6	-1235	0	9
-1254	4	0	-1257	2	2	-1254	0	4
-1262	0	0	-1262	0	0	-1262	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	3 cm							
Durum	1 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
7287	0	0	7287	0	0	7287	0	0
3895	362	0	4138	194	194	3895	0	361
1302	406	0	654	217	217	1301	0	406
420	320	0	-334	146	146	420	0	320
-251	212	0	-896	72	72	-252	0	212
-1312	5	0	-1325	2	2	-1312	0	5
-1315	2	0	-1326	1	1	-1329	0	2
-1329	0	0	-1329	0	0	-1329	0	0

Şekil I.2 : 1 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.

Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	1 cm							
Durum	2 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
5010	0	0	5010	0	0	5010	0	0
3110	235	0	3392	127	127	3110	0	235
1235	251	0	745	132	132	1235	0	251
601	186	0	112	80	80	601	0	186
-15	83	0	-264	26	26	-15	0	83
-400	7	0	-408	4	4	-400	0	7
-414	2	0	-414	1	1	-414	0	0
-415	0	0	-415	0	0	-415	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	2 cm							
Durum	2 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
5940	0	0	5940	0	0	5940	0	0
3347	283	0	3590	151	151	3347	0	283
1178	315	0	631	168	168	1178	0	315
443	243	0	-140	109	109	443	0	243
-197	138	0	-606	46	47	-197	0	138
-867	6	0	-873	4	4	-867	0	6
-877	2	0	-879	1	1	-877	0	2
-879	0	0	-879	0	0	-879	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	3 cm							
Durum	2 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
6304	0	0	6304	0	0	6304	0	0
3453	297	0	3686	158	158	3453	0	296
1142	332	0	583	177	177	1142	0	332
360	256	0	-257	116	116	360	0	256
-209	165	0	-714	57	57	-210	0	165
-1035	6	0	-1050	4	4	-1035	0	6
-1054	2	0	-1054	1	1	-1054	0	2
-1054	0	0	-1054	0	0	-1054	0	0

Şekil I.3 : 2 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.

Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	1 cm							
Durum	3 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
4179	0	0	4179	0	0	4179	0	0
2748	180	0	3019	96	96	2748	0	180
1111	180	0	683	95	95	1110	0	180
563	121	0	191	48	48	563	0	121
88	42	0	-73	10	10	87	0	42
-110	7	0	-109	4	4	-110	0	7
-113	2	0	-113	1	1	-113	0	2
-115	0	0	-115	0	0	-115	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	2 cm							
Durum	3 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
4391	0	0	4391	0	0	4391	0	0
2753	184	0	2997	98	98	2753	0	184
1045	191	0	626	99	99	1045	0	191
469	131	0	94	54	54	469	0	131
26	61	0	-172	18	18	26	0	61
-263	7	0	-274	4	4	-264	0	7
-276	2	0	-277	1	1	-276	0	2
-278	0	0	-278	0	0	-278	0	0
Kolon Boyut	50x50							
Pas payı	3 cm							
Durum	3 Saat Yangın							
0 Derece			45 Derece			90 Derece		
Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy	Eksenel Kuvvet	Mxx	Myy
kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m
5071	0	0	5071	0	0	5071	0	0
2929	217	0	3149	115	115	2929	0	217
982	240	0	531	126	126	982	0	240
325	175	0	-123	77	77	325	0	175
-124	106	0	-450	36	36	-124	0	106
-660	7	0	-666	4	4	-660	0	7
-671	2	0	-672	1	1	-671	0	2
-673	0	0	-673	0	0	-673	0	0

Şekil I.4 : 3 saat yangın etkisine maruz kalmış kolonların 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin tanımlandığı değerler.

Ek J

Çizelge J.1 : Yangın etkisinin alttan gerçekleşmesi ile giriş elemanlarının moment eğrilik ilişkileri.

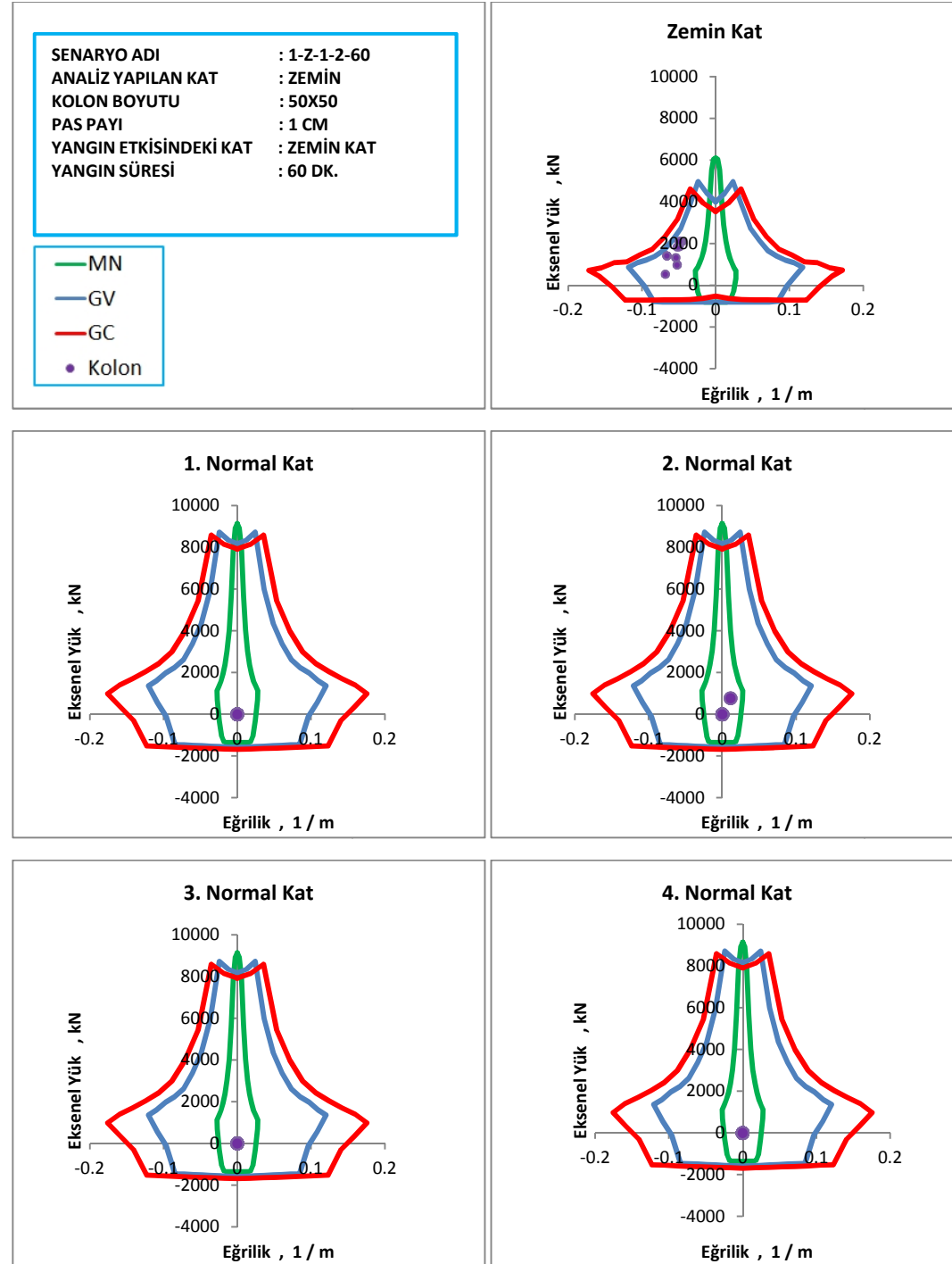
Hasar Görmüş Yapı Elemanları - Yangının Kirişlere Alttan Etkisi										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kiriş Tipi	Mesnet Yeri	Çekme Bölgesi	Efektif Akma Momenti (kN.m)	En Büyük Moment (kN.m)	(5/4)	Efektif Akma Eğriliği (1/m)	En Büyük Eğrilik (1/m)	Süneklik (8/7)	Efektif Akma Dönmesi (rad)	En Büyük Dönme (rad)
TİP 1-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	359.5	411.9	1.15	0.008839	0.2917	33.00	0.072925	0.072925
		Alt	162.4	162.4	1.00	0.009856	0.1200	12.18	0.030000	0.030000
TİP 1-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	338.7	376.1	1.11	0.008315	0.2482	29.85	0.062050	0.062050
		Alt	115.0	115.0	1.00	0.006879	0.1300	18.90	0.032500	0.032500
TİP 1-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	317.0	333.0	1.05	0.009865	0.2168	21.98	0.054200	0.054200
		Alt	54.9	54.9	1.00	0.011300	0.1200	10.62	0.030000	0.030000
TİP 2-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	409.5	468.1	1.14	0.009090	0.2879	31.67	0.071975	0.071975
		Alt	161.5	161.5	1.00	0.009800	0.1200	12.24	0.030000	0.030000
TİP 2-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	381.7	416.4	1.09	0.009534	0.2225	23.34	0.055625	0.055625
		Alt	113.0	113.0	1.00	0.009810	0.1200	12.23	0.030000	0.030000
TİP 2-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	358.7	360.9	1.01	0.010350	0.1844	17.82	0.046100	0.046100
		Alt	54.8	54.8	1.00	0.011410	0.1300	11.39	0.032500	0.032500
TİP 5-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	179.5	219.1	1.22	0.007206	0.2441	33.87	0.061025	0.061025
		Alt	161.1	161.1	1.00	0.010160	0.125	12.30	0.031250	0.031250
TİP 5-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	179.4	215.0	1.20	0.007805	0.261	33.44	0.065250	0.065250
		Alt	113.8	113.8	1.00	0.009905	0.2353	23.76	0.058825	0.058825
TİP 5-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	151.1	203.3	1.35	0.008362	0.29	34.68	0.072500	0.072500
		Alt	54.4	54.4	1.00	0.011300	0.121	10.71	0.030250	0.030250

Çizelge J.2 : Yangın etkisinin üstten gerçekleşmesi ile giriş elemanlarının moment eğrilik ilişkileri (Devamı).

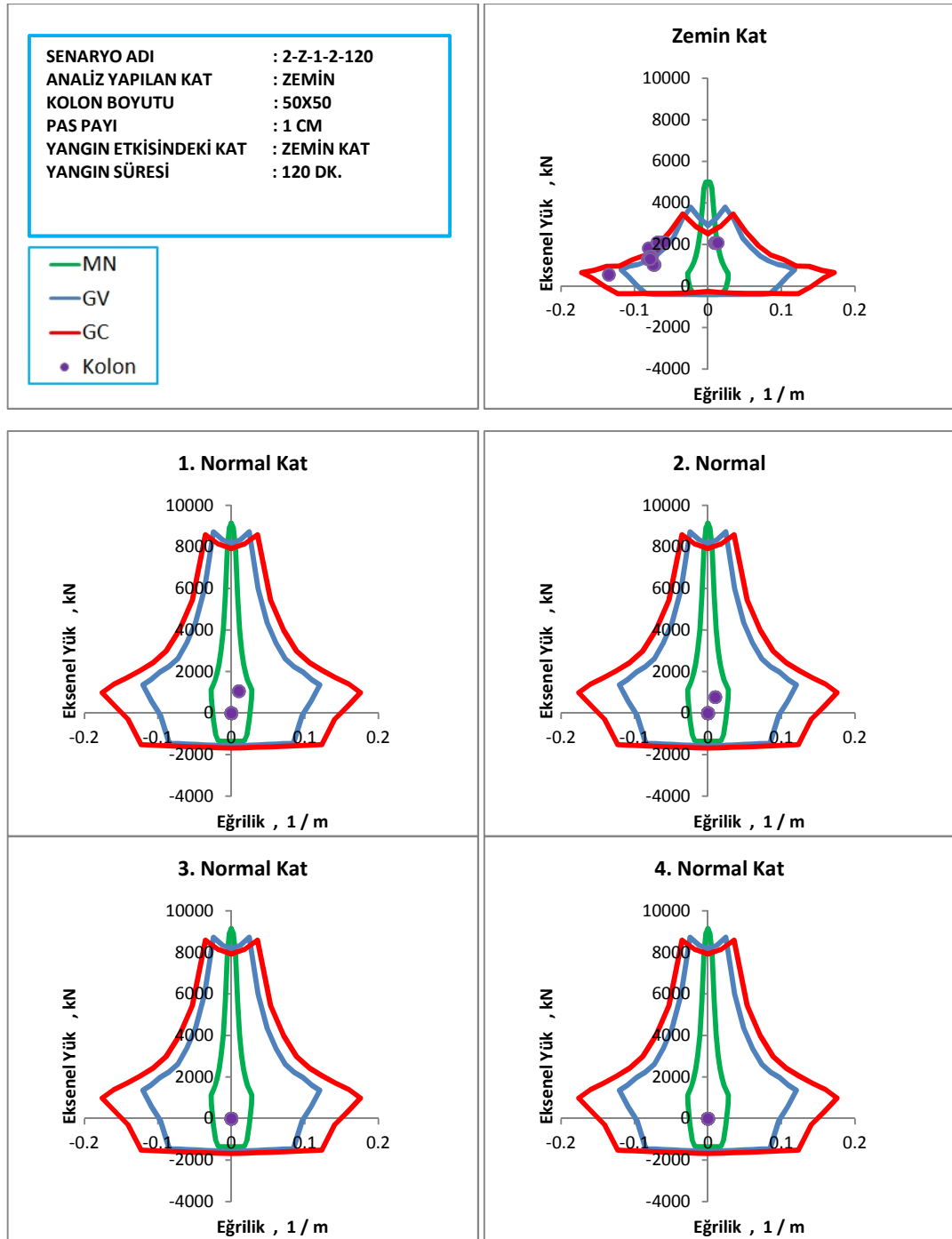
Hasar Görmüş Yapı Elemanları - Yangının Kirişlere Üstten Etkisi										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kiriş Tipi	Mesnet Yeri	Çekme Bölgesi	Efektif Akma Momenti (kN.m)	En Büyük Moment (kN.m)	(5/4)	Efektif Akma Eğriligi (1/m)	En Büyük Eğrilik (1/m)	Süneklik (8/7)	Efektif Akma Dönmesi (rad)	En Büyük Dönme (rad)
TİP 1-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	281.7	281.7	1.00	0.011210	0.1300	11.60	0.032500	0.032500
		Alt	180.8	219.9	1.22	0.007030	0.2420	34.42	0.060500	0.060500
TİP 1-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	150.4	150.4	1.00	0.011460	0.1300	11.34	0.032500	0.032500
		Alt	178.6	217.6	1.22	0.007650	0.2489	32.54	0.062225	0.062225
TİP 1-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	66.4	66.4	1.00	0.011480	0.1200	10.45	0.030000	0.030000
		Alt	173.7	202.9	1.17	0.008483	0.2895	34.13	0.072375	0.072375
TİP 2-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	325.8	325.4	1.00	0.011650	0.1300	11.16	0.032500	0.032500
		Alt	179.9	220.5	1.23	0.006906	0.2417	35.00	0.060425	0.060425
TİP 2-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	176.0	176.0	1.00	0.011550	0.1300	11.26	0.032500	0.032500
		Alt	177.8	218.9	1.23	0.007567	0.2455	32.44	0.061375	0.061375
TİP 2-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	77.3	77.3	1.00	0.01153	0.1300	11.27	0.0325	0.0325
		Alt	175.4	204.2	1.16	0.008533	0.2885	33.81	0.072125	0.072125
TİP 3-1 Saat	Sol-Sağ	Üst	235.7	235.7	1.00	0.01083	0.1300	12.00	0.0325	0.0325
		Alt	181.1	218.7	1.21	0.00711	0.2425	34.11	0.060625	0.060625
TİP 3-2 Saat	Sol-Sağ	Üst	126.0	126.0	1.00	0.0112	0.1200	10.71	0.03	0.03
		Alt	179.7	215.9	1.20	0.00778	0.2597	33.38	0.064925	0.064925
TİP 3-3 Saat	Sol-Sağ	Üst	56.1	56.1	1.00	0.01131	0.1200	10.61	0.03	0.03
		Alt	173.0	200.5	1.16	0.008487	0.2901	34.18	0.072525	0.072525

