

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONATI KOROZYONUN BETONARME YAPILARIN
DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Pınar İNCİ**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONATI KOROZYONUN BETONARME YAPILARIN
DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Pınar İNCİ
(501091138)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 08 Haziran 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Alper İLKİ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Kutay ORAKÇAL (BÜ)**

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana her konuda destek olan sayın hocam Prof. Dr. Alper İlki'ye teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Faruk Karadoğan'a, Doç. Dr. Ercan Yüksel'e, Araş. Gör. Cem Demir'e, Araş. Gör. Mustafa Cömert'e ve Araş. Gör. Barış Güneş'e, Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı çalışanlarına, yüksek lisans eğitimime başladığım ilk andan itibaren yanımda oldukları ve yardımları için teşekkür ederim.

Bu tezi hazırlama döneminde maddi ve manevi olarak desteğini esirgemeyen Yük. Müh. Ümit Özkan'a ve benim pes ettiğim anlarda bile bana güvenini ve desteğini esirgemeyen Yük. Müh. Çağlar Göksu Akkaya'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasında kullanılan deprem kayıtları için Yrd. Doç. Dr. İdris Bedirhanoğlu'na teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca, bana güvenen ve desteğini hiç sorgulamadan bir an olsun eksiltmeyen aileme, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran 2011

Pınar İnci
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRDEKİ YERİ	3
3. BETONARME VE KOROZYON	9
3.1 Korozyon Mekanizması	10
3.2 Betona Gömülü Donatı Korozyonu.....	12
3.3 Korozyon Ölçüm Yöntemleri.....	15
3.4 Hızlandırılmış Korozyon.....	16
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	17
4.1 Numune Özellikleri	17
4.2 Hızlandırılmış Korozyon İşlemi.....	17
4.3 Deney Düzeneği	18
4.4 Deney Sonuçları	19
4.5 Donatıların Temizlenmesi	20
4.6 Donatı Yüzeyindeki Kesit Kayıplarının Ölçülmesi	20
5. ANALİTİK ÇALIŞMA.....	23
5.1 Analitik Olarak İncelenen Kuramsal Betonarme Yapının Özellikleri	25
5.2 Moment-Dönme İlişkileri.....	26
5.3 Artımsal İtme Analizi.....	31
5.4 Yapıların Performans Düzeyleri ve Kesit Hasar Bölgeleri	35
5.5 Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz.....	75
6. SONUÇLAR	81
KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	119

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
ÖÖ	: Öteleme Oranı
TS	: Türk Standardı
RC	: Reinforced Concrete
C0, C10, C20, C30	: Kabul Edilen Korozyon seviyeleri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : Analizi yapılan çerçevelere ait bilgiler.....	24
Çizelge 5.2 : Kolon özellikleri.....	27
Çizelge 5.3 : Kuramsal betonarme binaların özellikleri	32
Çizelge 5.4 : Spektrum karakteristik periyotları.....	36
Çizelge 5.5 : Kesit hasar sınırları.....	39
Çizelge 5.6 : Etkin moda ait katkı çarpanı hesabı	40
Çizelge 5.7 : S0 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	41
Çizelge 5.8 : S0 binasında alt kat kolonları için hasar bölgesi tespiti	42
Çizelge 5.9 : S10-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	44
Çizelge 5.10 : S10-3 binasında alt kat kolonları için hasar bölgesi tespiti.....	45
Çizelge 5.11 : S10-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	47
Çizelge 5.12 : S10-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	48
Çizelge 5.13 : S10-12 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	50
Çizelge 5.14 : S10-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	51
Çizelge 5.15 : S20-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	53
Çizelge 5.16 : S20-3 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	54
Çizelge 5.17 : S20-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	56
Çizelge 5.18 : S20-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	57
Çizelge 5.19 : S20-12 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	59
Çizelge 5.20 : S20-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	60
Çizelge 5.21 : S30-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	62
Çizelge 5.22 : S30-3 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	63
Çizelge 5.23 : S30-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	65
Çizelge 5.24 : S30-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	66
Çizelge 5.25 : S30-12 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi	68
Çizelge 5.26 : S30-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti.....	69
Çizelge 5.27 : K1 ve K2 kolonlarının birim şekildeğiştirme değerleri.....	74
Çizelge 5.28 : Deprem kayıtları.....	76
Çizelge 5.29 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-SYLMAR, 1994 depremi	77
Çizelge 5.30 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-SYLMAR, 1994 depremi	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Betona gömülü donatının tam korozyon hücresi (Doğan, 2008).....	12
Şekil 3.2 : Betonarme yapı ömrü için tasarlanan iki aşamalı korozyon modeli (Bentur ve diğ., 1997)	13
Şekil 3.3 : Değişik kesitlerde oyuklanma korozyonu (ASTM-G46-94, 1994).....	15
Şekil 3.4 : Yarı hücre potansiyeli ölçüm şeması (Doğan, 2008)	16
Şekil 4.1 : Hızlandırılmış korozyona tabii tutulan kolon numuneleri.....	18
Şekil 4.2 : YDML deney düzeneği (Demirtaş, 2008).....	18
Şekil 4.3 : C0 ve C4 numunelerine ait yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	19
Şekil 4.4 : Donatıların pas ve betondan temizlenmesi işlemi (Göksu, 2011).....	20
Şekil 4.5 : Korozyon sebebiyle %48 kesit kaybına uğrayan donatı	21
Şekil 5.1 : a) Kuramsal çerçeveye ait görünüş, b) Kolon kesitinde donatı yerleşimi.	24
Şekil 5.2 : Korozyonlu ve korozyonsuz duruma ait taban kesme kuvveti yerdeğiştirme ilişkileri ve hasar sınırları.....	25
Şekil 5.3 : Tipik kat planı ve kolon isimleri (cm).....	26
Şekil 5.4 : Kolon boyutları ve donatı yerleşimi (cm).....	27
Şekil 5.5 : Mander sargısız beton modeli (Mander ve diğ., 1988)	28
Şekil 5.6 : Mander sargılı beton modeli (Mander ve diğ., 1988)	28
Şekil 5.7 : Donatı çeliği modeli	28
Şekil 5.8 : Farklı kesit kaybına uğramış donatılara sahip kolonların moment-eğrilik ilişkileri (a) %10 eksenel yük kapasitesine sahip 30×80 boyutlu kolonlar, (b) %5 eksenel yük kapasitesine sahip 30×80 boyutlu kolonlar, (c) %10 eksenel yük kapasitesine sahip 65×65 boyutlu kolonlar, (d) %5 eksenel yük kapasitesine sahip 65×65 boyutlu kolonlar.....	29
Şekil 5.9 : Oyuk boyutları.....	30
Şekil 5.10 : Farklı oyuk sayıları için moment-dönme ilişkileri (a)%10 kesit kaybı için 30X80, (b) %10 kesit kaybı için 65×65 (c) %20 kesit kaybı için 30X80, (d) %20 kesit kaybı için 65×65, (e) %30 kesit kaybı için 30X80, (f) %30 kesit kaybı için 65×65 kolonları	31
Şekil 5.11 : Alt kat kolon donatılarında %10 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı.....	33
Şekil 5.12 : Alt kat donatılarında %20 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı	34
Şekil 5.13 : Alt kat kolon donatılarında %30 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı	34
Şekil 5.14 : Taban kesme kuvveti-öteleme oranı ilişkilerinin karşılaştırılması.....	35
Şekil 5.15 : Kesit hasar bölgeleri	38
Şekil 5.16 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri	40
Şekil 5.17 : S0 binası kapasite eğrisi	41
Şekil 5.18 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri	43
Şekil 5.19 : S10-3 binası kapasite eğrisi	44

Şekil 5.20 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	46
Şekil 5.21 : S10-6 binası kapasite eğrisi	446
Şekil 5.22 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	49
Şekil 5.23 : S10-12 binası kapasite eğrisi	449
Şekil 5.24 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	52
Şekil 5.25 : S20-3 binası kapasite eğrisi	52
Şekil 5.26 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	55
Şekil 5.27 : S20-6 binası kapasite eğrisi	55
Şekil 5.28 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	58
Şekil 5.29 : S20-12 binası kapasite eğrisi	58
Şekil 5.30 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	61
Şekil 5.31 : S30-3 binası kapasite eğrisi	61
Şekil 5.32 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	64
Şekil 5.33 : S30-6 binası kapasite eğrisi	64
Şekil 5.34 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri.....	67
Şekil 5.35 : S30-12 binası kapasite eğrisi	67
Şekil 5.36 : S0, S10-3, S10-6 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri	71
Şekil 5.37 : S0, S20-3, S20-6 ve S20-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri	73
Şekil 5.38 : S0, S30-3, S30-6 ve S30-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri	74
Şekil 5.39 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, SYLMAR 1994 depremi.....	79

SEMBOL LİSTESİ

A_o	: Etriye çubuğu kesit alanı
b	: Kesit genişliği
d	: Faydalı yükseklik
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatı karakteristik akma dayanımı
M	: Moment
N	: Eksenel kuvvet
s	: Enine donatı aralığı
ϵ	: Birim boy değişimi (Birim şekildeğiştirme)
T	: Hakim moda ait bina periyodu
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
T_A	: İvme spektrumundaki karakteristik periyod
T_B	: İvme spektrumundaki karakteristik periyod
T_1	: Başlangıçtaki ($i=1$) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
R	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
L_p	: Plastik mafsallı boyu
M_{y1}	: y deprem doğrultusunda doğrusal-elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
u_{yN1}	: Binanın tepesinde (N 'inci katında) y deprem doğrultusunda tepe . yerdeğiştirme istemi
V_{y1}	: y deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
χ_p	: Plastik eğrilik istemi
χ_t	: Toplam eğrilik istemi
χ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{yN1}	: Binanın tepesinde (N 'inci katında) y deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{y1}	: y deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	: i 'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
θ_p	: Plastik dönme istemi
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
$a^{(i)}$	: (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme
$d^{(i)}$	: (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yerdeğiştirme
S_{ae1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme

S_{de1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal-elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
ω_1	: Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
f_{cc}	: Sargılı betonda beton basınç dayanımı
f_c	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_u	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
ϵ_{cc}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirme

DONATI KOROZYONUN BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ

ÖZET

Donatı korozyonu mevcut betonarme yapılar için yaygın bir problemdir. Korozyonun, yapıların servis ömrü üzerinde önemli olumsuz etkileri vardır. Problem, özellikle geçirimli yapıya sahip düşük dayanımlı betona ve yetersiz paspayına sahip eski yapılarda daha ciddi boyutlardadır. Korozyonun sebep olduğu beton ve donatı arasındaki aderans kaybı, donatıdaki kesit kaybı, boyuna çatlaklar ve paspayının dökülmesi, yapısal kapasiteyi ve deprem güvenliğini olumsuz etkilemektedir.

Bu tezde, kolon donatıları oyuklanma korozyonuna maruz kalmış kuramsal bir betonarme binanın, doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Donatıların korozyonu, deneysel çalışmalar baz alınarak, farklı miktarlarda kesit kaybı ve farklı oyuk dağılımı şeklinde kurgulanmıştır. Yapıların göçme performansının, korozyonun varlığından, düzeyinden ve dağılımından, farklı düzeylerde etkilendiği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde tez çalışmasının amacı ve kapsamı anlatılmıştır.

İkinci bölümünde donatı korozyonu ile ilgili literatürde yer alan deneysel ve analitik çalışmalar özetlenmiştir.

Üçüncü bölümünde betonarme ve korozyonla ilgili teorik bilgiler anlatılmıştır.

Dördüncü bölümünde, donatıları hızlandırılmış korozyon işlemine maruz kalmış konsol kolonlarla yapılan tersinir tekrarlı deneyler ve bu kolonlardan çıkarılmış donatılar üzerinde yapılan incelemeler anlatılmıştır.

Beşinci bölümünde, deneysel çalışmalar baz alınarak kolon donatıları oyuklanma korozyonuna maruz kalmış kuramsal bir betonarme binanın doğrusal olmayan itme analizi ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi anlatılmış, sonuçlar çeşitli ülke kodlarına göre değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümünde, yapılan deneysel ve analitik çalışma sonuçları anlatılmıştır.

EFFECTS OF REINFORCEMENT CORROSION ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF RC FRAME BUILDINGS

SUMMARY

Corrosion of reinforcement is a common problem for existing reinforced concrete (RC) structures. Corrosion has significant adverse effect on service life of structures. Problem is more serious especially in old structures with low-strength concrete due to porosity and insufficient thickness of concrete cover over the reinforcing steel. Structural capacity and earthquake safety are affected through loss of bond between concrete and reinforcement; cross-section loss of reinforcing bars, longitudinal cracks, spalling of cover concrete as a result of corrosion.

In this thesis, nonlinear analysis of a hypothetical RC structure which has columns with corroded reinforcement caused by pitting corrosion is investigated. Corrosion of reinforcement is presented with different losses of cross-section of reinforcement and different distribution of pits on the reinforcing bars based on the experimental study. The failure performance of the building is significantly affected negatively due to corrosion and depths and distribution of corrosion pits.

In the first chapter, general purpose of thesis is explained.

In the second chapter, a literature survey is being presented covering previous experimental and analytical studies on reinforcement corrosion.

In the third chapter, general theoretical knowledges about RC and corrosion are explained.

In the fifth chapter, nonlinear pushover analysis and nonlinear time history analysis of a hypothetical structure which has columns with corroded reinforcement caused by pitting corrosion are presented based on the experimental study.

In the sixth chapter, results of experimental and analytical studies are explained.

1. GİRİŞ

Mevcut betonarme yapılarda, deprem güvenliği açısından büyük risk oluşturan faktörlerin başında donatı korozyonu ve bunun neden olduğu dayanım ve aderans kayıpları gelmektedir. Betonarme yapılardaki donatılarda çeşitli nedenlerden dolayı korozyon oluşur ve elemanlarda önemli hasarlar meydana gelir. Zamanla bu hasarlar önemli seviyelere ulaşır ve alınacak önlemlerin pahalı olmasına sebep olur. Bu nedenle bu tür hasarların olabildiğince erken belirlenmesi ve önlem alınması önemlidir (Celep ve Kumbasar, 2004). Ülkemizdeki mevcut betonarme yapılar, sıkça karşılaşılan düşük beton dayanımı nedeni ile, korozyondan oldukça fazla etkilenmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin deprem kuşağında yer alması ve mevcut yapı stoğunun iyi projelendirilmemiş, mühendislik hizmeti görmemiş, eski yöntemlerle inşa edilmiş yapılardan oluşması, korozyon gibi yapı elemanlarına önemli derecede hasar veren durumların önemini daha da arttırmaktadır.

Betonarme yapılarda en sık rastlanılan korozyon tiplerinin genellikle klor etkisiyle oluşan oyuklanma korozyonu ve karbonatlaşma etkisiyle oluşan uniform korozyon olduğu bilinmektedir (Tuutti, 1982). Korozyon sebebiyle donatıda meydana gelen oyuklarda gözlem yapıldığında oyuklar, şekil itibariyle küçük görüldüğü halde, içeride daha büyük ve yayılı bir boşluğa sahip olabilmektedir. Korozyon sebebiyle donatıda korozyon ürünleri (pas) oluşmaktadır. Korozyon ürünlerinin neden olduğu hacim artması sonucu, donatı etrafındaki betonda meydana gelen gerilmeler, betonun çekme dayanımı aşıldıktan sonra betonda çatlak oluşumuna sebep olmaktadır. Oluşan çatlaklar sonucunda donatı ve beton arasındaki aderans zayıflamaktadır. Ayrıca, donatı yüzeyinde oyuklanma sebebiyle meydana gelen kesit kaybı, donatıların çekme ve deformasyon kapasitesini olumsuz etkilemektedir.

Bu tezin kapsamında, kolon donatıları oyuklanma korozyonuna maruz kalmış kuramsal bir betonarme binanın deprem performansı doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak ortaya konmuş ve sonuçlar Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-07, (2007)) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kuramsal binalarda dikkate alınan donatı korozyonu, donatıları

hızlandırılmış korozyon işlemine maruz kalmış konsol kolonlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar baz alınarak, farklı miktarlarda kesit kaybı ve farklı oyuk dağılımı şeklinde kurgulanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, betonarme elemanların yük ve yerdeğiştirme kapasitesinin korozyonun varlığından olumsuz etkilendiğı belirlenmiştir. Bu deneysel çalışmalar temel alınarak yapılan analitik çalışmalarda ise alt kat kolonlarının donatıları korozyona uğramış yapıların göçme performansı incelenmiş ve performansın korozyonun varlığından, düzeyinden ve oyukların dağılımından, farklı düzeylerde etkilendiğı ortaya koyulmuştur.

Tez içinde; ikinci bölümde literatür araştırması yer almıştır. Üçüncü bölümde beton, betonarme ve korozyon konuları ve birbiri ile olan ilişkisi açıklanmıştır. Tez kapsamında yapılan deneylerde kullanılan korozyon ölçüm yöntemleri ve deney numunelerine uygulanan hızlandırılmış korozyon açıklanmış, daha önce yapılmış deneyler hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde deneysel çalışma kısaca anlatılmıştır. Deney numuneleri, deneye hazırlık ve deney süreci hakkında bilgi verilmiş, sonuçlar grafiklerle ifade edilip açıklanmış ve yorumlanmıştır. Beşinci bölümde, yapılan deneysel çalışmalar baz alınarak, alt kat kolonlarının donatıları farklı düzeylerde korozyona uğramış binalar doğrusal olmayan itme analizi ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar DBYBHY-07 (2007) kullanılarak kesit hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Altıncı bölümde, yapılan deneysel ve analitik çalışmalarda bulunan sonuçlar toparlanmış ve ulusal ve uluslararası yönetmelikler incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRDEKİ YERİ

Korozyon hasarlı betonarme elemanların deprem performansına etkisi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Ağırlıklı olarak deneysel olan bu çalışmalar, deneysel gözlemlerden yola çıkarak donatıları korozyona uğramış betonarme bir elemanın performans değerlendirmesi üzerine yapılmış analitik incelemeleri de içermektedir. Özellikle de oyuklanma korozyonunun, donatının performansına etkisi üzerinde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bu başlıkta, özellikle son yıllarda yapılmış olan, deneysel çalışmalara ve korozyonun, elemanların ve donatıların mekanik özelliklerine ve de elemanların kapasitesine etkisiyle alakalı çalışmalara özet bir şekilde değinilmiştir.

Rodriguez ve diğ. (1997) korozyonun betonarme kirişlerin yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Farklı seviyelerde korozyona maruz kalmış ve donatı detayları farklı 6 adet kirişin korozyon seviyesi-yük kapasitesi ilişkisine yer verilmiştir. İlk aşamada, boyutları 2300x200x150 mm ve 2050x200x150 olan kirişler 28 gün boyunca açık havada, sulama sisteminden oluşan bir küre maruz bırakılmıştır. Burada amaç kirişleri nemli tutmaktır. Ardından 100 ila 200 gün arasında değişen bir süreçte kalsiyum klorit uygulaması yapılmıştır. Donatıların korozyona uğramasından sonra kirişlerin üzerindeki korozyon kaynaklı hasarlar tespit edilmiştir. Boyuna çatlaklar, donatılardaki oyuklanma korozyonları belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci kısmı olan yükleme deneyleri için kirişler basit mesnetlenmiştir. Kapasitesi 200 kN olan hidrolik yük verenle kirişlere simetrik olarak 2 noktadan tekil yük uygulanmıştır. Yükleme testi iki fazdan oluşmaktadır. İlkinde kuvvet, hesaplanan servis yüküne kadar arttırılmıştır. İkinci fazda ise kirişler göçme noktasına kadar yüklenmiştir. Deneylerin ardından korozyonlu donatıya sahip kirişlerin ve korozyonsuz donatıya sahip kirişlerin karşılaştırılması yapılmış ve göze çarpan ilk sonuç, korozyonlu donatıya sahip kirişlerdeki eğilme dayanımının korozyonsuz donatıya sahip kirişlere kıyasla daha düşük olduğudur. Ayrıca bu dayanım kaybı, kirişlerdeki boyuna çatlakların genişliği, oyuklanma korozyonu ve de donatı ile beton arasındaki aderans kaybı değişkenlerine göre incelenmiştir. Korozyonlu donatıya sahip kirişlerde servis yükünün ve de maksimum dayanımın azaldığını göstermiştir.

Dekoster ve diğ. (2003) donatıları korozyona uğramış betonarme kirişlerin, kuvvet-dönme ilişkisini açıklamak için deneysel ve analitik çalışmalar yapmıştır. CANTEM 200 adlı bilgisayar yazılımında, 2 adet deneysel çalışmanın sonuçları kullanılarak bir sonlu eleman analizi yapılmıştır. Bu iki deneyden birinde donatıları üniform korozyona uğramış, ikincisindeyse donatıları oyuklanma korozyonuna uğramış kirişler test edilmiştir. Analitik hesapta önemli noktanın donatı ile beton arasında korozyon ürünü olarak ortaya çıkan pas tabakası olduğu vurgulanmıştır. Korozyonun etkisinin daha iyi görülebilmesi için çeşitli seviyelerde korozyona uğramış elemanlar kullanılmıştır. Burada değişik seviyeden kasıt, farklı korozyon seviyelerinde görülen farklı miktarda pas sebebiyle meydana gelen kesit kaybı olduğu açıklanmıştır. Basit mesnetlenmiş kirişlere 4 ve/veya 3 noktalı eğilme deneyi uygulanmıştır. Bunun sonucunda bu elemanlar için yük-yerdeğiştirme ilişkisi ve maksimum eğilme dayanımı belirlenmiştir. Analitik çalışmadaysa, sonlu eleman analizi için CASTEM 2000 yazılımında kiriş modeli kurulurken kirişte yalnızca boyuna donatılar etkin alınmıştır. Korozyon ürünü olan pas sebebiyle oluşan kesit kayıpları modele yansıtılmıştır. Çalışmalar sonucunda korozyonsuz donatılara sahip ve korozyonlu donatılara sahip kirişlerin yük dönme ilişkileri karşılaştırılmıştır. Bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılan sonlu eleman analizi ile deneysel çalışmadan elde edilen yük-dönme eğrileri karşılaştırılmış ve birbiriyle uyumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda, donatıları korozyona uğramış kirişlerin davranışı modellenirken 2 parametrenin öne çıktığı vurgulanmıştır. Birincisi, donatılarda korozyon sebebiyle kesit kayıpları olarak verilmiştir ve artan korozyon oranı ile birlikte arttığı söylenmiştir. İkincisi ise, donatı ile beton arasındaki korozyon ürününden kaynaklı tabakadır. Birbiriyle uyumlu deneysel ve analitik çalışmalar sonucunda, korozyon ürünü olan pas tabakası sebebiyle oluşan donatı kesit kayıplarının, kirişte eğilme rijitliğini azalttığı bulunmuştur.

Cairns ve diğ. (2005) tarafından yapılan çalışmada, korozyonun donatı çeliğinin mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Gerçek korozyon hasarına sahip (anodik polarizasyon yöntemiyle hızlandırılmış korozyon) ve oyuklanma korozyonuna benzeştirilmiş bir çukur simülasyonu uygulanmış donatılar test edilmiştir. Deneysel çalışmanın yanı sıra ayrıca basit bir analitik model kurulmuştur. Deneysel çalışmayı destekler nitelikte olan bu analitik çalışmada, korozyonun donatı çeliğinin mekanik özelliklerine etkisini ortaya koymak için doğrusal olmayan temel

bir parametrik çalışma yapılmıştır. Hızlandırılmış korozyon işlemine tabi tutulmuş düz ve nervürlü donatılarla tek eksenli çekme deneyleri yapılmıştır. Testlerden, artan korozyonun sebep olduğu süneklik kaybının, akma dayanımı kaybından belirgin şekilde daha fazla olduğu ortaya konmuştur.

Castel ve diğ. (2000) tarafından yapılan çalışmada, donatıdaki korozyonun sebep olduğu kesit kaybının, donatı ve beton arasındaki aderans azalmasına etkisi araştırılmıştır. Aderans kaybı, farklı uzunluklardaki çekme donatılarının pas payı kaldırılarak, donatıdaki kesit kaybı ise (oyuklanma korozyonu) donatıya lokal çentikler atılarak simüle edilmiştir. Donatı enkesitlerindeki lokal kayıplar kopma dayanımında %10'luk bir artışa neden olsa da, asıl dikkat çekici olan %50~70 oranındaki süneklik kaybıdır. Süneklik kaybı çentiklerin (oyuklanmanın) derinliğinden çok mevcudiyetine bağlı olarak azalmıştır. Bu durum, üzerinde çentikleri bulunan donatıda, toplam donatı kesitinin elastik sınırına ulaşmadan, çentik atılmış kesitte gerilme yığılmasından dolayı kısmi akma olmasından kaynaklanabilir. Tüm kesit elastik sınırına ulaşana dek, akmanın büyük bir kısmının zaten çentik atılmış kısımda toplanmış olması, donatının erken kopmasına sebep olmuştur.

Youlin ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmada, korozyonun gerçek binalardan alınmış ve yapay korozyona uğratılmış donatıların akma ve çekme dayanımları ve bazı donatılardaki kopma anındaki uzama oranlarına (sıcak haddeli düz ve nervürlü donatılar) etkisi araştırılmıştır. Sıcak haddeli çelik çubukların, ikincil işlemde kaynaklanan içsel gerilimden dolayı korozyon direncinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Enkesit çapı küçük donatıların, aynı korozyon derinliğinde, göreceli olarak daha büyük kesit kaybına uğradığı için daha hızlı korozyona uğradığı belirlenmiştir. Deneyler, sıcak haddeli donatılar hariç, korozyonun donatının gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermekle birlikte süneklikte azalmaya sebep olduğunu ortaya koymuştur. Donatının dayanımı, yükleme yapılan çelik çubuğun dayanımına korozyon etkisini objektif olarak ortaya koymak için, korozyonsuz gerçek kesit esas alınarak hesaplanmıştır. Akma ve çekme dayanımı, korozyonun varlığıyla birlikte azalmıştır. Fakat korozyon, dayanımdan ziyade süneklikte belirgin düşüşe sebep olmuştur. Korozyonlu, sıcak haddeli donatılar, göreceli olarak, diğer numunelere kıyasla daha az süneklik kaybına uğramıştır. Gerçek bir binadan alınan korozyonlu donatılarla yapılan deneylerde, dayanım kaybı, akma bölgesinde kısalma, daha küçük şekildeğiştirme limiti, daha

küçük akma çekme oranı görülmüştür. Ayrıca, donatıların göçmesi akmanın sebep olduğu çekme kopması şeklinde gerçekleşmiştir. Ancak deney sonuçlarında, dayanımdaki azalma ve farklı genliklerde akma ve çekme dayanımlarındaki azalmanın süresiz bir dağılıma sahip olduğu gözardı edilmemelidir.

Apostolopoulos ve Michalopoluos (2006) korozyonun, çoğunlukla 1990 ve 2005 yılları arasında Yunanistan'da kullanılan Bst500s çeliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Korozyonun yüksek ve düşük çevrimlerde yorulma ve kütle kaybı üzerine etkilerini incelemiştir. Hızlandırılmış korozyon işlemine maruz bırakılan 12 mm çapındaki çelik çubuğa, düşük ve yüksek çevrimlerde yorulma deneyleri uygulanmıştır. Sonuçlar, artan korozyon seviyesinin, dayanımı (akma ve kopma noktası) ve sünekliği (enerji yutma kapasitesi ve kopma uzaması) azalttığını göstermiştir.

Apostolopoulos (2008) yapay korozyonlu 8, 12, 16 ve 18 mm çaplarındaki B500c sınıfı nervürlü donatılar üzerinde deneysel çalışmalar yapmıştır. Mekanik özellikler, nominal ve etkin akma ve nihai çekme dayanımı açısından değerlendirmiştir. Etkin akma gerilmesi, korozyonlu numunelerin gerçek kesit alanıyla belirlenen yük kapasitesi oranıyla hesaplanırken, nominal akma gerilmesi başlangıçtaki korozyonsuz numunelerin kesit alanıyla belirlenmiştir. Nominal akma gerilmesi, etkin akma gerilmesi, nominal nihai gerilme ve etkin nihai gerilme, düzgün yayılı uzama ve enerji yutma kapasitesi, korozyon artışı ile beraber azalmıştır. Küçük çaplara sahip donatılarda, aynı oranlardaki oyuklanma ve çentikler, daha büyük hasar verdiği için düzgün yayılı uzama ve enerji yutma kapasitesindeki bozulma daha fazladır. Çünkü aynı orandaki oyuklanma ve çentikler, yüzeyde daha büyük oranda yer kaplar.

Apostolopoulos ve Papadakis (2008) yapay korozyonlu, 1960 ve 1990 yılları arasında, Yunanistan'da kullanılan Bst420 çeliğinin çekme davranışını incelemiştir. Etkin gerilme, korozyona uğramış numunelerin, kütle ve uzunluğun fonksiyona dahil edilmesiyle hesaplanan gerçek kesitleriyle belirlenen yük kapasitesiyle hesaplanırken, görünen (nominal) gerilme, başlangıçtaki korozyonsuz numunenin kesit alanıyla belirlenen yük kapasitesiyle hesaplanmıştır. Çalışmada, korozyon sebebiyle oluşan kesit azalması sonucu donatıdaki gerilmenin arttığı ve bu artışın donatılar için alınan güvenlik faktörlerini azalttığı belirlenmiştir. Donatı enkesit alanındaki kayıpların atalet momentini azalttığı ve bu sebeple donatının

maksimum burkulma yükünü de azalttığı ortaya konmuştur. Test sonuçlarına göre, akma gerilmesi artan korozyonla beraber artarken, etkin akma gerilmesi sabit kalmıştır. Etkin ve nominal nihai gerilme ise artan korozyonla beraber düşmüştür. Gerçek bir yapıda yıllarca gömülü kalmış, doğal korozyona uğramış, 10 mm çapındaki donatı üzerinde yapılan testlerin sonuçlarına göre, küçük miktardaki bir korozyon akma ve nihai gerilme üzerinde orantılı bir etkiye sahipken, kopma uzaması ve enerji yutma kapasitesi üzerinde üssel orantılı bir etkiye sahiptir.

Graeff ve diğ. (2008) farklı seviyelerde korozyona maruz kalmış donatılardaki kesit kayıplarını araştırmışlardır. Donatılardaki kesit kayıplarını tespit etmek için üç boyutlu tarama sistemi kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarında, betonarme yapıların performans değerlendirmesinde, donatılardaki korozyon esaslı kesit kayıplarının göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır.

3. BETONARME VE KOROZYON

Beton, kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega v.b.), çimento ve suyun karıştırılmasından elde edilen bir yapı malzemesidir. Homojen ve elastik olmayan bu malzemenin çekme dayanımı basınç dayanımına oranla çok düşüktür. Bu sebeple beton gibi çekme dayanımı düşük bir malzemedan taşıyıcı sistemler oluşturmak zor ve ekonomik olmayan çözümler gerektirir. Akla gelen ilk çözüm, eski çağlarda taşın kullanılışına benzer bir biçimde, eleman veya sisteme, kesitlerde yalnız basınç oluşturacak bir form vermektir. Ancak, bu tür yapı geometrileri bir çok durumda fonksiyonel ve ekonomik olmayabilir. Akla gelen ikinci çözüm, çekme gerilmelerinin betonun içine yerleştirilen, çekme dayanımı ve sünekliği yüksek başka bir malzeme tarafından karşılanmasıdır. Bu ikinci çözüm mühendislik açısından çok daha uygun bir çözümdür. Bu amaçla betonda çekme gerilmelerini karşılamak için çelik donatı kullanılır. Çelik donatı ve betondan oluşan kompozit malzemeye “betonarme” denir. Çelik donatı ve betondan oluşan malzemenin betonarme olabilmesi için, bir bütün olarak birlikte çalışmaları gerekir. Başka bir deyişle, donatının ve çevresindeki betonun deformasyonunun farklı olmaması için donatı, etrafındaki beton kütleyle sağlam bir şekilde kenetlenmelidir. Beton ve çeliğin birlikte çalışmasını sağlayan bu olay “kenetlenme” veya “aderans” olarak adlandırılır (Ersoy ve Özcebe, 2004).

Beton karışımında bağlayıcı olarak görev yapan çimento, esas olarak kalsiyum ve aliminyum silikatlarından oluşan ince toz şeklinde minerallerden yapılmıştır (Celep, 2009). Çimento, su ile reaksiyona girerek kristal yapıya dönüşür. Ekzotermik özellik taşıyan bu olaya “hidratasyon” denir. Hidratasyon olayının ürünleri (kristaller) kenetlenerek çökelirler ve karmaşık bir jel yapı oluştururlar. Hidratasyon olayı ile birlikte sertleşmeye başlayan çimento hamurunun sertliği giderek artar ve “taşıyıcı malzeme” özelliği kazanır. Daha açık bir deyişle, başlangıçta vizkoz özellik taşıyan çimento hamuru katılaşarak dış zorlamalarının oluşturduğu gerilmeleri karşılayabilecek bir yapı kazanır (Arıoğlu ve diğ., 2006).

Beton karışımında kullanılan portland çimentosunun hidrate olması sonucu meydana gelen kalsiyumhidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), pH seviyesini 12-13 civarında sabitler. Betondaki bu yüksek alkali ortam donatı üzerinde bir pasivasyon tabakası sağlayarak donatıyı korozyondan korur. Pasivasyon tabakası korozyon hızını azaltır ancak korozyonu durdurmaz (İnci ve diğ., 2011).

Genellikle aderansın çubuk düz yüzü ile çimento harcı arasındaki kimyasal yapışma sonucu ortaya çıktığı düşünülürse de, düşük zorlamalar bile bu yapışmayı çözer ve çubuk sıyrılır. Bu tür sıyrılmanın başlamasıyla sürtünme ve kama etkisi ile oluşan aderans başlar. Sürtünmeden ortaya çıkan aderans, donatı çubuğunun pürüzlülüğüne bağlıdır. Korozyon sonucunda donatı yüzeyi üzerinde sıyrılabilir bir tabaka oluşması, beton içindeki donatının, bu tabakadan sıyrılmasını kolaylaştırarak, aderansın kolayca çözülmesine sebep olur. Bu nedenle donatının korozyonu, aderansı olumsuz yönde etkiler ve ileri durumlarda aderansın kaybolmasına neden olur (Celep, 2009). Hiç şüphesiz korozyonun donatıda neden olduğu kesit kaybı, betonarme elemanların dayanımlarında da azalmalara neden olur. Ülkemizdeki mevcut yapılarda, deprem güvenliği açısından büyük risk oluşturan faktörlerden biri donatı korozyonu ve bunun neden olduğu dayanım ve aderans kayıpları gelmektedir (Odabaşı, 2007).

