

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI YAPISAL ÖZELLİKLERE SAHİP
BETONARME YAPILARIN
ÇEŞİTLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİYLE
PERFORMANSA DAYALI ANALİZİ

Mert GENÇ

Şubat, 2007
İZMİR

**FARKLI YAPISAL ÖZELLİKLERE SAHİP
BETONARME YAPILARIN
ÇEŞİTLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİYLE
PERFORMANSA DAYALI ANALİZİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı

Mert GENÇ

Şubat, 2007

iZMiR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MERT GENÇ, tarafından Prof. Dr. MUSTAFA DÜZGÜN yönetiminde hazırlanan 'FARKLI YAPISAL ÖZELLİKLERE SAHİP BETONARME YAPILARIN ÇEŞİTLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİYLE PERFORMANSA DAYALI ANALİZİ' başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Mustafa Düzgün

Yönetici

.....
Prof. Dr. Yıldırım ERTUTAR

Jüri Üyesi

.....
Yrd. Doc. Dr. Bengi ARISOY

Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Sadece tez yazım aşamamda değil, lisans eğitiminden başlayarak özellikle yüksek lisans eğitimim süresince bana mesleki anlamda her konuda güvenerek önemli sorumluluklar veren, lisans bitirme projemde de olduğu gibi, severek çalıştığım tezimin konusunun belirlenmesinde ve kurgusunun oluşturulmasında yönlendirici desteğini esirgemeyen danışman hocam, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Mustafa Düzgün' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni lisans eğitimimden itibaren “mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesi” konusuna yönlendiren, bu ve danıştığım her konuda bilgi birikimini büyük bir sabırla benimle paylaşan Araş.Gör. İnş. Yük. Müh. Özgür Bozdağ' ın mesleki eğitimimde çok önemli bir yeri vardır. Kendisine teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca birçok makalenin temininde yardımcı olan ve sürekli desteğini gördüğüm Araş.Gör. İnş. Yük. Müh. Mutlu Seçer' e tüm samimiyetimle teşekkür ederim. Ayrıca Dr. Armağan Korkmaz' a da yönlendirici tavsiyeleri için teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi alışverişinde bulunduğum, arkadaşlığıyla bana destek veren İnş.Müh. Kemal Burak Gürol'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca gösterdikleri fedakarlık ve sevgi için, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme minnettarlığım sonsuzdur.

Mert GENÇ

FARKLI YAPISAL ÖZELLİKLERE SAHİP BETONARME YAPILARIN ÇEŞİTLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİYLE PERFORMANSA DAYALI ANALİZİ

ÖZ

Tez çalışmasında, depremin yapı elemanlarında meydana getireceği etkileri ve bunun sonucunda belirlenecek yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları incelemek üzere, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere, toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina, ilk ikisi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' te (DBYBHY-2006) yer alan doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve deprem mühendisliği literatüründe yer alan, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir.

Seçilen dört adet betonarme yapı, yüksek süneklik koşullarını sağlayacak şekilde TS-500 ve DBYBHY-2006'da ilgili bölümlerde verilen tasarım kuralları çerçevesinde boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan bu binalar tasarımda ön görülen değerlere uygun olarak mevcut en kesit boyutu, beton cinsi, donatı çap ve sayısı dikkate alınarak, doğrusal elastik değerlendirme yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve deprem mühendisliği literatüründeki doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılarak çözümlenmiştir. Bir sonraki adımda, doğrusal olmayan statik itme analizlerinden elde edilen yapı kapasite eğrilerini esas alan Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle belirlenen performans noktası için, her iki yöntemle bulunan yatay yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, giriş plastik dönmesi, kolon-perde plastik dönmesi ve plastik kesit dağılımları cinsinden deprem talepleri birbiriyle karşılaştırılmış ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında, bu deprem taleplerini esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleriyle, doğrusal elastik değerlendirme yönteminde eleman etki/kapasite oranlarını esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleri kıyaslanmıştır.

Planda simetrik dört ve sekiz katlı yapıların betonarme eleman kesitlerinin hasar düzeylerinin belirlenmesi aşamasında, DBYBHY-2006' da donatı ve betondaki birim şekil değiştirme taleplerini (istemlerini) esas alan kesit hasarı belirleme yaklaşımıyla, FEMA-356'da yer alan, kesit plastik dönme taleplerini esas alan yaklaşım birbiriyle karşılaştırılmıştır. Tüm kesitler için elde edilen beton ve donatı birim şekil değiştirme istemleriyle, o kesit için doğrusal olmayan artımsal itme analizlerinden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme istemleri karşılaştırılarak, kesit hasarını, hangi tip betonarme taşıyıcı elemanda hangi betonarme malzeme bileşenin belirlediği saptanmıştır.