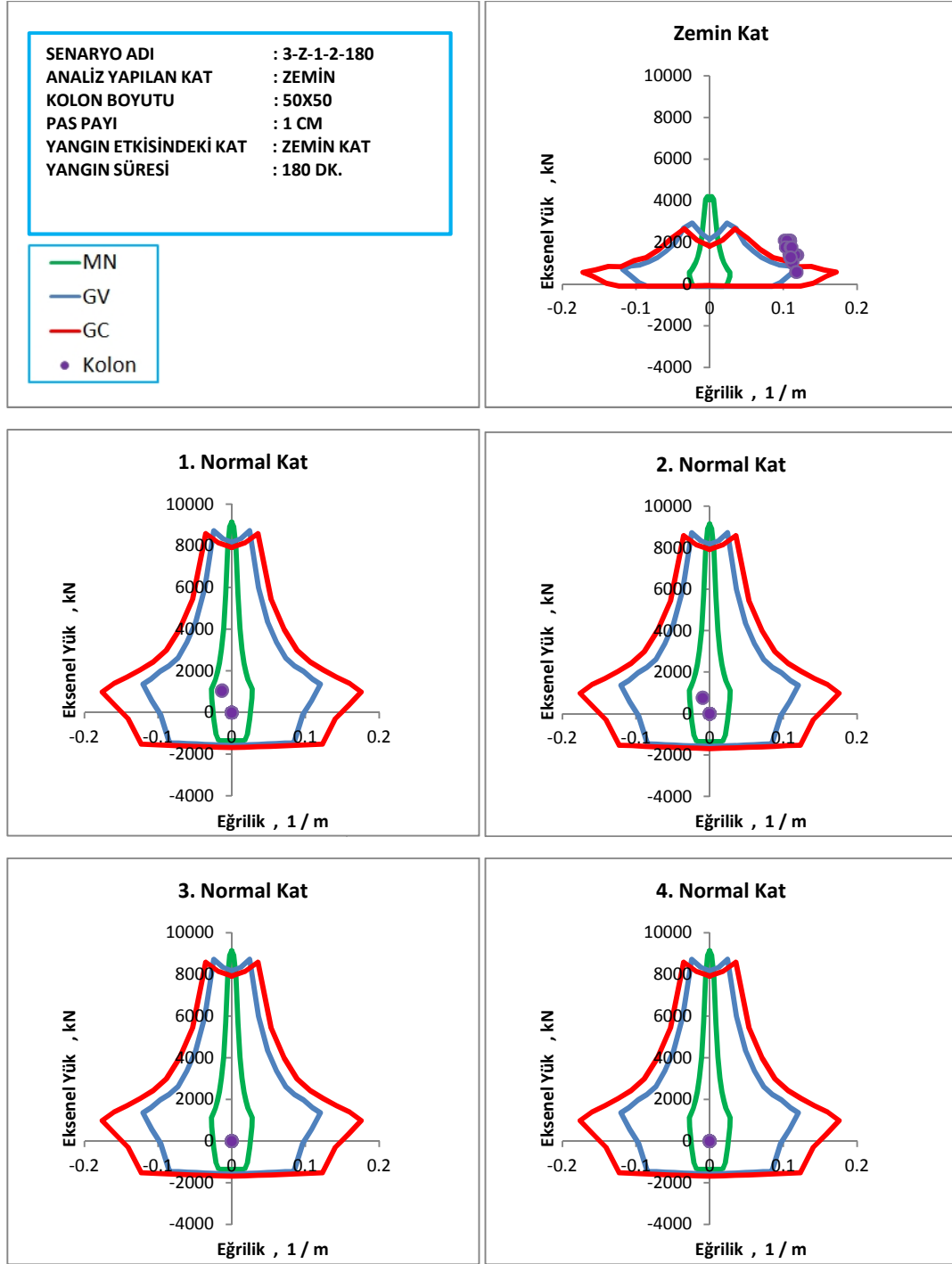
Ek K



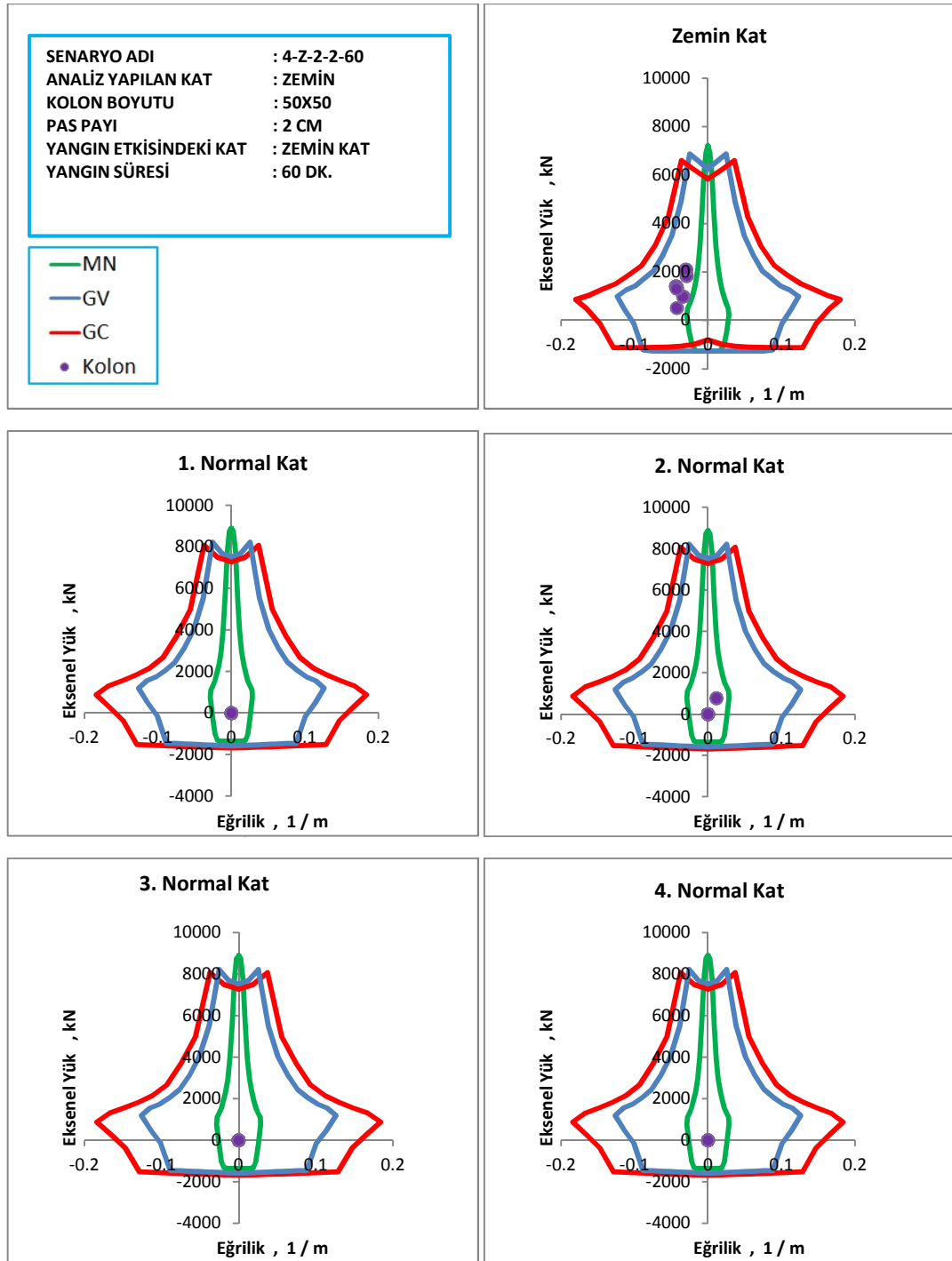
Şekil K.1 : 1 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



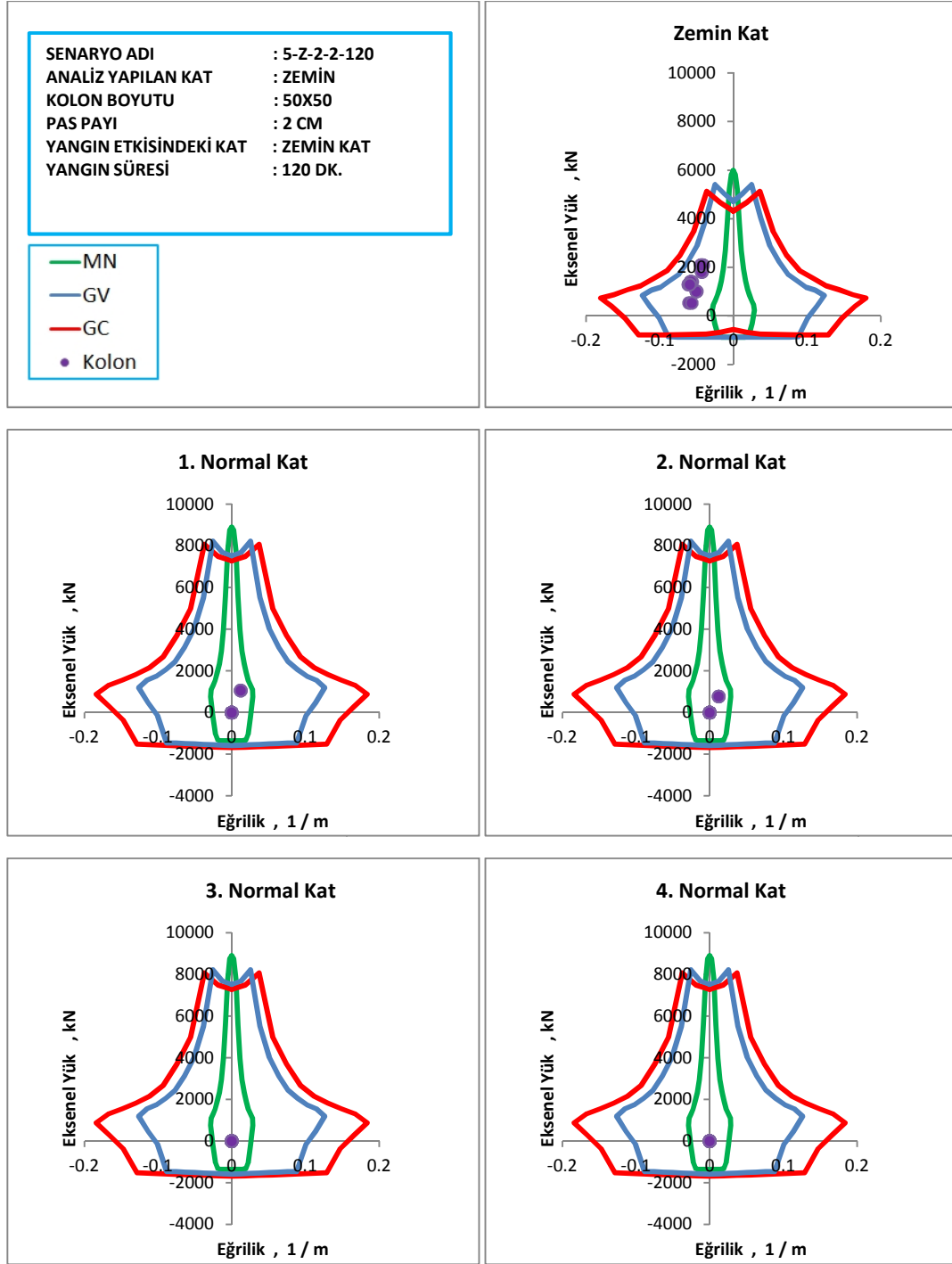
Şekil K.2 : 2 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



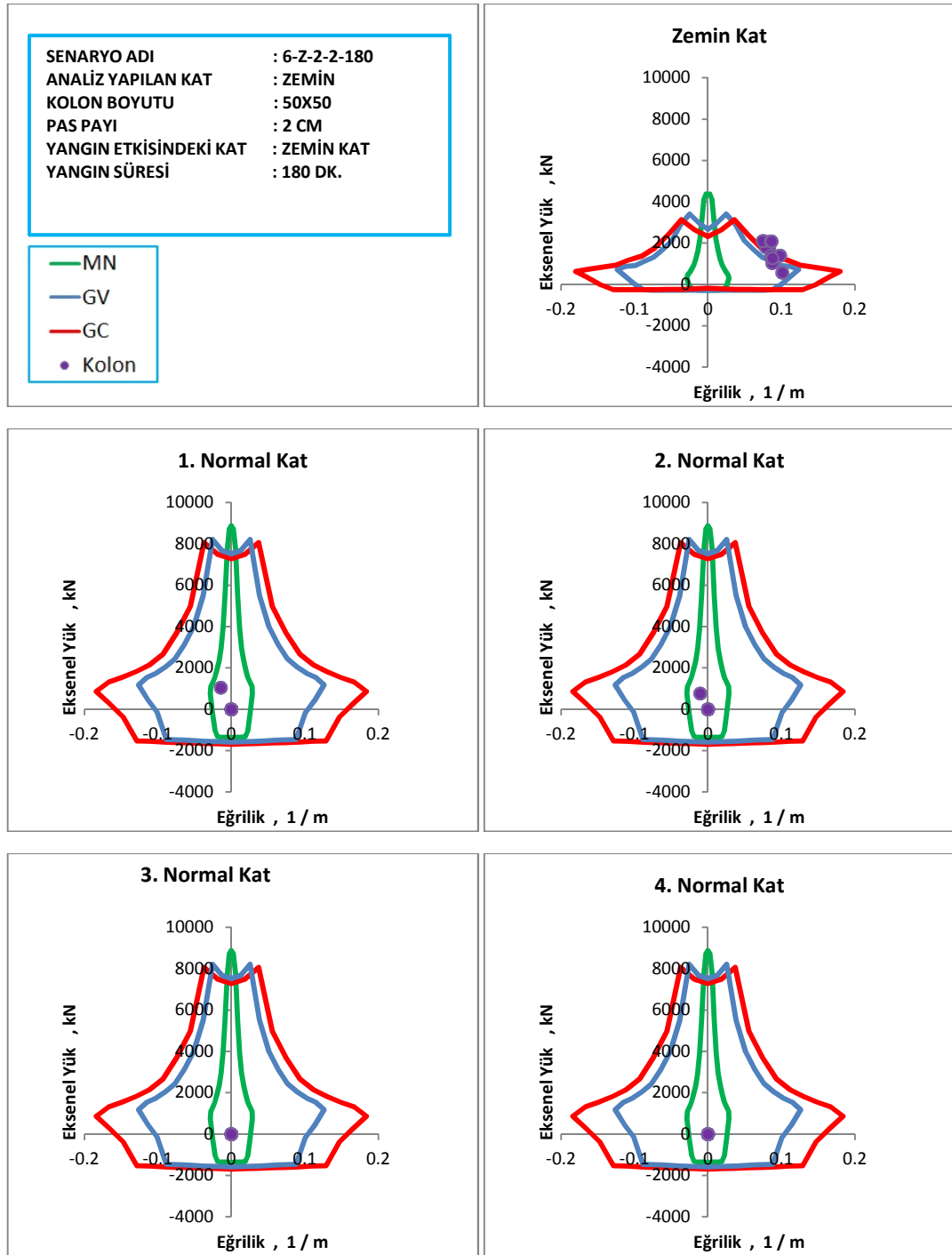
Şekil K.3 : 3 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



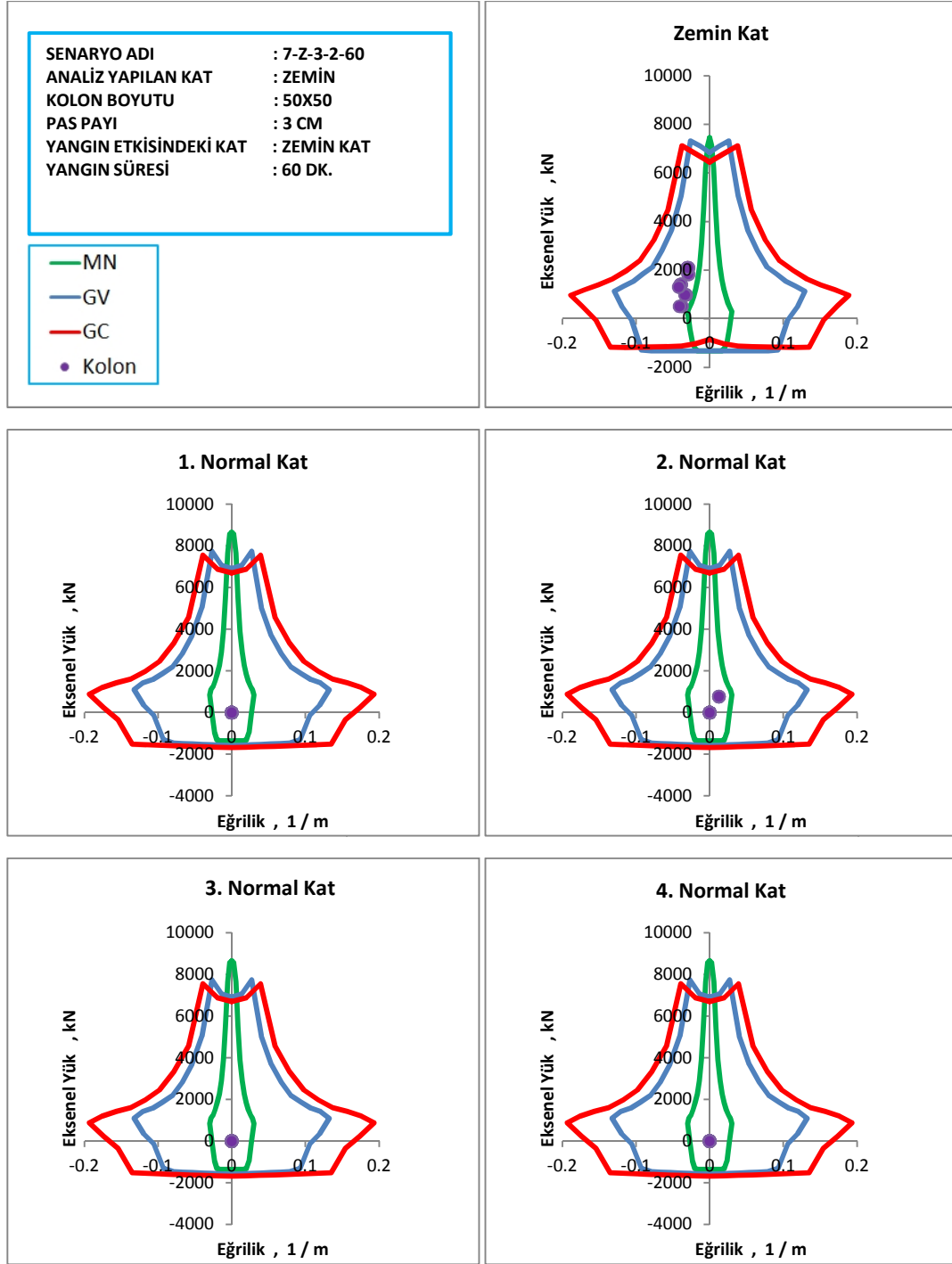
Şekil K.4 : 4 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