3.1 Korozyon Mekanizması

Korozyon genellikle iki türdür. Birincisi kimyasal eriyiklerin oluşturduğu doğrudan korozyon, diğeri çevre koşullarının meydana getirdiği elektrokimyasal korozyondur. Elektrokimyasal korozyon, herhangi bir eriyiğe gerek kalmadan, sürekli olarak, havadaki nem ve oksijen etkisinde oluşur (Onaran, 2006). Bu elektrokimyasal reaksiyon, metalin doğada bulunduğu haline, yani mineral haline dönme eğiliminden kaynaklanmaktadır (Jones, 1996). Metaller doğada oksitler, karbonatlar, sülfatlar ve silikatlar olmak üzere genellikle iyonik bileşikler halinde bulunurlar. Bu bileşiklerin enerjileri düşük olduğundan kararlı yapıya sahiptirler. Daha sonra bu bileşiklerin artırılması sonucu elde edilen Fe, Al, Cu, Ni ve Cr gibi metallerin bağlı olarak enerjileri daha yüksektir, uygun koşullarda bileşiğe dönüşerek enerjilerini azaltıp kararlı yapı oluşturma eğilimi gösterirler. Gerçekte korozyon ürünleri ana metalden ayrılan birer bileşik niteliğindedir. Bu bileşikler sürekli oluştuğu takdirde metaller tamamen doğadaki ilk hallerine dönerler (Onaran, 2006).

Bir metalin elektron kaybetmesine oksidasyon, bunun sonucunda iyonla dönüşmesine anod reaksiyonu, kaybedilen elektronun başka bir yerde harcanmasına da katot reaksiyonu denir (Onaran, 2006). Diğer kimyasal olaylarda olduğu gibi anodik ve katodik reaksiyonlar denge halindedir. Anottan ayrılan elektron katoda doğru ilerlerken çözeltideki (beton) negatif iyonlar anoda yönelirler. Korozyon potansiyeli ise anodik ve katodik reaksiyon hızlarının dengede olduğu potansiyel değeridir. Bu denge reaksiyonlarından birinin engellenmesi korozyon oluşumunu önler (Doğan, 2008).

Donatı üzerinde gerçekleşen anot reaksiyonu:



Anotta, yani katyona dönüşen metalin bulunduğu bölgede malzeme kaybı vardır. Bu kaybın sürekli olması hasar sebebidir ve bunun için metal çevresinde açığa çıkmış olan elektronların uzaklaşması gerekir. Elektronların azaltılması bir redüksiyon reaksiyonu ile mümkündür. Bu reaksiyon katot olarak nitelenen bölgede gerçekleşir ve katot reaksiyonu adını alır. Katot reaksiyonu için O_2 yani hava gerekir (Dilmaç, 2002).

Katot reaksiyonu:



Oluşan metal iyonları nötral ortamlarda su ile reaksiyona girerek hidroksit haline dönüşür.



Demir paslanınca $Fe(OH)_2$ haline gelerek hidroksil iyonları oluşturur.

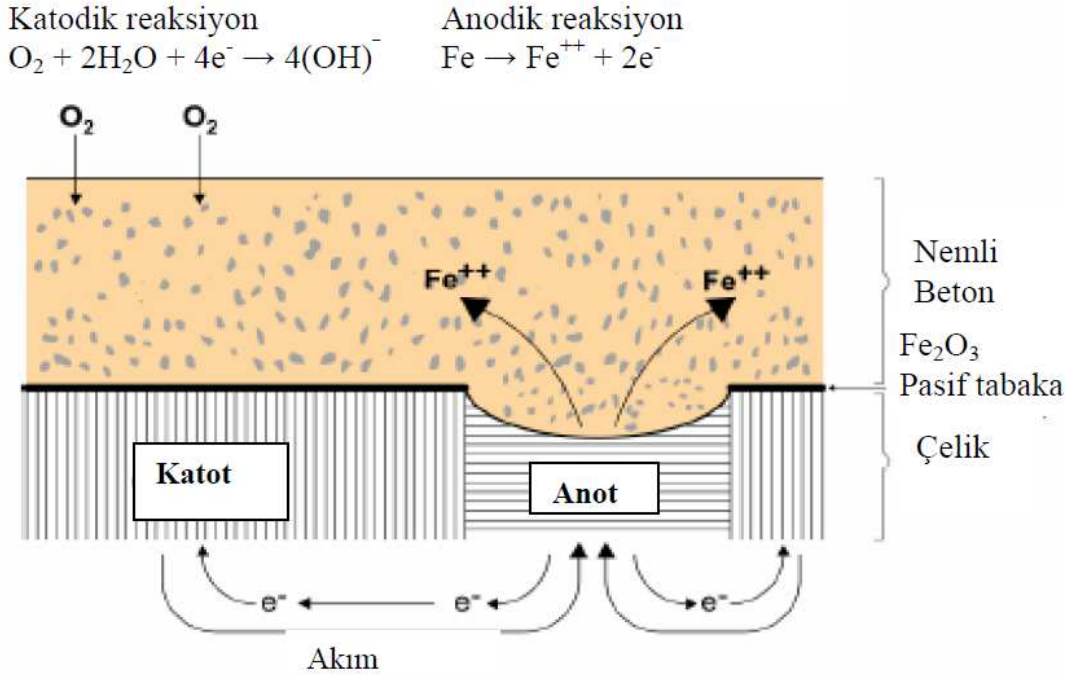


Bu reaksiyon sonucunda çeliğin görünen hacmi altı kata kadar arttığı için malzeme ayrılır ve donatının enkesitinde azalma olur. Zamanla çatlama ve parçalanmadan dolayı betonla çelik arasındaki bağ zayıflar (Dilmaç, 2002). Korozyon hücresinin üçüncü bölümüne elektrolit denir. Elektrolit anot ve katoda temas eden bir materyaldir ve hem anota hem de katoda iyon akışı vardır.

Korozyon hücresinin dördüncü bölümüne metalik bağlantı denir. Elektriksel devreyi tamamlar ve elektron akışını sağlar. Metalik bağlantı hem anota hem de katoda temas

eden ve elektron akışını sağlayan bir metaldir. Bu elektron akışı, elektrokimyasal reaksiyon oluştuğunda görülür (Odabaşı, 2007).

Anodik ve katodik reaksiyonlar denge halindedir. Donatı üzerinde gerçekleşen korozyon hücresi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Betona gömülü donatının tam korozyon hücresi (Doğan, 2008)

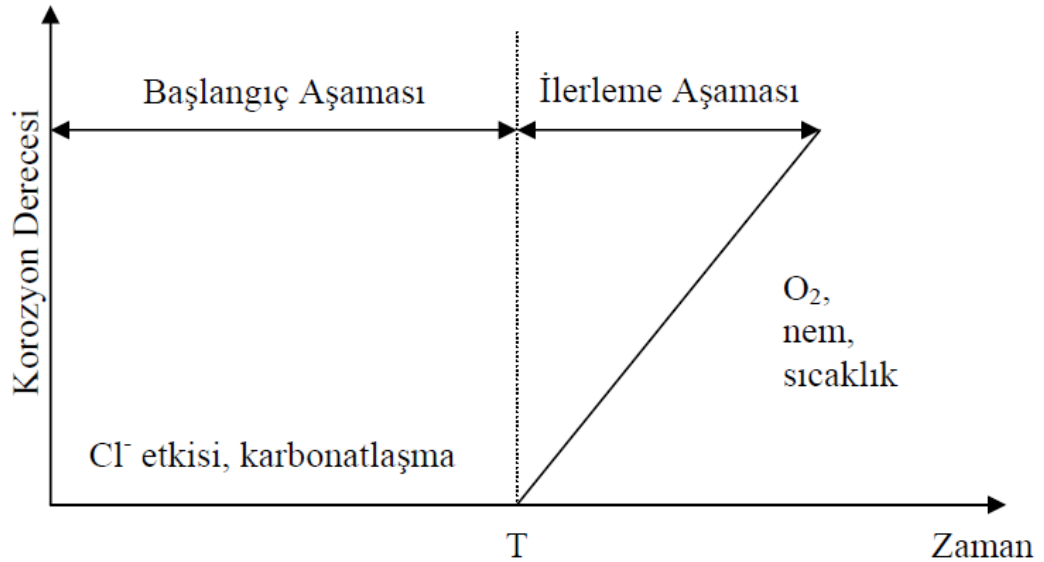
3.2 Betona Gömülü Donatı Korozyonu

Beton, içerisindeki çelik donatıya kimyasal ve fiziksel olarak koruma tabakası sağlamaktadır. Çimento, hidrasyonu sırasında açığa çıkan $Ca(OH)_2$, NaOH ve KOH bileşenlerinden kaynaklanan ve pH değeri 13 civarında olan yüksek alkaliniteye sahip pasivasyon tabakası, donatıyı kimyasal olarak korozyona karşı korur (Aleksiev, 1993). Geçirimsiz bir beton, bu pasivasyon tabakasına zarar verebilecek oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2) gibi gazların, Cl iyonlarının ya da suyun betona girişini önleyerek fiziksel bir bariyer sağlar. Betonun fiziksel özellikleri yeterli olmadığında veya bir şekilde sözü edilen maddelerin girişi engellenemediğinde, ya kimyasal koruyuculuğu sağlayan alkalinitenin ana bileşeni olan $Ca(OH)_2$ 'in karbonatlaşarak bazikliğini kaybetmesiyle ya da klorür iyonlarının doğrudan etkisiyle pasivasyon tabakası hasar görür. Fiziksel ve ardından kimyasal koruyuculuğun ortadan kalkmasıyla çelik üzerindeki pasif tabakanın varlığını sağlayan ortam kaybolmuş olur. Pasivasyon tabakasının yok olmasıyla başlayan

korozyonun oluşum hızını belirleyen etkenlerin en önemlileri: (i) katodik bölge civarında oksijen konsantrasyonu, (ii) elektrolit görevi gören betonun elektriksel direncini etkileyen çelik etrafındaki nem ve (iii) sıcaklık durumudur (Doğan, 2008).

Pasivasyon tabakası korozyon hızını azaltır ancak korozyonu durdurmaz. Beton geçirimli ise veya yapı çevre şartlarına uygun yapılmamışsa donatıda korozyon meydana gelir (ACI-222R-01, 2001). Donatı korozyonu, betonarme yapıların ekonomik ömrünü belirleyen başlıca etkilerden biridir. Betonarme yapılarda, donatı korozyonu tarafından belirlenen yapı hizmet süresi iki aşamalı bir süreç olarak modellenmiştir (Tuutti, 1982). Beton içindeki donatıyı koruyan pasivasyon tabakasının ortadan kalkmasına sebep olan beton içerisindeki klorür ve CO₂ miktarının belirli bir seviyeye ulaşmasına kadar geçen süreyi temsil eden birinci aşamaya başlangıç aşaması, aktif korozyonun malzemeye hasar vermeye başladığı bölgeye de ilerleme aşaması adı verilir (Şekil 3.2).

Korozyona sebep olan başlıca faktörler; çimento tipi, su-çimento oranı, nem, yetersiz paspayı kalınlığı, sıcaklık, betonun pH'sı, betondaki çatlaklar, kaçak elektrik akımlarının varlığı ve beton ile temas eden topraktaki organik maddelerdir.



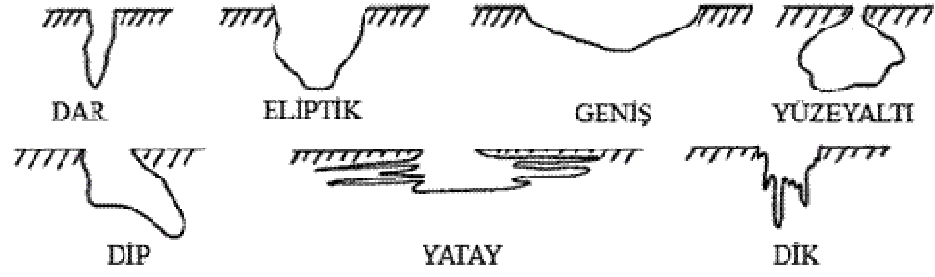
Şekil 3.2 : Betonarme yapı ömrü için tasarlanan iki aşamalı korozyon modeli (Bentur ve diğ., 1997)

Doğada korozyona sebep olan faktörler sonucu oluşan korozyon çeşitleri: oyuklanma, üniform, taneler arası, mikrobiyolojik, çatlak, stres, filiform, galvanik,

kabuk altı, seçimli, erozyonlu, kavitasyon, aşınmalı, yorulmalı, hidrojen kırılgenlığı, kaçak akım korozyonudur.

Korozyon işleminin yapısı anot ve katotların dağılımına bağlıdır (Gulikers, 2005). Betonarme yapılarda en sık rastlanılan korozyon tiplerinin genellikle klor etkisiyle oluşan oyuklanma korozyonu ve karbonatlaşma etkisiyle oluşan uniform korozyon olduğu bilinmektedir (Tuutti, 1982). Eğer anot ve katot donatı yüzeyinde düzensiz bir şekilde dağılmışlarsa ve korozyon oluşumu sırasında rasgele konum değiştiriyorlarsa üniform bir hasar gerçekleşir. Ancak anot sabit bir noktada ve katot bölgesi anot bölgesinden daha geniş ise hasar bölgesel olur ve oyuklanma korozyonu meydana gelir. Oyuklanma korozyonu, klor iyonlarının etkisiyle metal yüzeyin bazı noktalarında çukur oluşumuyla meydana gelen korozyon türüdür. Korozyon sonucu çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan ve kısa sürede delinmesine neden olur. Üniform korozyon, metal yüzeyinin her noktasında benzer hızla yürüyen korozyon çeşididir. Üniform korozyon sonucu metal kalınlığı her noktada benzer derecede incelir. Oyuklanma korozyonu sebebiyle donatı yüzeyinde meydana gelen oyuklarda gözlem yapıldığında oyuklar, şekil itibariyle, küçük görüldüğü halde, içeride daha büyük ve yayılı bir boşluğa sahip olabilmektedir (ASTM-G46-94, 2004), (Şekil 3.3). Oyuklanma korozyonu üniform korozyondan daha tehlikelidir. Çünkü korozyondan dolayı oluşan ürünler çukurları kapladığı için gözlem yapmak zor olduğundan korozyonun gelişmesini tahmin etmek ve onarım yapmak daha zordur. Az bir kesit kaybına sebep olan küçük, dar bir çukur bile tüm bir sistemin bozulmasına neden olabilir (Gulikers, 2005).

Genellikle üniform korozyon karbonatlaşma ile oyuklanma korozyonu klor girişi ile gerçekleşir (Gulikers, 2005). Klor iyonlarının kaynağı, katkı maddeleri, kirletici maddeler, liman çevresi, endüstriyel tuzlu su ve tuz çözücülerdir (Demirtaş, 2008).



Şekil 3.3 : Değişik kesitlerde oyuklanma korozyonu (ASTM-G46-94, 1994)

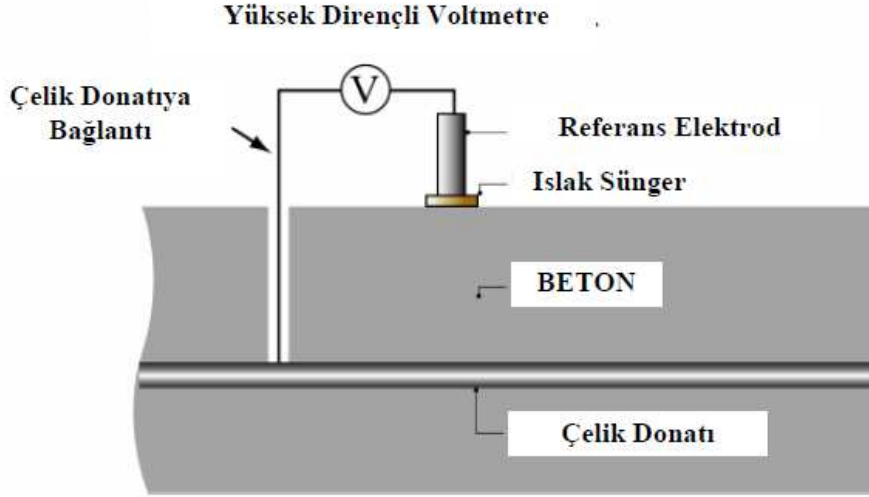
3.3 Korozyon Ölçüm Yöntemleri

Beton içerisine gömülü donatı korozyonunun ölçümü, agresif ortamda bulunan betonarme yapının mevcut durumunu ve ilerideki performansını belirlemede oldukça önemli bir araçtır. Ölçüm yöntemlerinin birçoğu şartnamelerin geliştirilmesi ve korozyon oluşumunun engellenmesinde kullanılan sistemlerin oluşturulması için laboratuarda kullanılsa da mevcut yapının durumunu belirlemek amacıyla bazı yöntemler de geliştirilmiştir. Korozyon ölçümlerinde temel amaç, korozyon hızını ve mekanizmasını belirlemektir. Bu ölçümler çıplak gözle muayene gibi basit yöntemlerle yapıldığı gibi elektrokimyasal yöntemler kullanılarak da yapılabilir.

Her metalin farklı elektriksel potansiyeli vardır. Korozyon hücresinin voltajı ölçülerek korozyon hızı hakkında tahmin yapılabilir. Başlıca ölçüm yöntemleri; yarı-hücre potansiyeli ve doğrusal polarizasyon direncidir.

Yarı-hücre potansiyeli; adını tüm bir korozyon hücresinin yarı potansiyelini ölçmesinden almıştır.

Elektrokimyasal potansiyeli kesin olarak elde etmek mümkün değildir. Bir elektrodun potansiyeli, potansiyeli bilinen ve daima sabit olup “referans elektrodu” denilen bir yarı hücre ile ölçülür (Şekil 3.4). Böyle bir devrede referans elektrodun potansiyeli bilindiği için, referans elektrodun sabit olan potansiyeline göre bilinmeyen elektrodun potansiyeli hesaplanır. Pratikte betonarme için gümüş/gümüşklor elektrodu ve bakır/bakırsülfat elektrodu referans elektrot olarak kullanılır (Gulikers, 2005).



Şekil 3.4 : Yarı hücre potansiyeli ölçüm şeması (Doğan, 2008)

3.4 Hızlandırılmış Korozyon

Normal koşullar altında uzun süre içinde etkisini gösteren bir korozyon olayının, kısa süre içinde gerçekleşecek şekilde düzenlenerek yapılmasına hızlandırılmış korozyon işlemi denir (ASTM-G15-04, 1994). Test edilecek numunelerde istenilen korozyon seviyelerine ulaşılabilmesi için bu numunelere hızlandırılmış korozyon işlemi uygulanmıştır. Hızlandırılmış korozyon, elektrokimyasal olarak her bir numunede anot ve katot olarak kabul edilen bölgelerde düşük seviyede elektrik akımı uygulanmasıyla elde edilir. Tastani ve Pantazopoulou (2004) tarafından yapılan bir çalışmada 6V'luk akımın laboratuvar ortamında doğadaki korozyon ile aynı seviyede korozyon elde etmek için uygun olduğu gözlenmiştir (Tastani ve Pantazopoulou, 2004).

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Numune Özellikleri

Enkesitleri 200 mm × 300 mm ve yüksekliği 1390 mm olan konsol kolonlar, 700 × 700 × 500 mm boyutunda bir temel üzerine oturtulmuştur. 28 günlük silindir beton basınç dayanımı $f'_c = 25,5$ MPa'dır. Boyuna donatı adet ve çapı 4Φ14 (ölçülen çap 13.8 mm), boyuna donatı sınıfı S420 ve boyuna donatı ortalama akma dayanımı 420 MPa'dır. Enine donatı çap ve aralığı Φ 8/100, enine donatı sınıfı S420 ve enine donatı akma dayanımı 460 MPa'dır. Tasarımda eksenel yük oranı (v) yaklaşık %20, eksenel yük kapasitesi 285000 N.'dur. Tez çalışmasında yer alan iki konsol kolon numunenin beton basınç dayanımı 25.5 MPa olup güncel standartlara göre üretilmiş ve sabit eksenel yük ve tekrarlı tersinir eğilme etkileri altında denenmiştir. Temelde C30 betonu ve S420 donatısı kullanılmıştır.

4.2 Hızlandırılmış Korozyon İşlemi

Korozyonu hızlandırmak için kolonların üretimi sırasında betona çimento ağırlığının %4'ü oranında $CaCl_2$ çözeltisi (çimento ağırlığı: 384.4 kg, $CaCl_2$: 14.8 kg) ilave edilmiştir. Çözelti içindeki Cl^- iyonunun donatıya işleyebilmesi için kolon etrafına sünger sarılmış ve elektrik akımı uygulanmıştır. Elektrik akımı uygulanmasıyla ortamda elektron akışı olur ve Cl^- iyonu akışa katılır. Kolonların temel üst kotundan itibaren 900 mm'lik kısmı süngerle ve çelik tel ile sarılmış ve bu bölgelere günde bir defa 1 litre suya karşılık 1 mol $CaCl_2$ (1 mol $CaCl_2 = 110.98$ gr/mol) olacak şekilde ayarlanan çözelti püskürtülmüştür. Tüm boyuna donatıların 2 yarı pil hücresindeki anot, en dış yüzeydeki galvanize çelik telin ise katot olarak davranacağı düşünülmüştür. Kolonda en üst etriye hizasında delik açılarak elektrik akımının (+) ucu donatıya bağlanmıştır. Elektrik akımının (-) ucu çözeltiye batırılmıştır. Anot ve katot arasında elektrik kabloları ile bağlantı sağlanmıştır. Anot ve katot arasında 6V potansiyel farkı uygulanmıştır. Hızlandırılmış korozyon işlemi ile deney numunelerinin donatıları üzerinde oyuklanma korozyonu oluşması sağlanmıştır. (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Hızlandırılmış korozyona tabii tutulan kolon numuneleri

4.3 Deney Düzeneği

Tez kapsamında yapılan deneysel çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı (YDML) ve Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda (YML) gerçekleştirilmiştir. Numuneler; sabit eksenel yük ve tersinir tekrarlı yatay yükleme altında denenmiştir. Deney düzeneği şematik olarak 0'de verilmiştir.



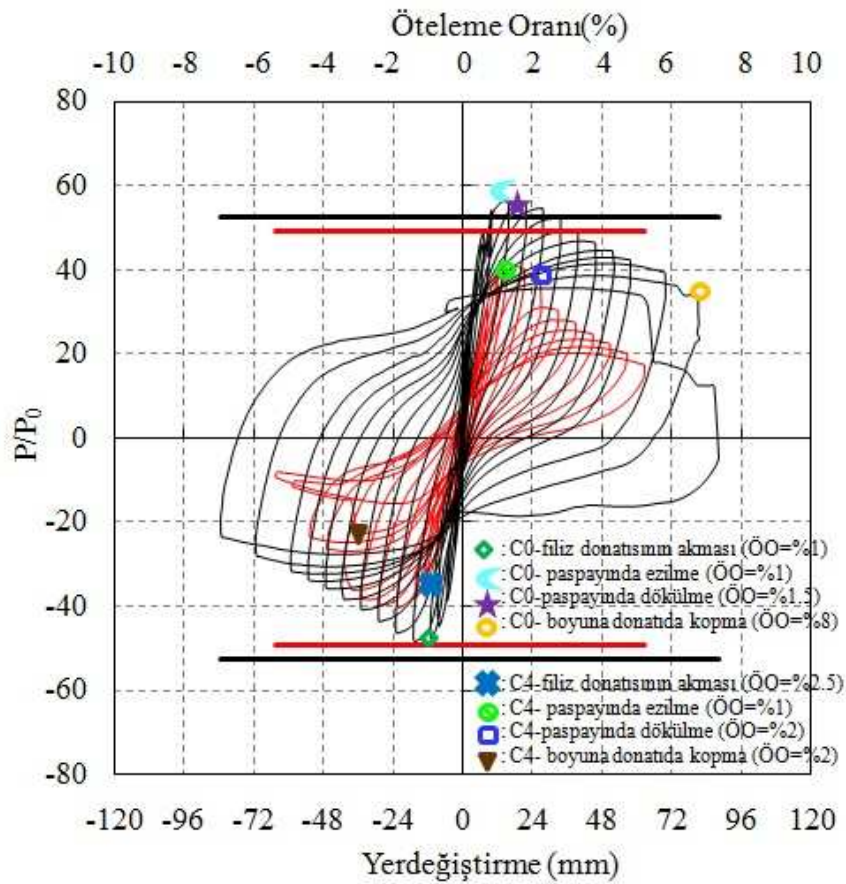
Şekil 4.2 : YDML deney düzeneği (Demirtaş, 2008)

Tersinir tekrarlı yatay yüklemeyi yapan hidrolik yükveren, rijit bir reaksiyon duvarına bağlıdır. Deney düzeneği laboratuvar döşemesine yüksek mukavemetli bulonlarla sabitlenmiştir. Sabit eksenel yük ise çelik profiller ve levhalardan oluşan

bir sistemle numuneye uygulanmıştır. Numunenin yerleşimi yapıldıktan sonra, deney sırasında oluşacak çatlakları, çatlak krokisine işleyebilmek için, numune üzerine 50 mm aralıklarla yatay yardımcı çizgiler çizilmiştir.

4.4 Deney Sonuçları

Deneyisel çalışmada 2 farklı durum için, yatay yük-yerdeğiştirme ilişkisi elde edilmiştir. C0 numunesi korozyonsuz durumu, C4 numunesi ileri seviyede korozyonlu durumu temsil etmektedir. C0 ve C4 numunelerine ait yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 : C0 ve C4 numunelerine ait yük-yerdeğiştirme ilişkisi

C4 numunesinin donatılarının C0 numunesinin donatılarına göre önemli ölçüde korozyona uğramış olması nedeniyle donatıda oluşan kesit kaybına bağlı olarak dayanım ve yerdeğiştirme kapasitesinin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Numunelerde göçme C0 numunesinde %8 öteleme oranına yükleme yapılırken, C4 numunesinde %2 öteleme oranına yükleme yapılırken donatı kopması şeklinde gerçekleşmiştir. İki numune arasında görülen büyük fark, mevcut yapıların deprem

güvenliğinin incelenmesi sırasında, donatı korozyonunun gerçekçi şekilde dikkate alınmasının son derece önemli olduğunu göstermektedir.

4.5 Donatıların Temizlenmesi

Deneylerden sonra, kabul edilen plastik mafsal boyu uzunluğundaki donatı parçaları (150 mm) kolondan çıkarılmıştır. Donatılar, 1000 mL hidroklorik asit (HCl), 20 gr antimontrioksit (Sb_2O_3) and 50 gr kalayklorür (SnCl_2) çözeltisi içerisinde konularak ultrasonik havuzda temizlenmiştir (Şekil 4.4). Donatılar, çözelti temizlendikten sonra suyla yıkanmış, aseton ile nötralize edilmiş ve kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 4.4 : Donatıların pas ve betondan temizlenmesi işlemi (Göksu, 2011)

4.6 Donatı Yüzeyindeki Kesit Kayıplarının Ölçülmesi

Temizlenen donatılar 10 mm uzunluğunda parçalara ayrılarak her bir parça üzerindeki kesit kayıpları kumpas ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere göre mevcut oyuklardaki en büyük kesit kaybının %48 olduğu ve bu kesit kaybının, donatının toplamda yaklaşık olarak 70 mm uzunluğunda bir bölgesinde yoğunlaştığı gözlenmiştir (Şekil 4.5). Yapılan deneysel çalışmalardan, kolondaki plastik mafsal bölgesinin beklendiği gibi çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olmadığı, korozyon sebebiyle plastik şekildeğişirmelerin plastik mafsal boyunca yayılmayıp en büyük kesit kaybının bulunduğu bölgede toplandığı ve buna bağlı olarak donatı koptuğu anda donatıdaki toplam uzamanın önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.5 : Korozyon sebebiyle %48 kesit kaybına uğrayan donatı

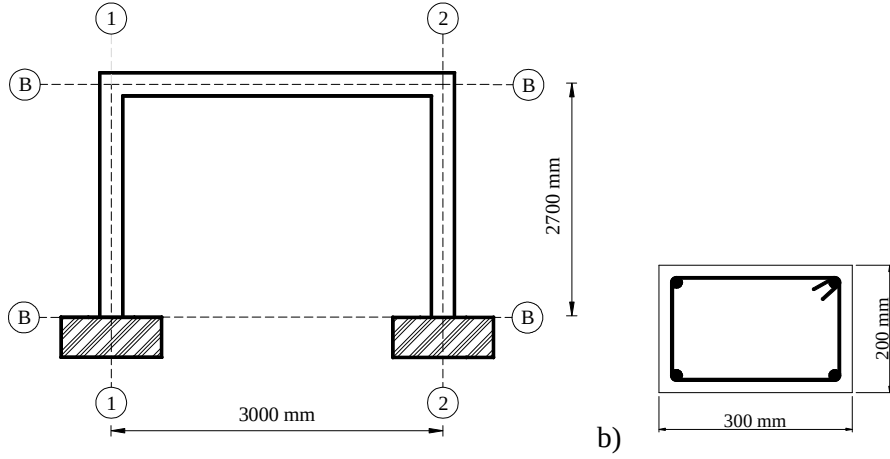
5. ANALİTİK ÇALIŞMA

Donatı korozyonunun betonarme elemanların davranışına etkisi deneysel olarak ortaya koyulmuş ve oyuklanma korozyonunun görüldüğü donatılarda, kesit kaybı oluşan bölgede plastik şekildeğiştirmelerin yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Deneysel sonuçlar dikkate alınarak, kolon donatıları korozyona uğramış betonarme bir binanın deprem yükleri altında doğrusal-elastik olmayan davranışı analitik olarak incelenmiştir. Analitik çalışma, kolon donatılarının farklı düzey ve şekillerde korozyona uğraması durumunda yapının doğrusal olmayan davranışının elde edilmesini içermektedir. Doğrusal-elastik olmayan davranış için elde edilen sonuçlar DBYBHY-07 (2007) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Analizlerde dikkate alınmış olan korozyon düzeyi ve dağılımı daha önce yapılmış olan deneysel çalışmada elde edilen bulgular dikkate alınarak seçilmiştir (Göksu, 2011).

Bu tez kapsamında analiz edilen kuramsal betonarme binaya ait kolonların moment-eğrilik ilişkileri XTRACT adlı bilgisayar programından elde edilmiştir. Kuramsal yapının doğrusal olmayan yük-yerdeğiştirme ilişkisinin elde edilebilmesi için kuramsal yapı, Perform3D adlı bilgisayar programında modellenmiştir. Kurulan bu modele doğrusal olmayan itme analizi ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz, yapıya “y” doğrultusunda uygulanmıştır.