Şekil K.5 : 5 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



Şekil K.6 : 6 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



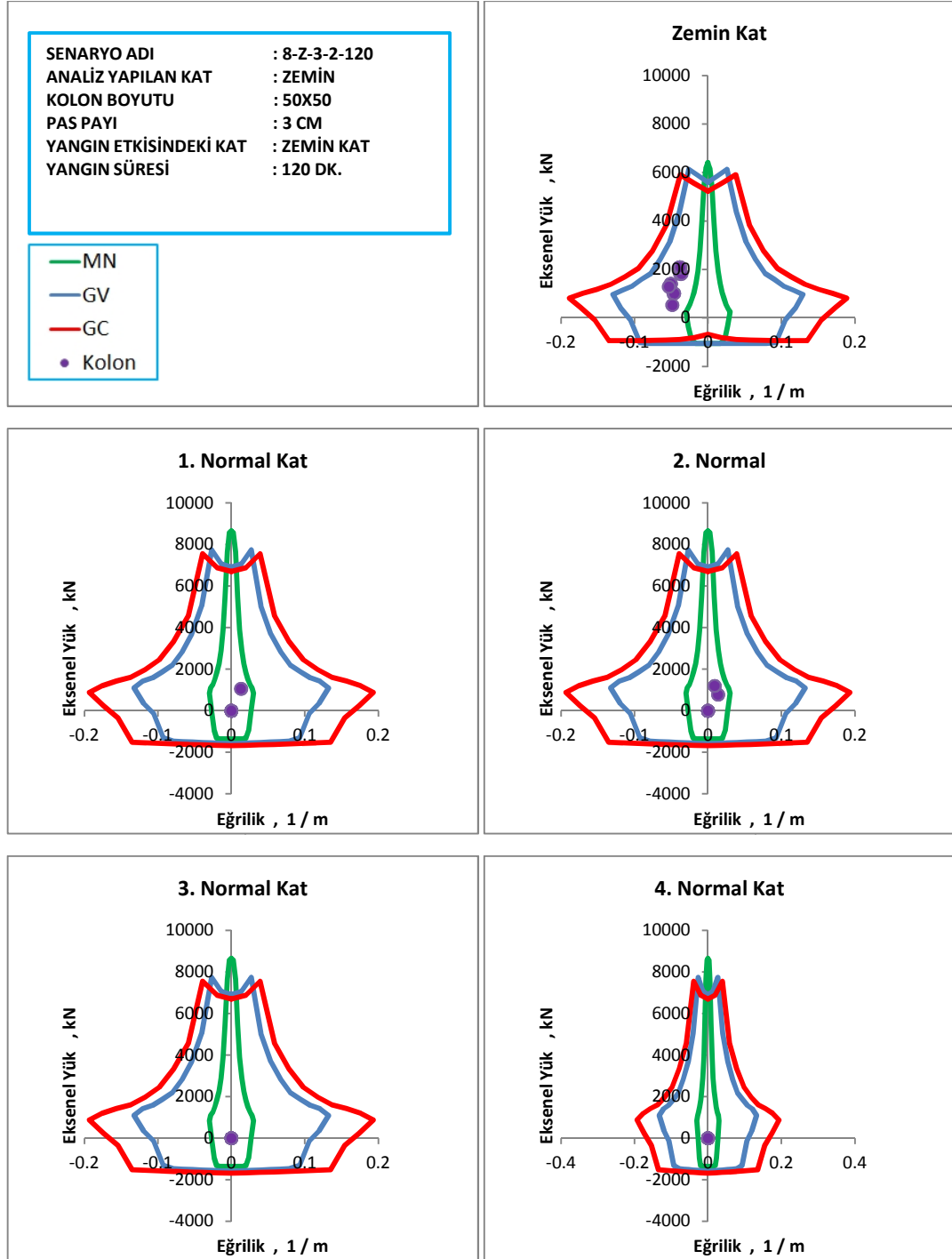
1. Normal Kat

2. Normal Kat

3. Normal Kat

4. Normal Kat

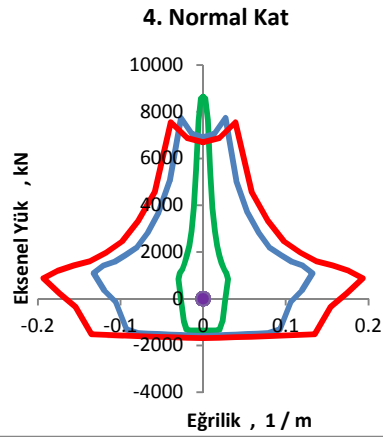
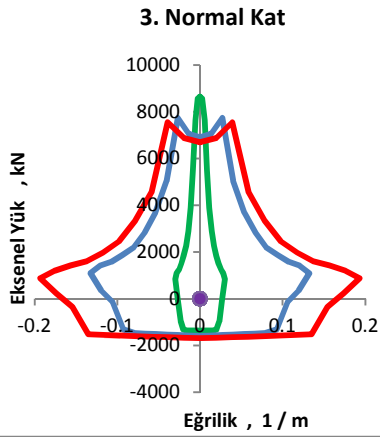
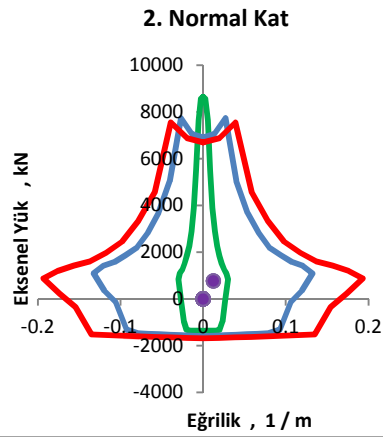
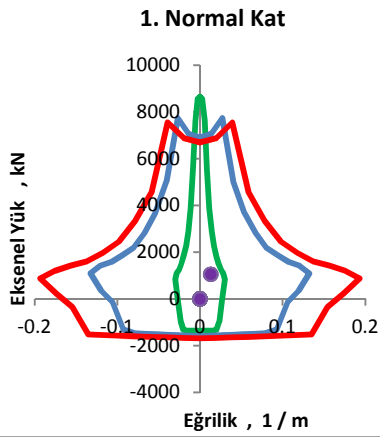
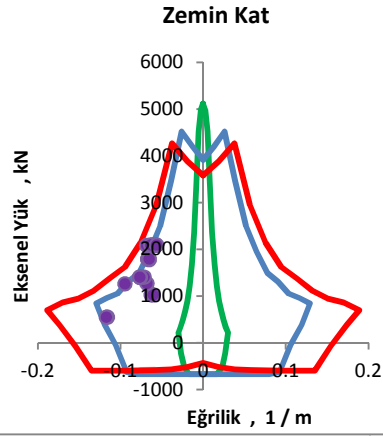
Şekil K.7 : 7 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



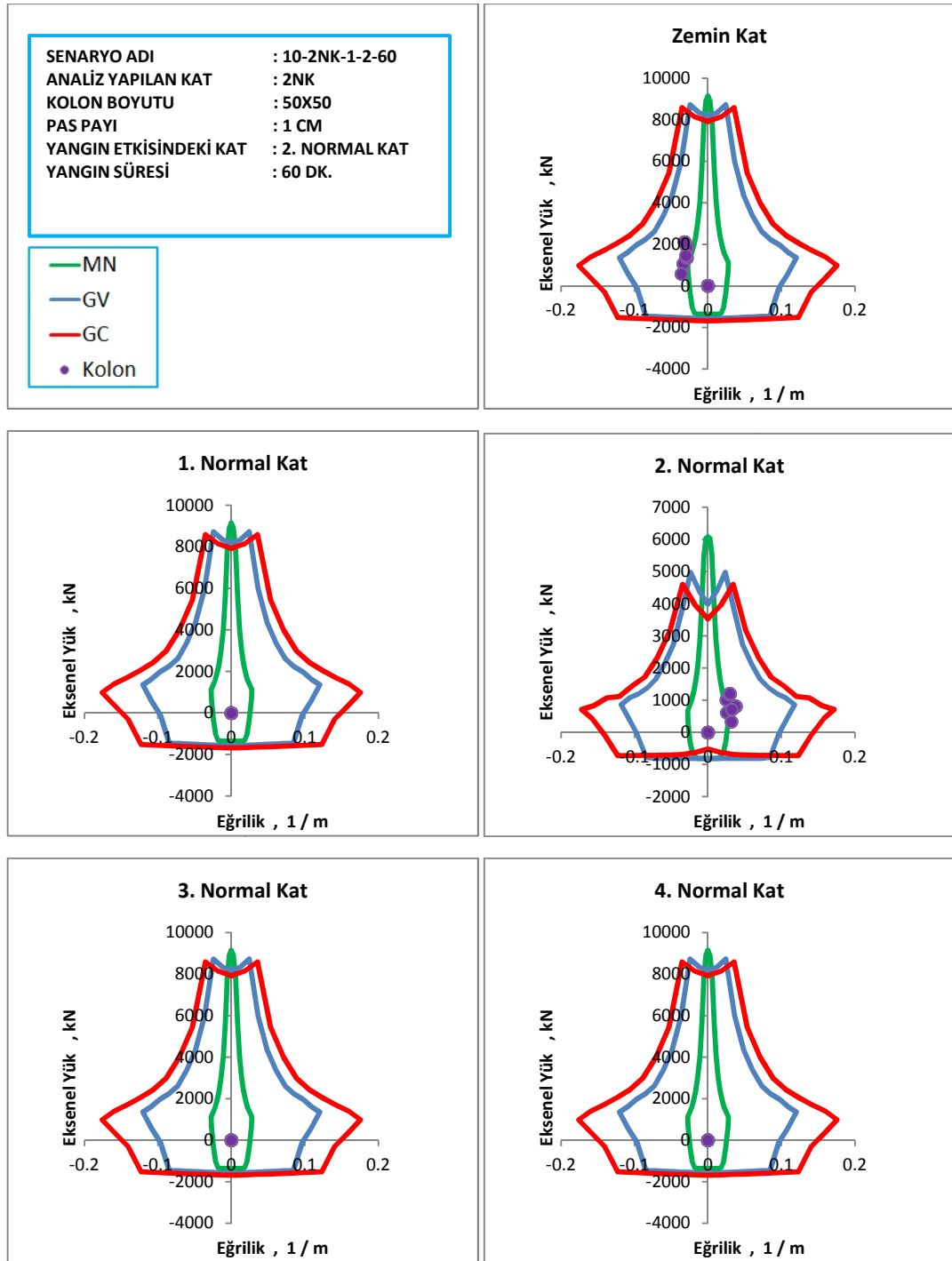
Şekil K.8 : 8 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.

SENARYO ADI : 9-Z-3-2-180
ANALİZ YAPILAN KAT : ZEMİN
KOLON BOYUTU : 50X50
PAS PAYI : 3 CM
YANGIN ETKİSİNDEKİ KAT : ZEMİN KAT
YANGIN SÜRESİ : 180 DK.

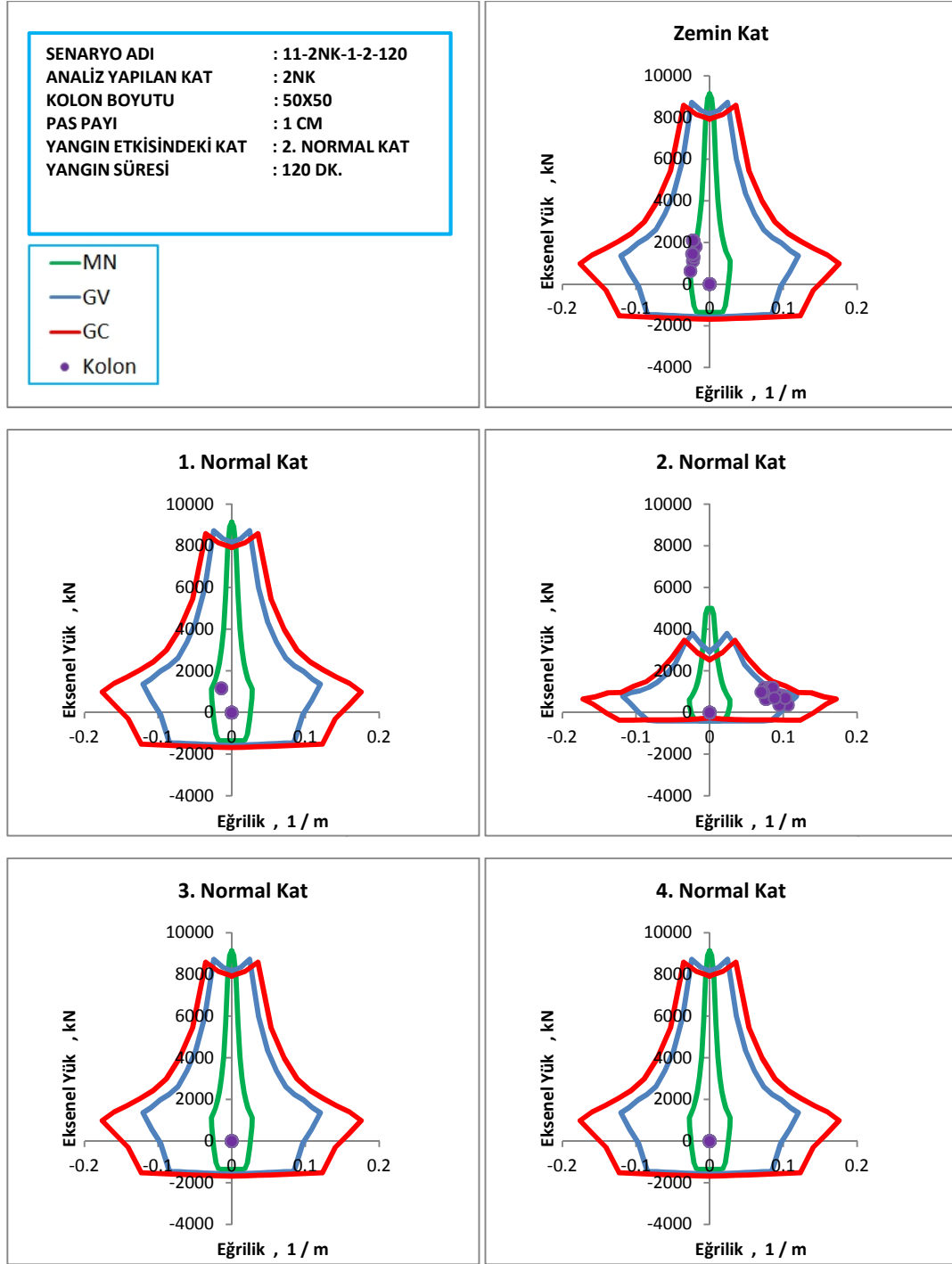
— MN
— GV
— GC
• Kolon



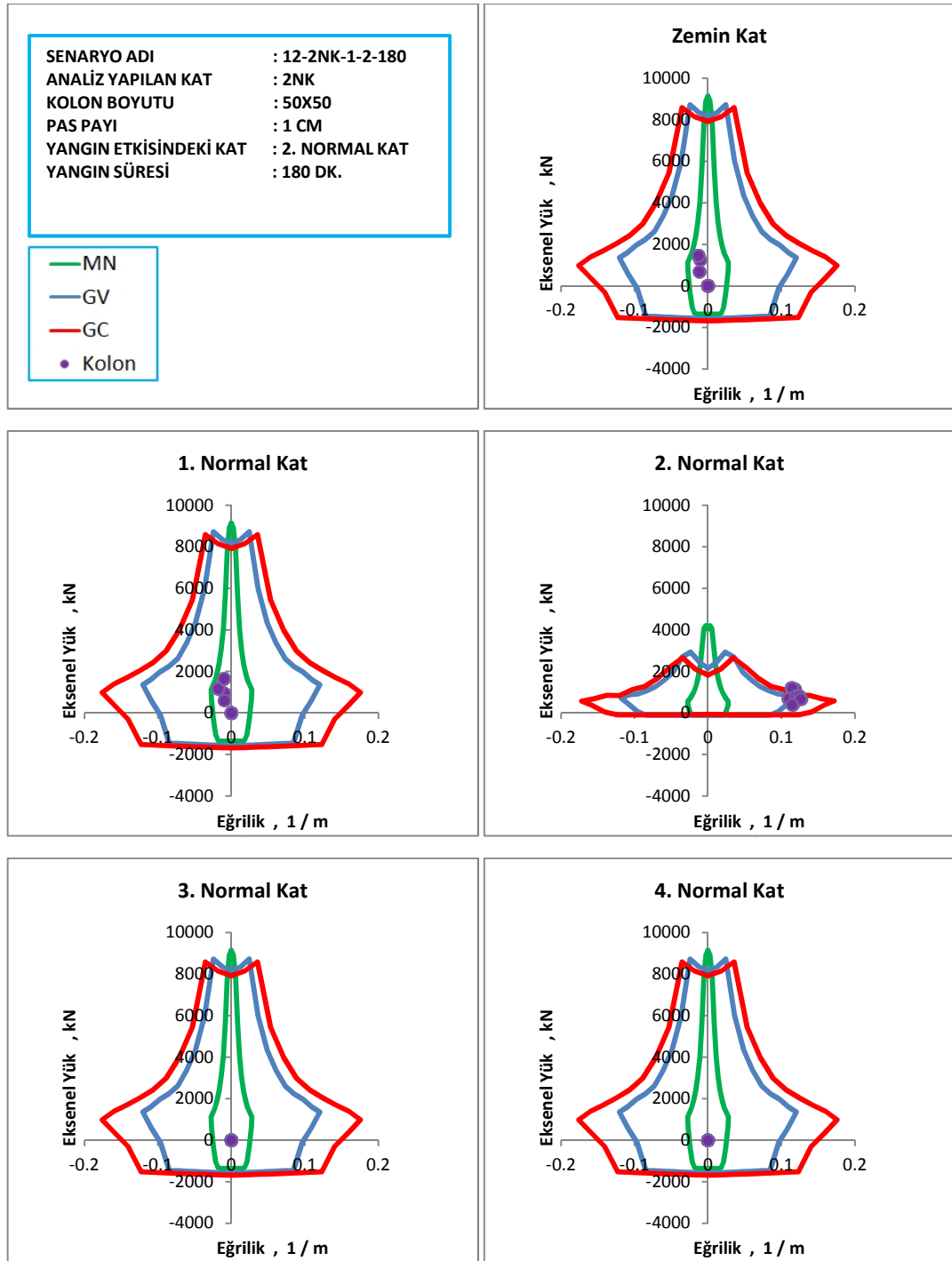
Şekil K.9 : 9 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



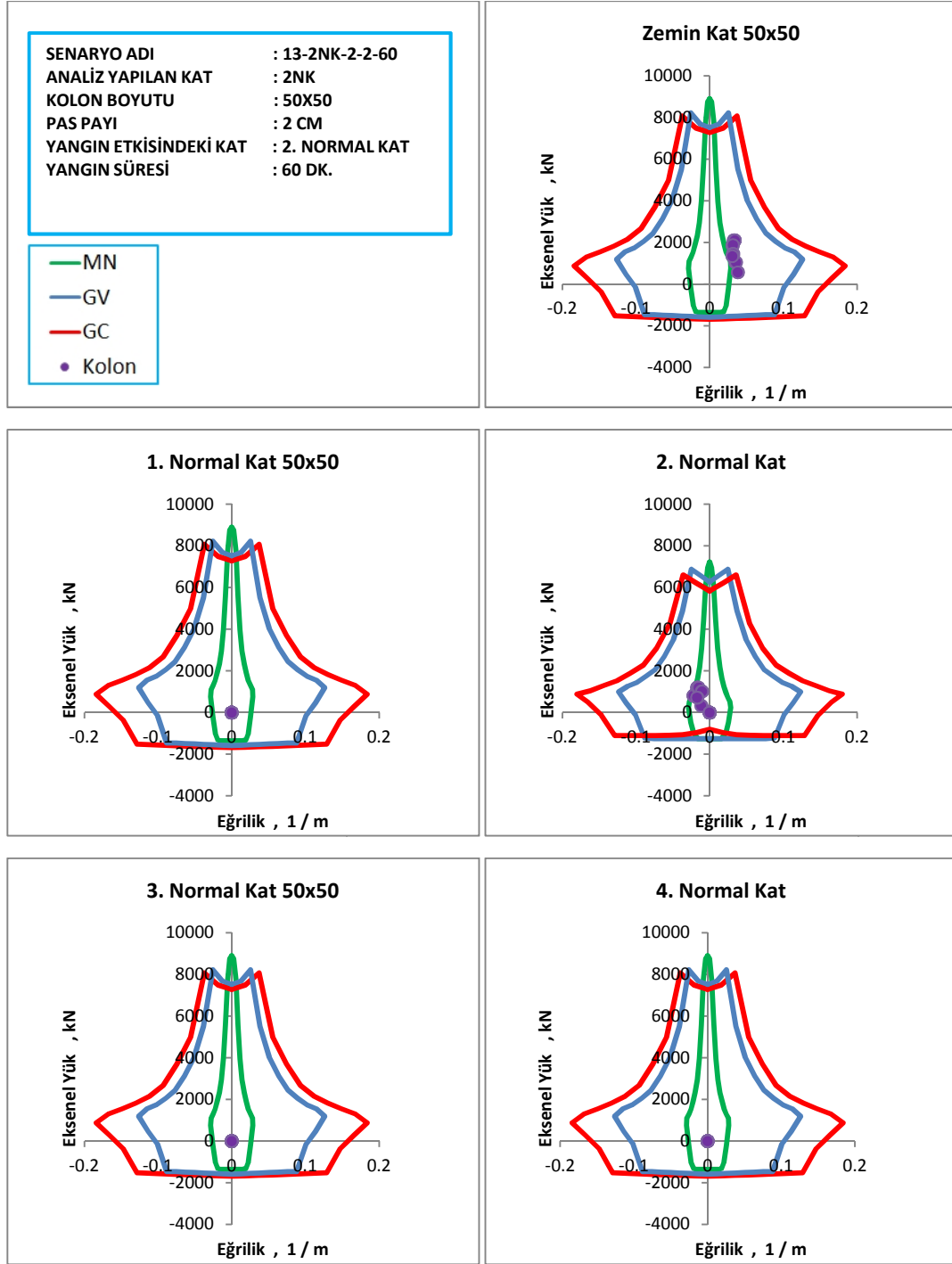
Şekil K.10 : 10 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



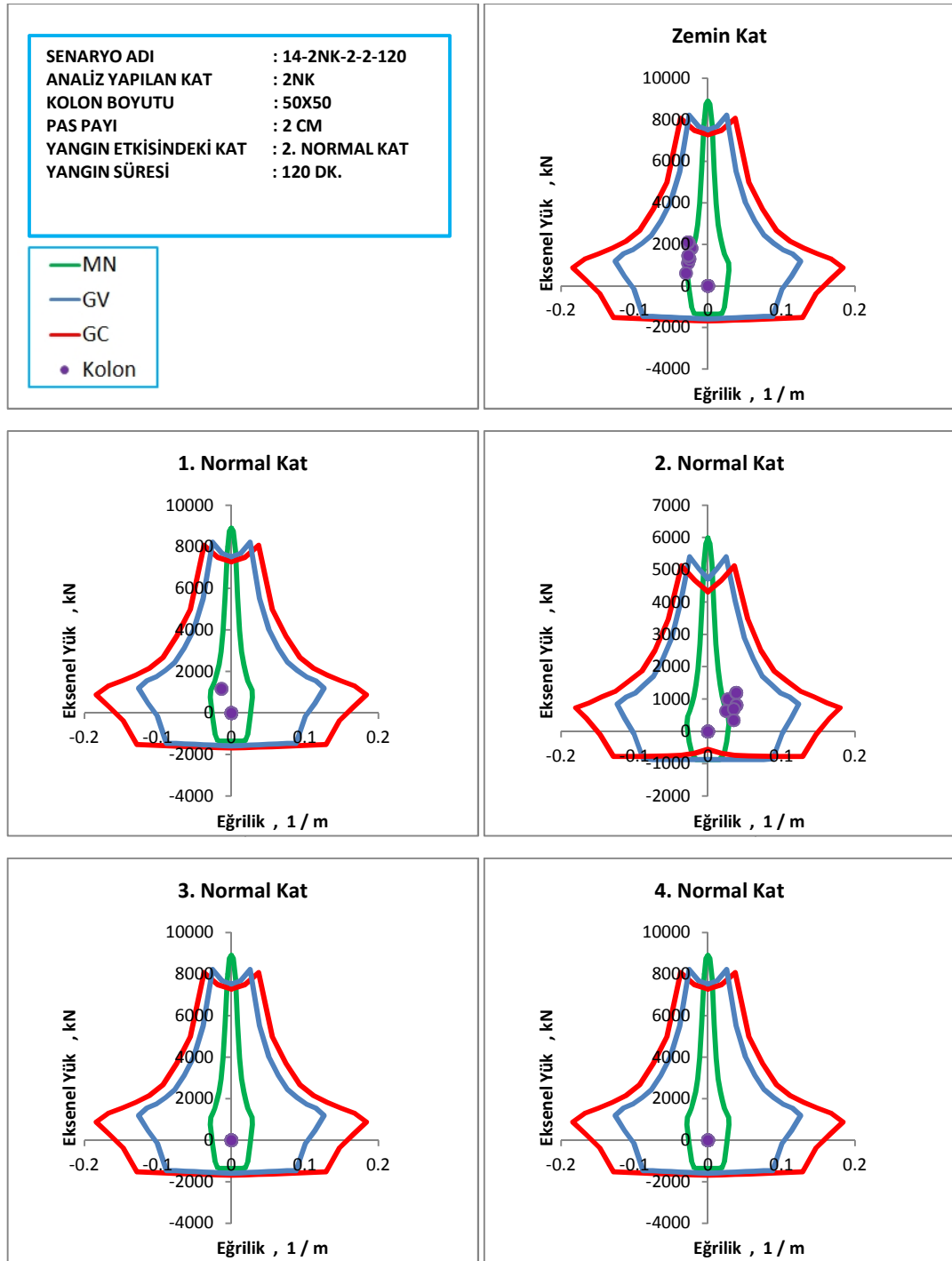
Şekil K.11 : 11 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



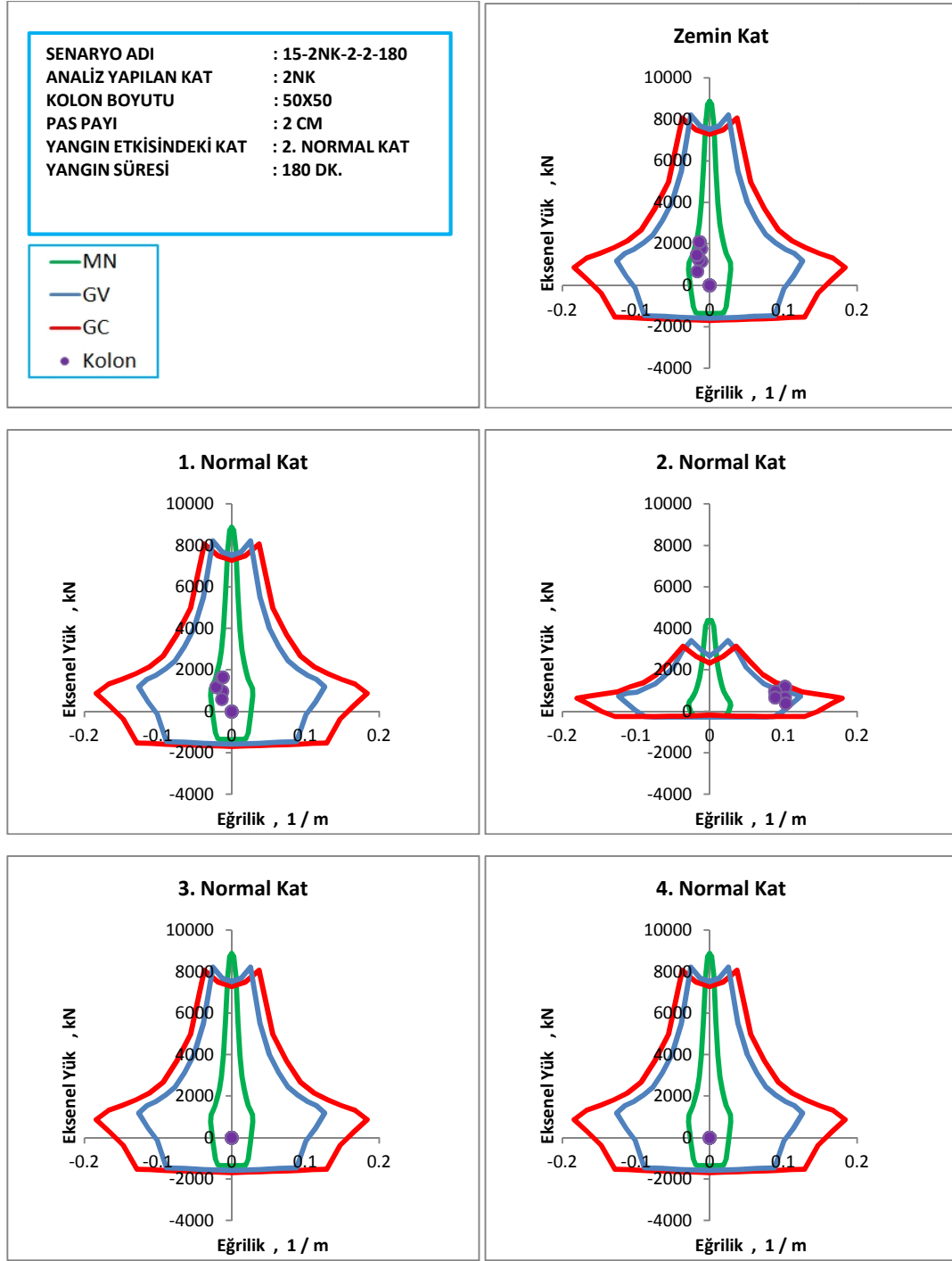
Şekil K.12 : 12 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



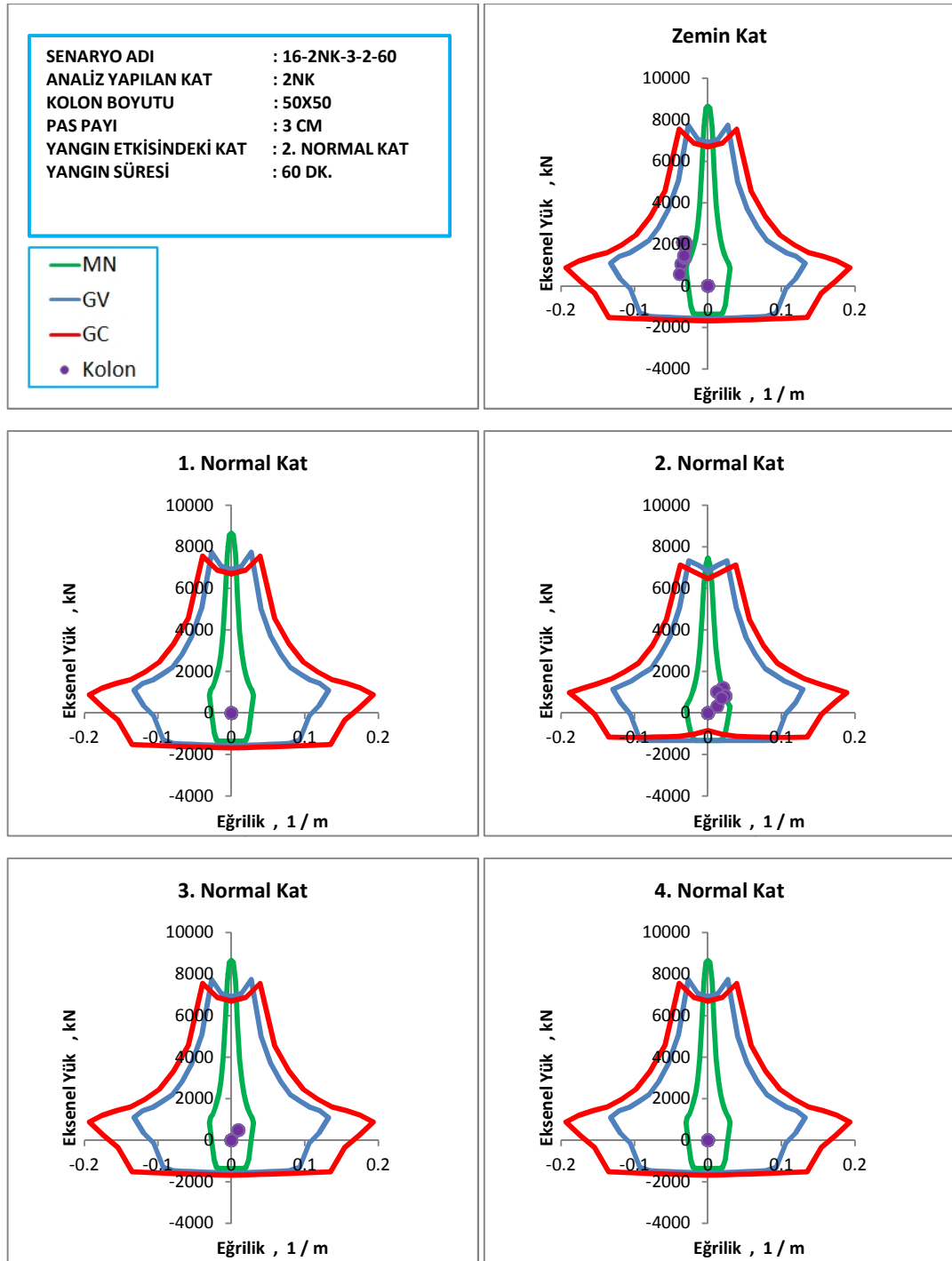
Şekil K.13 : 13 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



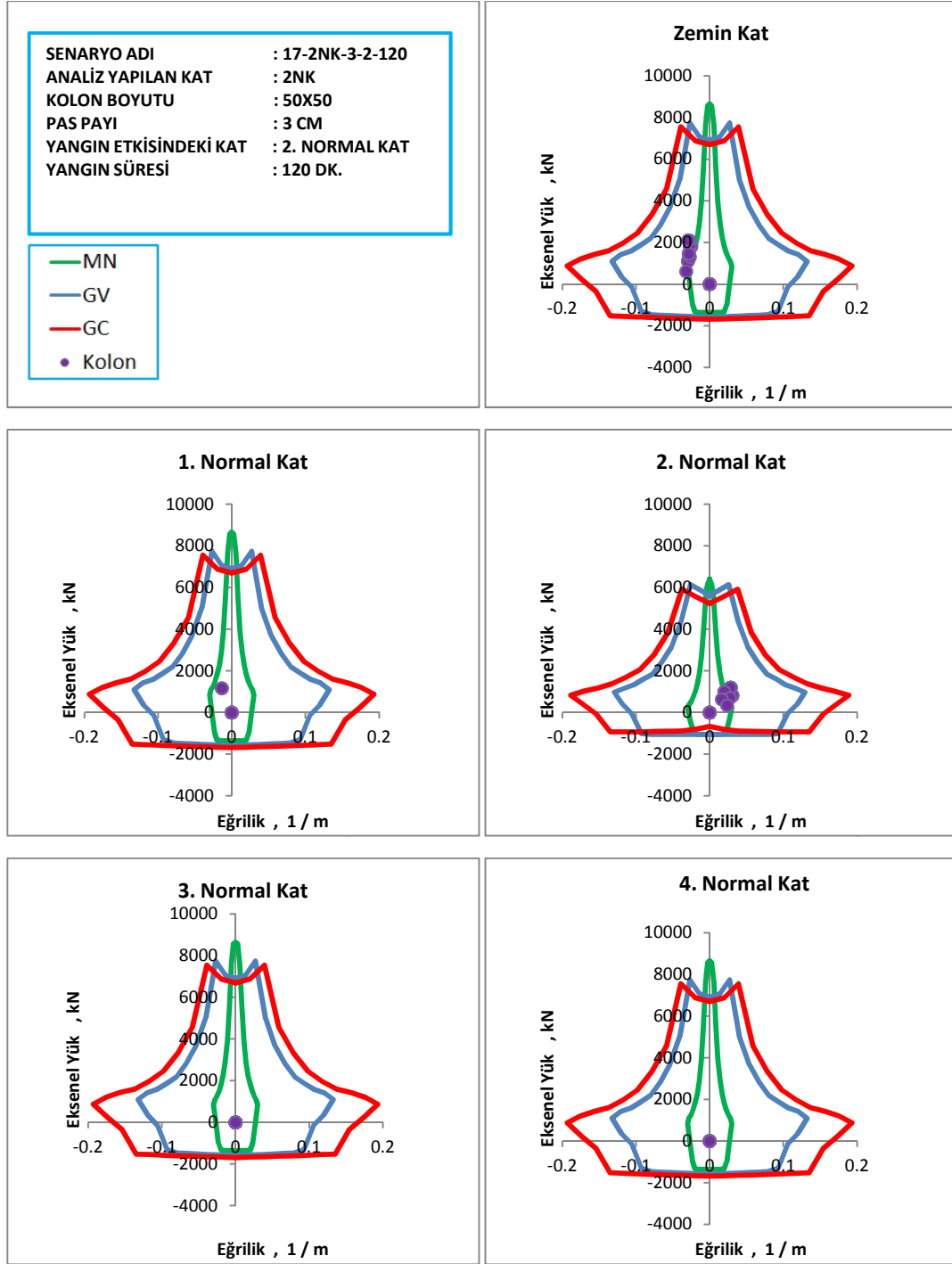
Şekil K.14 : 14 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