Deneysel çalışma sonucunda C4 kolonundan çıkarılan plastik mafsallı uzunluğundaki (150 mm) donatının temizlenmesi ve kesit kayıplarının ölçülmesi sonucunda, en büyük kesit kaybının %48 olduğu ve bu kesit kaybının, donatının toplamda yaklaşık olarak 70 mm uzunluğunda bir bölgesinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu veriler baz alınarak korozyonsuz durum için ve kolon donatıları korozyondan ötürü %48 kesit kaybına uğramış bir betonarme çerçeve kurgulanmış ve doğrusal olmayan itme analizi yapılmıştır (Şekil 5.1). Kuramsal çerçevelere ait bilgiler Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Deneysel çalışmalarda ve literatür araştırmalarında plastik şekildeğiştirmelerin oyuklar etrafında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Buna dayanarak doğrusal olmayan artımsal itme analizi, çerçevedeki kolonların plastik şekildeğiştirmelerinin, donatıdaki oyuklanmaların yoğunlaştığı 70 mm’lik bir

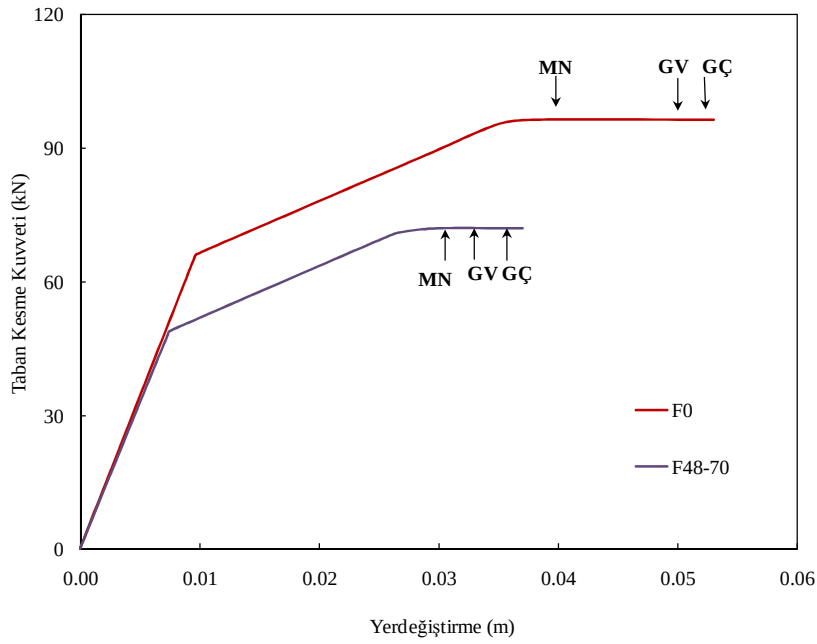
kısımda görüleceği düşünülüp yapılmıştır.(İnci ve diğ., 2011). Deneysel çalışmada kullanılan numunelerden C4 kolonundan oluştuğu varsayılan çerçevenin ve C0 kolonunun oluşturduğu çerçevenin analiz sonuçları, deneysel çalışmayı destekler niteliktedir. Korozyonlu C4 kolonundan oluşan çerçevenin, korozyonsuz C0 kolonundan oluşan çerçeveye göre yatay yük kapasitesi ve yerdeğiştirme kapasitesi azalmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 : a) Kuramsal çerçeveye ait görünüş, b) Kolon kesitinde donatı yerleşimi

Çizelge 5.1 : Analizi yapılan çerçevelere ait bilgiler

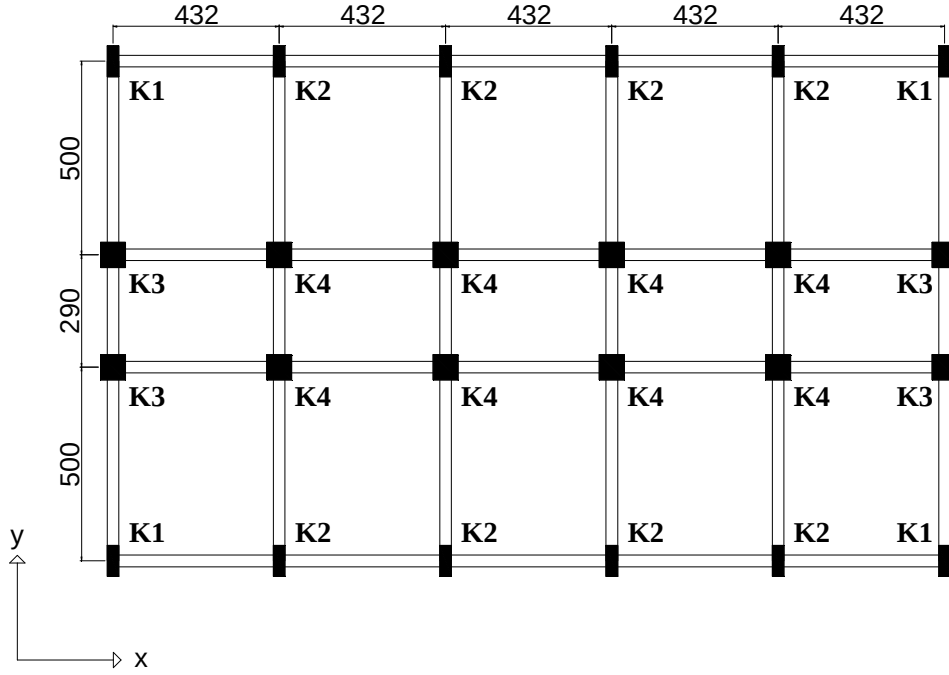
Çerçeve Adı	Kolonlar	Toplam Oyuk Uzunluğu (mm)	Kabul Edilen Plastik Mafsalsal Boyu (mm)
F0	C0	0	150
F48-70	C48-70	70	70



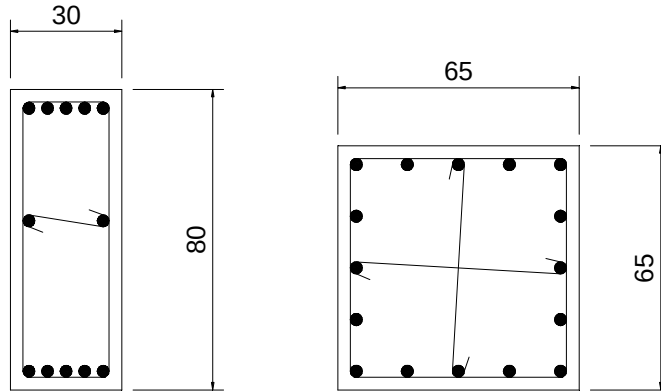
Şekil 5.2 : Korozyonlu ve korozyonsuz durumlara ait taban kesme kuvveti-yerdeğiştirme ilişkileri ve hasar sınırları

5.1 Analitik Olarak İncelenen Kuramsal Betonarme Yapının Özellikleri

Analiz edilen kuramsal yapı 1. Derece deprem bölgesinde seçilen 4 katlı betonarme bir binadır. Kuramsal betonarme yapının tipik kat planı Şekil 5.3'te verilmiştir. Tipik kat planında, yapının x ve y doğrultuları için simetrik olduğu görülmektedir. Kolon boyutları tüm katlarda 650×650 mm ve 300×800 mm ve kiriş boyutları 300×800 mm'dir. Beton karakteristik basınç dayanımı 16 MPa'dır. Boyuna donatılar ve etriyeler S420a sınıfı olup, karakteristik akma dayanımı 420 MPa olarak kabul edilmiştir. Kuramsal yapının kolon ve kirişlerinde etriye çaplarının 8 mm, aralıklarının 200 mm olduğu kabul edilmiştir. Boyuna donatılar 650×650 mm boyutlu kolonda 16Φ16 ve 300×800 mm boyutlu kolonlarda 12Φ16'dır. Kolonlara ait donatı yerleşim planı Şekil 5.4'te görülmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-07, 2007) birinci derece deprem riski taşıyan bölgelerde tasarım için yatay yer ivmesini 0,4g olarak belirlemiştir. Analizlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı 1 alınmıştır. Yapının periyotları x ve y yönü için sırasıyla 0.39 ve 0.33 sn'dir.



Şekil 5.3 : Tipik kat planı ve kolon isimleri (cm)



Şekil 5.4 : Kolon boyutları ve donatı yerleşimi (cm)

5.2 Moment-Dönme İlişkileri

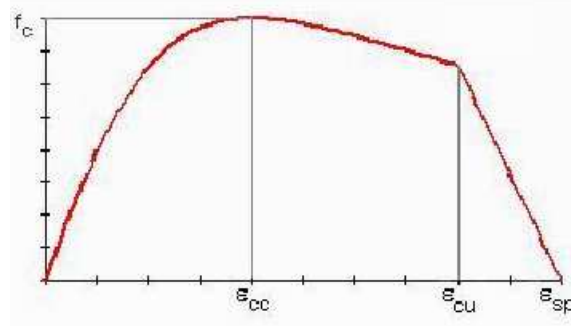
Analitik olarak incelenen kuramsal betonarme yapının deprem yükleri altında doğrusal-elastik olmayan davranışını elde edebilmek için yapı elemanlarının doğrusal-elastik olmayan moment-dönme ilişkileri tanımlanmalıdır. Yapı elemanlarının moment-dönme ilişkilerini tanımlayabilmek üzere kolonların eksenel yüklerini belirleyebilmek için kuramsal yapı düşey yükler altında analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda kolonların eksenel yükleri, eksenel yük kapasitelerinin %5 ve %10'u olarak bulunmuştur. İtme analizi ile doğrusal olmayan çözümleme yapılırken yatay yüklerin eksenel yük seviyesindeki değişime etkisi ihmal edilmiştir. Moment-

dönme ilişkisi araştırılan kolonların özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Bu tabloda kabul edilen korozyon sonucu olduğu varsayılan oyuk sayıları ve uzunlukları ile bunların sonucunda ortaya çıkaneşdeğer plastik mafsalsal boyu da verilmiştir. Çizelge 5.2’den görüleceği üzere, eşdeğer plastik mafsalsal boyu, donatıları korozyona uğramış binalarda oyuk sayısı ile oyuk uzunluğunun çarpımı olarak, korozyona uğramayan durumda ise $h/2$ olarak kabul edilmiştir. Çizelge 5.2’ye göre, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü karakterler sırasıyla oyuklanma korozyonundan kaynaklanan donatı kesit kaybını (%), kolon boyutlarını (cm×cm), kolon eksenel yük seviyesini (% kapasite), kolon donatısındaki oyuklanma korozyonu sayısını simgelemektedir.

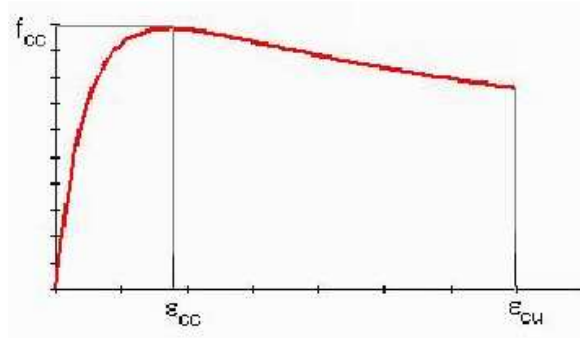
Çizelge 5.2 : Kolon özellikleri

Bina Adı	Kolon Adı	Kolonlar	Boyutlar (mm)	Eksenel Yük Seviyesi (%)	Oyuk Sayısı	Oyuk Uzunluğu (mm)	Plastik Mafsalsal Boyu (mm)
S0	K1	C0-30×80-5-0	300×800	5	0	0	400
	K2	C0-30×80-10-0	300×800	10	0	0	400
	K3	C0-65×65-5-0	650×650	5	0	0	325
	K4	C0-65×65-5-0	650×650	10	0	0	325
S10-3	K1	C10-30×80-5-3	300×800	5	3	16	48
	K2	C10-30×80-10-3	300×800	10	3	16	48
	K3	C10-65×65-5-3	650×650	5	3	16	48
	K4	C10-65×65-10-3	650×650	10	3	16	48
S10-6	K1	C10-30×80-5-6	300×800	5	6	16	96
	K2	C10-30×80-10-6	300×800	10	6	16	96
	K3	C10-65×65-5-6	650×650	5	6	16	96
	K4	C10-65×65-10-6	650×650	10	6	16	96
S10-12	K1	C10-30×80-5-12	300×800	5	12	16	192
	K2	C10-30×80-10-12	300×800	10	12	16	192
	K3	C10-65×65-5-12	650×650	5	12	16	192
	K4	C10-65×65-10-12	650×650	10	12	16	192
S20-3	K1	C20-30×80-5-3	300×800	5	3	16	48
	K2	C20-30×80-10-3	300×800	10	3	16	48
	K3	C20-65×65-5-3	650×650	5	3	16	48
	K4	C20-65×65-10-3	650×650	10	3	16	48
S20-6	K1	C20-30×80-5-6	300×800	5	6	16	96
	K2	C20-30×80-10-6	300×800	10	6	16	96
	K3	C20-65×65-5-6	650×650	5	6	16	96
	K4	C20-65×65-10-6	650×650	10	6	16	96
S20-12	K1	C20-30×80-5-12	300×800	5	12	16	192
	K2	C20-30×80-10-12	300×800	10	12	16	192
	K3	C20-65×65-5-12	650×650	5	12	16	192
	K4	C20-65×65-10-12	650×650	10	12	16	192
S30-3	K1	C30-30×80-5-3	300×800	5	3	16	48
	K2	C30-30×80-10-3	300×800	10	3	16	48
	K3	C30-65×65-5-3	650×650	5	3	16	48
	K4	C30-65×65-10-3	650×650	10	3	16	48
S30-6	K1	C30-30×80-5-6	300×800	5	6	16	96
	K2	C30-30×80-10-6	300×800	10	6	16	96
	K3	C30-65×65-5-6	650×650	5	6	16	96
	K4	C30-65×65-10-6	650×650	10	6	16	96
S30-12	K1	C30-30×80-5-12	300×800	5	12	16	192
	K2	C30-30×80-10-12	300×800	10	12	16	192
	K3	C30-65×65-5-12	650×650	5	12	16	192
	K4	C30-65×65-10-12	650×650	10	12	16	192

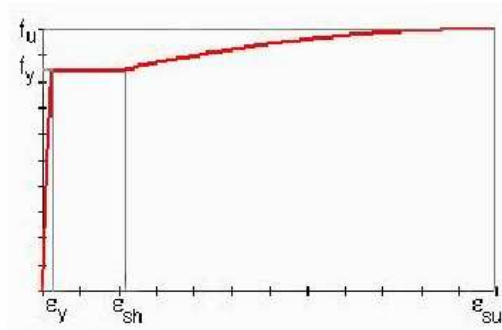
Kolonların moment-eğrilik ilişkileri, %5 ve %10 eksenel yük seviyesi için, XTRACT bilgisayar programına hesaplatılmıştır. Moment-eğrilik analizinde kolon kesitinin üç bileşenden oluştuğu düşünülmüştür. Bunlar kabuk betonu, çekirdek betonu ve donatı çeliğidir. Bunlar için XTRACT programı içindeki malzeme modelleri kullanılmıştır. XTRACT malzeme modelleri, kabuk betonu için Mander sargısız beton modeli (Şekil 5.5), çekirdek betonu için Mander sargılı beton modeli (Şekil 5.6) ve donatı çeliği için Şekil 5.7'deki pekleşmeli gerilme-şekil değiştirme ilişkileridir.



Şekil 5.5 : Mander sargısız beton modeli (Mander ve diğ., 1988)

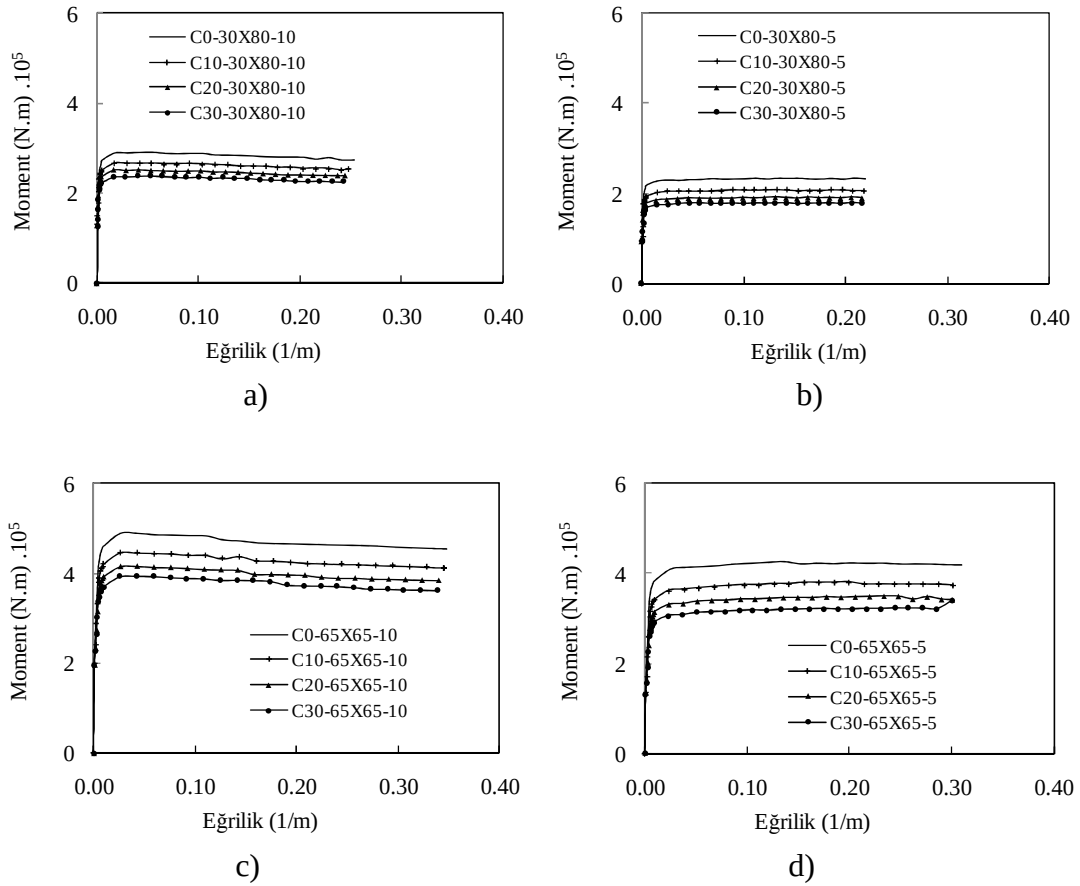


Şekil 5.6 : Mander sargılı beton modeli (Mander ve diğ., 1988)



Şekil 5.7 : Donatı çeliği modeli

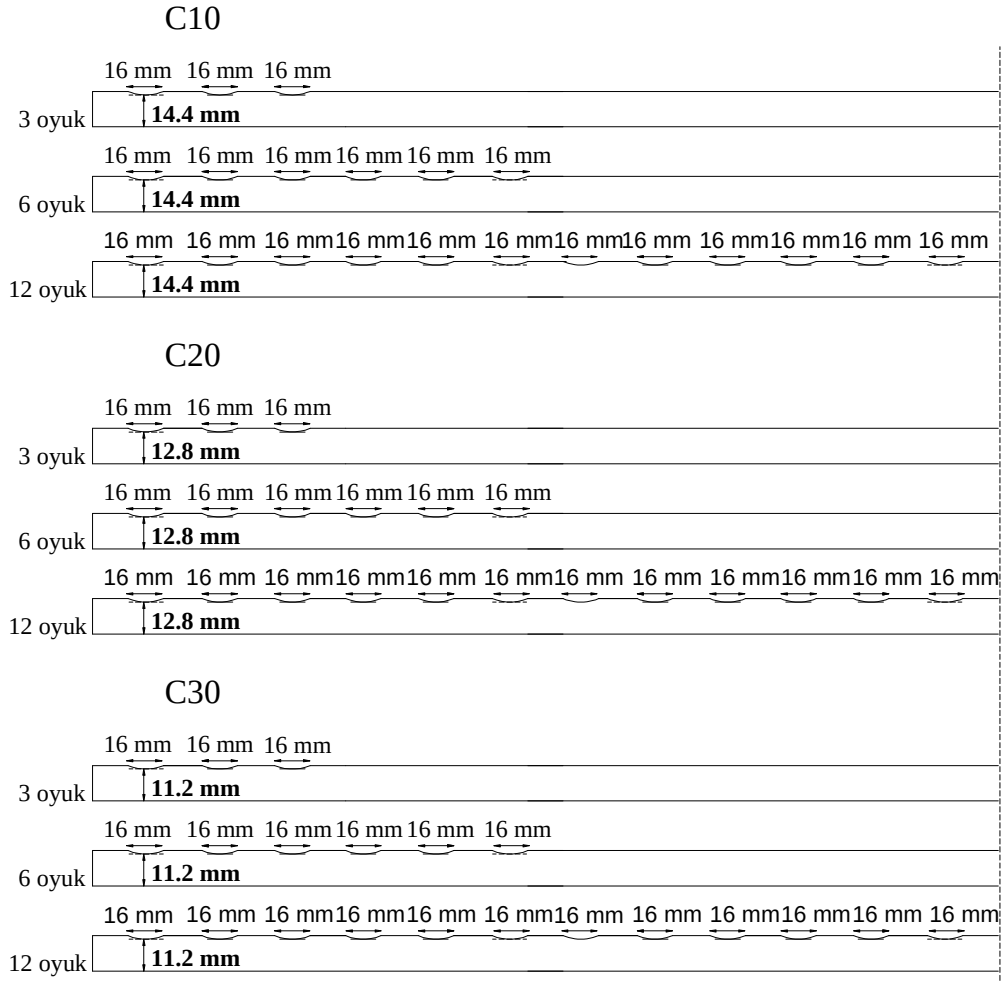
Program sonuçlarına göre, analiz edilen kolon kesitlerinin göçme mekanizmasını çekme kırılması belirlemektedir. Akma momenti, maksimum moment ve maksimum birim şekildeğiştirmeye karşılık gelen moment değerleri donatıdaki oyuklanma korozyonundan kaynaklanan kesit kaybından dolayı belirgin şekilde düşüş göstermiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Farklı kesit kaybına uğramış donatılara sahip kolonların moment-eğrilik ilişkileri (a) %10 eksenel yük kapasitesine sahip 30×80 boyutlu kolonlar, (b) %5 eksenel yük kapasitesine sahip 30×80 boyutlu kolonlar, (c) %10 eksenel yük kapasitesine sahip 65×65 boyutlu kolonlar, (d) %5 eksenel yük kapasitesine.. sahip 65×65 boyutlu kolonlar

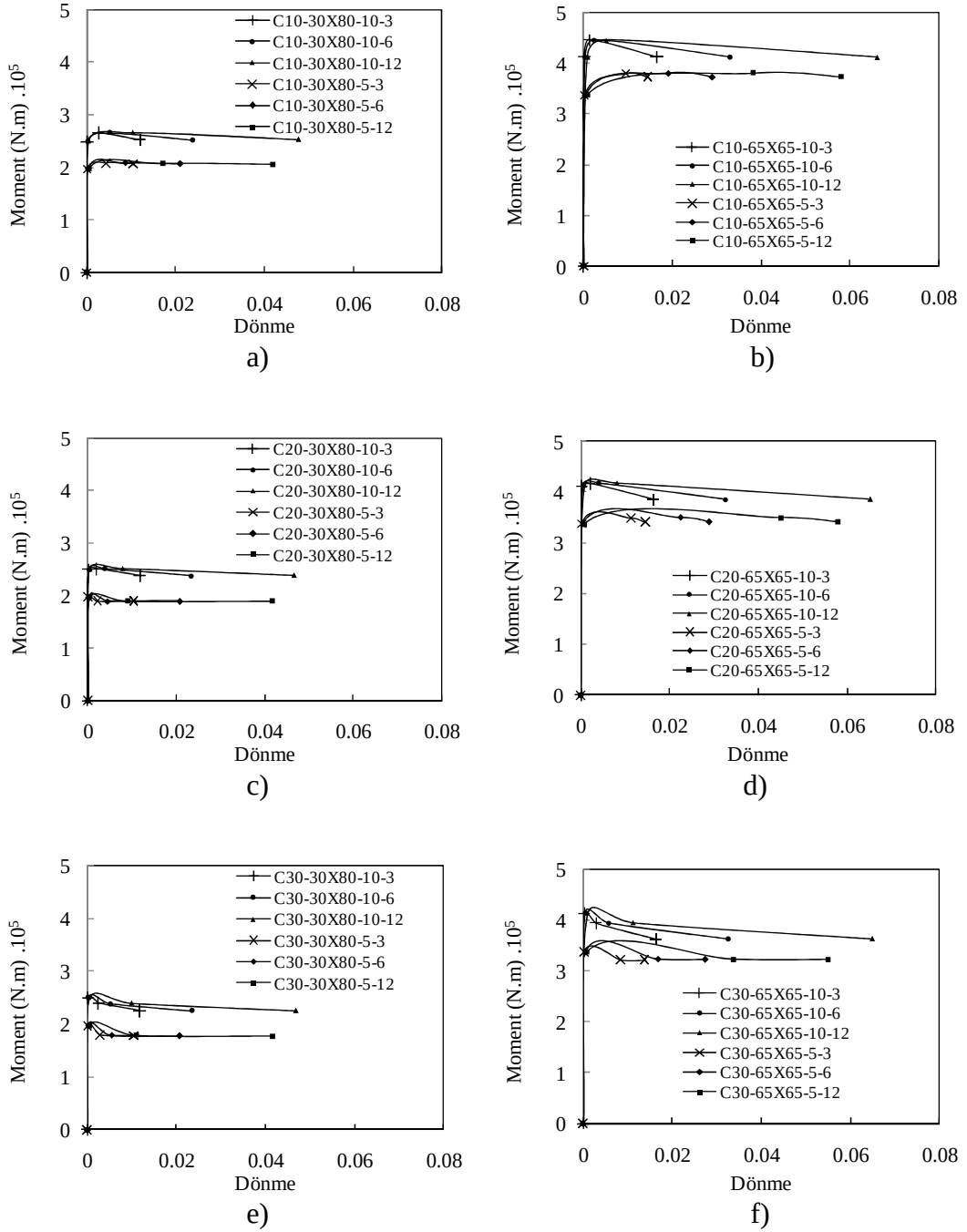
Kolon kesitlerine ait dönme değerleri, o kolon kesitine ait eğrilik değerlerinin plastik mafsallık uzunluğuyla çarpılmasıyla elde edilir. Donatıları korozyonsuz kolonlarda, plastik mafsallık boyu DBYBHY (2007) tarafından belirtildiği üzere çalışan doğrultudaki kesit boyutu h 'nin yarısı ($h/2$) olarak alınmıştır. Donatıları korozyona uğramış kolonlar için, bütün plastik şekildeğiştirmelerin oyuklar etrafında

yoğunlaştığı kabul edildiği için plastik mafsalsal boyu, toplam oyuk uzunluğuna eşit alınmıştır. Kabul edilen oyuk boyutları Şekil 5.9’da görülmektedir.



Şekil 5.9 : Oyuk boyutları

Farklı oranlarda kesit kaybına uğramış farklı oyuk mesafelerine sahip kolonların moment-dönme ilişkileri Şekil 5.10’da görülmektedir. Şekle göre oyukların donatı boyunca yayılı olarak dağılımı plastik mafsalsal boyunu arttırdığı için dönme kapasitesini de arttırmıştır.



Şekil 5.10 : Farklı oyuk sayıları için moment-dönme ilişkileri (a)%10 kesit kaybı için 30X80, (b) %10 kesit kaybı için 65×65 (c) %20 kesit kaybı için 30X80, (d) %20 kesit kaybı için 65×65, (e) %30 kesit kaybı için 30X80, (f) %30 kesit kaybı için 65×65 kolonları

5.3 Artımsal İtme Analizi

Şekildeğiştirme temeline dayalı doğrusal olmayan yöntemlerde amaç; verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemlerinin, gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanması ve bu istemlerin kesitlerin

şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılması ile kesit ve bina düzeyinde deprem performansı değerlendirmesinin yapılmasıdır (Darılmaz, 2008). Betonarme kuramsal yapının doğrusal-elastik olmayan davranışını belirleyebilmek için artımsal itme analizi yapılmıştır. Doğrusal-elastik olmayan hesap yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerindeki toplam yüksekliği 25 m'yi ve toplam katsayısı 8'i aşmayan, ayrıca burulma düzensizliği katsayısı $\eta_b \leq 1.4$ olan sistemlere uygulanabilmektedir. Bunlara ek olarak birinci titreşim moduna ilişkin etkin kütle oranının en az % 70 olması gerekmektedir. Analiz edilen yapıda, burulma düzensizliği ve etkin kütle katılım oranında yapının planda simetrik olmasının da etkisiyle bu şartlar sağlanmaktadır. Analizde, düşey yükler ve kademeli olarak arttırılan yatay yükler birlikte uygulanmıştır.

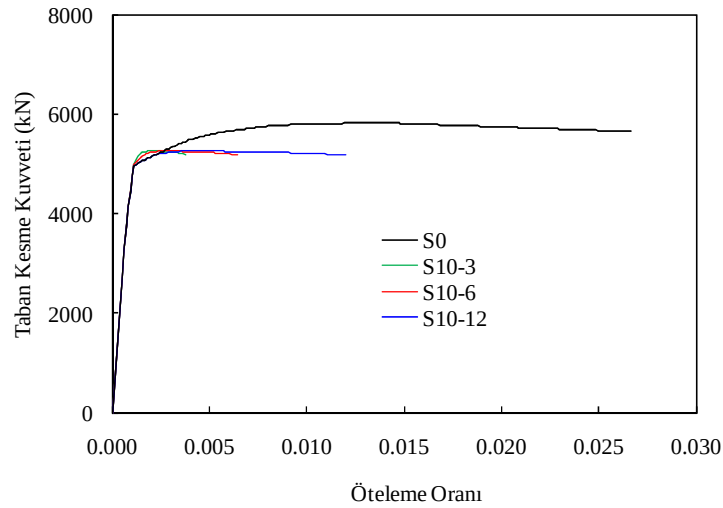
Tipik kat planı Şekil 5.3'de verilen kuramsal yapının kolonlarının donatılarının korozyon sebebiyle %10, %20 ve %30 kesit kaybına uğraması ve bu 3 kesit kaybı durumu için oyuk sayısının 3, 6 ve 12 olduğu varsayılarak analiz edilen toplam 10 adet kuramsal yapının özellikleri Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Çizelge 5.3'e göre, birinci ve ikinci karakterler sırasıyla alt kat kolon boyuna donatılarındaki oyuklanma korozyonundan kaynaklanan donatı kesit kaybını, alt kat kolonlarının boyuna donatısındaki oyuklanma korozyonu sayısını simgelemektedir. Enine donatıların ve alt kat kolonları dışındaki kolonların korozyondan etkilenmediği kabulü yapılmıştır. Korozyon düzeyi, yeri ve oyuk dağılımı konusunda yapılan kabuller, gerçek hayatta yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Binaların alt kat kolonları, yalıtımsız, korunmasız bırakıldığı için nem ve suya daha çok maruz kalmaktadır.

Çizelge 5.3 : Kuramsal betonarme binaların özellikleri

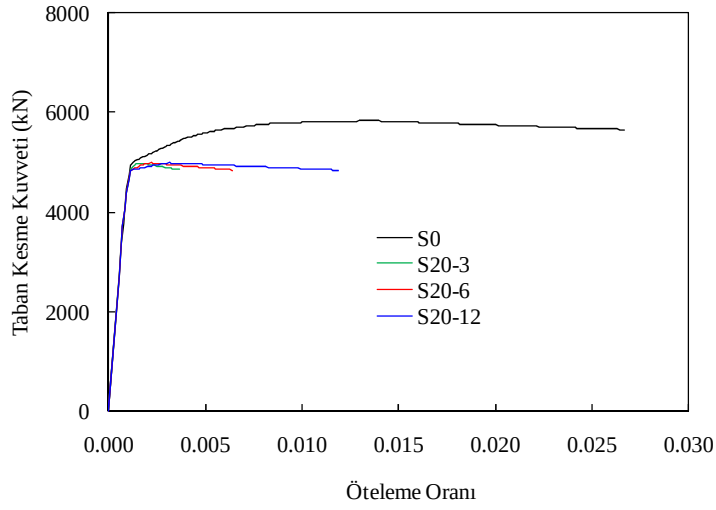
Binalar	Alt Kat Kolon Donatılarındaki Kesit Kaybı (%)	Alt Kat Kolon Donatılarındaki Oyuk sayısı
S0	0	0
S10-3	10	3
S10-6	10	6
S10-12	10	12
S20-3	20	3
S20-6	20	6
S20-12	20	12
S30-3	30	3
S30-6	30	6
S30-12	30	12

Yapının doğrusal-elastik olmayan davranışını kuramsal yapıyı oluşturan her bir elemanın moment-plastik dönme ilişkisi belirlemektedir. Türkiye'deki yapıların çoğunda kirişlerin kolonlardan daha kuvvetli olduğu gözlenmiş olduğu için

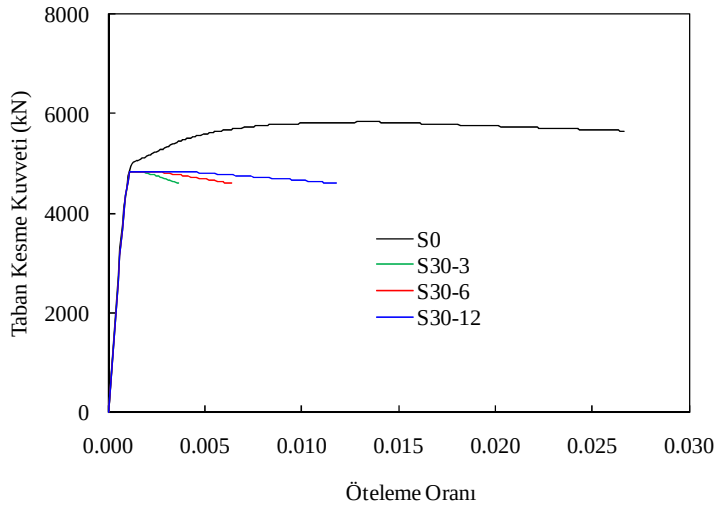
betonarme kuramsal yapıdaki kirişlerin doğrusal-elastik davrandığı ve kuramsal yapının doğrusal olmayan yük-yerdeğiştirme ilişkisinin kolonların moment-plastik dönme ilişkisi tarafından belirlendiği kabul edilmiştir. Alt kat kolon donatılarında %10 kesit kaybı olan 3, 6 ve 12 oyuk bulunan kuramsal yapı için taban kesme kuvveti-öteleme oranı ilişkisi Şekil 5.11’de verilmiştir. Taban kesme kuvvati-yatay öteleme ilişkileri %20’lik donatı kesit kaybı için Şekil 5.12 ve %30’luk donatı kesit kaybı için Şekil 5.13’te gösterilmiştir. Beklendiği üzere yapıların yatay yük kapasitesi, artan kesit kayıplarıyla birlikte azalmıştır. Dikkat çekici olarak, yapılmış olan kabul gereği bütün plastik şekildeğiştirmeler sadece oyuklar ve etrafında yoğunlaştığı için, yapının yerdeğiştirme kapasitesi de korozyon oluşumu ile birlikte belirgin şekilde azalmaktadır. Bununla beraber, şekildeğiştirme kapasitesi, sadece donatı boyunca yayılan oyuklar üzerinde yoğunlaştığı için, daha fazla veya daha yayılı oyuk oluşması durumunda plastik şekildeğiştirmelerin olduğu boy arttırdığı için, yapının yerdeğiştirme kapasitesi de artmaktadır (Şekil 5.14).



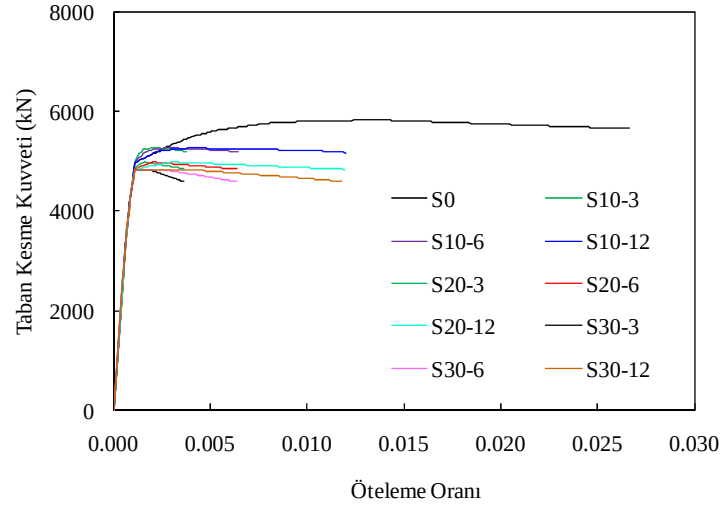
Şekil 5.11 : Alt kat kolon donatılarında %10 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı



Şekil 5.12 : Alt kat donatılarında %20 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı



Şekil 5.13 : Alt kat kolon donatılarında %30 kesit kaybı ve farklı sayılarda oyuk olan yapıya ait taban kesme kuvveti-öteleme oranı



Şekil 5.14 : Taban kesme kuvveti-öteleme oranı ilişkilerinin karşılaştırılması

5.4 Yapıların Performans Düzeyleri ve Kesit Hasar Bölgeleri

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden olan artımsal itme analiziyle PERFORM-3D bilgisayar programı kullanılarak yapılara ait “y” deprem yönünde taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme ilişkisi bulunmuştur. Bu eğrilere uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları modal ivme-modal yerdeğiştirme olan modal kapasite diyagramı elde edilmiştir.

(i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki formülle elde edilmiştir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{y1}^{(i)}}{M_{y1}} \quad (5.1)$$

$a_1^{(i)}$, (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivmeyi, V_{y1} , y deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvvetini ve M_{y1} , y deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleli simgelemektedir.