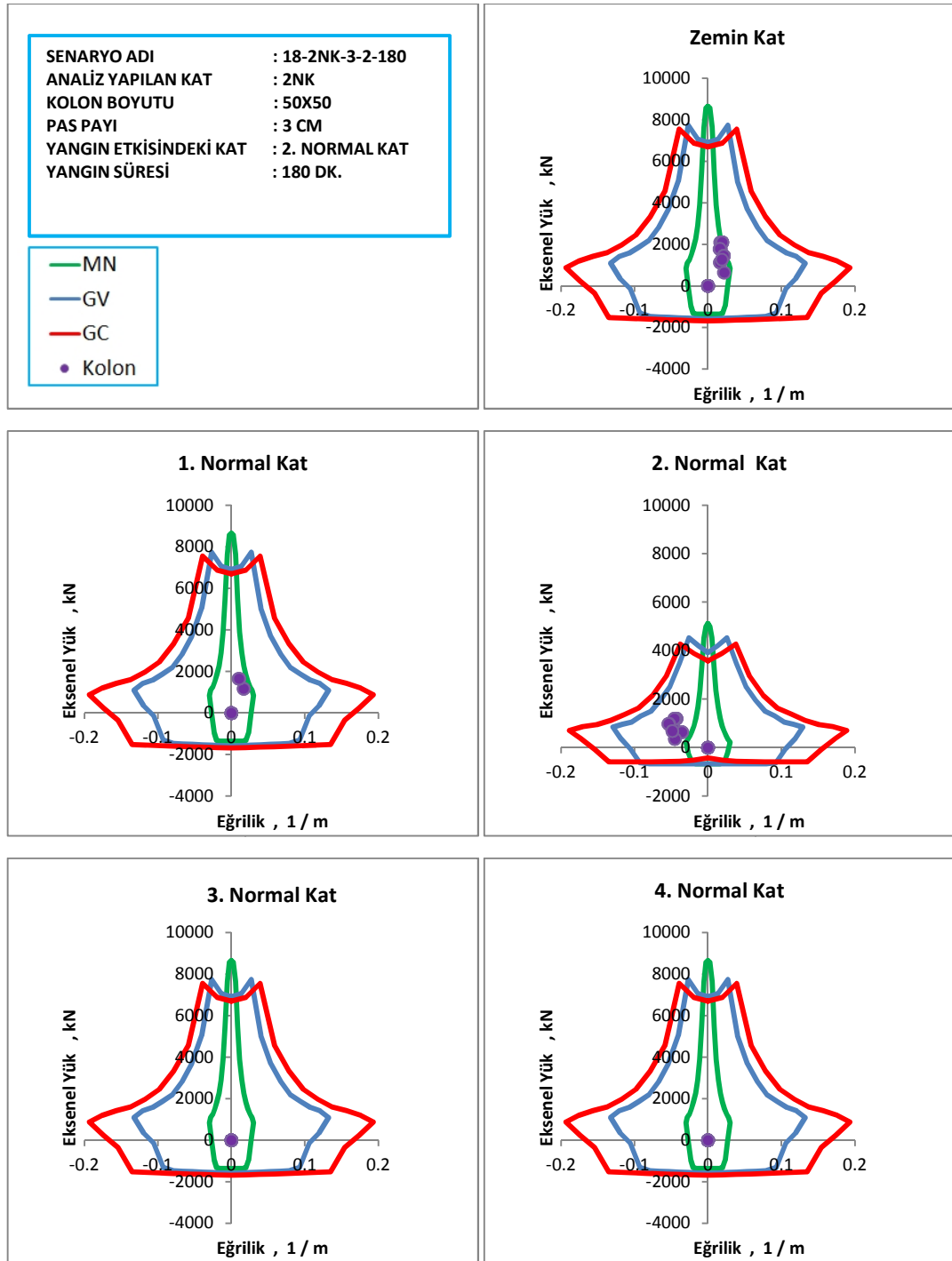
Şekil K.15 : 15 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



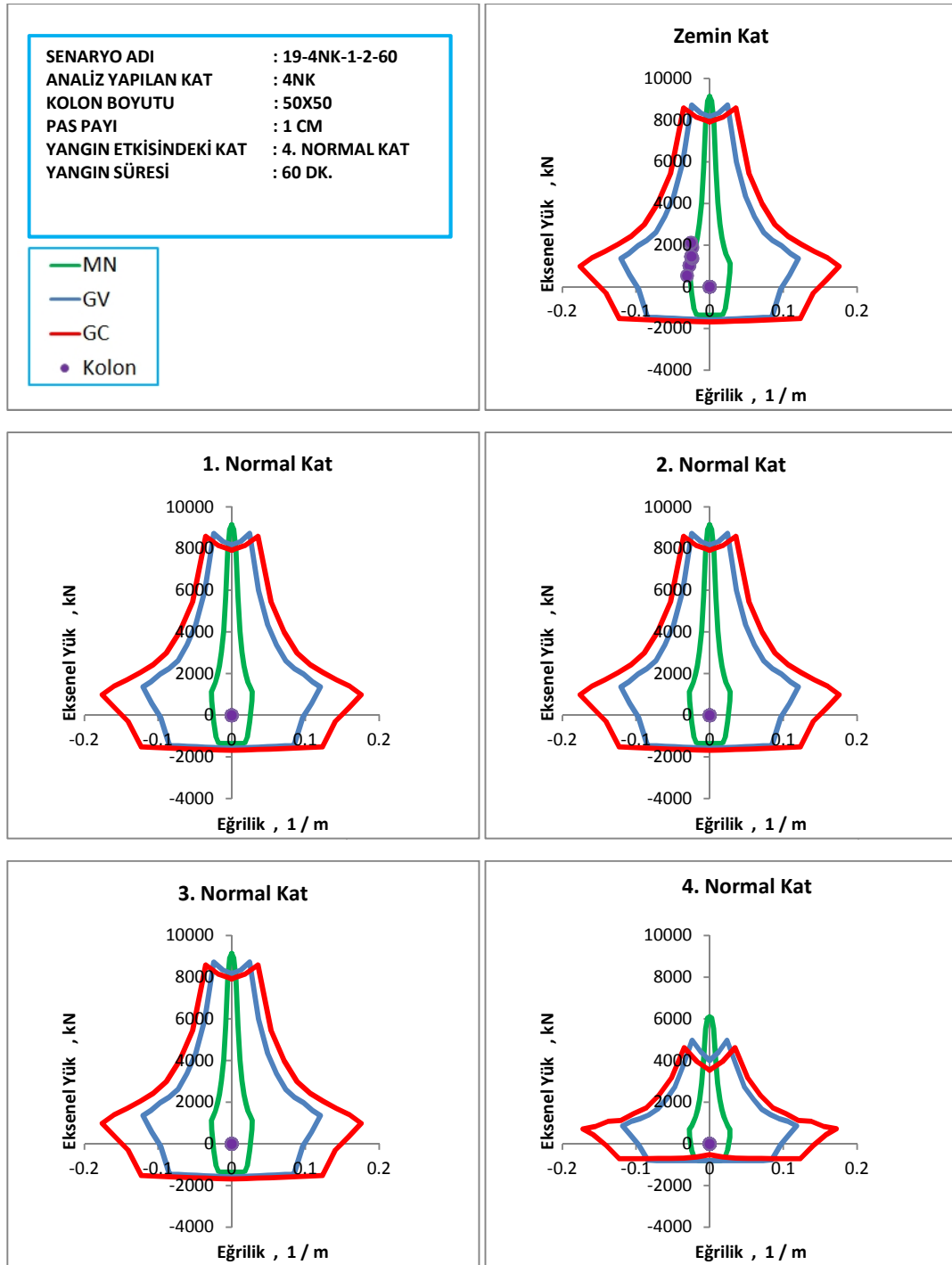
Şekil K.16 : 16 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



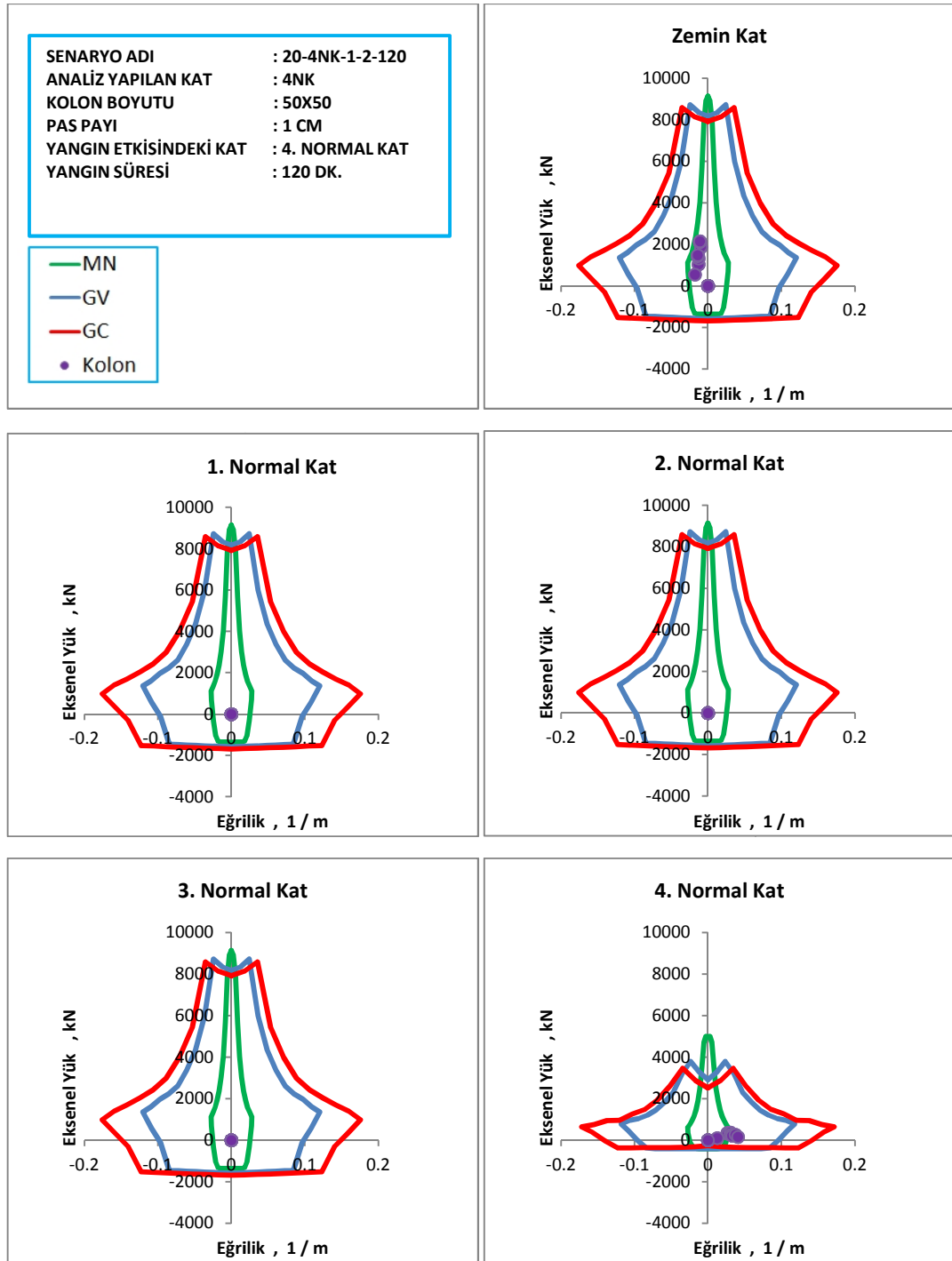
Şekil K.17 : 17 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



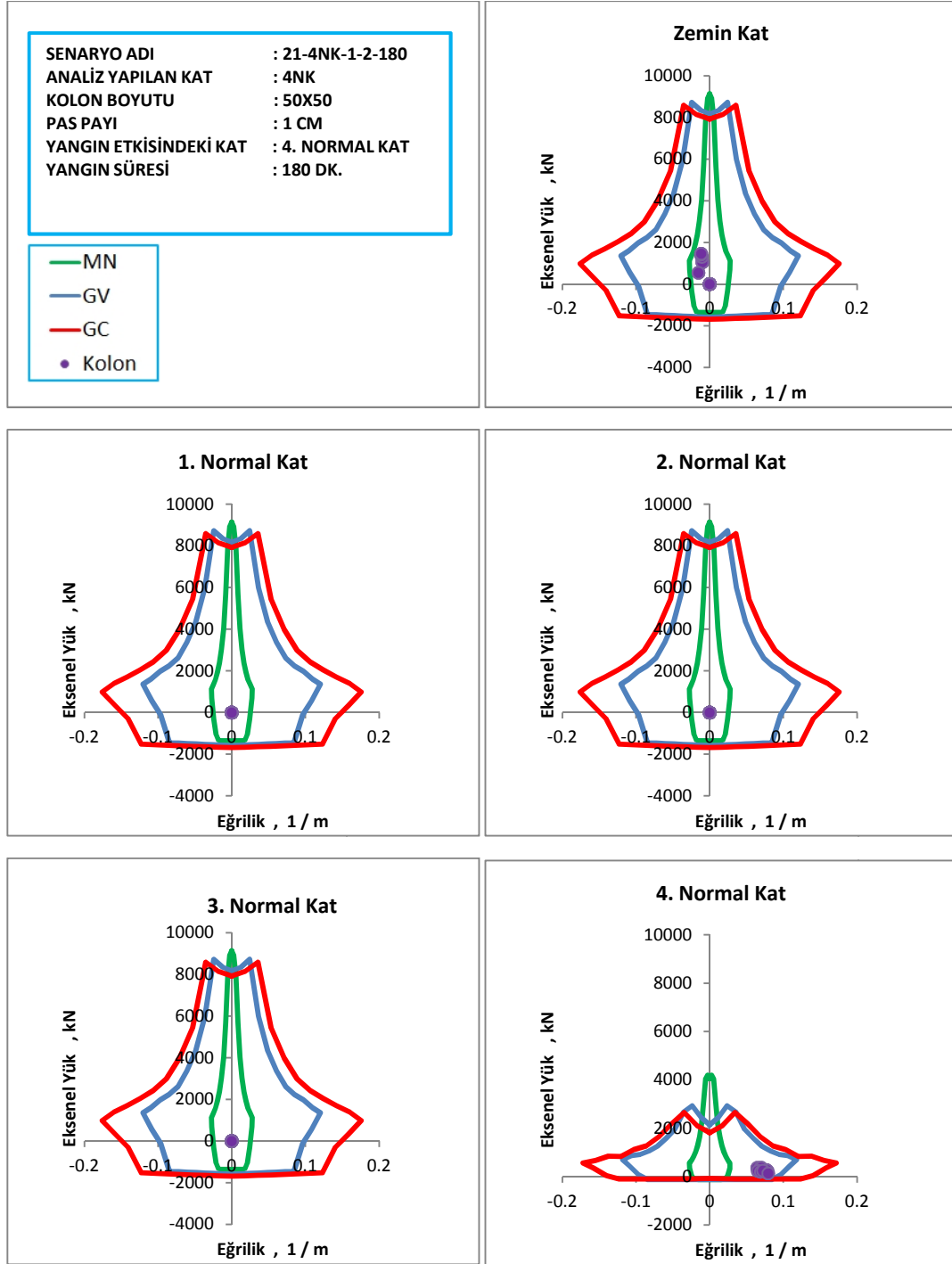
Şekil K.18 : 18 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



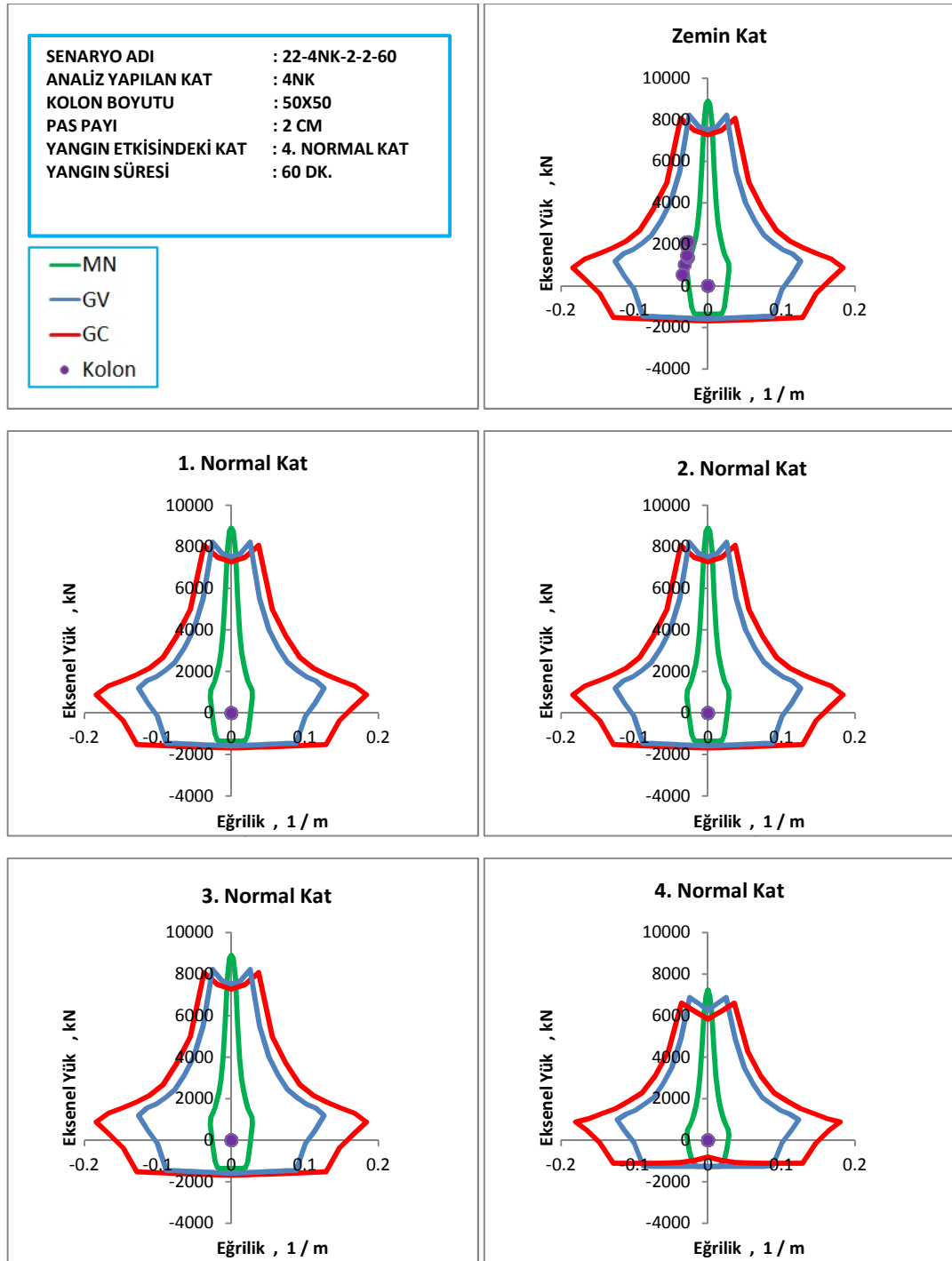
Şekil K.19 : 19 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



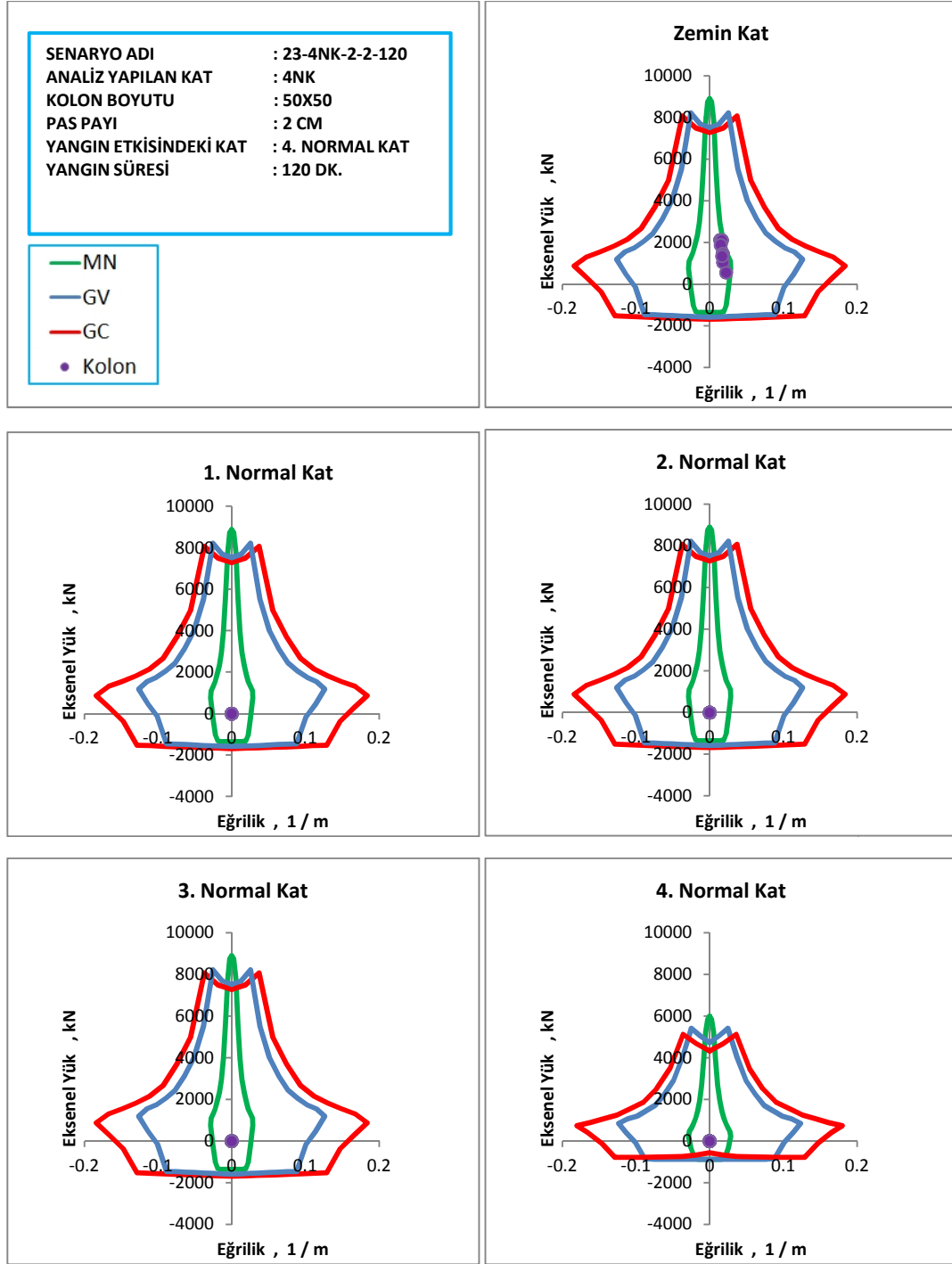
Şekil K.20 : 20 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



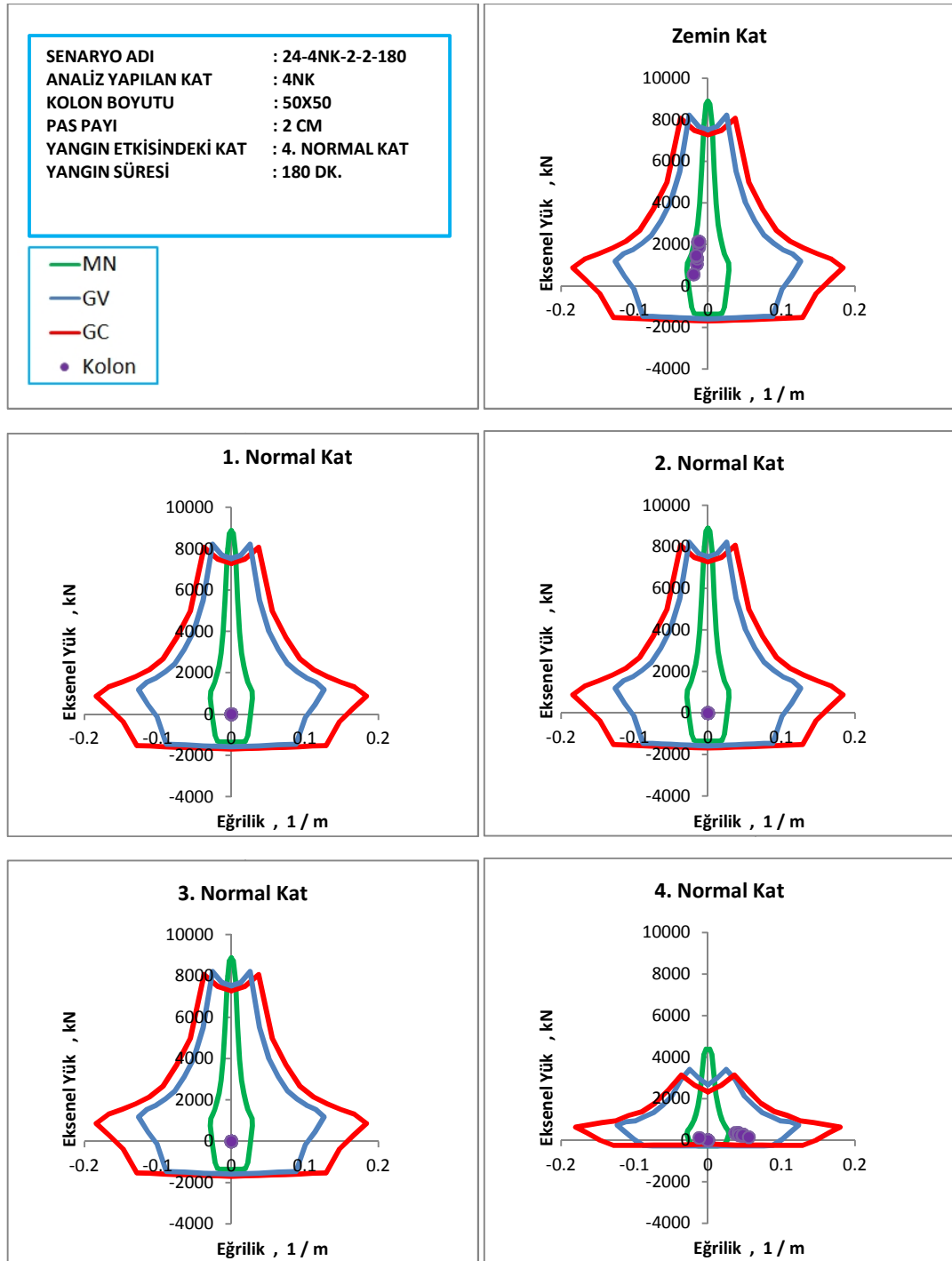
Şekil K.21 : 21 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



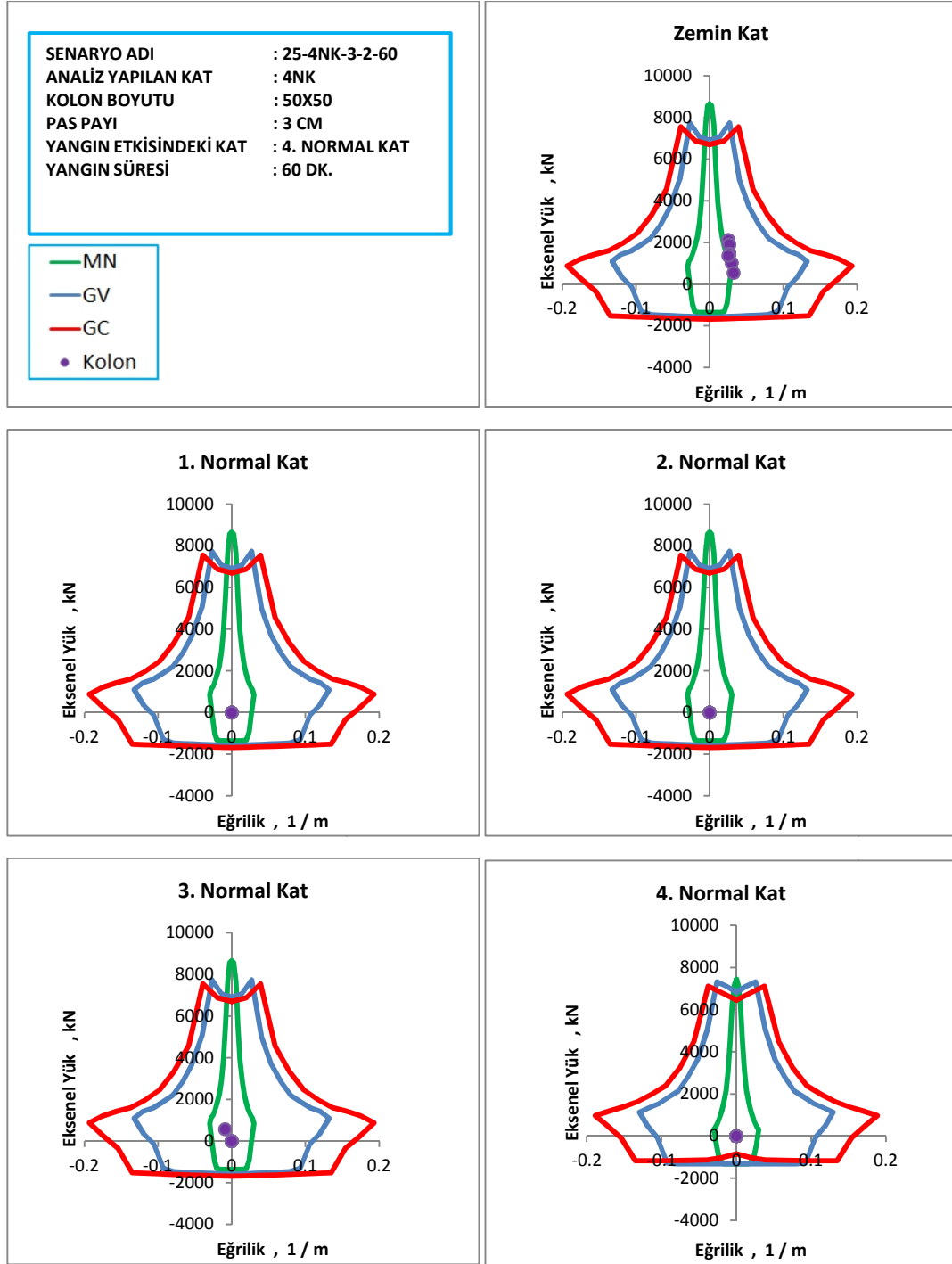
Şekil K.22 : 22 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



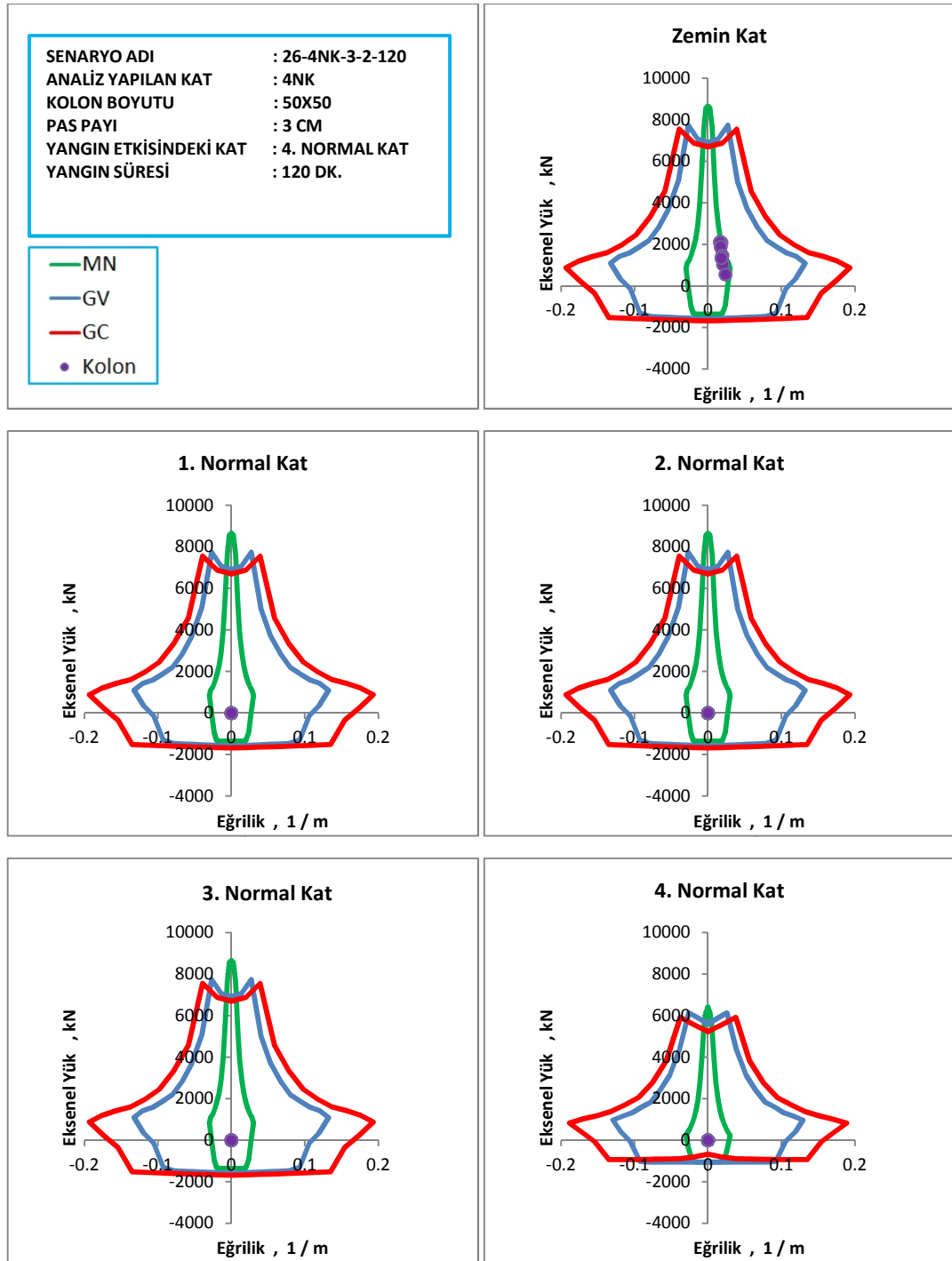
Şekil K.23 : 23 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