(i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır:

$$d_1^{(i)} = \frac{U_{yN}^{(i)}}{\phi_{yN1} \cdot \Gamma_{y1}} \quad (5.2)$$

$d^{(i)}$, (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yerdeğiştirmeyi, U_{yN1} , binanın tepesinde (N'inci katında) y deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemini, Φ_{yN1} , binanın tepesinde (N'inci katında) y deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğini ve $\Gamma y1$, y deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanını simgelemektedir.

Artımsal itme analizinden elde edilen taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi eğrisi, bu yol izlenerek modal kapasite diyagramına çevrilmiştir. Ardından hakim moda ait modal yerdeğiştirme istemi hesaplanması için elastik talep spektrumu çizilmiştir. Çizelge 5.4'ten alınan değerlerle aşağıdaki formüller kullanılarak elastik tasarım ivme spektrumu çizilmiştir;

Çizelge 5.4 : Spektrum karakteristik periyotları

Zemin Sınıfı	T_A	T_B
Z1	0.10	0.3
Z2	0.15	0.4
Z3	0.15	0.6
Z4	0.20	0.9

$$S(T) = 1 + 1.5 \cdot (T / T_A) \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (5.3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (5.4)$$

$$S(T) = 2.5 \cdot (T_B / T)^{0.8} \quad T_B \leq T \quad (5.5)$$

$S(T)$, spektrum katsayısını, T , hakim moda ait bina periyodunu, T_A , ivme spektrumundaki karakteristik periyodu ve T_B , ivme spektrumundaki karakteristik periyodu simgelemektedir.

Elastik tasarım ivme spektrumu, aşağıdaki formüller kullanılarak elastik spektral ivme-doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirme eğrisine dönüştürülmüştür;

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (5.6)$$

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.7)$$

$$S_{de1}(T) = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (5.8)$$

$$w_1^{(1)} = \frac{2\pi}{T_1^{(1)}} \quad (5.9)$$

S_{ae1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivmeyi, S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirmeyi, S_{di1} , birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirmeyi, $A(T)$ spektral ivme katsayısı, A_0 , etkin yer ivmesi katsayısını, w_1 , hakim moda ait açısal frekansı simgelemektedir.

Modal kapasite diyagramıyla elastik spektral ivme-doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirme eğrisi beraber çizilir ve modal kapasite diyagramından çizilen başlangıç teğetinin elastik talep spektrumu eğrisini kestiğİ noktanın apsisi doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirmeyi verir. Doğrusal-elastik olmayan spektral yerdeğiştirmeyi bulmak için bir spektral yerdeğiştirme oranı (C_R) hesaplanıp doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirmeyle çarpılmıştır;

$$S_{di}^{(1)} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (5.10)$$

$$C_{R1} = 1 \quad T_1 \geq T_B \quad (5.11)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) \cdot \frac{T_B}{T_1^{(1)}}}{R_{y1}} \quad T_1 < T_B \quad (5.12)$$

C_{R1} , birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranını, R_{y1} , birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını simgelemektedir.

Elde edilen doğrusal-elastik olmayan spektral yerdeğiştirme değeri ile artımsal itme analizi yaparken kullanılacak yeni hedef yerdeğiştirme değeri U_{yN1} hesaplanmıştır;

$$U_{yN1}^{(p)} = \Gamma_{y1} \cdot \phi_{yN1} \cdot S_{di}^1 \quad (5.13)$$

Yeni hedef yerdeğiştirme değeri için PERFORM-3D programı kullanılarak yapılan artımsal itme analizi sonucundan kolonların plastik dönme istemleri elde edilmiştir. Bu dönme değeri plastik mafsallık boyuyla çarpılarak ilgili kolon kesitine ait plastik eğrilik istemleri bulunmuştur;

$$\theta_{plastik} \cdot L_p = \chi_p \quad (5.14)$$

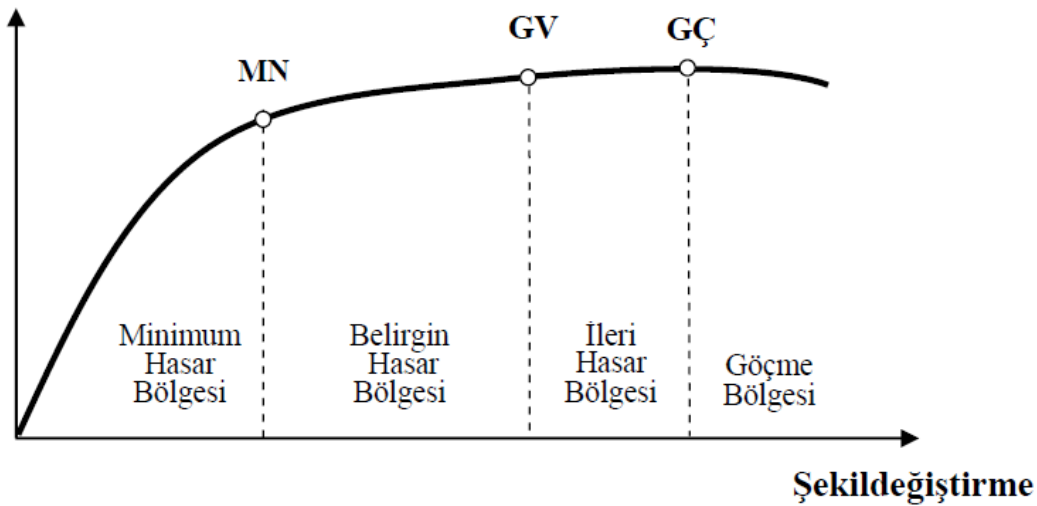
Bu plastik eğrilik istemleri, analitik çalışmanın en başında, kolonların moment-eğrilik değerlerinin elde edildiği XTRACT programından okunan eşdeğer akma eğriliği ile toplanmış ve elemana ait toplam eğrilik istemi bulunmuştur;

$$\chi_T = \chi_y + \chi_p \quad (5.15)$$

Bulunan bu toplam eğrilik istemi için, kesitlere ait moment-eğrilik analizlerinden birim şekildeğiştirme istemleri belirlenmiştir.

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 5.15).

İç Kuvvet



Şekil 5.15 : Kesit hasar bölgeleri (DBYBHY-07, 2007)

DBYBHY-07 (2007)'de plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları tanımlanmıştır. Buna göre Kesit Minimum Hasar Sınırı

(MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları, Kesit Güvenlik Sınırı (GV) ve Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları Çizelge 5.5'te verilmiştir. Çizelge 5.5'te verilen ρ_s ve ρ_{sm} değerleri sırasıyla kesitte bulunan ve kesitte bulunması gereken enine donatı hacimsel oranlarını ifade etmekte olup bu çalışmada 30×80 cm kolonlar için $\rho_s = 0.002255$ ve $\rho_{sm} = 0.004571$, 65×65 cm kolonlar için $\rho_s = 0.001532$ ve $\rho_{sm} = 0.004571$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre ρ_s / ρ_{sm} oranı 30×80 cm ve 65×65 cm kolonlar için sırasıyla 0.49 ve 0.34 olarak dikkate alınmıştır. Bu değerler Çizelge 5.5'te yerine koyularak kesit hasar sınırları elde edilmiştir.

Çizelge 5.5 : Kesit hasar sınırları (DBYBHY-07, 2007)

Hasar Sınırları	Donatı Çeliği Birim Şekildeğiştirmesi Üst Sınırları (ϵ_s)	Beton Basınç Birim Şekildeğiştirmesi Üst Sınırları (ϵ_c)
MN	0.010	0.0035
GV	0.040	$0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135$
GÇ	0.060	$0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018$

Korozyonsuz S0 betonarme kuramsal binası için DBYBHY-07 (2007)' ye göre yapılan performans değerlendirmesi %5 sönüm oranı ve Z1 için ($T_A=0.10$ sn, $T_B=0.3$ sn) için,

- Deprem Bölgesi: 1
- Bina periyodu T (sn)= 0.33 sn
- Etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0.4$
- Bina önem katsayısı $I = 1$
- Yerçekimi ivmesi g (m/sn^2)= 9.81
- Bina toplam kütlesi $\Sigma M = 1780$
- Etkin kütle oranı= 0.84
- Birinci (hakim) moda ait etkin kütle $M_{y1} = 1780 \times 0.84 = 1495.2$

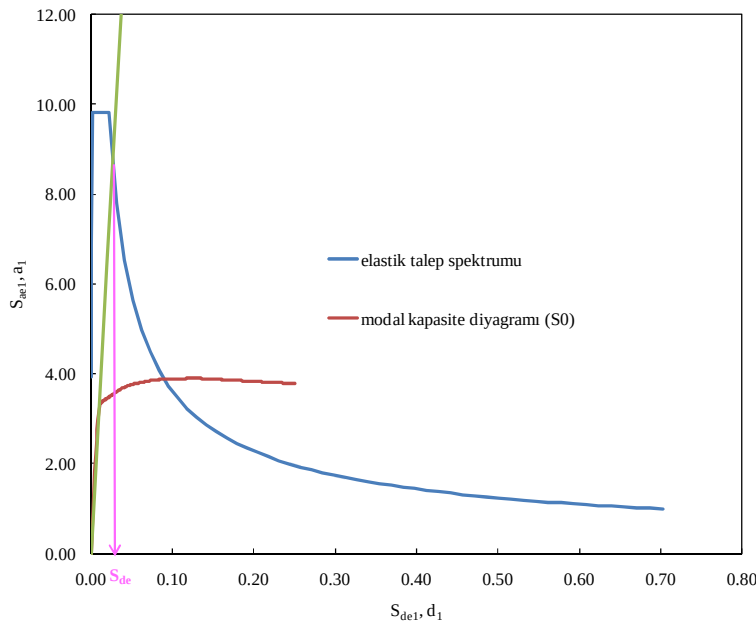
- Binanın tepesinde (N'inci katında) y deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği $\Phi_{yN1} = 0.0139$
- Hakim moda ait katkı çarpanı $\Gamma_{y1} = 91.6145$ değerleri kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 : Etkin moda ait katkı çarpanı hesabı

KAT	ϕ_i	M_i	$M_i \times \phi_i$	$M_i \times \phi_i^2$
4	0.0139	445.18	6.188	0.086
3	0.0116	445.18	5.164	0.059
2	0.0078	445.18	3.472	0.027
1	0.0033	445.18	1.469	0.004
		Toplam	16.293	0.177

$$\Gamma = \Sigma(M_i \times \phi_i) / \Sigma(M_i \times \phi_i^2) = 91.6145 \quad (5.16)$$

Elastik talep spektrumu ve modal kapasite diyagramları çizilmiştir (Şekil 5.16).

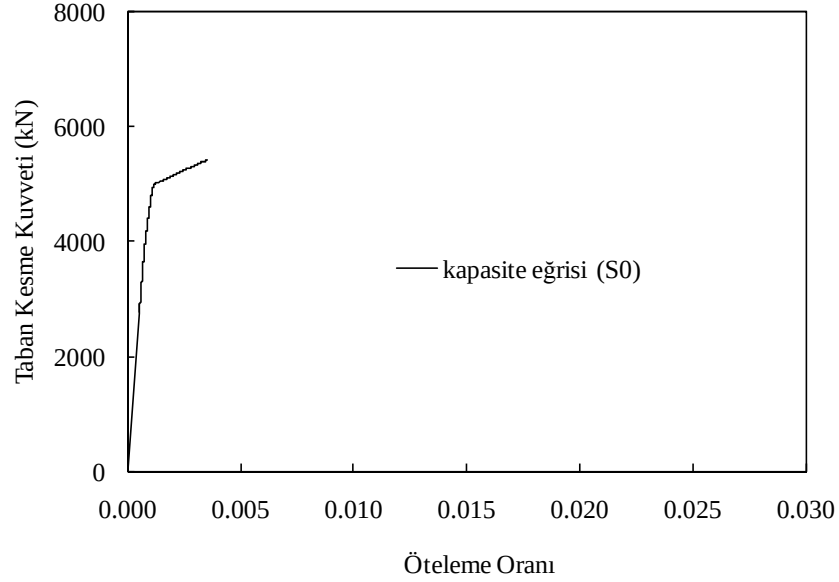


Şekil 5.16 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri

Yukarıda açıklandığı şekilde elde edilmiş olan doğrusal-elastik spektral talep yerdeğiştirme değeri; $S_{de1}=0.033$ bulunmuştur (Şekil 5.16).

$T_1=0.3272 \text{ sn} \geq T_B=0.3 \text{ sn}$ olduğu için spektral yerdeğiştirme oranı $C_R=1$ alınmıştır (DBYBHY, 2007). Bu durumda doğrusal-elastik olmayan spektral yerdeğiştirme $S_{di}=S_{de}$ olup hedef yerdeğiştirme değeri $U_{yN1}=0.042 \text{ m}$ 'dir (Şekil 5.17). Bu artımsal itme analizinde, hedef yerdeğiştirme değerinden elde edilen plastik eğrilik

değerleriyle akma eşdeğer eğrilik değerleri toplanarak toplam eğrilik istemi bulunmuştur (Çizelge 5.7). Hesaplanan toplam eğrilik isteminden elemanlara ait moment-eğrilik ilişkileri üzerinden birim şekildeğiştirme istemleri bulunmuştur. Bu değerlerle kesit hasar bölgeleri belirlenmiştir (Çizelge 5.8).



Şekil 5.17 : S0 binası kapasite eğrisi

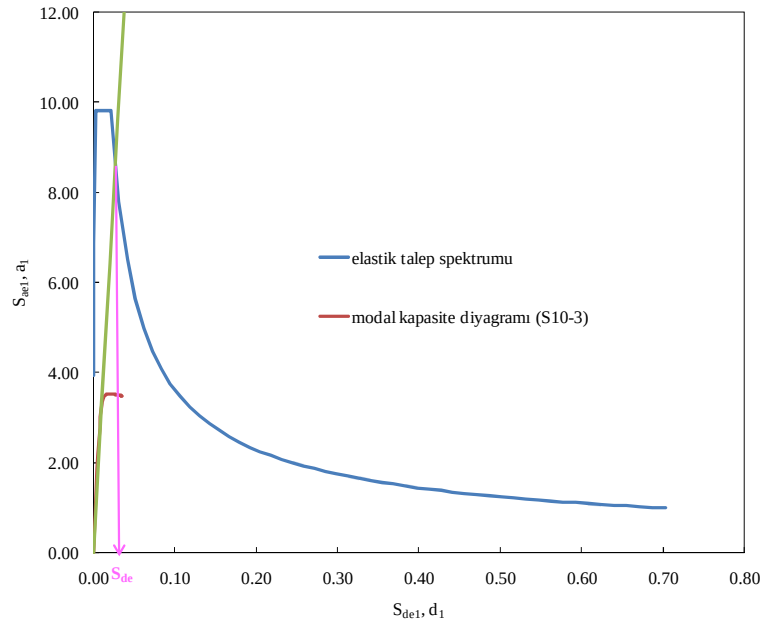
Çizelge 5.7 : S0 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C0-30×80-5	0.0097	0.4	0.0242500	0.002036	0.0262860
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K1	C0-30×80-5	0.0097	0.4	0.0242500	0.002036	0.0262860
K3	C0-65×65-5	0.0097	0.325	0.0298462	0.004605	0.0344512
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K3	C0-65×65-5	0.0097	0.325	0.0298462	0.004605	0.0344512
K3	C0-65×65-5	0.0097	0.325	0.0298462	0.004605	0.0344512
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K4	C0-65×65-10	0.0096	0.325	0.0295385	0.004927	0.0344655
K3	C0-65×65-5	0.0097	0.325	0.0298462	0.004605	0.0344512
K1	C0-30×80-5	0.0097	0.4	0.0242500	0.002036	0.0262860
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K2	C0-30×80-10	0.0098	0.4	0.0245000	0.002216	0.0267160
K1	C0-30×80-5	0.0097	0.4	0.0242500	0.002036	0.0262860

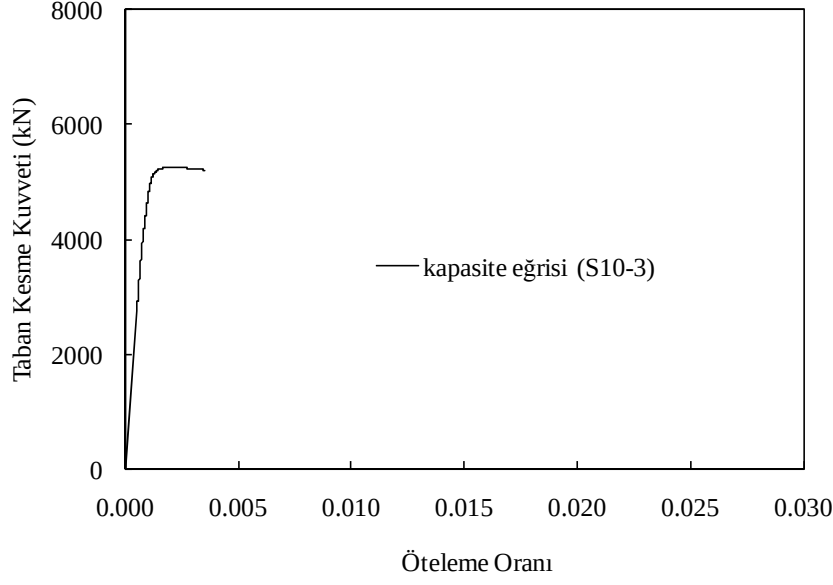
Çizelge 5.8 : S0 binasında alt kat kolonları için hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc	εsu	GV εcc	εsu	GÇ εcc	εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0026	0.0018	0.0160	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0026	0.0018	0.0160	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0026	0.0018	0.0160	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0041	0.0030	0.0172	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0026	0.0018	0.0160	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0032	0.0024	0.0191	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

S0 binası için uygulanan adımlar, aynı şekilde Çizelge 5.3'teki bütün binalar için tekrarlanmıştır. S10-3 binası için doğrusal-elastik spektral yerdeğiştirme talebinin bulunması Şekil 5.18'de gösterilmiştir. Bütün binalarda modal kapasite diyagramlarının başlangıç teğetleri, korozyonun performansa etkisinden bağımsız olarak kesitin elastik davrandığı varsayılan bölgede modal kapasite-modal yerdeğiştirme eğrisinin eğimini gösterdiği için, alt kat kolonları korozyonlu binalarda da tıpkı korozyonsuz S0 binasında olduğu gibi modal kapasite diyagramının elastik talep spektrumunu kestiği noktanın apsisi (S_{de1}) 0.033'ü göstermektedir. Kesitlerin lineer davranış sergilediği bölgede korozyonun varlığı davranışa etki etmez. Lineer eğrinin bozulmaya başlağı akma adımlarından sonra, korozyon, dayanıma ve yerdeğiştirme kapasitesine olumsuz etkide bulunur. Bu sebeple çalışmada incelenen binaların modal analizleri yapılırken, korozyonun bina periyoduna, kütle katılım oranlarına ve modal genliklere elastik davranış bölgesinde olabilecek sınırlı etkisi ihmal edilmiştir. $T_1=0.3272$ sn $\geq T_B=0.3$ sn olduğu için kolon boyuna donatıları korozyona uğramış yapılarda da spektral yerdeğiştirme oranı $C_R=1$ alınmış, doğrusal-elastik olmayan spektral yerdeğiştirme $S_{di}=S_{de}$ olup $U_{yN1}=0.042$ m için kapasite eğrisi Şekil 5.19'da gösterilmiş ve alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemleri ve kesit hasar durumları belirlenmiştir (Çizelge 5.9) ve (Çizelge 5.10).



Şekil 5.18 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.19 : S10-3 binası talep kapasite eğrisi

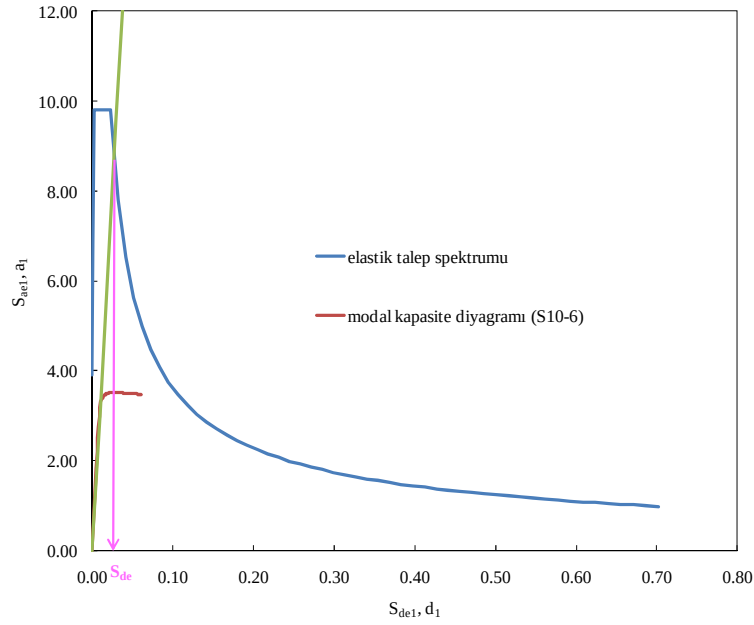
Çizelge 5.9 : S10-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C10-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C10-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K3	C10-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C10-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K3	C10-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C10-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C10-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K1	C10-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C10-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C10-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693

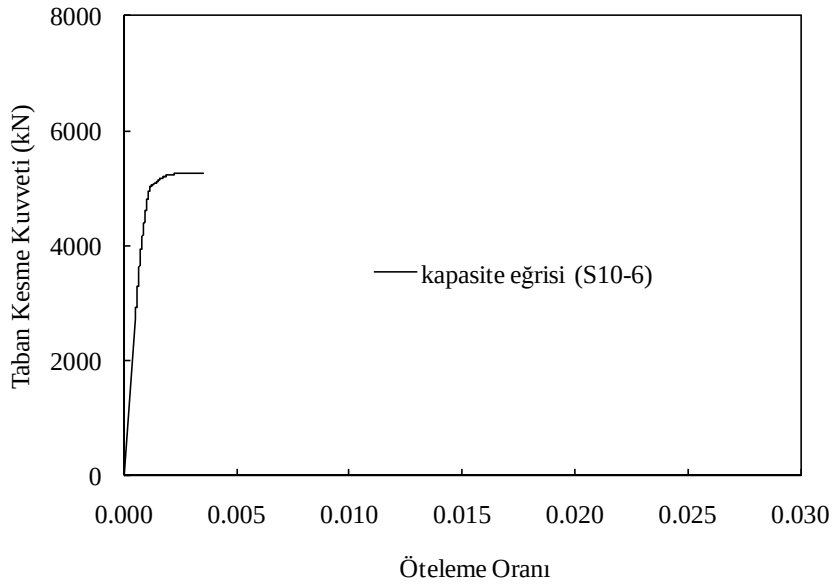
Çizelge 5.10 : S10-3 binasında alt kat kolonları için hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εC	Sargılı Beton εCC	Donatı Çeliği εSU	MN		GV		GÇ		Kesit Hasar Bölgesi
					εC	εSU	εCC	εSU	εCC	εSU	
K1	C10-30×80-5-3	0.0148	0.0094	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-3	0.0148	0.0094	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-3	0.0234	0.0176	0.1200	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-3	0.0234	0.0176	0.1200	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-3	0.0234	0.0176	0.1200	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-3	0.0344	0.0287	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-3	0.0234	0.0176	0.1200	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-3	0.0148	0.0094	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-3	0.0305	0.0270	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-3	0.0148	0.0094	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

Bu işlemler aynı şekilde diğer binalara da uygulanırsa, S10-6 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, talep kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.20, Şekil 5.21, Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’de görülmektedir.



Şekil 5.20 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.21 : S10-6 binası kapasite eğrisi

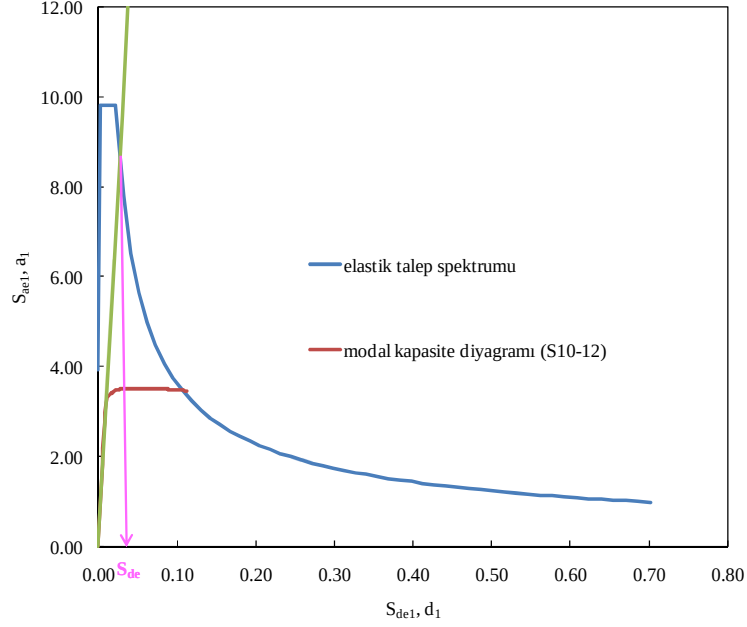
Çizelge 5.11 : S10-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C10-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C10-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K3	C10-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C10-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K3	C10-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C10-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C10-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K1	C10-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C10-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C10-30×80-5-6	0.01	0.096	0.104166667	0.002036	0.1062027

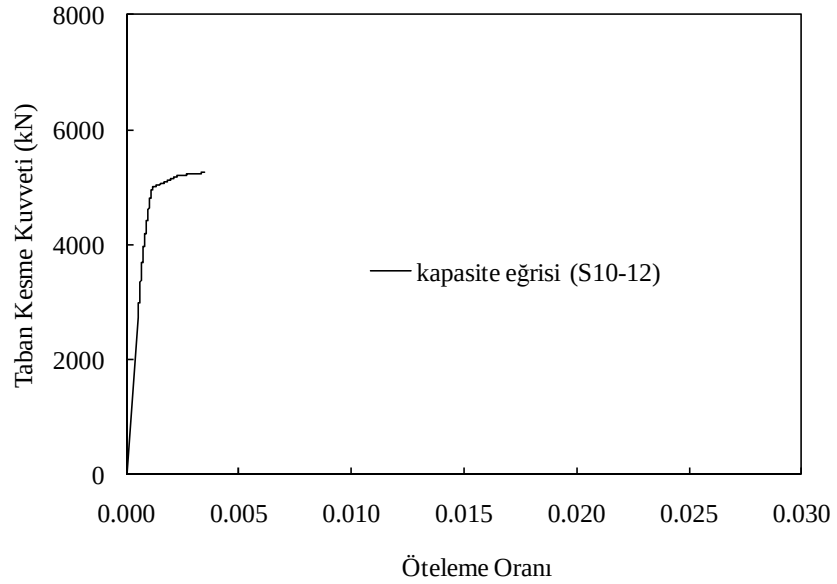
Çizelge 5.12 : S10-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc	εsu	GV εcc	εsu	GÇ εcc	εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-6	0.0069	0.0041	0.0770	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-6	0.0069	0.0041	0.0770	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-6	0.0086	0.0056	0.0590	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-6	0.0086	0.0056	0.0590	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-6	0.0086	0.0056	0.0590	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-6	0.0136	0.0106	0.0530	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-6	0.0086	0.0056	0.0590	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-6	0.0069	0.0041	0.0770	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-6	0.0128	0.0099	0.0750	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-6	0.0069	0.0041	0.0770	0.0035	0.0100	0.00843	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

S10-12 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.22, Şekil 5.23, Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14’te görülmektedir.



Şekil 5.22 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.23 : S10-12 binası kapasite eğrisi

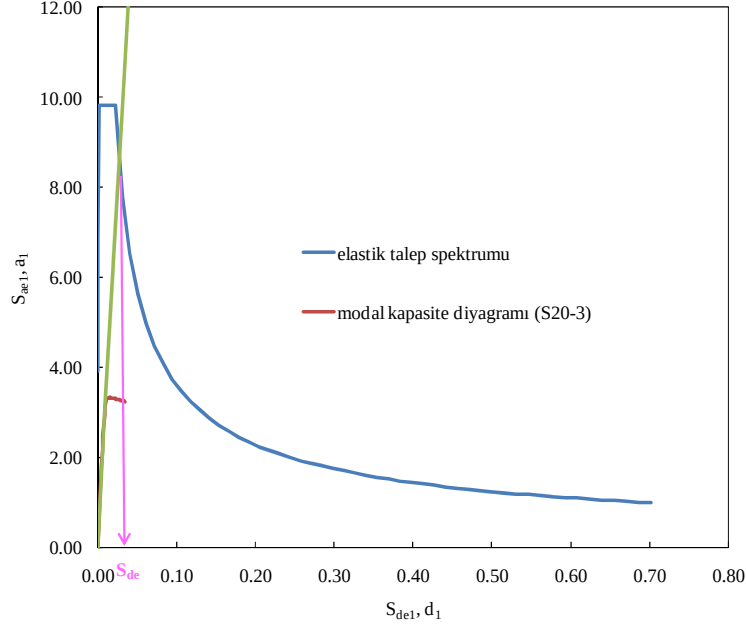
Çizelge 5.13 : S10-12 binası alt kat kolonlarının eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C10-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C10-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C10-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K3	C10-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C10-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K3	C10-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K1	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C10-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193

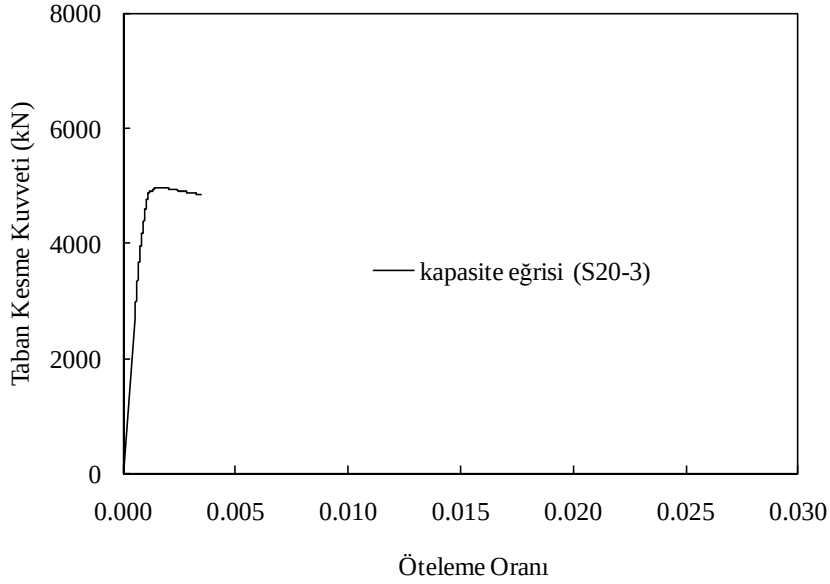
Çizelge 5.14 : S10-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN ε _c ε _{su}	GV ε _{cc} ε _{su}	GÇ ε _{cc} ε _{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0035	0.0020	0.0400	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0035	0.0020	0.0400	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0039	0.0024	0.0272	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0039	0.0024	0.0272	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0039	0.0024	0.0272	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0068	0.0051	0.0301	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-10-12	0.0039	0.0024	0.0272	0.0035 0.01	0.006852 0.04	0.008693 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-65×65-10-12	0.0035	0.0020	0.0400	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-65×65-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-65×65-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-65×65-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-65×65-10-12	0.0057	0.0043	0.0343	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-65×65-10-12	0.0035	0.0020	0.0400	0.0035 0.01	0.008434 0.04	0.010907 0.06	İleri Hasar Bölgesi

S20-3 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, talep eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.24, Şekil 5.25, Çizelge 5.15 ve Çizelge 5.16’da görülmektedir.



Şekil 5.24 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.25 : S20-3 binası kapasite eğrisi

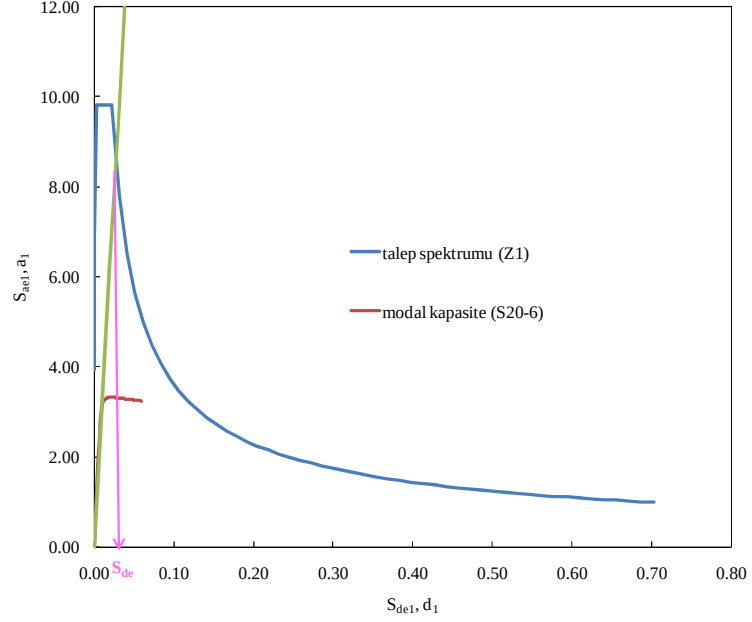
Çizelge 5.15 : S20-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C20-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C20-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K3	C20-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C20-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K3	C20-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C20-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C20-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K1	C20-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C20-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C20-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693

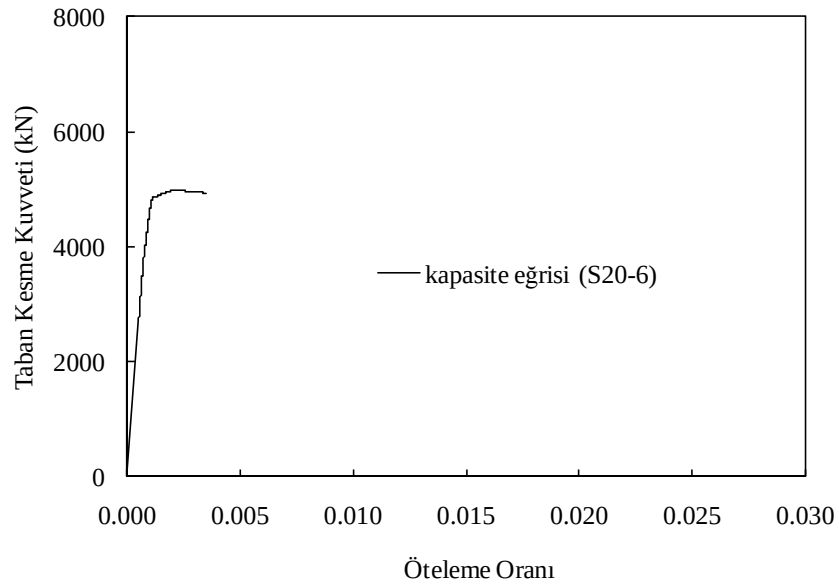
Çizelge 5.16 : S20-3 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εC	Sargılı Beton εCC	Donatı Çeliği εSU	MN εC εSU		GV εCC εSU		GÇ εCC εSU		Kesit Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-3	0.0139	0.0086	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C20-30×80-5-3	0.0139	0.0086	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-3	0.0170	0.0123	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-3	0.0170	0.0123	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-3	0.0170	0.0123	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-3	0.0317	0.0261	0.0607	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-3	0.0170	0.0123	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C20-30×80-5-3	0.0139	0.0086	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-3	0.0299	0.0246	0.1300	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C20-30×80-5-3	0.0139	0.0086	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

S20-6 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.26, Şekil 5.27, Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18’de görülmektedir.