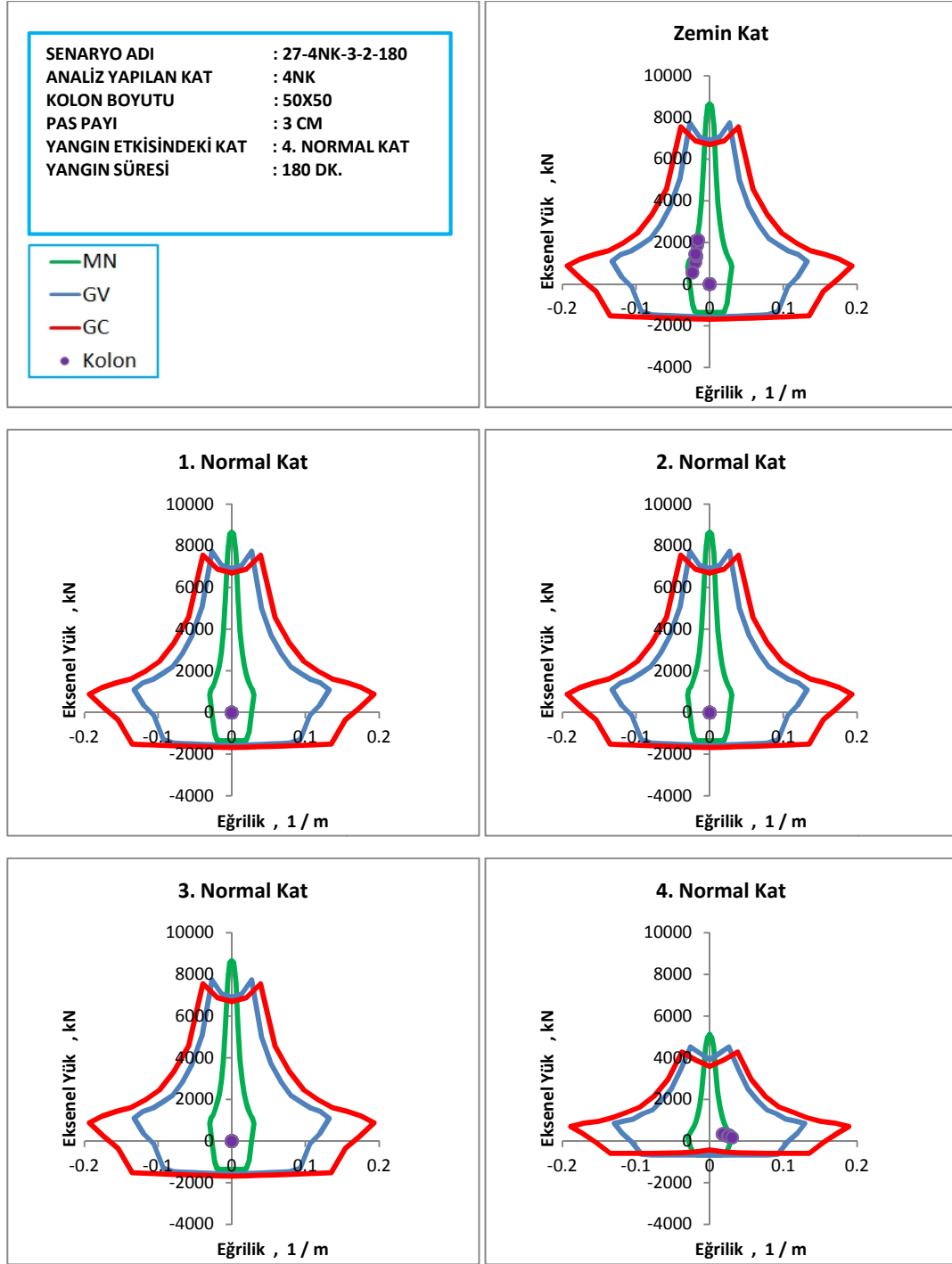
Şekil K.24 : 24 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



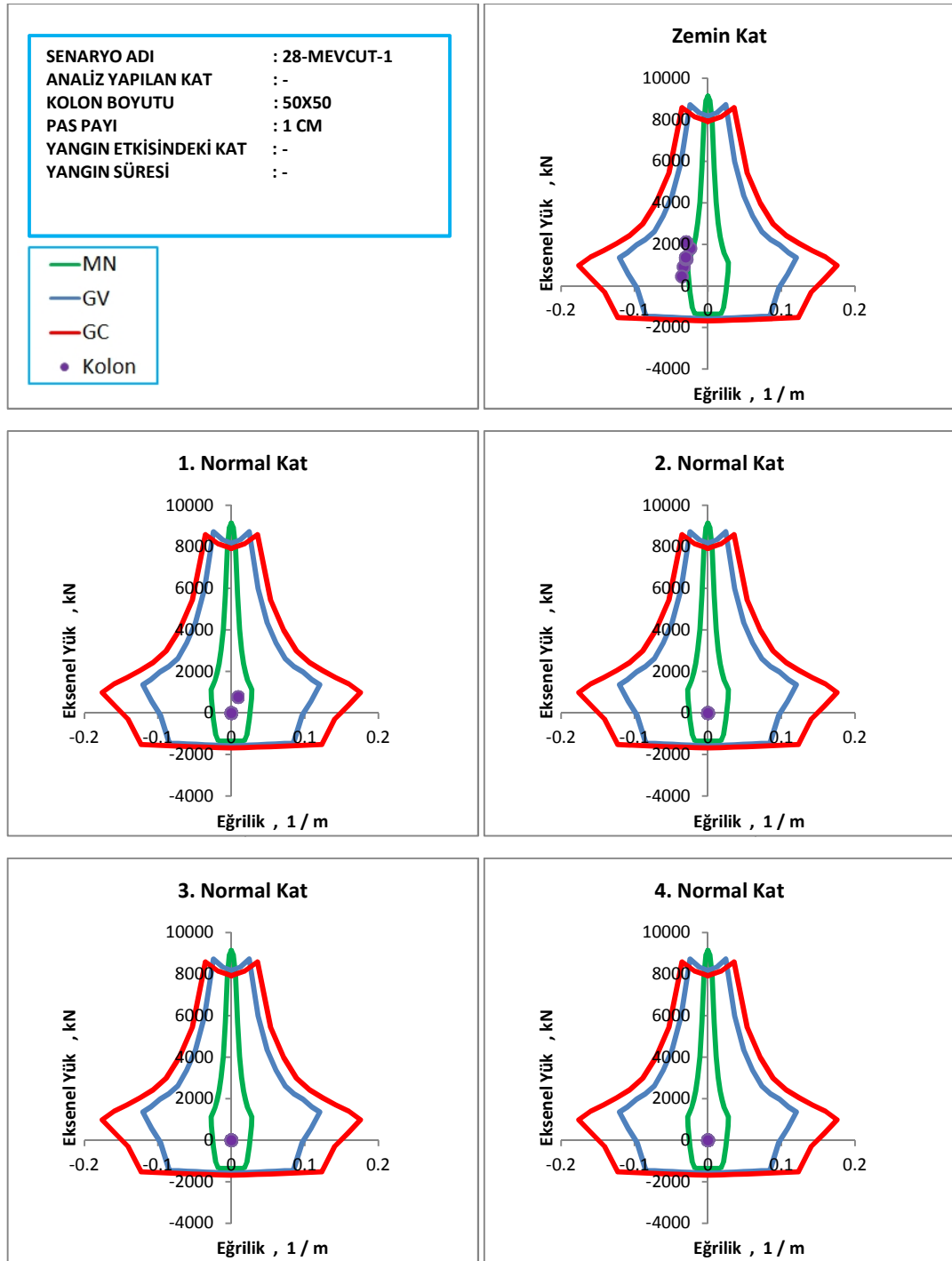
Şekil K.25 : 25 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



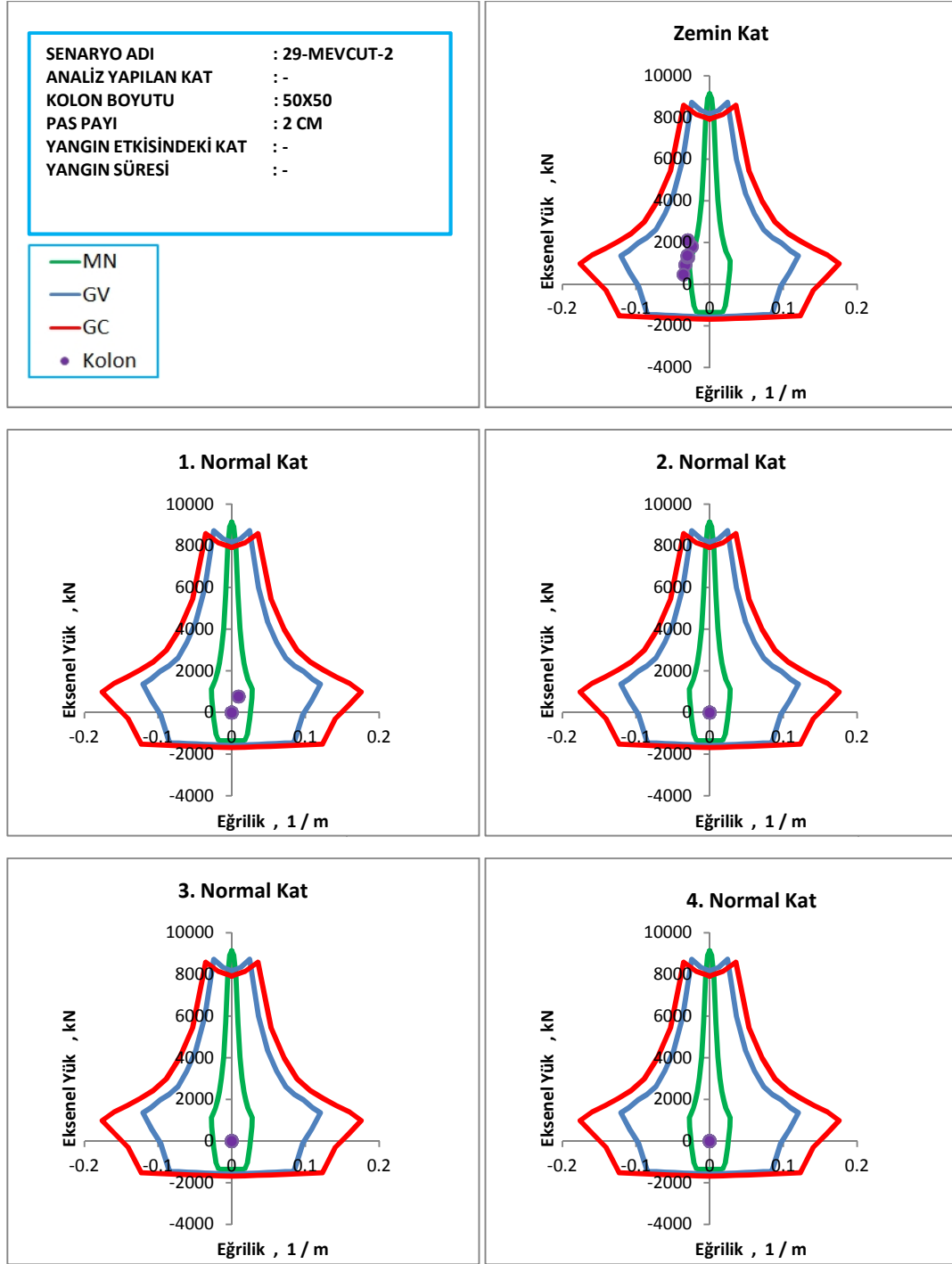
Şekil K.26 : 26 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



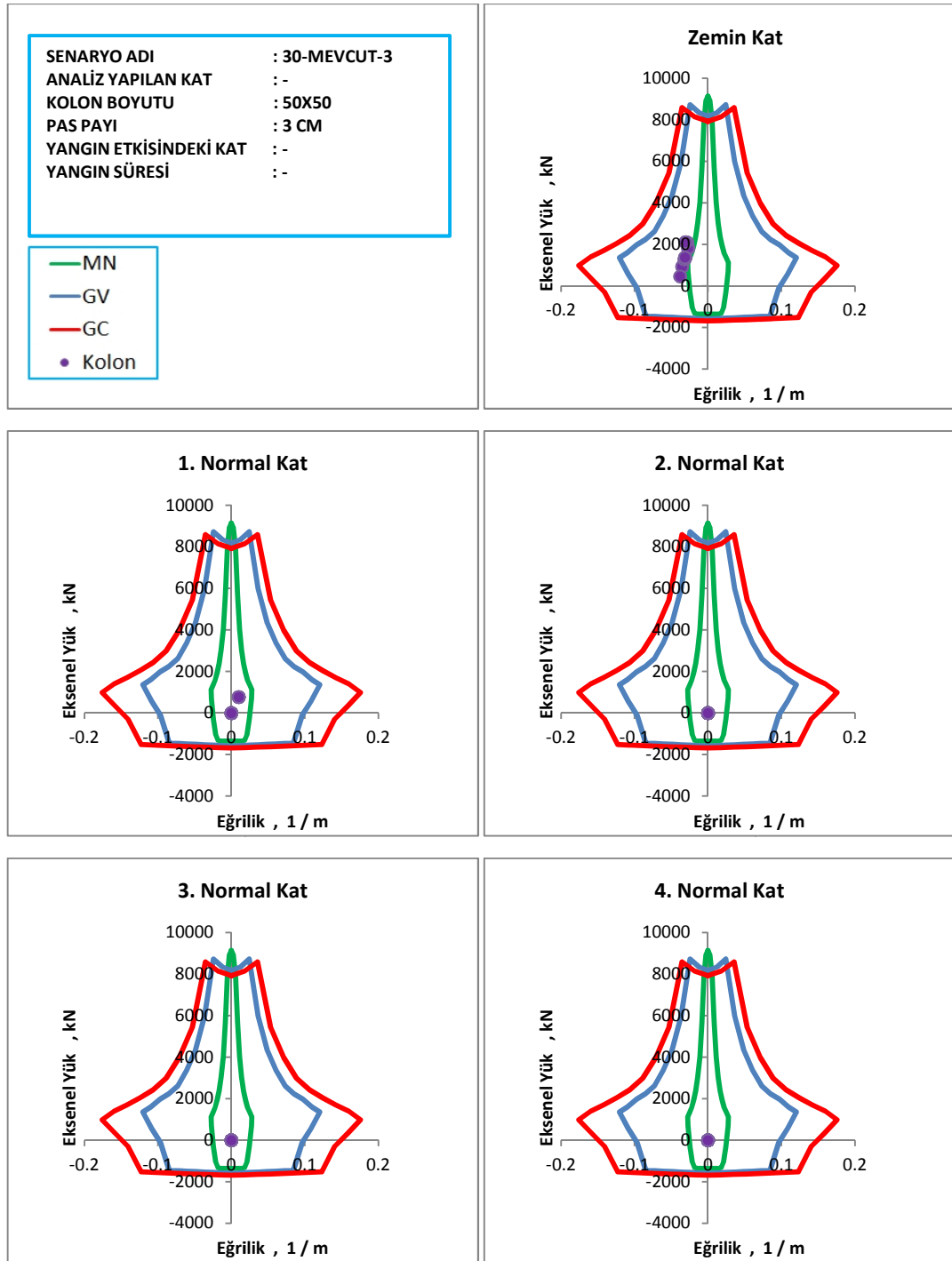
Şekil K.27 : 27 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.



Şekil K.28 : 28 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.

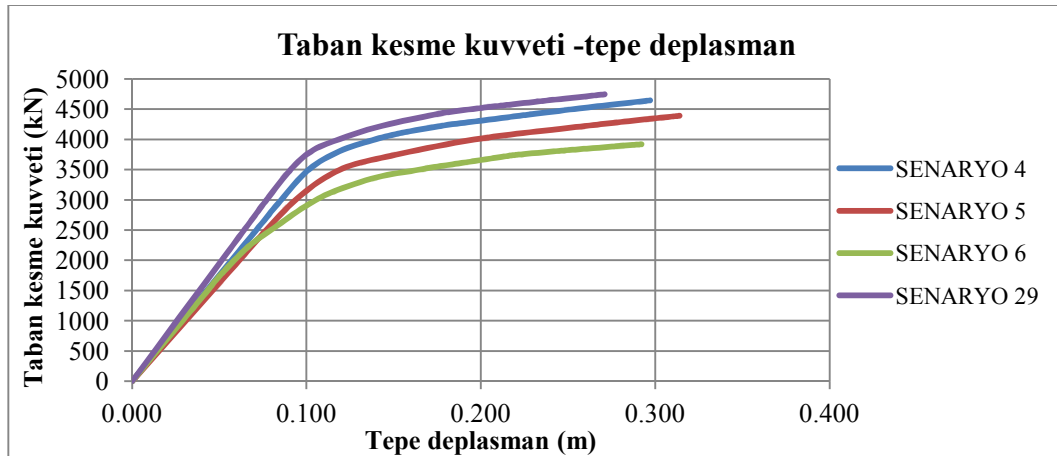


Şekil K.29 : 29 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.

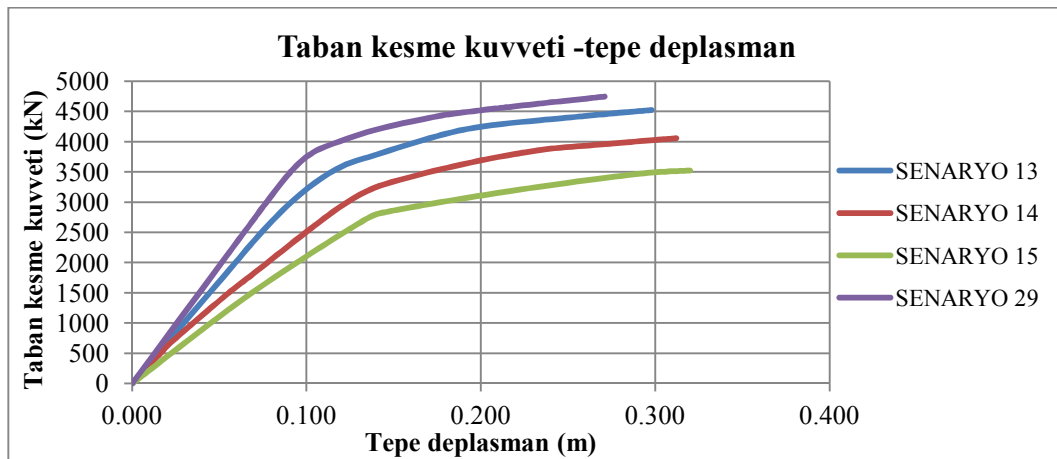


Şekil K.30 : 30 nolu senaryoya ait X doğrultusundaki deprem etkisi altında kolon hasar durumu.

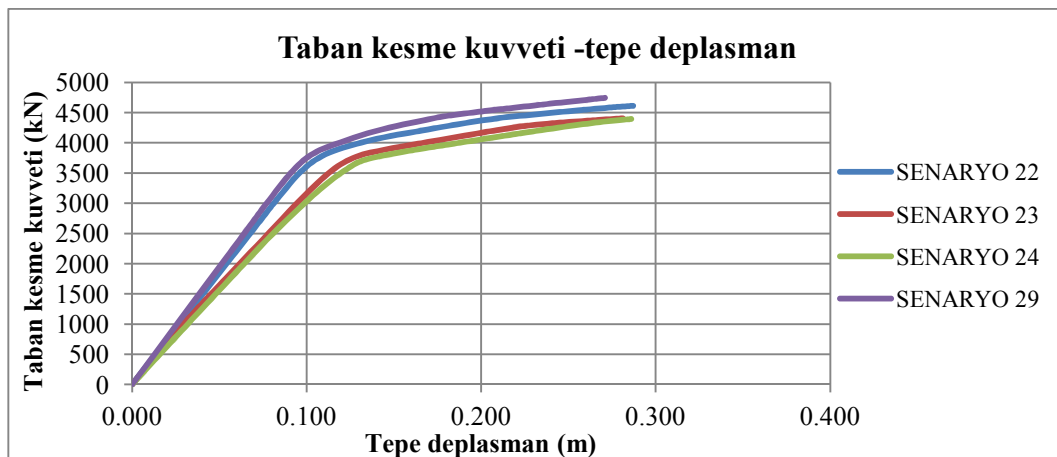
EK L



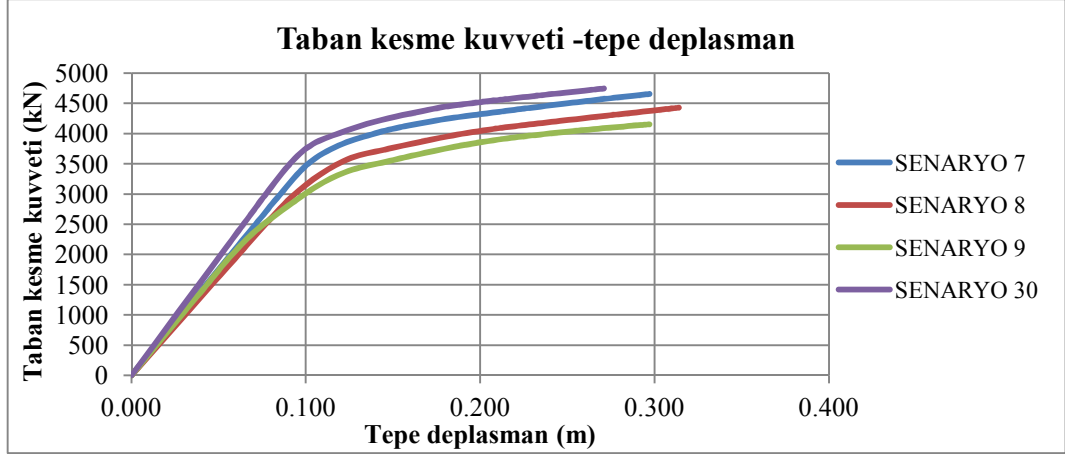
Şekil L.1 : Senaryo 4-5-6 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.



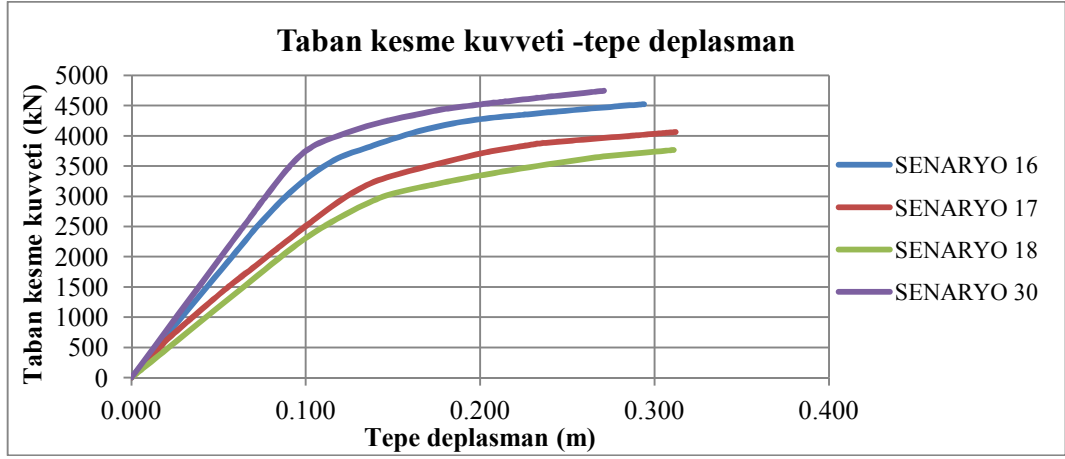
Şekil L.2 : Senaryo 13-14-15 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.



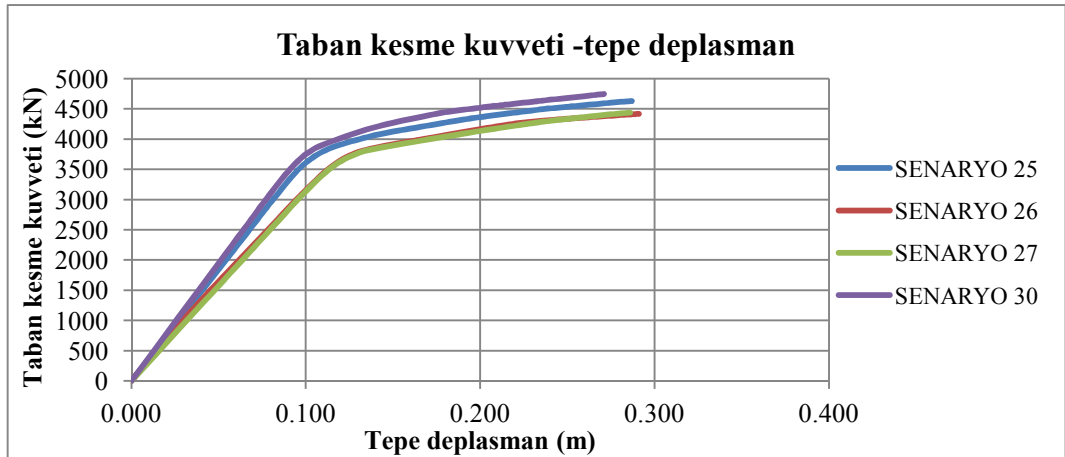
Şekil L.3 : Senaryo 22-23-24 ve 29'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.



Şekil L.4 : Senaryo 7-8-9 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.

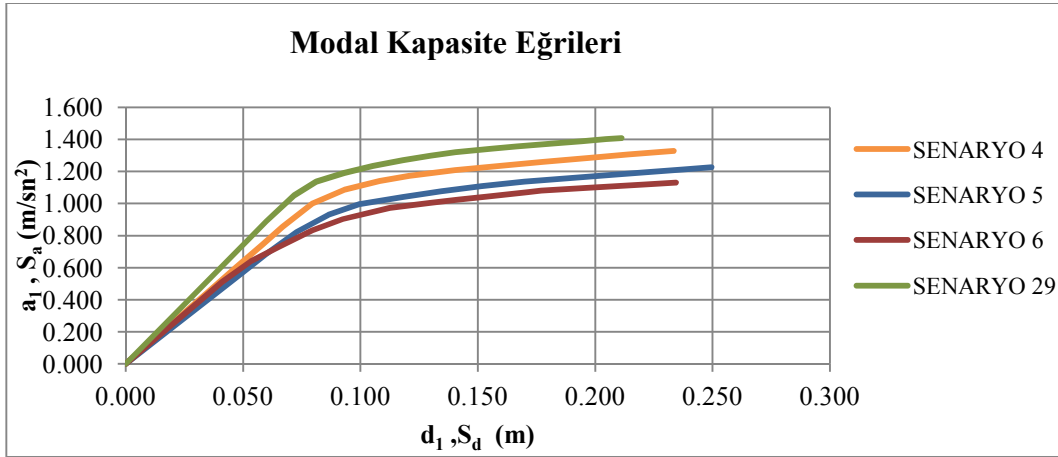


Şekil L.5 : Senaryo 16-17-18 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.

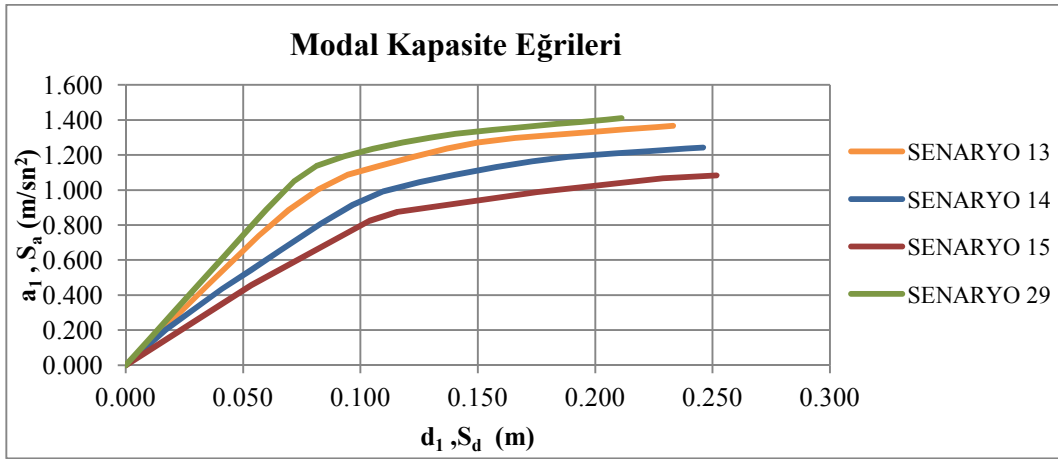


Şekil L.6 : Senaryo 25-26-27 ve 30'un karşılaştırmalı taban kesme kuvveti-tepe deplasman grafiği.

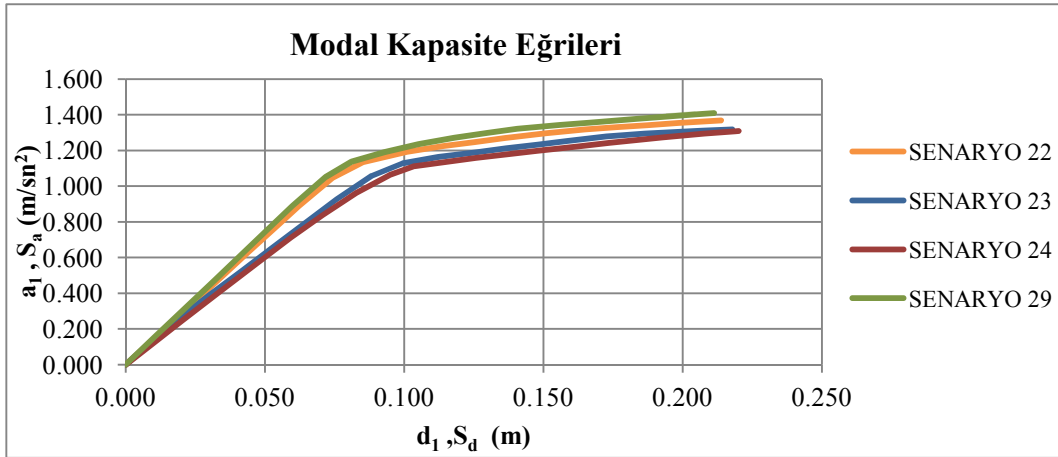
EK M



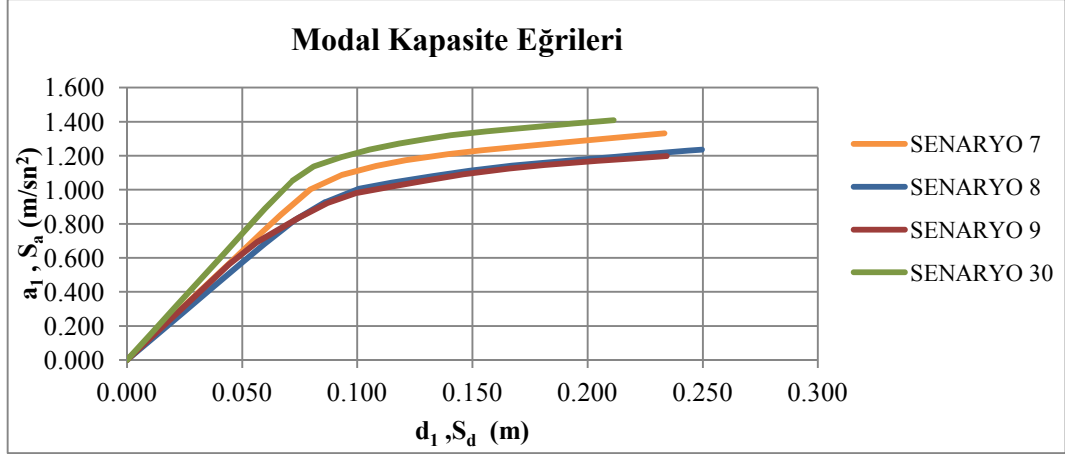
Şekil M.1 : Senaryo 4-5-6 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.



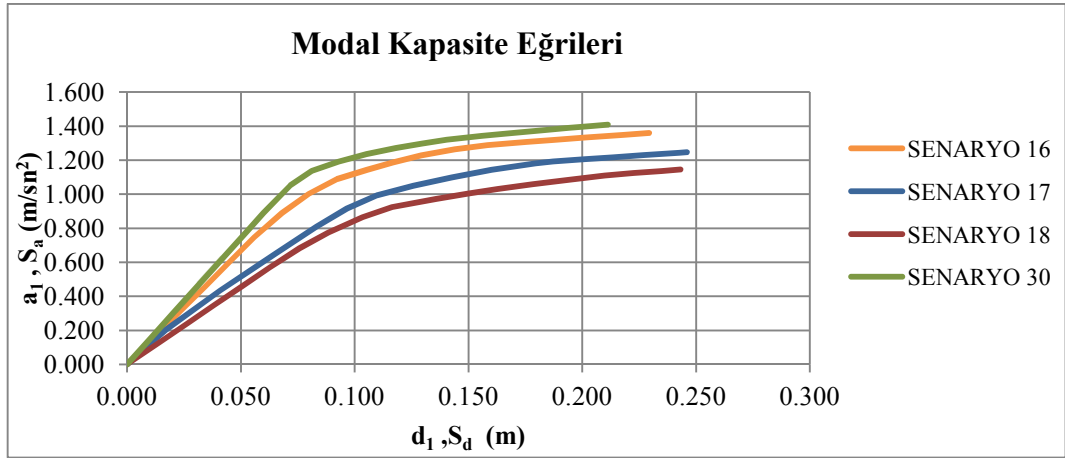
Şekil M.2 : Senaryo 13-14-15 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.



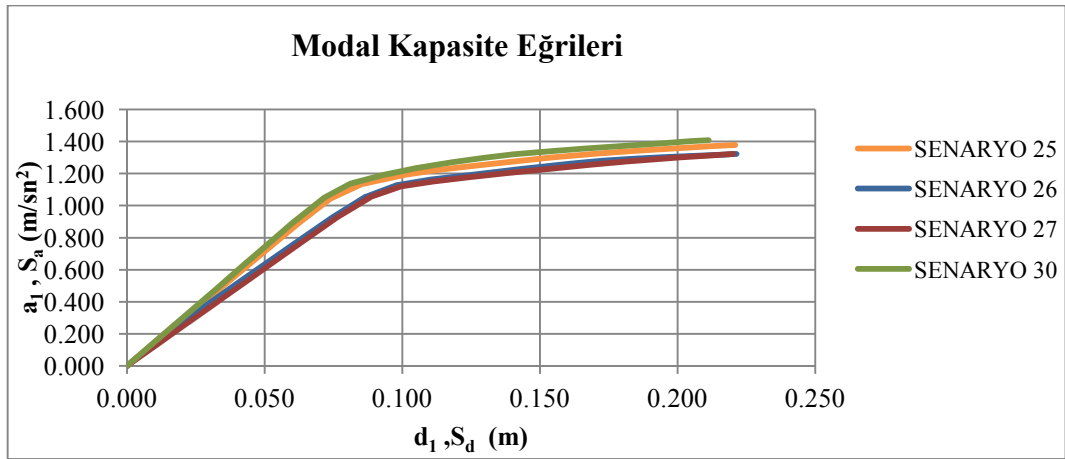
Şekil M.3 : Senaryo 22-23-24 ve 29'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.



Şekil M.4 : Senaryo 7-8-9 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.



Şekil M.5 : Senaryo 16-17-18 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.



Şekil M.6 : Senaryo 25-26-27 ve 30'un karşılaştırmalı modal kapasite eğrisi.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad	: Mert Hacıemiroğlu
Doğum Yeri ve Tarihi	: İstanbul 14.02.1986
Adres	: Hazan Sok. Besen. Apt 26/8 Suadiye/Kadıköy İST
E-Posta	: mertheo@gmail.com,
Web Sitesi	: http://www.linkedin.com/in/mertheo
Lisans	: Kocaeli Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği
Mesleki Deneyim	: 2009-Halen OTS İnşaat Müh. Mim. Dan. Tic. Ltd. Şti. <i>Tasarım Mühendisi</i>
Kurslar	: Performansa Bağlı Yapısal Tasarım Kursu Dr.Şeref POLAT - İMO İstanbul Şubesi 2013