Şekil 5.26 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.27 : S20-6 binası talep kapasite eğrisi

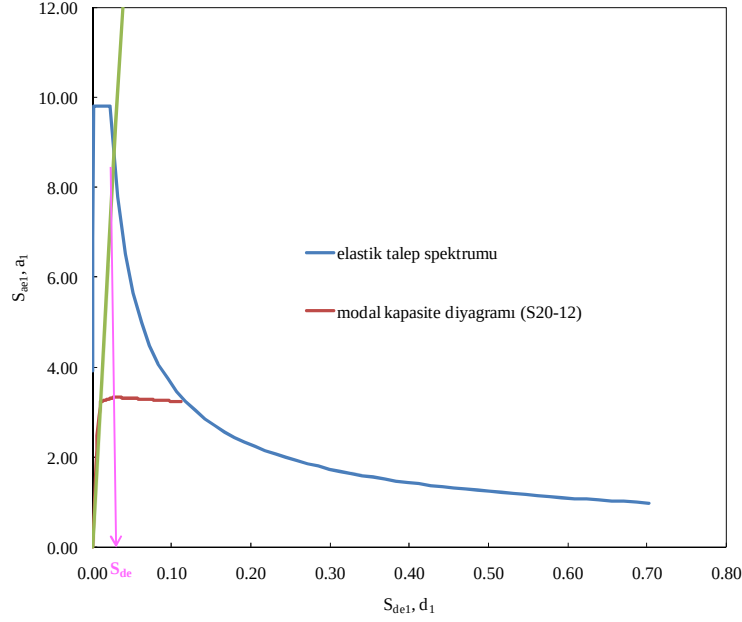
Çizelge 5.17 : S20-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsalsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C20-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C20-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K3	C20-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C20-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K3	C20-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C20-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C20-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K1	C20-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C20-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C20-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027

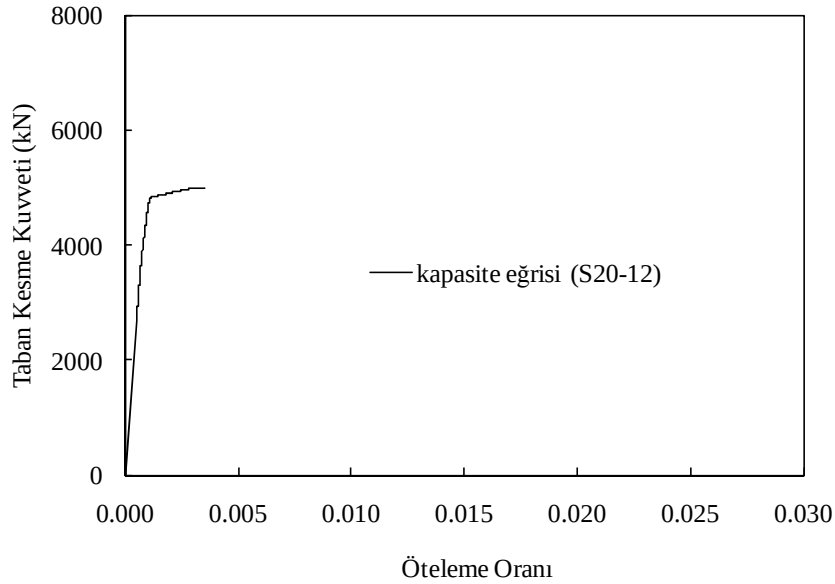
Çizelge 5.18 : S20-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN		GV		GÇ		Kesit Hasar Bölgesi
					εc	εsu	εcc	εsu	εcc	εsu	
K1	C20-30×80-5-6	0.0067	0.0040	0.0769	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C20-30×80-5-6	0.0067	0.0040	0.0769	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-6	0.0077	0.0049	0.0576	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-6	0.0077	0.0049	0.0576	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C20-65×65-5-6	0.0077	0.0049	0.0576	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C20-65×65-10-6	0.0133	0.0103	0.0528	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-6	0.0077	0.0049	0.0576	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-6	0.0067	0.0040	0.0769	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C20-30×80-10-6	0.0124	0.0100	0.0743	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C20-30×80-5-6	0.0067	0.0040	0.0769	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

S20-12 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.28, Şekil 5.29, çizelge 5.19 ve Çizelge 5.20’de görülmektedir.



Şekil 5.28 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.29 : S20-12 binası kapasite eğrisi

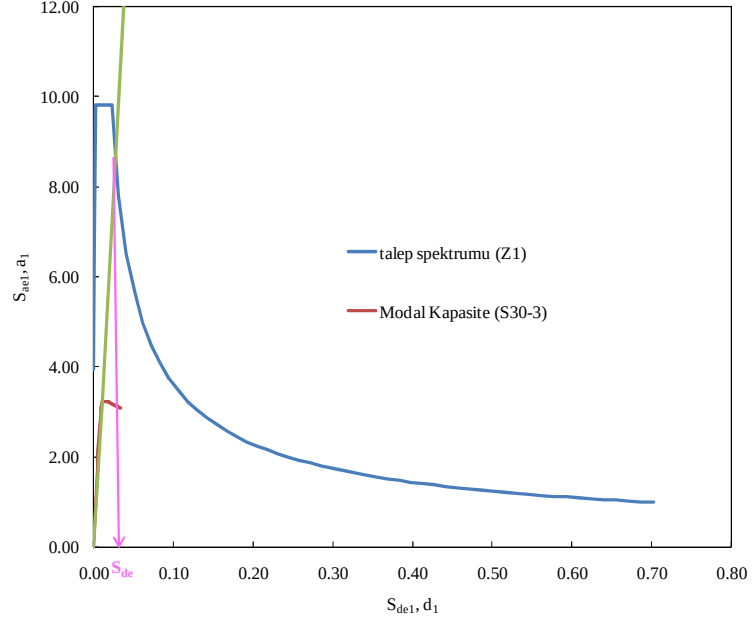
Çizelge 5.20 : S20-12 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C20-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C20-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K3	C20-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C20-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K3	C20-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C20-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C20-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K1	C20-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C20-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C20-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193

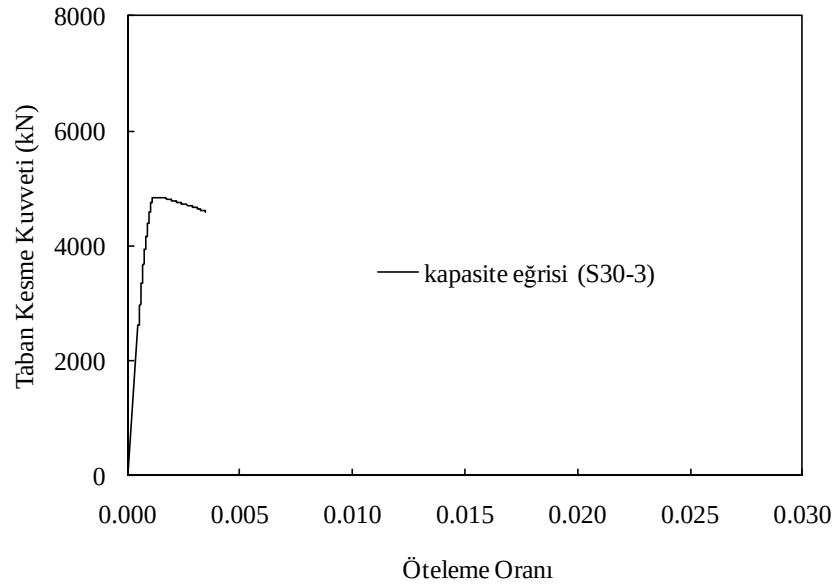
Çizelge 5.20 : S20-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc εsu		GV εcc εsu		GÇ εcc εsu		Kesit Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-12	0.0034	0.0020	0.0399	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-12	0.0034	0.0020	0.0399	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C20-65×65-5-12	0.0036	0.0022	0.0276	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C20-65×65-5-12	0.0036	0.0022	0.0276	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C20-65×65-5-12	0.0036	0.0022	0.0276	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C20-65×65-10-12	0.0046	0.0035	0.0295	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C20-65×65-5-12	0.0036	0.0022	0.0276	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-12	0.0034	0.0020	0.0399	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C20-30×80-10-12	0.0054	0.0041	0.0349	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C20-30×80-5-12	0.0034	0.0020	0.0399	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

S30-3 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.30, Şekil 5.31, Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22’de gösterilmiştir.



Şekil 5.30 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.31 : S30-3 binası kapasite eğrisi

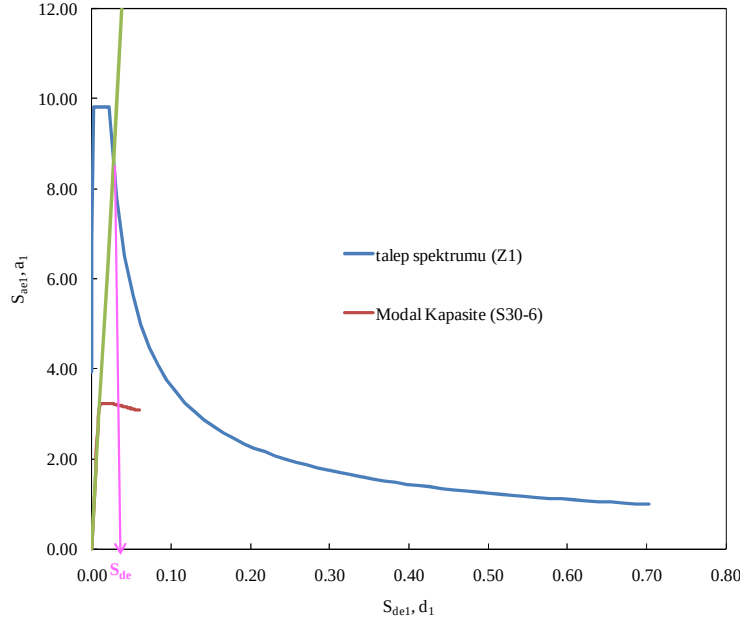
Çizelge 5.21 : S30-3 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C30-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C30-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K3	C30-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C30-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K3	C30-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K4	C30-65×65-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004927	0.2132603
K3	C30-65×65-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.004605	0.2129383
K1	C30-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K2	C30-30×80-10-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002216	0.2105493
K1	C30-30×80-5-3	0.01	0.048	0.2083333	0.002036	0.2103693

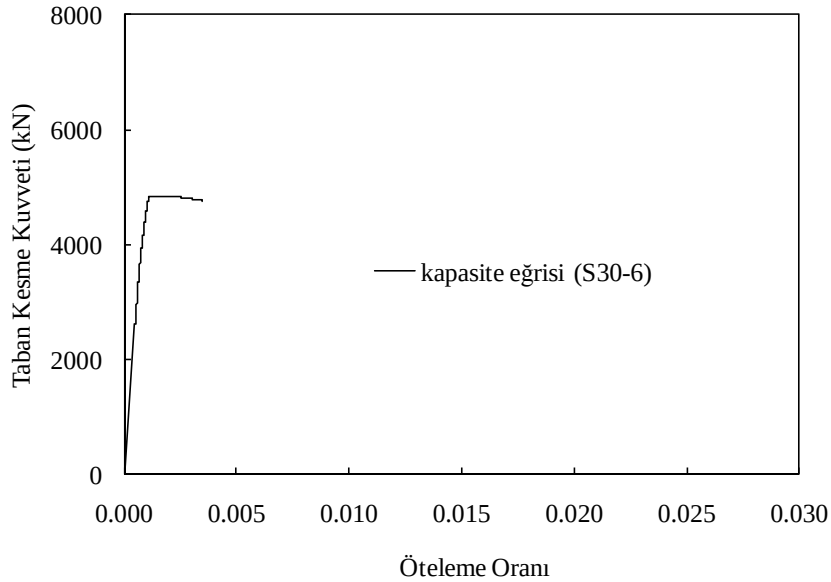
Çizelge 5.22 : S30-3 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN		GV		GÇ		Kesit Hasar Bölgesi
					εc	εsu	εcc	εsu	εcc	εsu	
K1	C30-30×80-5-3	0.0136	0.0082	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-3	0.0136	0.0082	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-3	0.0177	0.0119	0.1100	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-3	0.0177	0.0119	0.1100	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-3	0.0177	0.0119	0.1100	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-3	0.0338	0.0278	0.1000	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-3	0.0177	0.0119	0.1100	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-3	0.0136	0.0082	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-3	0.0136	0.0082	0.1500	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

S30-6 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.32, Şekil 5.33, Çizelge 5.23 ve Çizelge 5.24’te gösterilmektedir.



Şekil 5.32 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.33 : S30-6 binası kapasite eğrisi

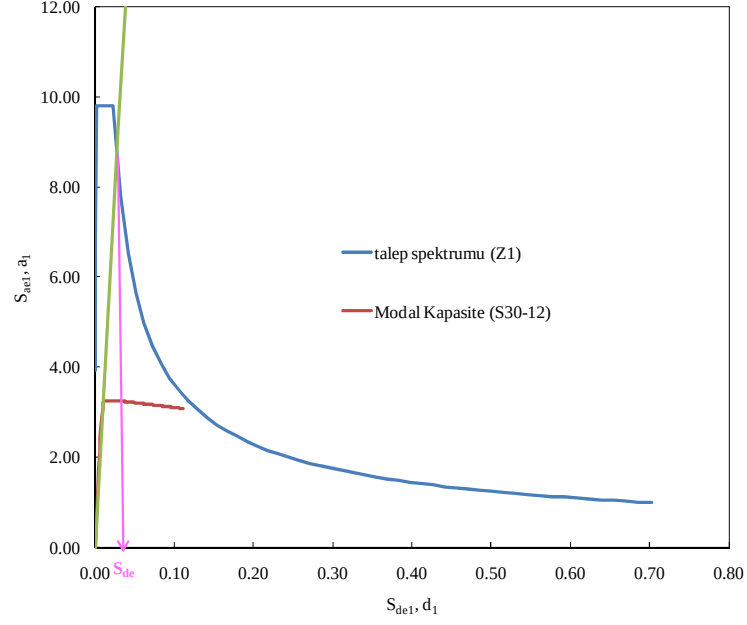
Çizelge 5.23 : S30-6 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C30-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C30-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K3	C30-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C30-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K3	C20-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K4	C30-65×65-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004927	0.1090937
K3	C30-65×65-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.004605	0.1087717
K1	C30-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K2	C30-30×80-10-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002216	0.1063827
K1	C30-30×80-5-6	0.01	0.096	0.1041667	0.002036	0.1062027

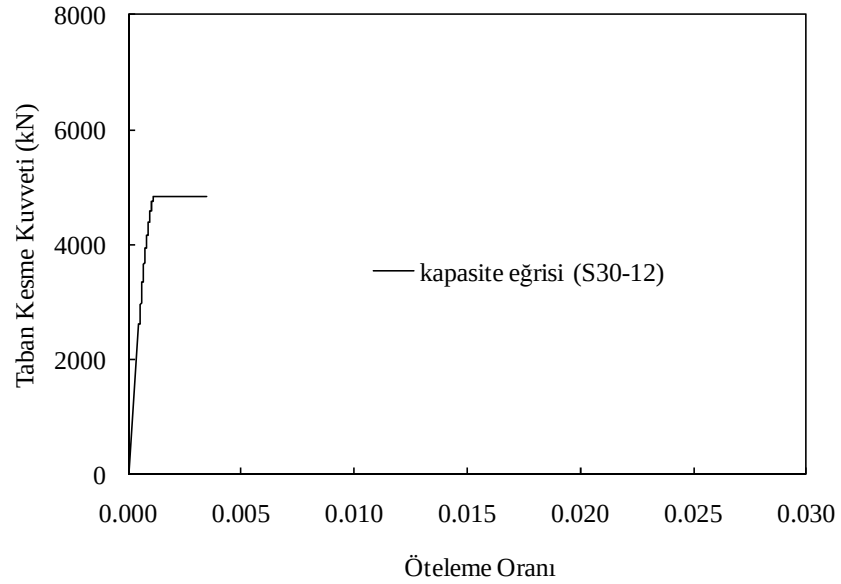
Çizelge 5.24 : S30-6 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc	εsu	GV εcc	εsu	GÇ εcc	εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C30-30×80-5-6	0.0067	0.0039	0.0767	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-6	0.0067	0.0039	0.0767	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-6	0.0843	0.0052	0.0643	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-6	0.0843	0.0052	0.0643	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C20-65×65-5-6	0.0843	0.0052	0.0643	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C30-65×65-10-6	0.0123	0.0094	0.0534	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C30-65×65-5-6	0.0843	0.0052	0.0643	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-6	0.0067	0.0039	0.0767	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi
K1	C30-30×80-5-6	0.0067	0.0039	0.0767	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Göçme Bölgesi

S30-12 binası için doğrusal spektral yerdeğiştirme, kapasite eğrisi, alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi ve alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti sırasıyla Şekil 5.34, Şekil 5.35, Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.26’da gösterilmektedir.



Şekil 5.34 : Spektral ivme-spektral yerdeğiştirme talep ve kapasite eğrileri



Şekil 5.35 : S30-12 binası spektrum eğrisi

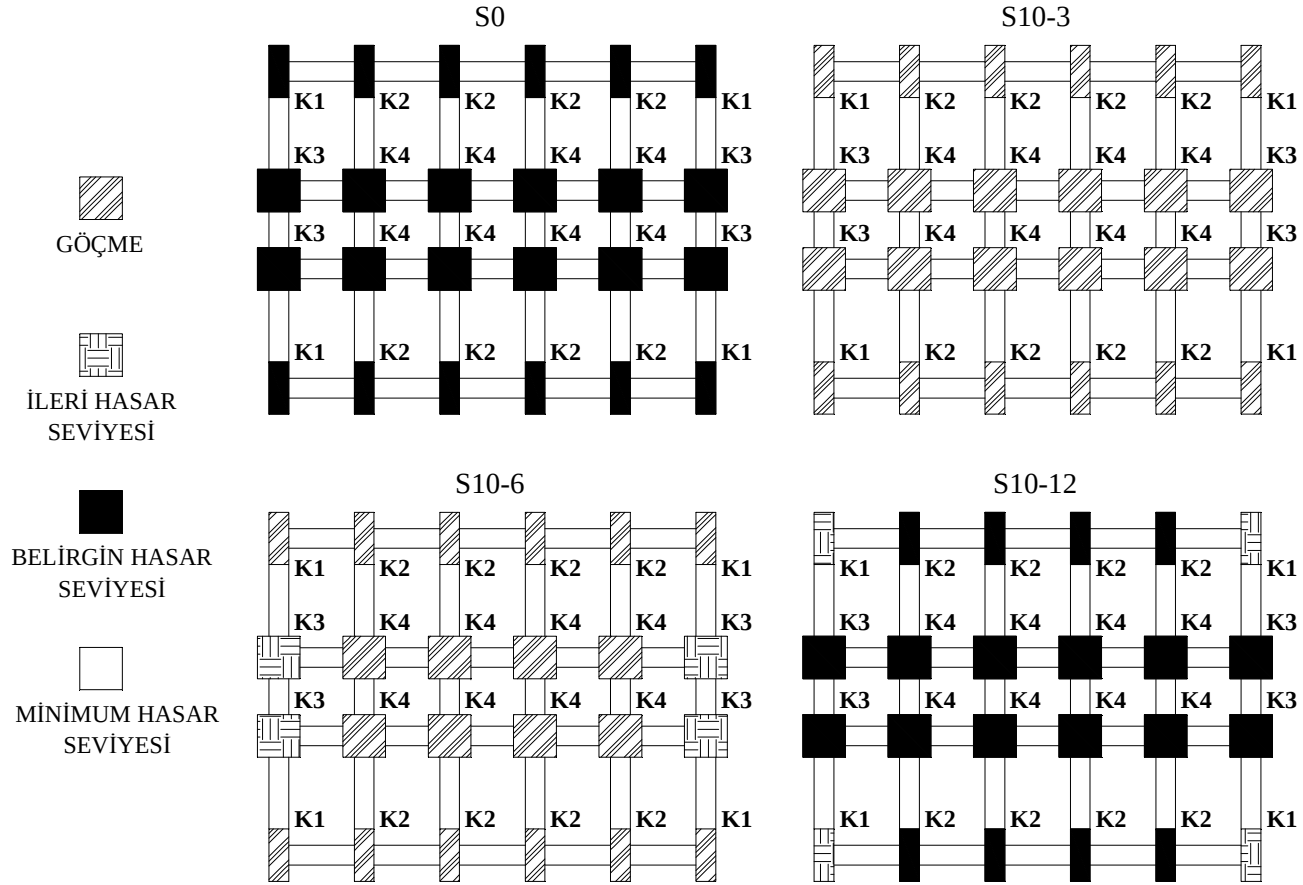
Çizelge 5.25 : S30-12 binası alt kat kolonlarının toplam eğrilik istemi

Kolon Adı	Kolonlar	Plastik Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boyu (Lp) (m)	Plastik Eğrilik (Kp) (1/m)	Elastik Eğrilik (Ky) (1/m)	Toplam Eğrilik (Kt) (1/m)
K1	C30-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C30-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K3	C30-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C30-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K3	C30-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K4	C30-65×65-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004927	0.0570103
K3	C30-65×65-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.004605	0.0566883
K1	C30-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K2	C30-30×80-10-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002216	0.0542993
K1	C30-30×80-5-12	0.01	0.192	0.0520833	0.002036	0.0541193

Çizelge 5.26 : S30-12 binası alt kat kolonlarının hasar bölgesi tespiti

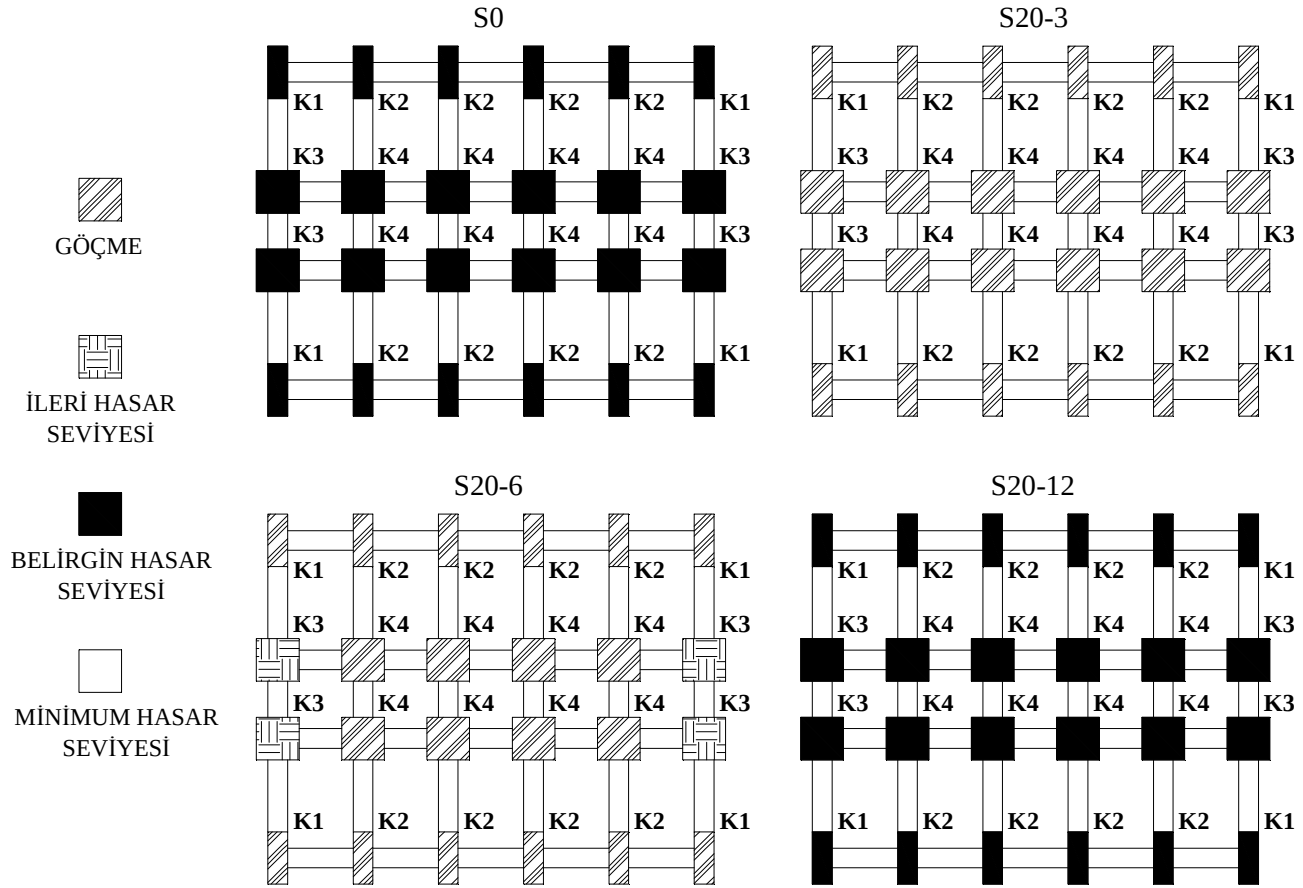
Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN		GV		GÇ		Kesit Hasar Bölgesi
					ε _c	ε _{su}	ε _{cc}	ε _{su}	ε _{cc}	ε _{su}	
K1	C30-30×80-5-12	0.0032	0.0018	0.0400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C30-30×80-5-12	0.0032	0.0018	0.0400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C30-65×65-5-12	0.0035	0.0021	0.0272	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C30-65×65-5-12	0.0035	0.0021	0.0272	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C30-65×65-5-12	0.0035	0.0021	0.0272	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C30-65×65-10-12	0.0057	0.0041	0.0301	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C30-65×65-5-12	0.0035	0.0021	0.0272	0.0035	0.01	0.006852	0.04	0.008693	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C30-30×80-5-12	0.0032	0.0018	0.0400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C30-30×80-10-12	0.0053	0.0040	0.0343	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C30-30×80-5-12	0.0032	0.0018	0.0400	0.0035	0.01	0.008434	0.04	0.010907	0.06	İleri Hasar Bölgesi

Donatı korozyon düzeyi ve dağılımının betonarme kolonların yatay yükler altındaki davranışına etkisi, doğrusal olmayan artımsal itme analizi ile kesit düzeyinde hasar tespiti yapılarak ortaya koyulmuştur. Korozyon düzeyinin ve dağılımının toplam eğrilik istemine ve kesitlerdeki şekildeğiştirme beklentisine etkisini daha net şekilde ortaya koyabilmek için, kesit hasar seviyeleri binaların planında simgesel olarak gösterilmiştir. Alt kat kolonlarının boyuna donatılarının %10 kesit kaybına uğradığı S10 binasının 3 oyuk, 6 oyuk ve 12 oyuk durumları için oluşan kesit hasar durumları, korozyonsuz S0 ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.36).

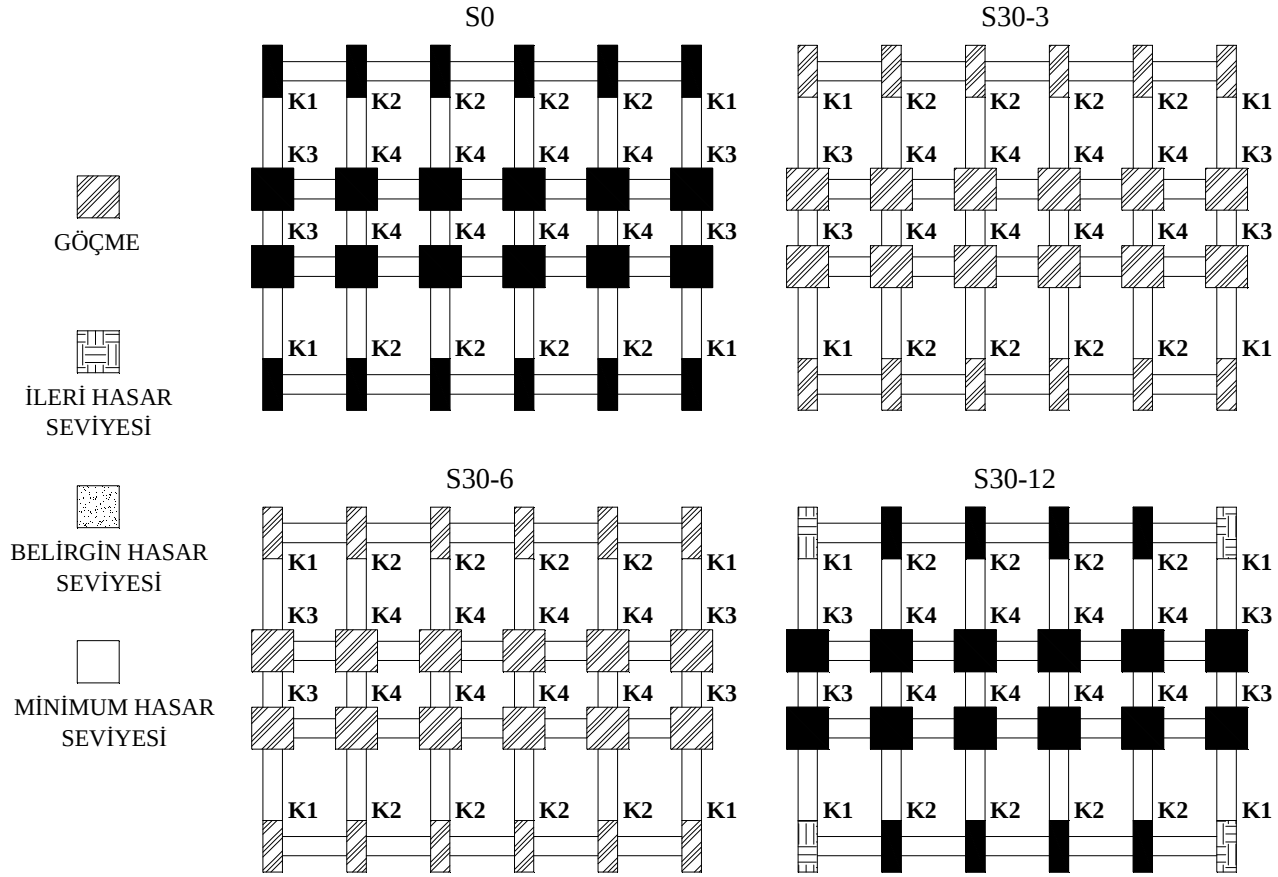


Şekil 5.36 : S0, S10-3, S10-6 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri

Alt kat kolonlarının boyuna donatılarının korozyondan ötürü %20 ve %30 kesit kaybına uğradığı durumların korozyonsuz S0 binası ile karşılaştırılması ve oyuklanmanın yayılı olmasının etkisini Şekil 5.37 ve Şekil 5.38’de gösterilmiştir.



Şekil 5.37 : S0, S20-3, S20-6 ve S20-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri



Şekil 5.38 : S0, S30-3, S30-6 ve S30-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyeleri

Bu şekillerde kesitlerdeki korozyon seviyesinin artmasıyla kesit hasar durumunun da arttığı görülmektedir. Ayrıca, korozyon durumunun daha ileri olduğu daha fazla oyuk sayısında ise oyuk sayısının artmasıyla, plastik şekilşekildeğiştirmelerin donatı üzerinde daha üniform bir alana yayılması sebebiyle kesit hasar durumunun pozitif etkilendiği görülmektedir. Bu durum her kolonda DBYBHY (2007) tarafından belirlenen kesit hasar sınırlarını değıştirmese de, korozyondan kaynaklanan donatı kesit kaybı arttıkça kolonların şekildeğiştirme değeri de artmıştır. Örneğin S30-3 ve S30-6 binalarının alt kat kolonlarının kesit hasar seviyeleri değışmemiştir ancak K1 kolonlarının birim şekildeğiştirme değeri artan oyuk sayısı ile beraber azalmıştır (Çizelge 5.27).

Çizelge 5.27 : K1 ve K2 kolonlarının birim şekildeğiştirme değeri

Bina Adı	Kolon Adı	Kolonlar	Sargısız Beton ϵ_c	Sargılı Beton ϵ_{cc}	Donatı Çeliği ϵ_{su}
S30-3	K1	C30-30×80-5-3	0.0136	0.0082	0.1500
	K2	C30-30×80-10-3	0.0309	0.0255	0.1400
S30-6	K1	C30-30×80-5-6	0.0067	0.0039	0.0767
	K2	C30-30×80-10-6	0.0120	0.0092	0.0728

5.5 Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz

Bu yöntemde, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak kabul edilen bir deprem hareketi altındaki taşıyıcı sistemin hareket denklemi sayısal olarak çözülerek, doğrusal davranışta olduğu gibi sistemin bütün elastik ve plastik şekildeğiştirmeleri, yerdeğiştirmeleri ve kesit iç etkileri zamana bağlı olarak bulunur. Daha sonra sistemde plastik mafsallarda dönmesi ve beton ve donatının birim uzama/kısalma talepleri belirlenir (Celep, 2008). Bu yöntemde hedef yerdeğiştirme zaman tanım alanında yapılan çözümlemeden elde edilir (Celep ve Kumbasar, 2004). Analiz aşamasında, yapının yer hareketi altındaki hareket denkleminin doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkileri kullanılarak zaman tanım alanında doğrudan entegrasyonu yapılmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizde, tıpkı artımsal itme analizinde olduğu gibi kirişlerin doğrusal ötesi davranışı göz önüne alınmamıştır. Kolonlara ait moment-dönme ilişkileri Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Bu çalışmada S10-12 ve bununla kıyaslanacak olan S0 binalarının deprem yükleri altında davranışı incelenmiş, alt kat kolonlarının ilgili deprem hareketi sebebiyle kesit hasar seviyeleri belirlenmiştir. Türkiye ve Dünyanın değışik bölgelerinden 6

adet (Kocaeli-Türkiye Ağustos 1999, Bingöl-Türkiye 2003, El Centro-Imperial Valley 1940, Victoria-Mexico 1980, Santa Monica-Northridge 1994, Sylmar-Northridge 1994) deprem kaydı göz önüne alınmıştır. Çizelge 5.28’de verilen deprem kayıtları PEER veri tabanından alınmıştır. Deprem kayıtları seçilirken en büyük deprem ivmesi (PGA) ve hızı (PGV) parametre olarak göz önüne alınmıştır. Deprem kayıtları $PGV > 75$ cm/s ve $PGV < 75$ cm/s olacak şekilde iki grup olarak incelenmiştir. Deprem kayıtlarıyla ilgili ayrıntılar EK A.1 ’dedir.

Çizelge 5.28 : Deprem kayıtları

Deprem	Yer	Yön	Zaman	PGA (g)	PGV (cm/sn)	PGD (cm)
Türkiye, Ağustos 1999	Kocaeli	CNA000	17.08.1999	0.18	18.40	18.24
Türkiye, Mayıs 2003	Bingöl	EW	01.05.2003	0.56	29.11	15.22
Imperial Valley 1940	El Centro	ELC180	19.05.1940	0.31	29.80	13.32
Mexico 1980	Victoria	CPE045	06.09.1980	0.62	31.60	13.20
Northridge, Ocak 1994	Santa Monica	STM090	17.01.1994	0.88	41.70	15.09
Northridge, Ocak 1994	Sylmar	SYL360	17.01.1994	0.84	129.60	32.68

Bu deprem kayıtları, S10-12 ve S0 binalarının doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri için kullanılmıştır. Söz konusu ivme kayıtları, bu binalar için elastik tasarım ivmesine karşı gelen $0.95g$ ’ye göre ölçeklendirilmiştir. 6 adet deprem kaydı PERFORM-3D programı kullanılarak söz konusu 2 bina için doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda alt kat kolonlarının ulaştığı maksimum dönme değeri bulunup o kesite ait plastik mafsallık uzunluğuyla çarpılıp kesitin eğrilik değeri hesaplanmıştır. XTRACT programında modellenen kesitlerde bu eğrilik değeri için brüt kesit en dış basınç lifinin, çekirdek en dış basınç lifinin ve donatının birim şekil değiştirme değerleri okunmuş ve daha sonra kesit hasar seviyeleri belirlenmiştir. Sylmar deprem kaydının kesitlerde oluşturduğu hasar sınırları çizelge Çizelge 5.29 ve Çizelge 5.30’da gösterilmiştir. Diğer 5 deprem kaydı için kesit hasar durumları EK A.4’te verilmiştir.

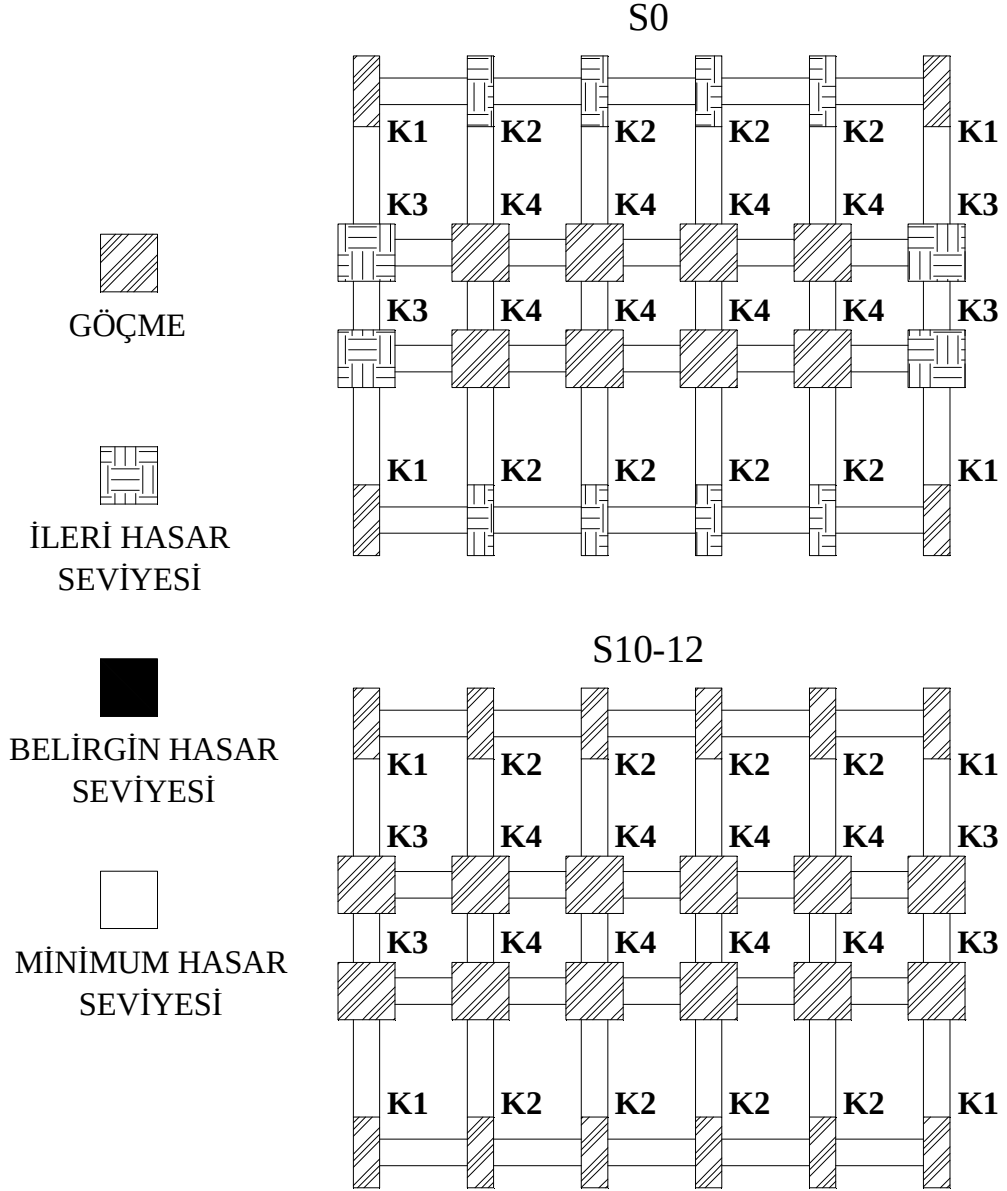
Çizelge 5.29 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-SYLMAR, 1994 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler	Plastik Mafsalsal Boy (Lp)	Eğrilik (Kp)	Sargısız Beton	Sargılı Beton	Donatı Çeliği	MN		GV		GÇ		Kesit Hasar Bölgesi
		(rad/m)	(m)	(1/m)	ϵ_c	ϵ_{cc}	ϵ_{su}	ϵ_c	ϵ_{su}	ϵ_{cc}	ϵ_{su}	ϵ_{cc}	ϵ_{su}	
K1	C0-30×80-5	0.0328	0.4	0.0820	0.0057	0.0034	0.0625	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0328	0.4	0.0820	0.0057	0.0034	0.0625	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0326	0.325	0.1003	0.0087	0.0059	0.0549	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0326	0.325	0.1003	0.0087	0.0059	0.0549	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0326	0.325	0.1003	0.0087	0.0059	0.0549	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0325	0.325	0.1000	0.0141	0.0111	0.0535	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Göçme Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0326	0.325	0.1003	0.0087	0.0059	0.0549	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0328	0.4	0.0820	0.0057	0.0034	0.0625	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	Göçme Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0327	0.4	0.0818	0.0086	0.0066	0.0514	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İeri Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0328	0.4	0.0820	0.0057	0.0034	0.0625	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	Göçme Bölgesi

Çizelge 5.30 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-SYLMAR, 1994 depremi-

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boy (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ϵ_c	Sargılı Beton ϵ_{cc}	Donatı Çeliği ϵ_{su}	MN ϵ_c ϵ_{su}	GV ϵ_{cc} ϵ_{su}	GÇ ϵ_{cc} ϵ_{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0341	0.192	0.1776	0.0112	0.0069	0.1214	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0341	0.192	0.1776	0.0112	0.0069	0.1214	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0339	0.192	0.1766	0.0141	0.0095	0.0893	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0339	0.192	0.1766	0.0141	0.0095	0.0893	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0339	0.192	0.1766	0.0141	0.0095	0.0893	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0338	0.192	0.1760	0.0270	0.0222	0.0805	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0339	0.192	0.1766	0.0141	0.0095	0.0893	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0341	0.192	0.1776	0.0112	0.0069	0.1214	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0340	0.192	0.1771	0.0241	0.0197	0.1110	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0341	0.192	0.1776	0.0112	0.0069	0.1214	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi

Sylmar deprem kaydının kesitlerde oluşturduğu hasar seviyeleri Şekil 5.39’da bina planı üzerinde gösterilmiştir. Diğer 5 deprem kaydı için oluşan kesit hasar düzeyleri planda gösterimi Ek A.5’te verilmiştir.



Şekil 5.39 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, SYLMAR 1994 depremi

Binaların 0.95g olan spektral ivme katsayısına göre ölçeklenmiş bu depremler, S10-12 binasının alt kat kolonlarında, S0 binasının alt kat kolonlarına göre belirgin şekilde daha fazla hasar bırakmıştır. İki yapı arasında kıyaslama yapılırken, DBYBHY (2007) kriterlerine göre kolonların tümü için belirlenen hasar seviyelerinde

farklılık gösterilmese de kolonlarda depremlemln yarattığı birim şekildeğıştirme değlerleri S10-12 binasında her durumda daha fazladır.

6. SONUÇLAR

Donatı korozyon düzeyi ve dağılımının betonarme kolonların yatay yükler altındaki davranışına etkisinin deneysel olarak ve betonarme yapıların yatay yükler altındaki davranışına etkisinin analitik olarak incelendiği tezde, donatı korozyonu ile ilgili vurgu yapılması gereken temel bazı sonuçlara ulaşılmıştır;

- Donatı korozyonu, donatı plastik şekildeğiştirmelerinin önemli bölümünün oyuklar etrafında toplanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle korozyon, taşıyıcı elemanların yatay yerdeğiştirme kapasitesini önemli derecede azaltabilmektedir. Bu durumun Deprem Yönetmeliğinin güncelleştirilmesi sırasında açıkça belirtilerek dikkate alınması yerinde olacaktır.
- Korozyon nedeni ile donatı üzerinde oluşmuş olan oyuk uzunluğunun artması veya çok sayıda benzer derinlikte oyuk oluşmuş olması plastik şekildeğiştirmelerin donatı boyunca yayılı olmasını sağlamaktadır. Daha fazla korozyon hasarı anlamına gelen bu oyuk sayısının artması ya da oyuk uzunluğunun artması, beklendiğinin tam tersine plastik şekildeğiştirmelerin daha yayılı olmasını sağladığı için yerdeğiştirme kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir.
- Artımsal itme analizi sonucunda performans değerlendirmesi yapıldığında, kesit hasar seviyeleri incelendiğinde, donatıları korozyona uğramış kolonların, korozyonsuzlara göre, aynı yerdeğiştirme isteminde daha büyük şekildeğiştirme değerlerine ulaştığı görülmüştür.
- Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonuçlarının kesit hasar seviyesi açısından değerlendirmesi yapıldığında, aynı depremin alt kat kolonlarının donatıları korozyonlu olan yapılarda, korozyonsuz olanlara göre daha büyük şekildeğiştirmelere sebep olduğu görülmüştür.
- Hem deneysel sonuçlarda, hem de analitik incelemelerde, donatı korozyonu beklendiği üzere, elemanların ve yapının yatay yük kapasitesini düşürmüş, hasar seviyesini artırmış ve daha kötü performansa sebep olmuştur.

KAYNAKLAR

- ACI-222R-01**, 2001. Protection of metals in concrete against corrosion, American Concrete Institute, Detroit.
- Alekseev, S. N.**, 1993, *Corrosion of steel reinforcement, in Durability of Reinforced Concrete in Aggressive Media*, pp. 164-247, Eds. Mallick, S.K. & Majithia, M., Balkema Publishers, Brookfield.
- Apostolopoulos, C.A.**, 2008: The influence of corrosion and cross-section diameter on the mechanical properties of S500_c steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, Vol.18, no. 2, pp. 190-195.
- Apostolopoulos, C.A., Michalopoulos, D.** 2006: Mechanical properties of reinforcing steel and fatigue behavior in corrosive environment. *Journal of Materials Engineering and Performance*, Vol. 16, no.5, pp. 559-566.
- Apostolopoulos, C.A., Papadakis, V.G.**, 2008, Consequences of steel corrosion on the Ductility Properties of Reinforcement Bar, *Construction and Building Materials*, 22, 2316-2324.
- Arioğlu, E., Arioğlu, N., Yılmaz, A.O.**, 2006. *Beton Agregaları*, pp. 1-9, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- ASTM-C876**, 1999. Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete, The American Society for Testing and Materials, Pennsylvania.
- ASTM-G15-04**, 2004. Standard terminology relating to corrosion and corrosion testing, The American Society for Testing and Materials, Pennsylvania.
- ASTM-G46-94**, 1994. Standard guide for examination and evaluation of pitting corrosion, The American Society for Testing and Materials, Pennsylvania.
- Bedirhanoglu, İ.**, 2009. Düşük dayanımlı Betona Sahip Betonarme Kolon ve Birleşimlerin Deprem Yükleri Altında Davranışlarının İncelenmesi ve İyileştirilmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bentur, A., Diamond, S. ve Berke, N.S.**, 1997, *Steel Corrosion in Concrete*, E&FN, Spon, London.
- Bonacci, J.F.**, 1998. Laboratory simulations of corrosion in reinforced concrete and repair with CFRP wraps, *CSCE 1998 Annual Structural Speciality Conference*, Montreal, 653-662.
- Cairns, J., Giovanni, A.P., Yingang, D., David, W.L. ve Chiara, F.**, 2005. Mechanical Properties of Corrosion-Damaged Reinforcement. *ACI Materials Journal*, Michigan, 102-M29

- Castel, A., Francois, R. and Arliguie, G.,** 2000: Mechanical Behavior of Corroded Reinforced Concrete Beams-Part 2: Bond and notch effects.” *Materials and Structures*, vol. 33, 545-551.
- Celep, Z.,** 2008. *Betonarme taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan davranış ve Çözümleme*, pp. 129-136, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z.,** 2009. *Betonarme Yapılar*, pp. 26-30, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş*, pp. 236-240, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Darılmaz, K.,** 2008. Betonarme Düzlem Çerçeve Bir Yapının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile Performans Değerlendirmesi, *İstanbul Bülten*, Sayı **24**.
- DBYBHY-07,** 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara, Türkiye.
- Dekoster, M., Bodin, F.B., Maurel, O., Delmas, Y.,** 2003. Modelling of the flexural behaviour of RC beams subjected to localised and uniform corrosion. *Engineering Structures* **25** (2003) 1333–1341
- Demirtaş, B.,** 2008. Korozyonların Betonarme Kolonların Deprem Performansına Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dilmaç, Ş.,** 2002. Yapı fiziği hasarları ders notları, Trakya Üniversitesi Çorlu Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Çorlu.
- Doğan, Ü.A.,** 2008. Beton Birleşim parametrelerinin Geçirimlilik Özellikleri ve Gömülü Çelik Donatı Korozyonuna Etkisi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersoy, U. ve Özcebe G.,** 2004. *Temel İlkeler, TS-500-2000 ve Türk deprem yönetmeliğine (1998) göre hesap*, Evrim Matbaası, İstanbul.
- Gedikli, Ü.,** 2004. Molibdenin sulu ortamdaki korozyonuna ph ve sülfürün etkisinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Göksu, Ç.,** 2011. Seismic Behavior of RC Columns with Corroded Plain and Deformed Reinforcing Bars, *Doktora tezi*, 2011'de sunulmak üzere, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Göksu, Ç., Binbir, E., İlki, A., Kumbasar, N.,** 2009. “Seismic Behavior of RC Columns with Corroded Deformed Reinforcing Bars”, *Asian-Pacific Network of Centers for Earthquake Engineering Research Workshop*, Illinois, U.S.A., 13-14 August, CD-ROM.
- Graeff, A.G., Silva Filho, L.C.P.,** 2008: Analysis of rebar cross setional area loss by effect of reinforced concrete corrosion, *11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components*, Istanbul, Turkey, May 11-14.
- Gulikers, J.,** 2005. Theoretical considerations on the supposed linear relationship between concrete resistivity and corrosion rate of steel reinforcement. *Materials and Corrosion*, **56**, No.6.

- Jones, D.A.**, 1996. *Principles and Prevention of Corrosion*, Prentice Hall Inc, NJ.
- İnci, P., Göksu, Ç., İlki, A.**, 2011. Donatı Korozyonunun Betonarme Çerçevelerin Deprem Yükleri Altındaki Davranışına Etkisi, 7. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 30 Mayıs-15 Haziran, CD-ROM.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R.** 1988. "Observed stres-strain behavior for confined concrete." *ASCE Journal of Structural Engineering*, V.114, No.8, 1827-1849.
- Odabaşı T.**, 2007. Katodik Koruma Sisteminin Tanıtımı, Botaş BTC Proje Direktörlüğü CMT İnşaatı.
- Onaran, K.**, 2006. *Malzeme Bilimi*, pp. 293-300, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- PERFORM-3D**, 2008. Nonlinear Analysis and Performance Assessment for 3D Structures, Computers and Structures Companies, Inc., USA.
- Rodriguez, J., Ortega, L.M., Casal, J.**, 1997. Load Carrying capacity of Concrete Structures with Corroded Reinforcement. *Construcion and Building Materials*, Vol. II, No. 4. pp. 239-248, 1997
- Şengil, A.**, 1992. *Korozyon*, Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Sakarya.
- Tastani, S. P. and Pantazopoulou, S. J.**, 2004. Experimental evaluation of FRP jackets in upgrading RC corroded columns with substandard detailing, *Engineering Structures*, Vol. 26, 817–829.
- Tuutti, K.**, 1982. Corrosion of Steel in Concrete, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, (4): 469
- XTRACT**, 2007. Cross-Sectional Structural Analysis of Components, TRC Companies, Inc., USA.
- Youlin, X., Zhijun, C., Xiaofeng, Liu, L., Pinwu, G., Shuhui, Y.** 2003: Experimental Research on Mechanical Properties of Corroded Steel Bars, *International Symposium 2003 on the reserach and application of high strength reinforcing bar*, 96-103.

EKLER

EK A.1 : Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizde Kullanılan Deprem Kayıtları

EK A.2 : Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

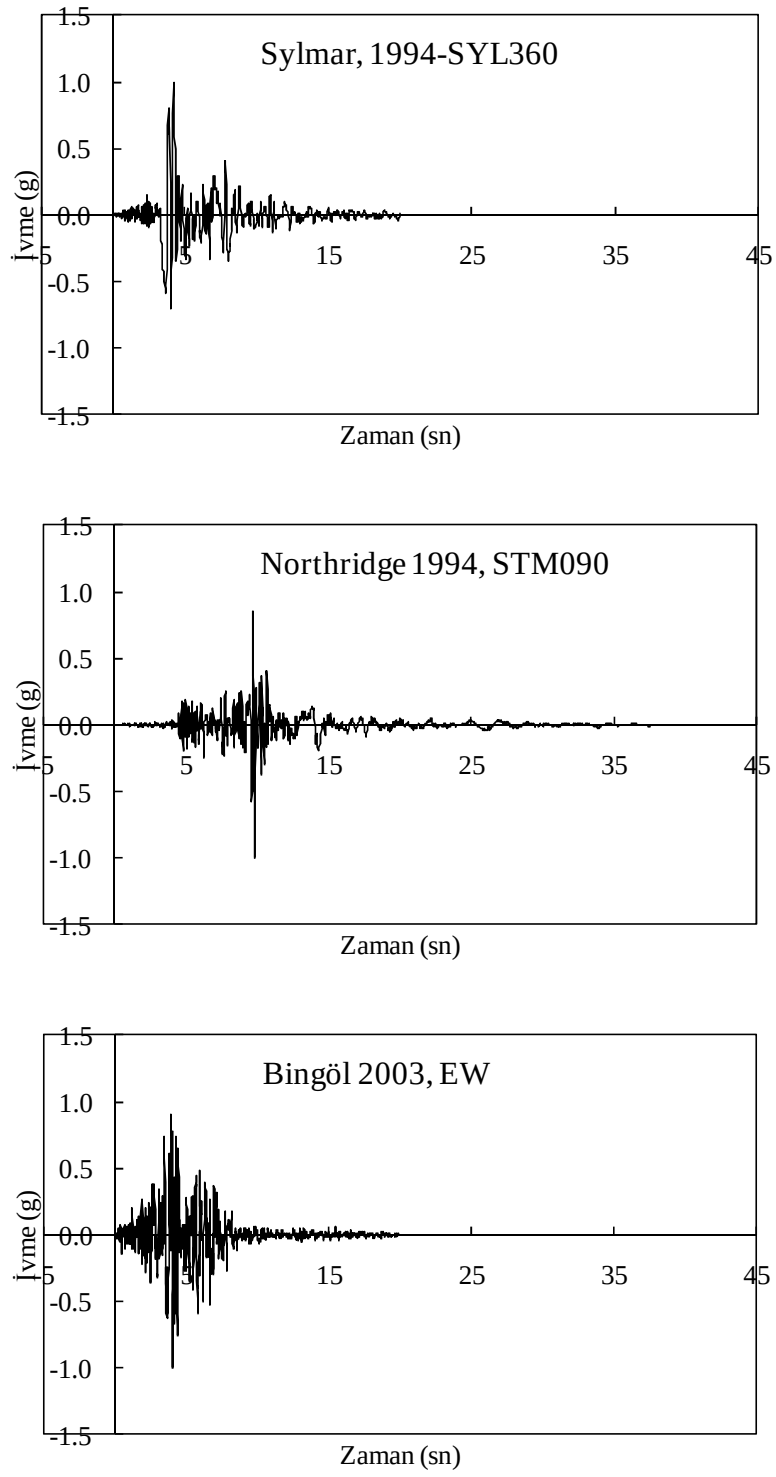
EK A.3 : Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz Sonucu Kolonlarda Meydana Gelen Dönme Değerleri

EK A.4 : Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz Sonucu Kolon Kesitlerinde Meydana Gelen Hasar Seviyeleri

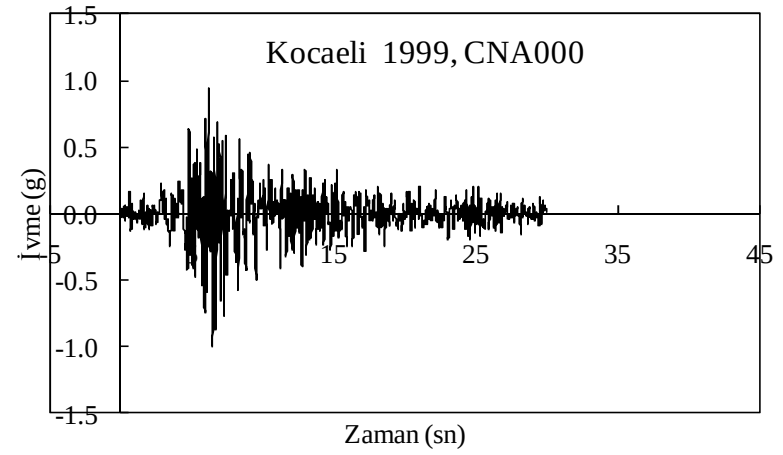
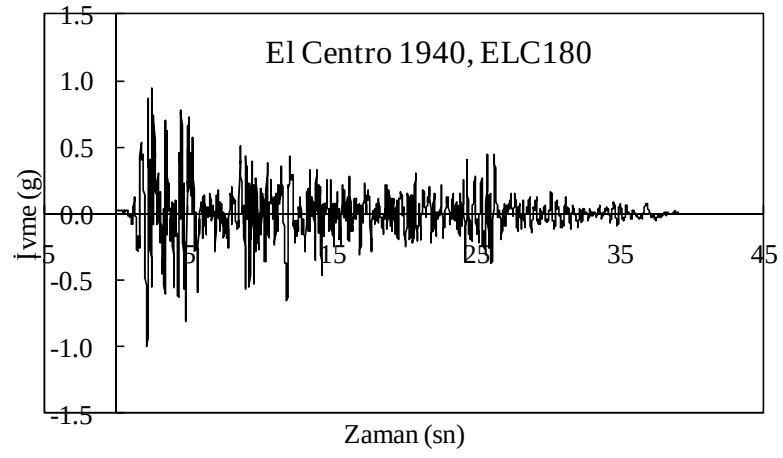
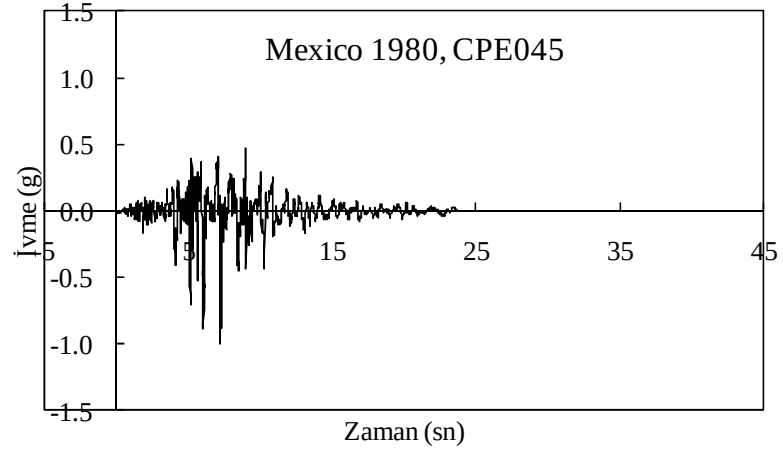
EK A.5 : Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz Sonucu Kolon Kesitlerinde Meydana Gelen Hasar Seviyelerini Planda Gösterimi

EK B.1 : Doğrusal Olmayan Analizde Kullanılan Moment-Eğrilik İlişkisi Kabulleri ve Doğrusal Olmayan Çevrimsel Davranış

EK A.1



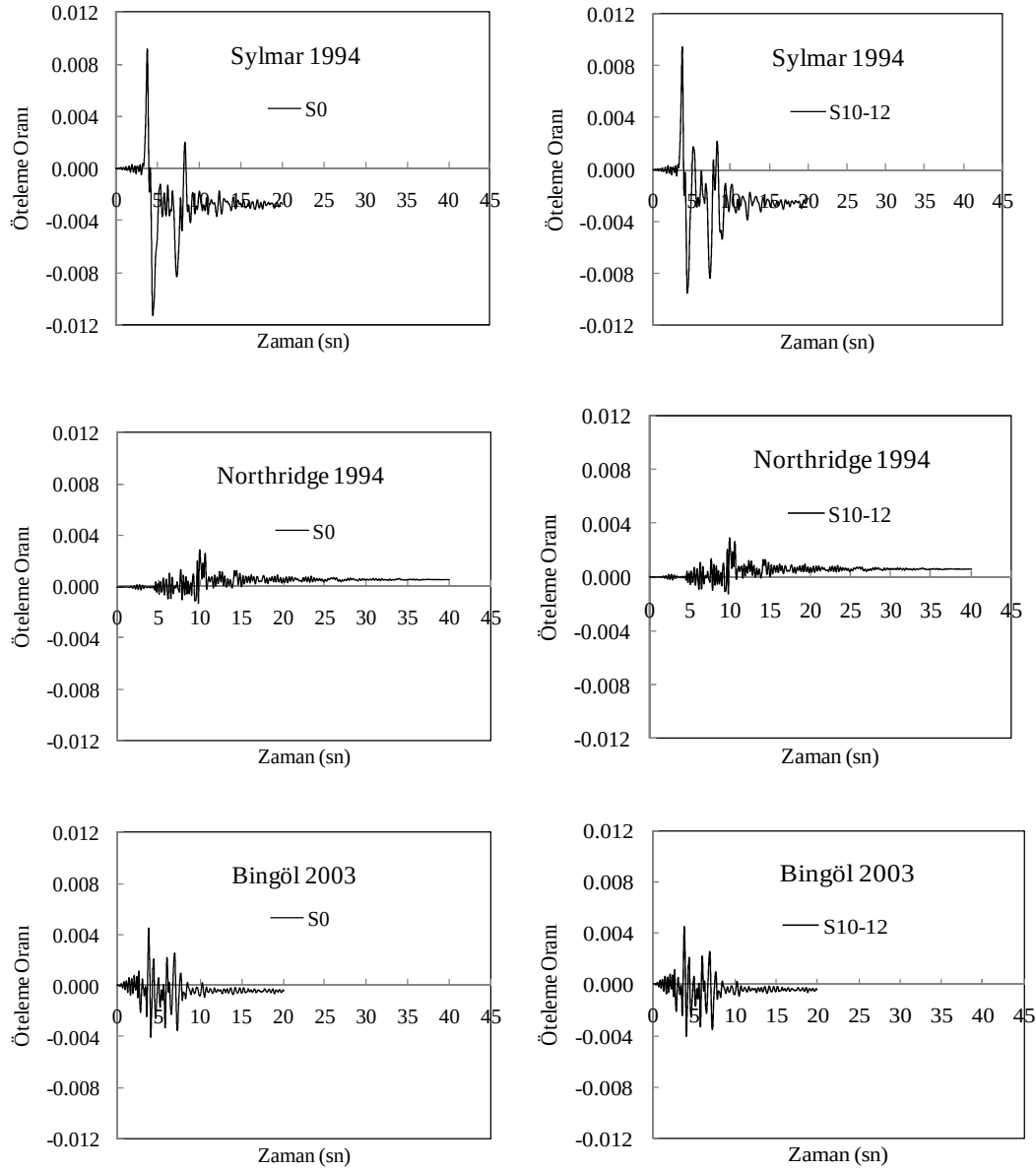
Şekil A.1 : 0.95g'ye göre ölçeklendirilmiş deprem kayıtları



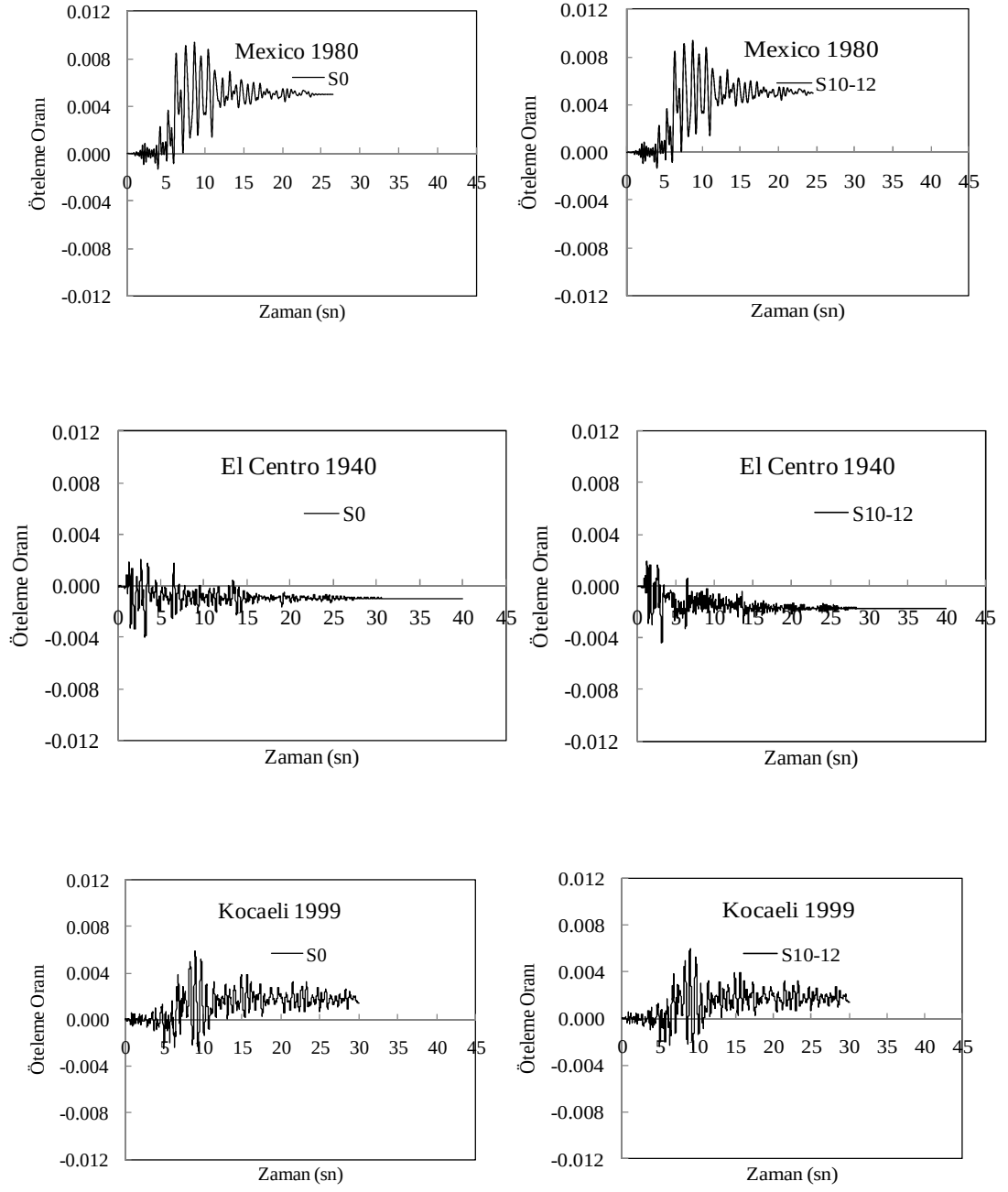
Şekil A.1 : (devam) 0.95g'ye göre ölçeklendirilmiş deprem kayıtları

EK A.2

PERFORM-3D programı kullanılarak yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucunda uygulanan deprem kuvvetinin bir sonucu olarak ilgili modelin zaman-öteleme oranı grafikleri elde edilmiştir.

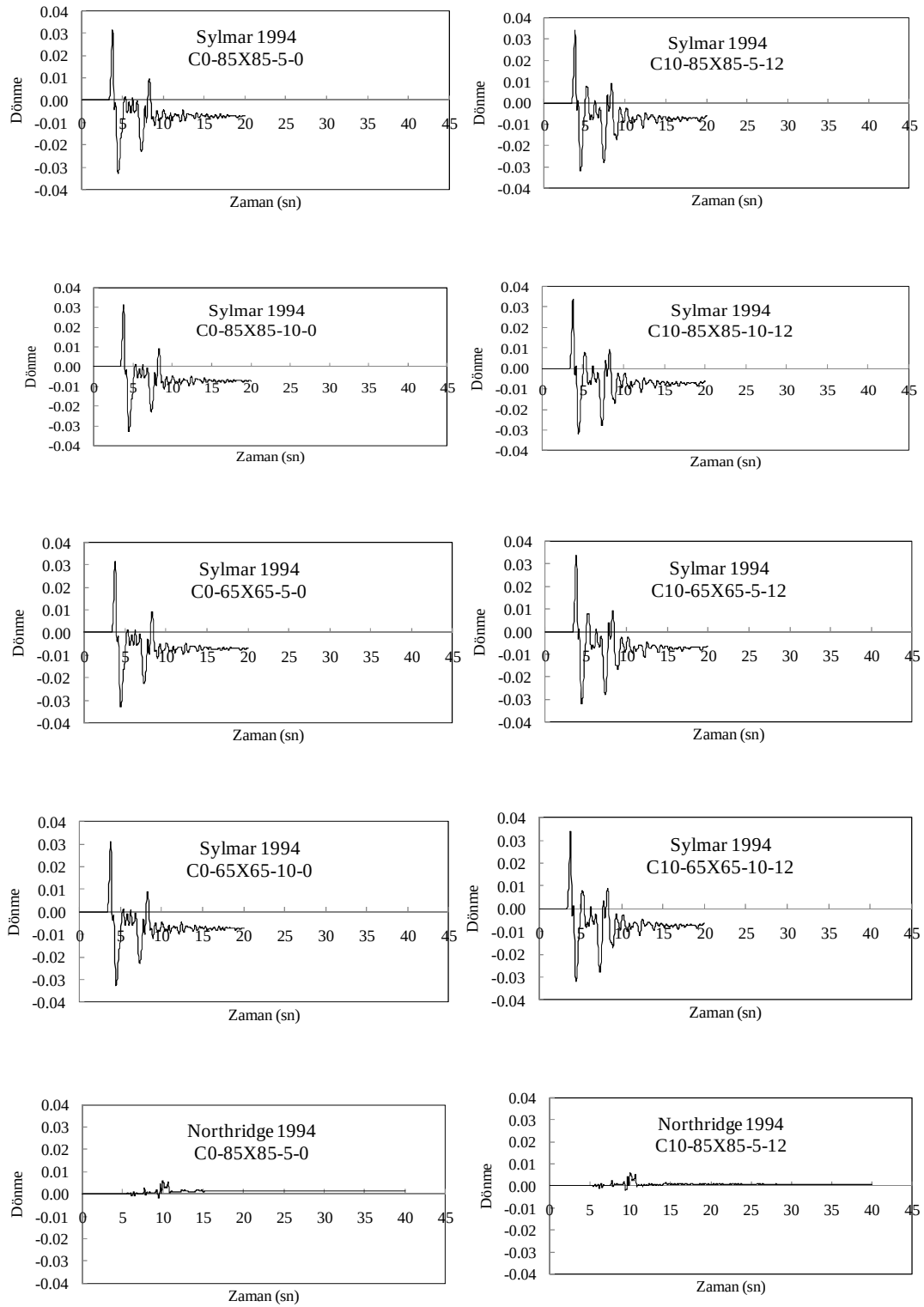


Şekil A.2 : S0 ve S10-12 binalarının 6 deprem kaydı için öteleme oranı-zaman eğrileri

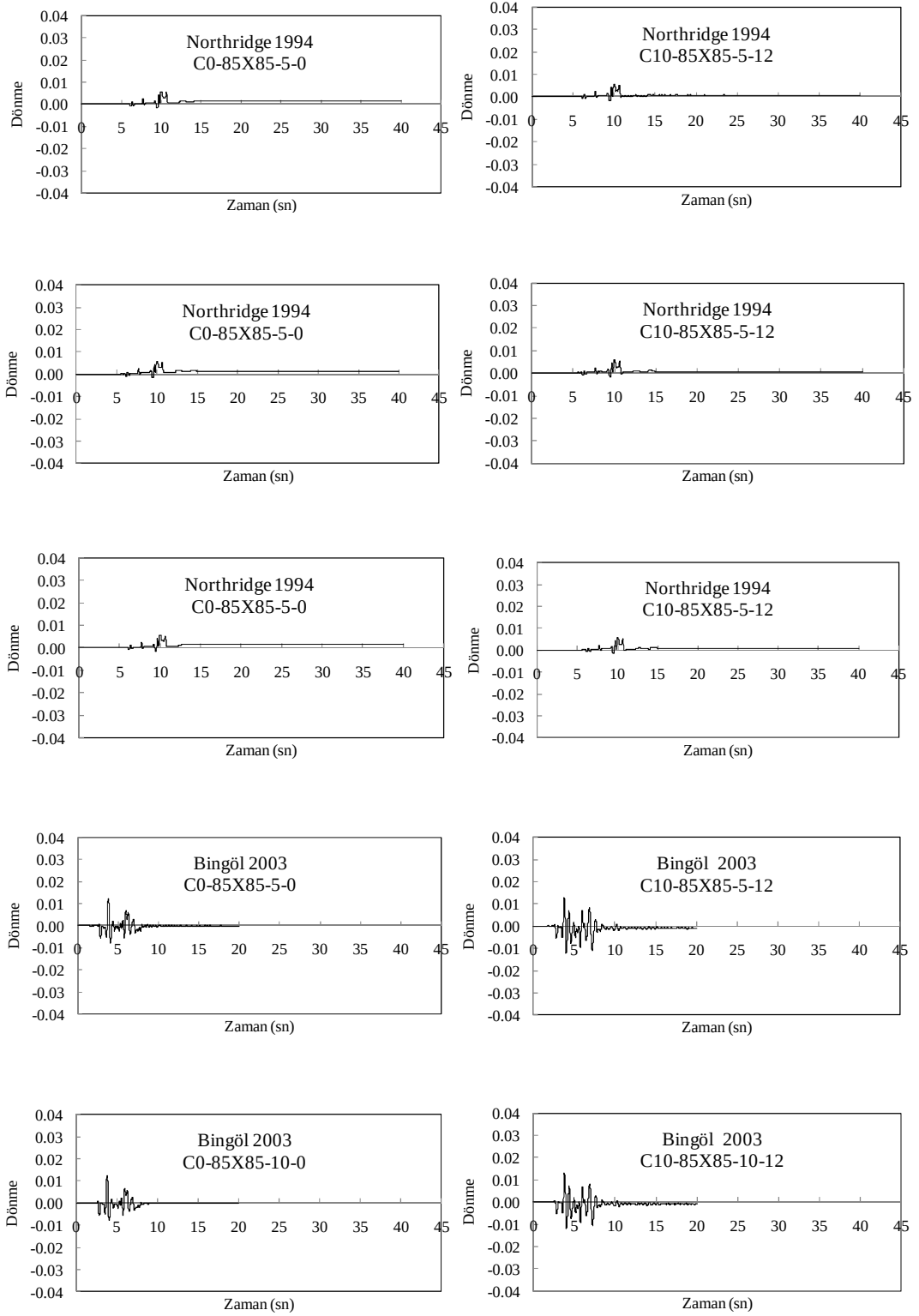


Şekil A.2 : (devam) S0 ve S10-12 binalarının 6 deprem kaydı için öteleme oranı-zaman eğrileri

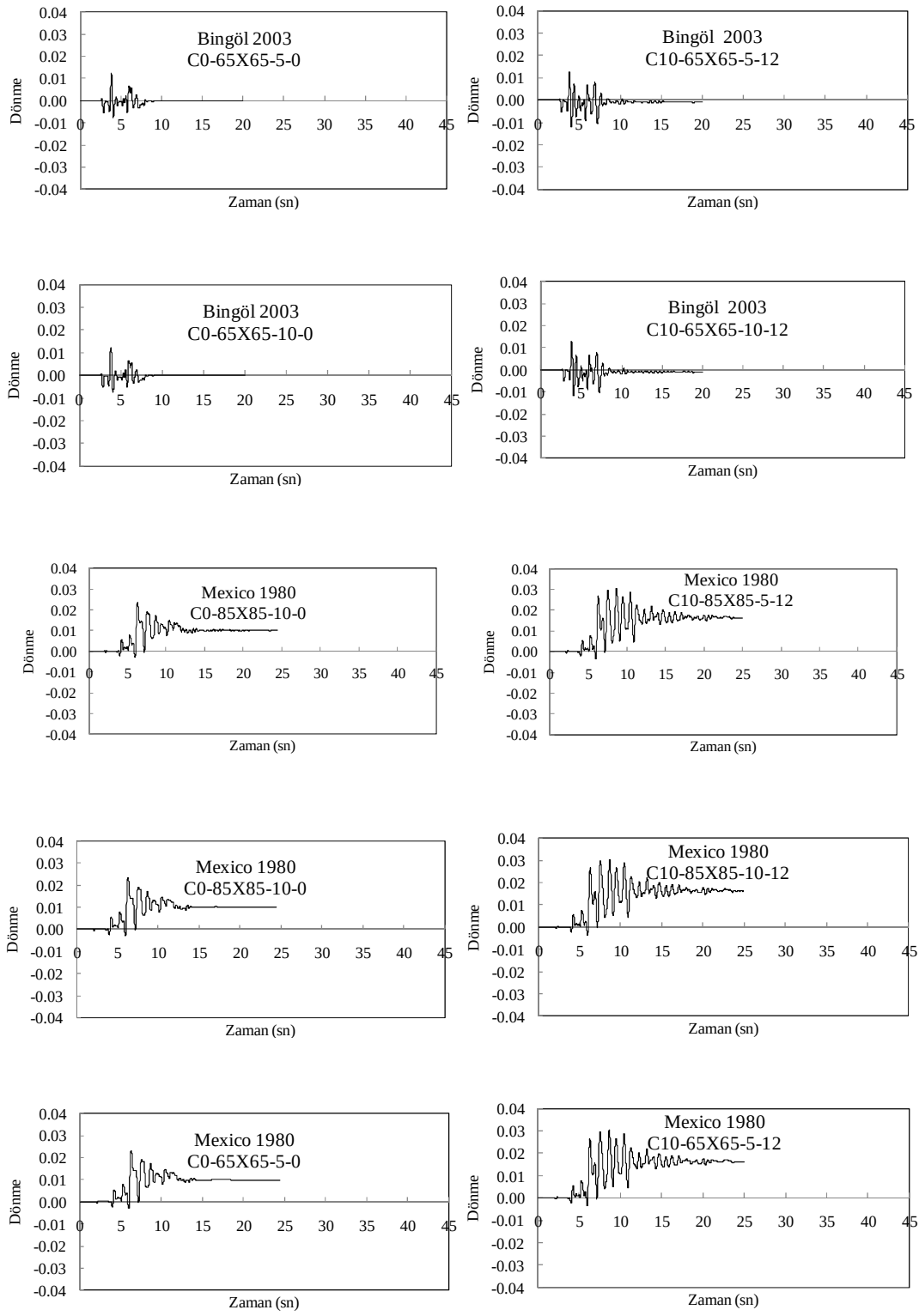
EK A.3



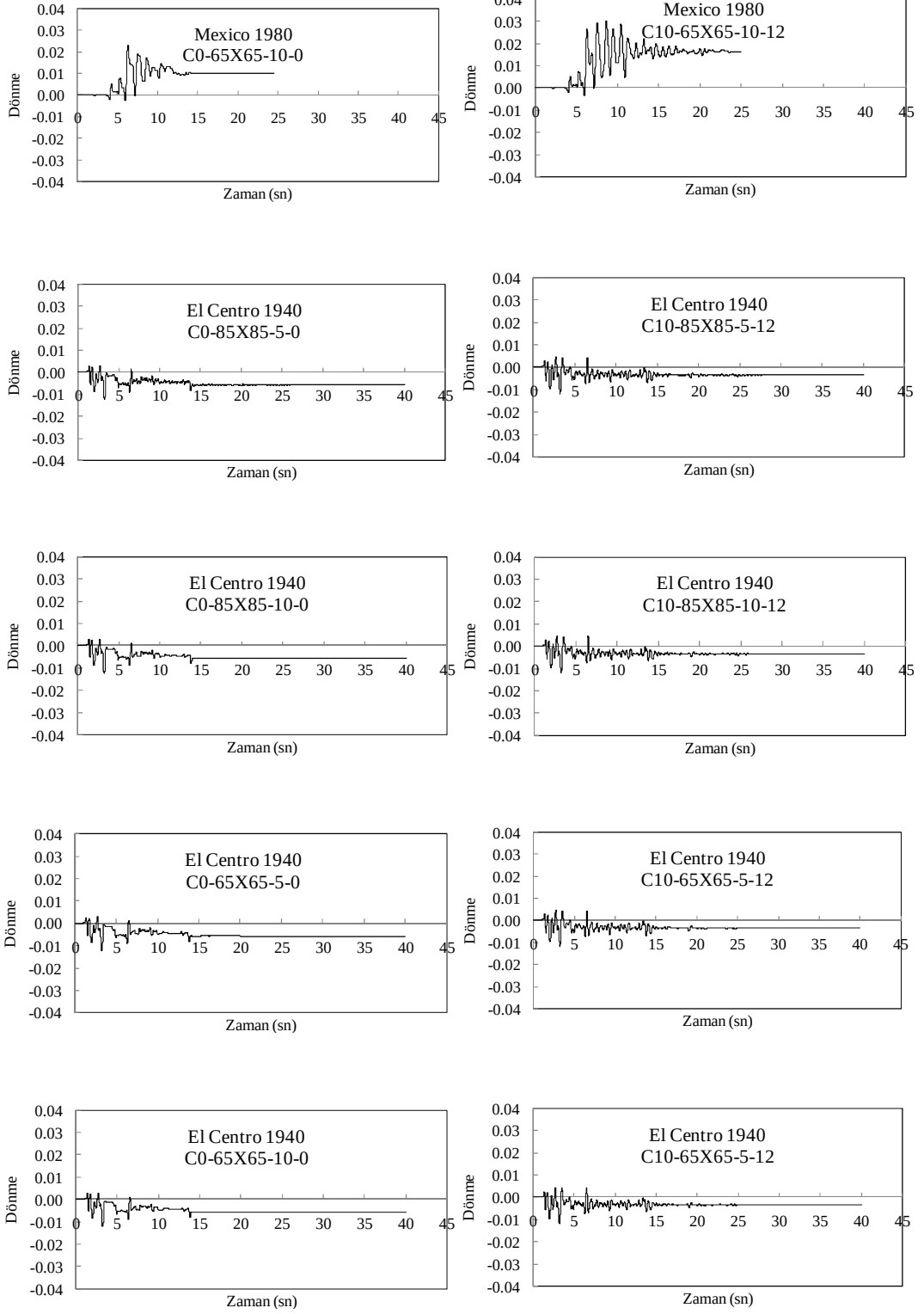
Şekil A.3 : S10-12 VE S0 binalarının alt kat kolonlarının 6 deprem kaydının uygulanmasından elde edilen dönme değerleri



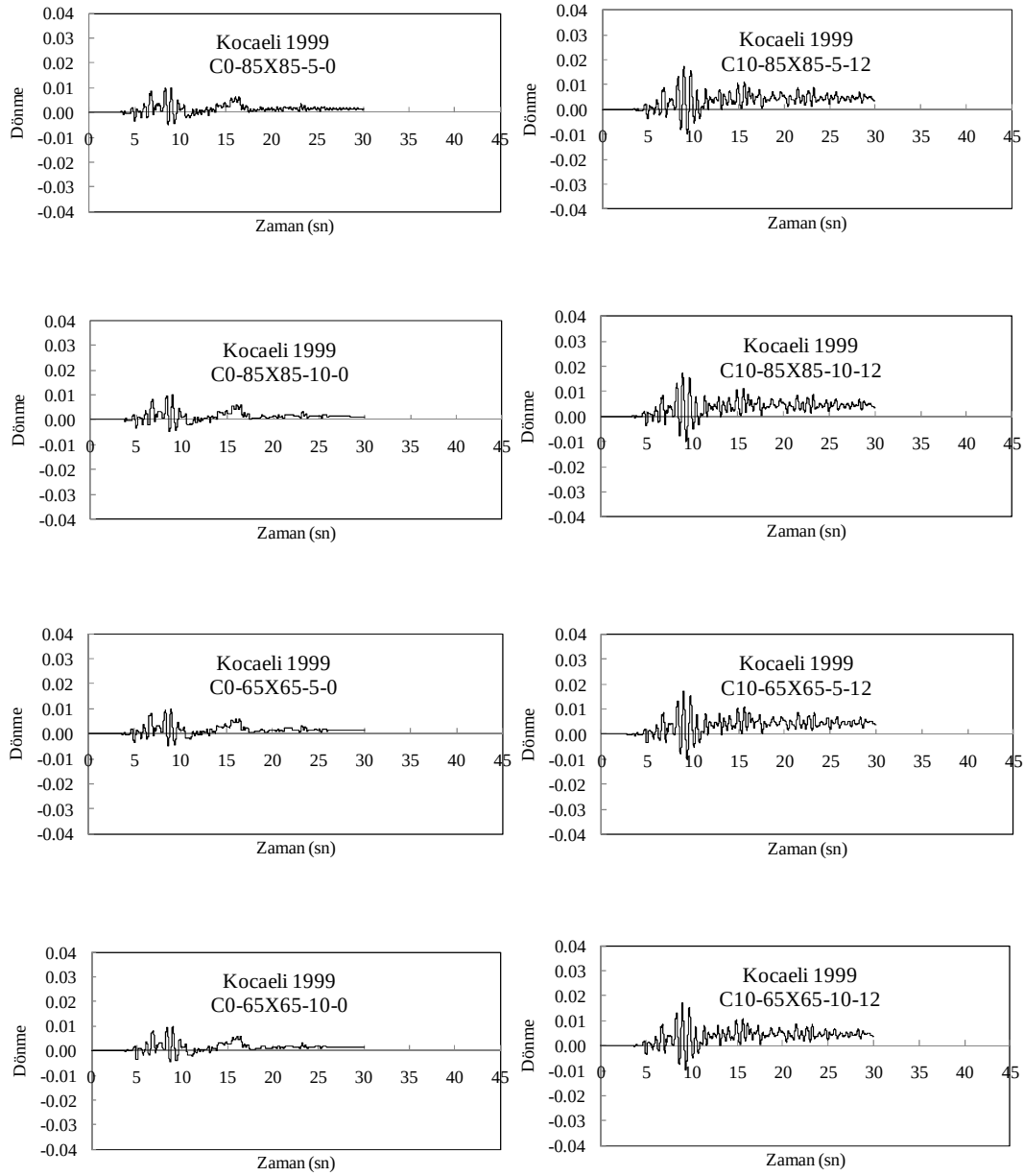
Şekil A.3 : (devam) S10-12 VE S0 binalarının alt kat kolonlarının 6 deprem kaydının uygulanmasından elde edilen dönme değerleri



Şekil A.3 : (devam) S10-12 VE S0 binalarının alt kat kolonlarının 6 deprem kaydının uygulanmasından elde edilen dönme değerleri



Şekil A.3 : (devam) S10-12 VE S0 binalarının alt kat kolonlarının 6 deprem kaydının uygulanmasından elde edilen dönme değerleri



Şekil A.3 : (devam) S10-12 VE S0 binalarının alt kat kolonlarının 6 deprem kaydının uygulanmasından elde edilen dönme değerleri

EK A.4

Northridge, Bingöl, Mexico, El-Centro ve Kocaeli deprem kayıtlarının uygulandığı S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının kesit hasar seviyeleri belirlenmiştir (Şekil A.4).

Çizelge A.4.1 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-NORTHRIDGE, 1994 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boy (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN ε _c ε _{su}	GV ε _{cc} ε _{su}	GÇ ε _{cc} ε _{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0057	0.4	0.0143	0.0013	0.0010	0.0099	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Minimum Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0057	0.4	0.0143	0.0013	0.0010	0.0099	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Minimum Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0055	0.325	0.0169	0.0021	0.0016	0.0130	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0055	0.325	0.0169	0.0021	0.0016	0.0130	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0055	0.325	0.0169	0.0021	0.0016	0.0130	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0054	0.325	0.0166	0.0048	0.0025	0.0091	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0055	0.325	0.0169	0.0021	0.0016	0.0130	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0057	0.4	0.0143	0.0013	0.0010	0.0099	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Minimum Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0056	0.4	0.0140	0.0020	0.0016	0.0108	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0057	0.4	0.0143	0.0013	0.0010	0.0099	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Minimum Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.2 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-NORTHRIDGE, 1994 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ϵ_c	Sargılı Beton ϵ_{cc}	Donatı Çeliği ϵ_{su}	MN ϵ_c ϵ_{su}	GV ϵ_{cc} ϵ_{su}	GÇ ϵ_{cc} ϵ_{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0058	0.192	0.0302	0.0023	0.0014	0.0205	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0058	0.192	0.0302	0.0023	0.0014	0.0205	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0056	0.192	0.0292	0.0026	0.0015	0.0164	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0056	0.192	0.0292	0.0026	0.0015	0.0164	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0056	0.192	0.0292	0.0026	0.0015	0.0164	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0055	0.192	0.0286	0.0029	0.0022	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0056	0.192	0.0292	0.0026	0.0015	0.0164	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0058	0.192	0.0302	0.0023	0.0014	0.0205	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0057	0.192	0.0297	0.0031	0.0024	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0058	0.192	0.0302	0.0023	0.0014	0.0205	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.3 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-BİNGÖL, 2003 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN ε _c ε _{su}	GV ε _{cc} ε _{su}	GÇ ε _{cc} ε _{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0124	0.4	0.0310	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0124	0.4	0.0310	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0122	0.325	0.0375	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0122	0.325	0.0375	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0122	0.325	0.0375	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0121	0.325	0.0372	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0122	0.325	0.0375	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0124	0.4	0.0310	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0123	0.4	0.0308	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0124	0.4	0.0310	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.4 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-BİNGÖL, 2003 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ϵ_c	Sargılı Beton ϵ_{cc}	Donatı Çeliği ϵ_{su}	MN ϵ_c	ϵ_{su}	GV ϵ_{cc}	ϵ_{su}	GÇ ϵ_{cc}	ϵ_{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0129	0.192	0.0672	0.0041	0.0024	0.0475	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0129	0.192	0.0672	0.0041	0.0024	0.0475	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0127	0.192	0.0661	0.0050	0.0031	0.0362	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0127	0.192	0.0661	0.0050	0.0031	0.0362	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0127	0.192	0.0661	0.0050	0.0031	0.0362	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0126	0.192	0.0656	0.0068	0.0051	0.0297	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0127	0.192	0.0661	0.0050	0.0031	0.0362	0.0035	0.01	0.00685	0.04	0.00869	0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0129	0.192	0.0672	0.0041	0.0024	0.0475	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0128	0.192	0.0667	0.0070	0.0054	0.0434	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0129	0.192	0.0672	0.0041	0.0024	0.0475	0.0035	0.01	0.00843	0.04	0.01091	0.06	İleri Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.5 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-MEXICO, 1980 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsalsal Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN ε _c ε _{su}	GV ε _{cc} ε _{su}	GÇ ε _{cc} ε _{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0235	0.4	0.0588	0.0036	0.0022	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0235	0.4	0.0588	0.0036	0.0022	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0233	0.325	0.0717	0.0059	0.0040	0.0386	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0233	0.325	0.0717	0.0059	0.0040	0.0386	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0233	0.325	0.0717	0.0059	0.0040	0.0386	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0232	0.325	0.0714	0.0095	0.0075	0.0375	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0233	0.325	0.0717	0.0059	0.0040	0.0386	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0235	0.4	0.0588	0.0036	0.0022	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0234	0.4	0.0585	0.0058	0.0045	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0235	0.4	0.0588	0.0036	0.0022	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.6 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-MEXICO, 1980 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boy (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc εsu	GV εcc εsu	GÇ εcc εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0305	0.192	0.1589	0.0097	0.0058	0.1100	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0305	0.192	0.1589	0.0097	0.0058	0.1100	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0303	0.192	0.1578	0.0128	0.0087	0.0816	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0303	0.192	0.1578	0.0128	0.0087	0.0816	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0303	0.192	0.1578	0.0128	0.0087	0.0816	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0302	0.192	0.1573	0.0181	0.0142	0.0691	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0303	0.192	0.1578	0.0128	0.0087	0.0816	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0305	0.192	0.1589	0.0097	0.0058	0.1100	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0304	0.192	0.1583	0.0203	0.0165	0.0960	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0305	0.192	0.1589	0.0097	0.0058	0.1100	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Göçme Bölgesi

Çizelge A.4.7 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-EL CENTRO, 1940 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boy (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ε _c	Sargılı Beton ε _{cc}	Donatı Çeliği ε _{su}	MN ε _c ε _{su}	GV ε _{cc} ε _{su}	GÇ ε _{cc} ε _{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0125	0.4	0.0313	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0125	0.4	0.0313	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0123	0.325	0.0378	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0123	0.325	0.0378	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0123	0.325	0.0378	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0122	0.325	0.0375	0.00507	0.0039	0.02144	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0123	0.325	0.0378	0.00332	0.00222	0.02161	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0125	0.4	0.0313	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0124	0.4	0.0310	0.00315	0.00242	0.0191	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0125	0.4	0.0313	0.00233	0.00143	0.02515	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

Çizelge A.4.8 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-EL CENTRO, 1940 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc εsu	GV εcc εsu	GÇ εcc εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0119	0.192	0.0620	0.0035	0.0020	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0119	0.192	0.0620	0.0035	0.0020	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0117	0.192	0.0609	0.0039	0.0024	0.0284	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0117	0.192	0.0609	0.0039	0.0024	0.0284	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0117	0.192	0.0609	0.0039	0.0024	0.0284	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0116	0.192	0.0604	0.0048	0.0036	0.0215	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0117	0.192	0.0609	0.0039	0.0024	0.0284	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0119	0.192	0.0620	0.0035	0.0020	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0118	0.192	0.0615	0.0057	0.0043	0.0353	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0119	0.192	0.0620	0.0035	0.0020	0.0401	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi

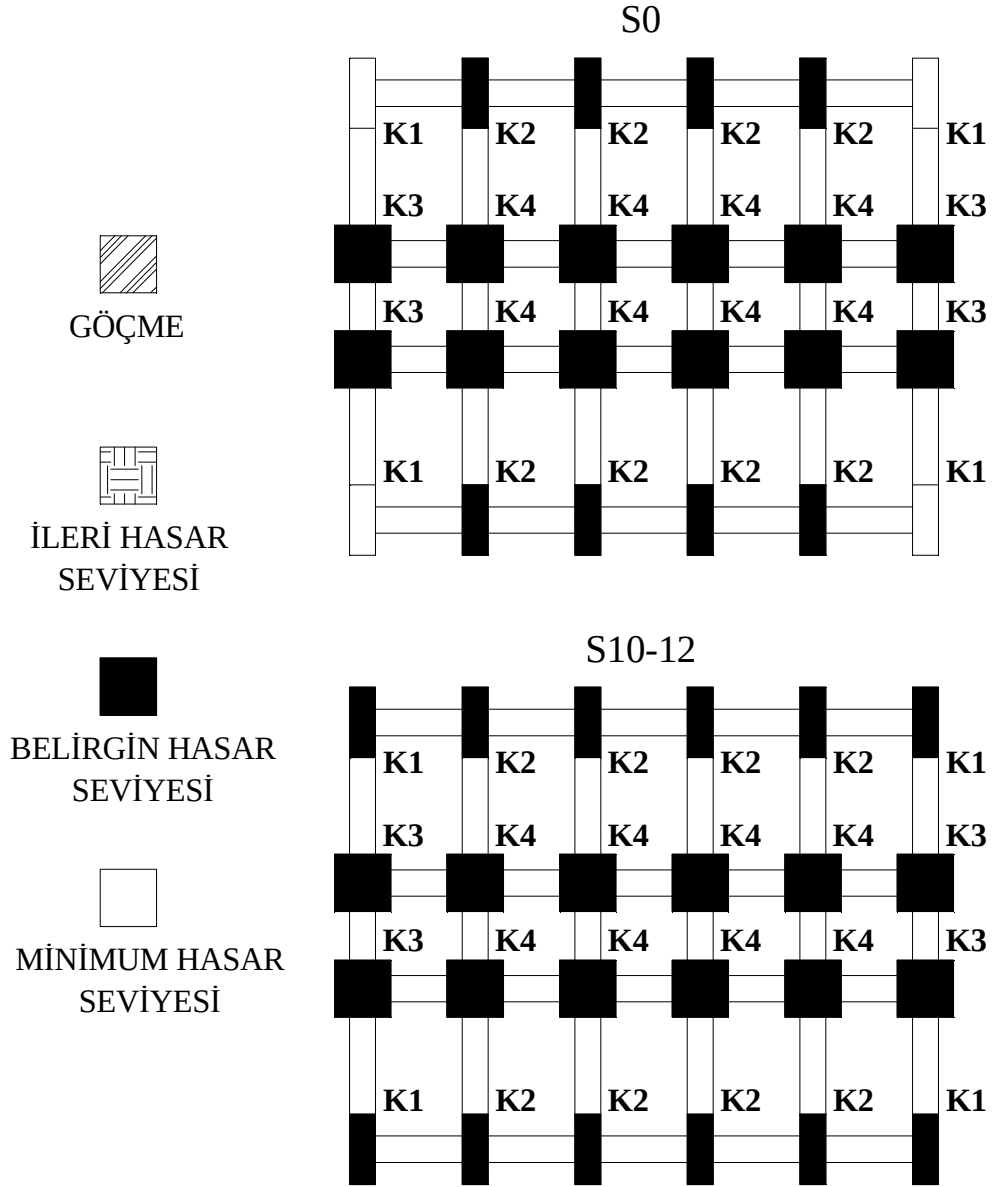
Çizelge A.4.9 : S0 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-KOCAELİ, 1999 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsal Boy (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton ϵ_c	Sargılı Beton ϵ_{cc}	Donatı Çeliği ϵ_{su}	MN ϵ_c ϵ_{su}	GV ϵ_{cc} ϵ_{su}	GÇ ϵ_{cc} ϵ_{su}	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0100	0.4	0.0250	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0100	0.4	0.0250	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0098	0.325	0.0302	0.0028	0.0021	0.0160	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0098	0.325	0.0302	0.0028	0.0021	0.0160	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0098	0.325	0.0302	0.0028	0.0021	0.0160	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C0-65×65-10	0.0097	0.325	0.0298	0.0031	0.0024	0.0132	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C0-65×65-5	0.0098	0.325	0.0302	0.0028	0.0021	0.0160	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0100	0.4	0.0250	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K2	C0-30×80-10	0.0099	0.4	0.0248	0.0026	0.0020	0.0150	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K1	C0-30×80-5	0.0100	0.4	0.0250	0.0018	0.0012	0.0175	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi

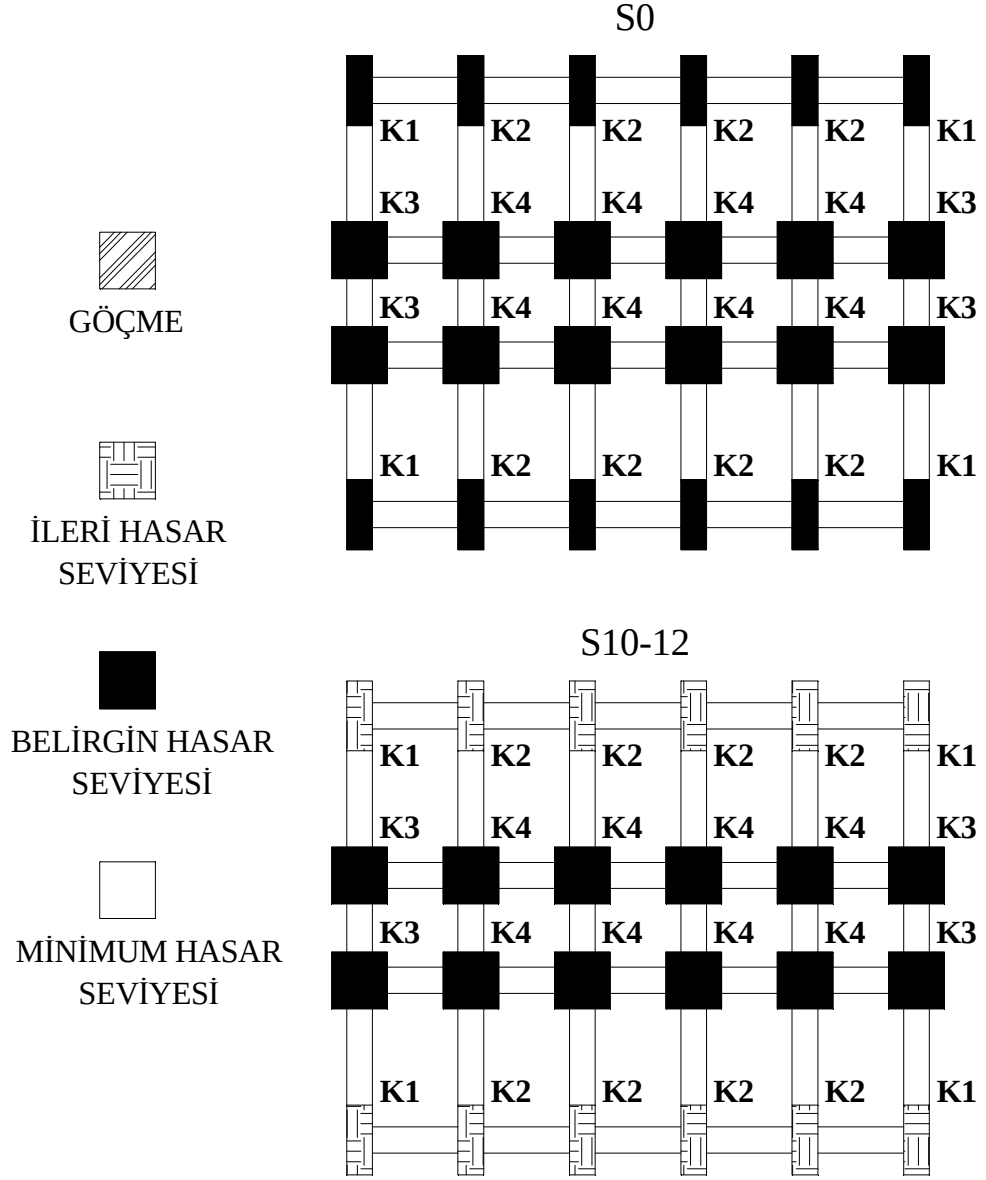
Çizelge A.4.10 : S10-12 binası alt kat kolonları kesit hasar seviyesi-KOCAELİ, 1999 depremi

Kolon Adı	Kolonlar	Dönmeler (rad/m)	Plastik Mafsallık Boyu (Lp) (m)	Eğrilik (Kp) (1/m)	Sargısız Beton εc	Sargılı Beton εcc	Donatı Çeliği εsu	MN εc εsu	GV εcc εsu	GÇ εcc εsu	Kesit Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0172	0.192	0.0896	0.0048	0.0029	0.0549	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0172	0.192	0.0896	0.0048	0.0029	0.0549	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0170	0.192	0.0885	0.0061	0.0028	0.0439	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0170	0.192	0.0885	0.0061	0.0028	0.0439	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0170	0.192	0.0885	0.0061	0.0028	0.0439	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K4	C10-65×65-10-12	0.0169	0.192	0.0880	0.0089	0.0068	0.0377	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	Belirgin Hasar Bölgesi
K3	C10-65×65-5-12	0.0170	0.192	0.0885	0.0061	0.0028	0.0439	0.0035 0.01	0.00685 0.04	0.00869 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0172	0.192	0.0896	0.0048	0.0029	0.0549	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K2	C10-30×80-10-12	0.0171	0.192	0.0891	0.0085	0.0065	0.0514	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi
K1	C10-30×80-5-12	0.0172	0.192	0.0896	0.0048	0.0029	0.0549	0.0035 0.01	0.00843 0.04	0.01091 0.06	İleri Hasar Bölgesi

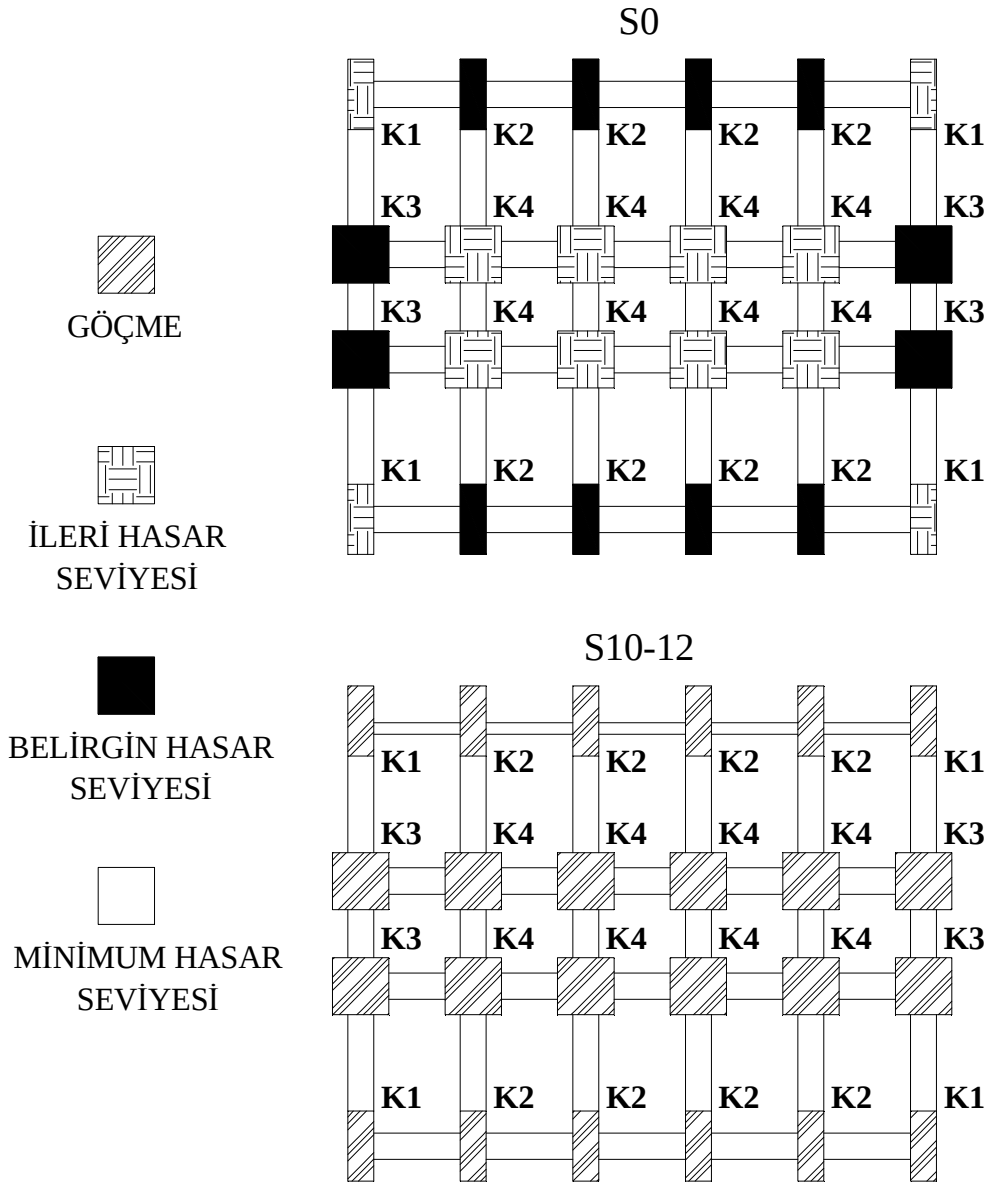
EK A.5



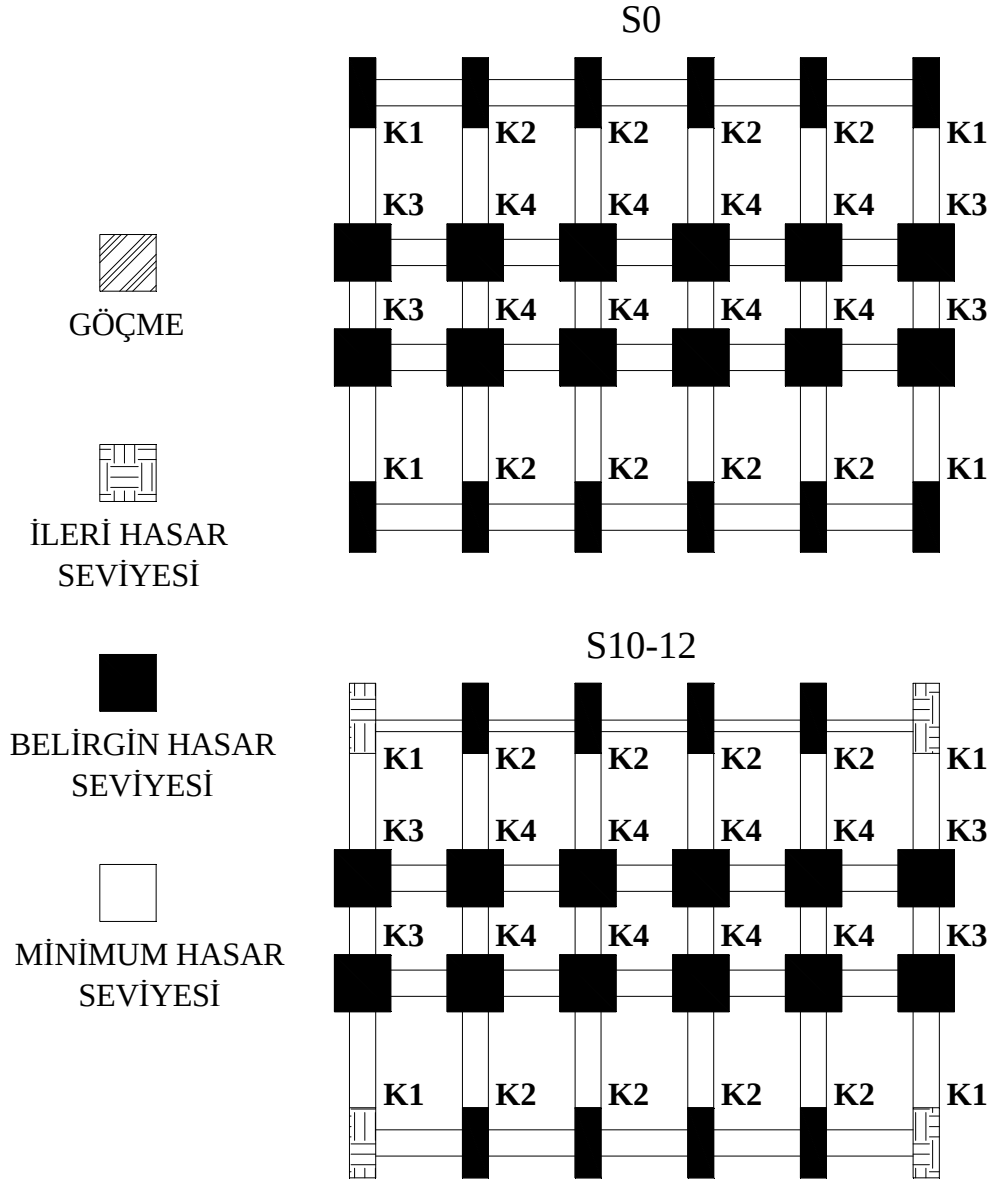
Şekil A.5.1 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, NORTHRIDGE 1994



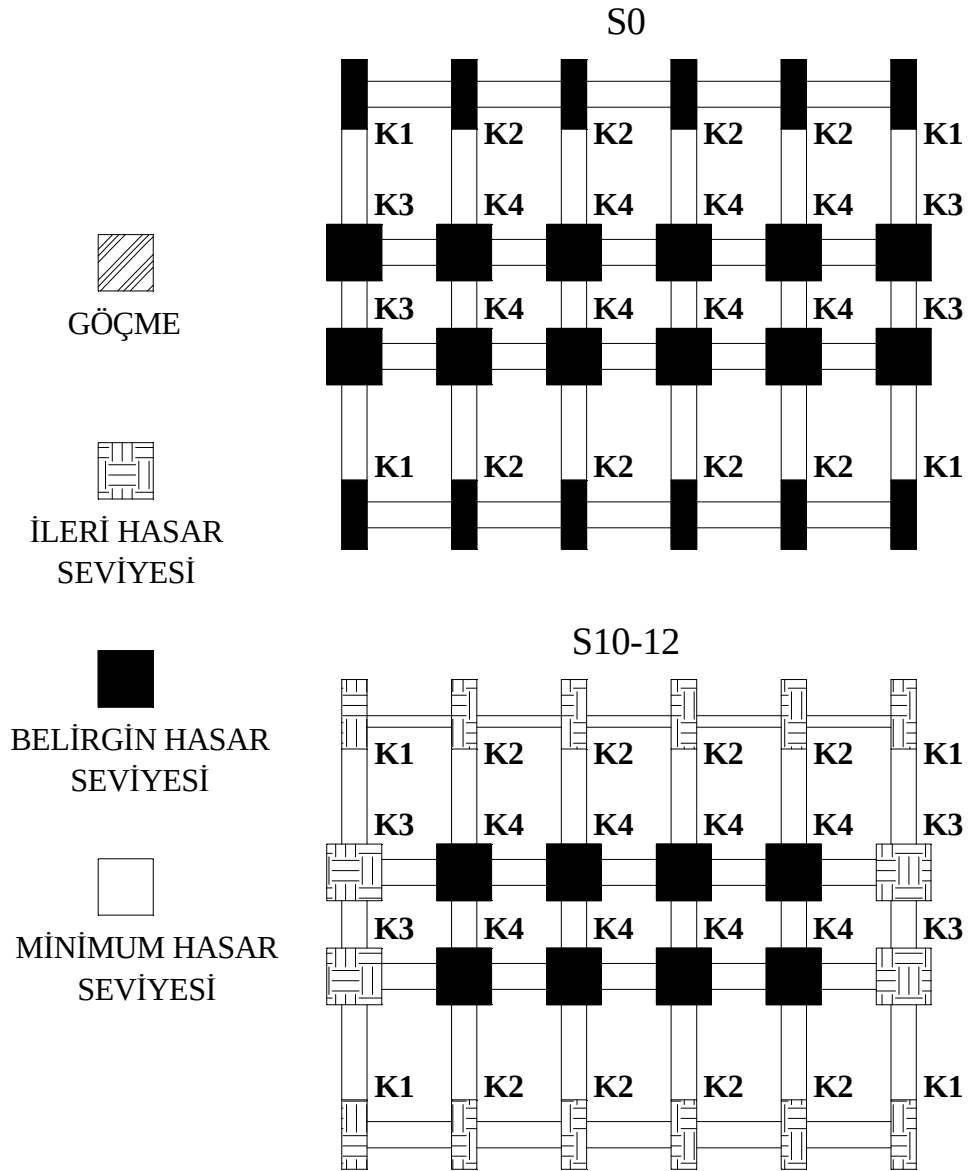
Şekil A.5.2 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, BİNGÖL 2003



Şekil A.5.3 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, MEXICO 1980



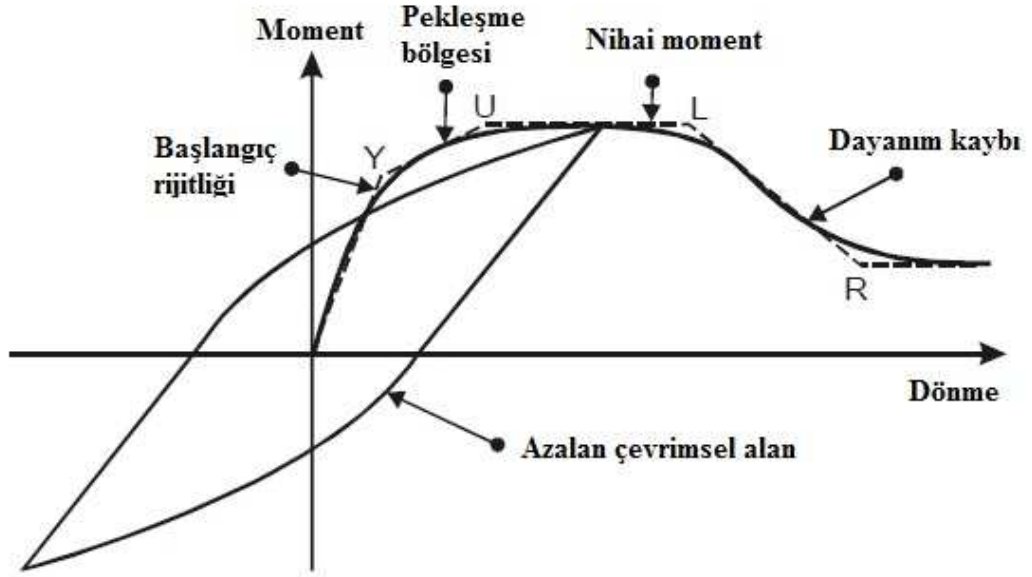
Şekil A.5.4 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, EL CENTRO



Şekil A.5.5 : S0 ve S10-12 binalarının alt kat kolonlarının hasar seviyelerinin planda görünümü, KOCAELİ 1999

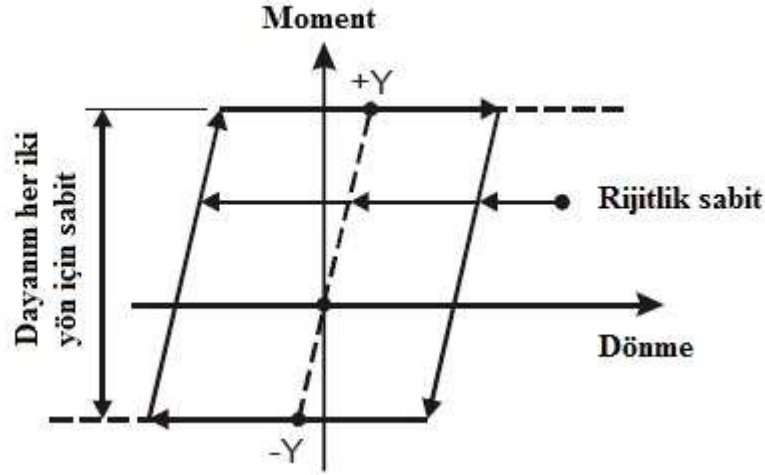
EK B. 1

Analitik çalışmada, elemanların doğrusal olmayan davranışları, elemanlara atanan plastik mafsalların doğrusal olmayan moment-dönme ilişkileri kullanılarak PERFORM-3D programında elde edilmiştir. Kesitlere ait moment-eğrilik ilişkileri ve plastik mafsal boyları için yapılan kabullerden yararlanarak, plastik mafsallara ait moment-dönme ilişkileri, gerçeği olabildiğince doğru yansıtacak şekilde PERFORM-3D programına girilmiştir. Tipik bir betonarme elemanda oluşabilecek plastik mafsala ait, doğrusal olmayan davranış eğrisi Şekil B.1.1’de gösterilmiştir. Şekilde Y noktası kesitte ilk akma değerini, U noktası pekleşme bölgesinin sonunu, L noktası nihai moment değerini ve R noktası ise en büyük dayanım kaybına karşı gelen noktayı göstermektedir.

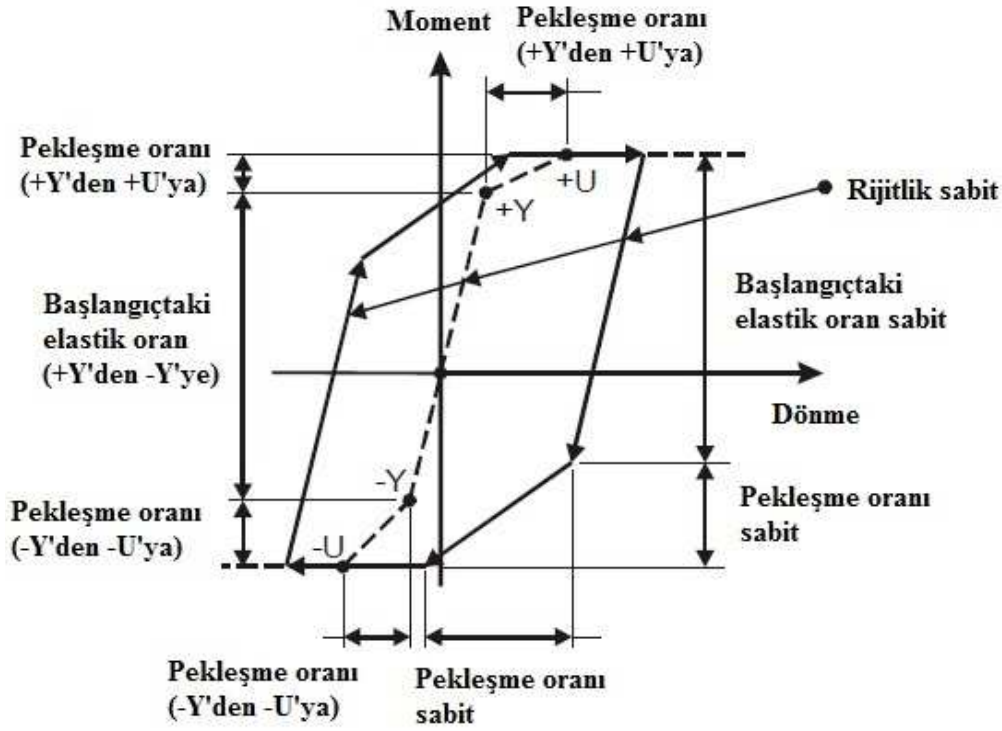


Şekil B.1.1 : Bir plastik mafsala ait temel doğrusal olmayan davranış eğrisi

Şekil B.1.1’de gösterilen, plastik mafsallara ait doğrusal olmayan moment-dönme ilişkisi, PERFORM-3D programında iki şekilde tanımlanabilmektedir. Bunlar 2 eğrili moment-dönme ilişkisi, ve 3 eğrili moment-dönme ilişkisidir (Şekil B.1.2), (Şekil B.1.3).



Şekil B.1.2 : İki eğrili doğrusal olmayan davranış



Şekil B.1.3 : Üç eğrili doğrusal olmayan davranış

Tez kapsamında analiz yapılan binaların kolonlarına ait moment-eğrilik ilişkileri Xtract programından elde edilmiş ve plastik mafsalları boyu ile çarpılarak moment-dönme ilişkileri bulunmuştur (Şekil 5.8), (Şekil 5.10). Elde edilen moment-dönme ilişkileri, PERFORM-3D programına 2 eğrili ya da 3 eğrili doğrusal olmayan davranış kabulü ile girilmiştir. Şekil 5.10'daki eğriler, programa girilecek eğrilere benzetilirken, eğri altında kalan alanların eşit olması kabulü yapılmıştır. Çizelge

B.1’de kolonlar için yapılan 2 eğrili veya 3 eğrili doğrusal olmayan davranış kabulü gösterilmiştir.

Çizelge B.1 : Kolonlara ait doğrusal olmayan davranış modelleri

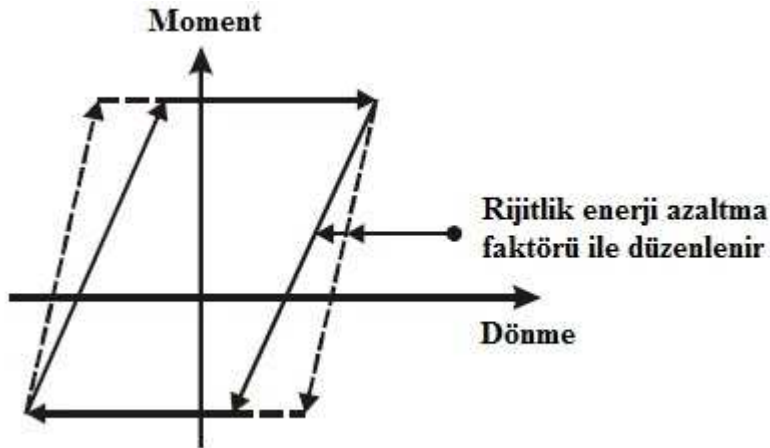
Bina Adı	Kolon Adı	Kolonlar	Doğrusal Olmayan Davranış Kabulü
S0	K1	C0-30×80-5-0	3 eğrili
	K2	C0-30×80-10-0	3 eğrili
	K3	C0-65×65-5-0	3 eğrili
	K4	C0-65×65-5-0	3 eğrili
S10-3	K1	C10-30×80-5-3	3 eğrili
	K2	C10-30×80-10-3	3 eğrili
	K3	C10-65×65-5-3	3 eğrili
	K4	C10-65×65-10-3	3 eğrili
S10-6	K1	C10-30×80-5-6	3 eğrili
	K2	C10-30×80-10-6	3 eğrili
	K3	C10-65×65-5-6	3 eğrili
	K4	C10-65×65-10-6	3 eğrili
S10-12	K1	C10-30×80-5-12	3 eğrili
	K2	C10-30×80-10-12	3 eğrili
	K3	C10-65×65-5-12	3 eğrili
	K4	C10-65×65-10-12	3 eğrili
S20-3	K1	C20-30×80-5-3	3 eğrili
	K2	C20-30×80-10-3	2 eğrili
	K3	C20-65×65-5-3	3 eğrili
	K4	C20-65×65-10-3	3 eğrili
S20-6	K1	C20-30×80-5-6	3 eğrili
	K2	C20-30×80-10-6	2 eğrili
	K3	C20-65×65-5-6	3 eğrili
	K4	C20-65×65-10-6	3 eğrili
S20-12	K1	C20-30×80-5-12	3 eğrili
	K2	C20-30×80-10-12	2 eğrili
	K3	C20-65×65-5-12	3 eğrili
	K4	C20-65×65-10-12	3 eğrili
S30-3	K1	C30-30×80-5-3	2 eğrili
	K2	C30-30×80-10-3	2 eğrili
	K3	C30-65×65-5-3	2 eğrili
	K4	C30-65×65-10-3	2 eğrili
S30-6	K1	C30-30×80-5-6	2 eğrili
	K2	C30-30×80-10-6	2 eğrili
	K3	C30-65×65-5-6	2 eğrili
	K4	C30-65×65-10-6	2 eğrili
S30-12	K1	C30-30×80-5-12	2 eğrili
	K2	C30-30×80-10-12	2 eğrili
	K3	C30-65×65-5-12	2 eğrili
	K4	C30-65×65-10-12	2 eğrili

Doğrusal olmayan itme analizi yapılırken Şekil B.1.2 ve Şekil B.1.3’teki gibi 2 eğrili ve 3 eğrili doğrusal olmayan davranış modelleri, rijitlik ve enerji kaybı olmayan başlangıç döngüsü esas alınarak kullanılmıştır. Ancak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yaparken moment-dönme eğrileri yön değiştiren tekrarlı yükleme neticesinde oluşan davranış değişiklikleri dikkate alınarak tanımlanmıştır.

Doğrusal olmayan çevrimsel davranış için PERFORM-3D, enerji azalması yöntemini kullanır. PERFORM , bu yöntemde, yükleme ve boşaltma rijitliklerini, eğrilerin altında kalan alanı azaltarak düzenler. Bunun içinse programa enerji azaltma faktörü

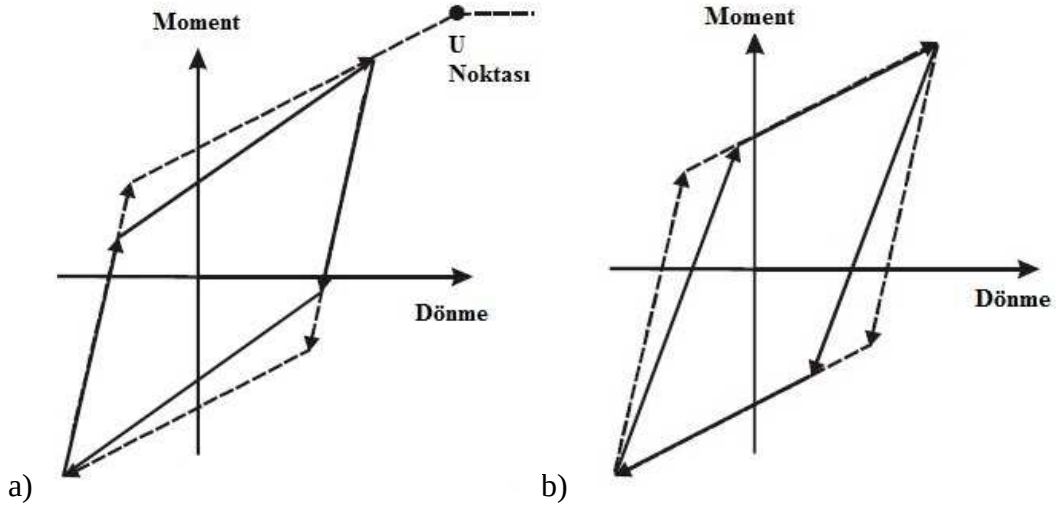
tanımlanır. Bu yöntem 2 eğrili doğrusal olmayan davranış için basit olmakla beraber, 3 eğrili doğrusal olmayan davranış için daha karmaşıktır.

İki eğrili doğrusal olmayan davranışta PERFORM-3D, maksimum dönme ile enerji azaltma faktörü arasında ilişki kurar. Bu ilişki teorik olarak belirlenmiş moment-dönme ilişkilerinden elde edilen sonuçlara dayalı olarak kullanıcı tarafından tanımlanır. Bu çalışmada Xtract programından elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinin kabul edilen plastik mafsallık boyuyla çarpılması sonucu elde edilen moment-dönme ilişkilerindeki dayanım kayıpları dikkate alınarak ilişki kurulmuştur. Bu azaltma faktörünü (e) kullanarak ideal elastoplastik başlangıç döngüsünün altında kalan alanı azaltarak doğrusal olmayan çevrimsel davranışı elde eder (Şekil B.1.4). Bunu yaparken, başlangıç döngüsünün altında kalan alanı e ile çarparak azaltır. Enerji yutma kapasitesindeki azalma, boşaltma ve tekrar yükleme kollarındaki eğimin azaltılması ile temsil edilir.



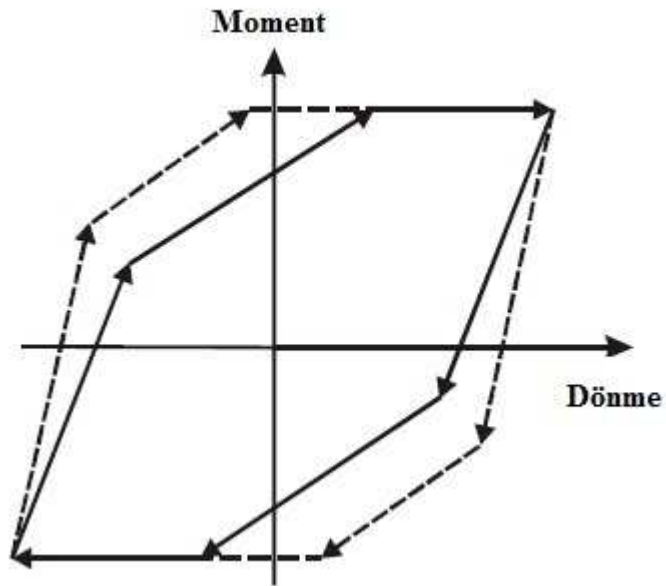
Şekil B.1.4 : 2 eğrili doğrusal olmayan model için çevrimsel davranış

Üç eğrili doğrusal olmayan davranış modelinde nihai momenti temsil eden U noktasına kadar olan çevrimler ve U noktasından sonraki çevrimler farklı yöntemlerle azaltılır. U noktasına kadar, 2 eğrili doğrusal olmayan model için uygulanan çevrimsel davranış gibi düzenleme yapılır (Şekil B.1.5.b). Perform elastik oranı yük boşaltma rijitlik faktörü ile kontrol eder. Bu değer “1” veya “-1” alınabilir. 1 alınırsa, davranış Şekil B.1.5. a’daki gibi maksimum boşaltma rijitliği, “-1” alınırsa Şekil B.5.b’daki gibi minimum boşaltma rijitliği dikkate alınır.



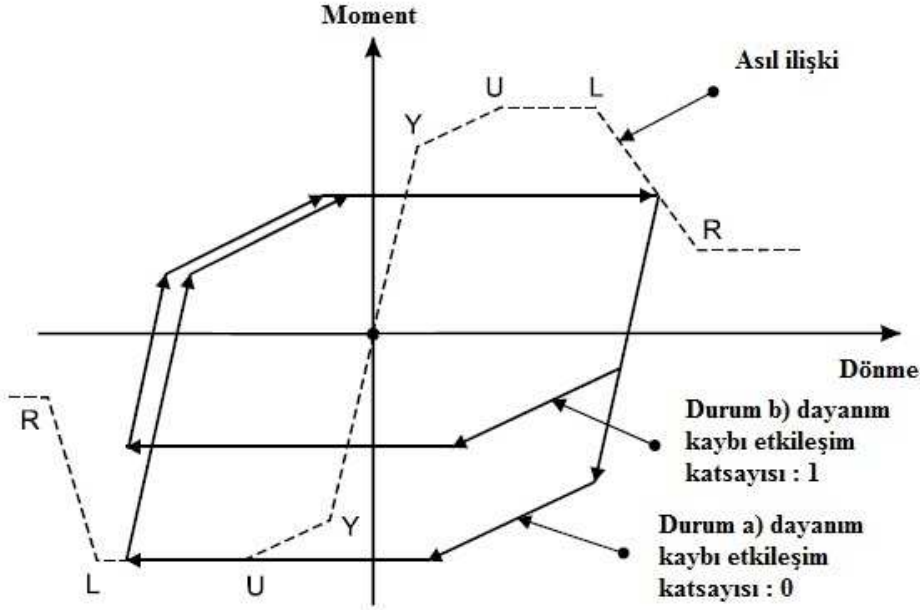
Şekil B.1.5 : 3 eğrili doğrusal olmayan model için çevrimsel davranış, a) Maksimum boşaltma rijitliği, b) minimum boşaltma rijitliği

Ardından, başlangıçtaki elastik ve pekleşen rijitlikler eğrinin altında kalacak alan, başlangıçtaki ideal elastoplastik döngü alanının enerji azaltma faktörü e ile çarpımına eşit olacak şekilde PERFORM-3D tarafından belirlenir. Şekil B.1.6’da U noktasından sonra gelen maksimum negatif ve pozitif döngüler verilmiştir. Üç eğrili doğrusal olmayan model için çevrimsel davranış bu U noktasına kadar olan ve U noktasından sonra gelen bu iki yöntemin kombinasyonudur.



Şekil B.1.6 : U’dan sonra gerçekleşen azaltılmış çevrim

PERFORM, analizde kullanılan 3 eğrili ve 2 eğrili doğrusal olmayan davranış modellerinde görülen dayanım kaybının (R noktası), çevrimsel davranışa etkisi için ayrı bir “dayanım kaybı etkileşim katsayısı” tanımlamıştır. Buna göre katsayı “0” alınırsa, dayanım kaybının çevrimlere etkisi yüklemde ve boşaltmada aynı olmaktadır. Eğer “1” alınırsa dayanım kaybından ötürü yüklemde ve boşaltmada eğrilerin altında kalan alan aynı olmamaktadır (Şekil B.1.7).



Şekil B.1.7 : Dayanım kaybının çevrimlere etkisi

PERFORM-3D’nin çevrimleri tanımlarken kullandığı enerji azaltma faktörü, tez kapsamında yapılan analitik çalışmada %0.5’e kadar olan yerdeğiştirme değeri için 0.8, %0.5’ten %0.8’ e kadar olan yerdeğiştirme değeri için 0.6 ve %0.8’den sonrası için 0.4 alınmıştır. Yük boşaltma rijitlik faktörü ise 1 alınmıştır. Dayanım kaybı etkileşim faktörü sıfır alınarak, dayanım kaybının yüklemde boşaltmada etkisi aynı kabul edilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Pınar İNCİ

Doğum Yeri ve Tarihi: Malatya 23/10/1985

Adres:

Lisans Üniversitesi: Yıldız Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi

- 1) **P. İnci**, C. Goksu, A. Ilki. Donatı Korozyonunun Betonarme Çerçevelerin Deprem Yükleri Altındaki Davranışına Etkisi, 30 Mayıs-3 Haziran, *Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 2011.
- 2) U.Özkan, **P.İnci**. Öngerilmeli Boşluklu Döşeme Sistemlerinde Diyafram Davranışı, Temmuz 211, *Türkiye Prefabrikasyon Birliği, Beton Prefabrikasyon Dergisi*, Ankara, Türkiye.