Çalışmada enine kesme donatısının kesiti sargılama etkisinin, kesit ve daha sonra yapı genelinde performans seviyesini belirleyiciliği araştırılmıştır. Buradan hareketle DBYBHY-2006' ya göre yapılan kesit hasarı belirleme çalışmasında, yapıya ait tüm elemanlarda elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinde, sargısız ve sargılı beton modelleri kullanılarak elde edilen toplam plastik birim şekil değiştirme istemleri , DBYBHY-2006' da verilen ilgili sınır birim şekil değiştirme değerleriyle karşılaştırılarak kesit hasar düzeyi belirlenmiştir. FEMA 356' ya göre yapılan değerlendirmedeyse, doğrusal olmayan analizlerden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme talepleri, FEMA 356'da sargısız ve sargılı kesitler için tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak, kesit hasar düzeyleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Doğrusal elastik hesap yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, yer değiştirme katsayıları, kesit hasarı, performans seviyesi, burulma düzensizliği, sargılama etkisi.

**PERFORMANCE BASED ANALYSIS OF
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
DIFFERENT PROPERTIES BY VARIOUS SOLUTION METHODS**

ABSTRACT

The aim of this study is, investigate the earthquake demands in members and variation in overall structural performance level, there are four reinforced concrete structures are analysed with three different earthquake demand estimation methods; linear elastic evaluation method, nonlinear incremental equivalent seismic load method and nonlinear static modal pushover analysis which first two of them are implemented into the Turkish Earthquake Code- Specification for Buildings to be built in Earthquake Areas–2006. Two of the four and eight storey structures have same plan area and symmetry. Another pair of structures also have same plan area but have a torsional irregularity according to Specification for Buildings to be built in Earthquake Areas–2006.

Example four reinforced concrete buildings are proportioned and detailed according to requirements given in Specification for Buildings to be built in Earthquake Areas–2006. In the earthquake assesment analysis, these existing cross section dimensions, concrete quality, reinforcement bar size and numbers are used. Structures are analysed with nonlinear incremental equivalent seismic load and nonlinear static modal pushover analysis to compare earthquake demands, like top story lateral displacements, inter story drifts, beam and coloumn plastic rotations and plastic member distribution and hinge mechanism along structures. In nonlinear methods structural performans levels are determined by these earthquake demands for the performance point obtained by Displacement Coefficient Method. Structural performance levels again determined by linear elastic evaluation method which based on the member demand-to-capacity ratios and these structural performances determined for the earthquake intensity which have the probability of exceedance within a period of 50 years is %10, are compared.

In the member performance decision, Specification for Buildings to be built in Earthquake Areas – 2006 member damage estimation method based on earthquake concrete or reinforcement strain demand and FEMA 356 member damage estimation method based on earthquake plastic hinge demand are compared also. In section analysis, the correlation between member strain demand and plastic hinge rotation demand taken as a output data from the nonlinear static pushover analysis, is investigated to determine the which reinforced concrete member component damage leads the member damage.

In this thesis study, the confinement effect on member damage level is also investigated. For this purpose, when performing the method describe in Specification for Buildings to be built in Earthquake Areas–2006, confined and unconfined concrete model was used while obtaining the section moment-curvature relationship. Similarly, while performing FEMA 356 member damage estimation method, plastic hinge demands compared with numerical acceptance criteria for performance levels. The results are presented by graphics and tables in the concerning chapters.

Keywords: Linear elastic evaluation method, nonlinear incremental equivalent seismic load method, nonlinear static modal pushover analysis, displacement coefficient method, member damage, performance level, torsional irregularity, confinement effect

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Literatürde Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar	4
BÖLÜM İKİ - YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE PERFORMANSA BAĞLI DEĞERLENDİRME KAVRAMI	13
2.1 Yapılar İçin Deprem Etki Seviyeleri	14
2.2 Yapısal Elemanlar İçin Hedeflenen Deprem Performans Seviyeleri1	16
2.2.1 FEMA-356’da Yapısal Elemanlar İçin Hedeflenen Deprem Performans Seviyeleri	16
2.2.2 DBYBHY-2006’ da Yapısal Elemanlar İçin Tanımlanan Deprem Hasar Bölgeleri.....	18
2.2.2.1 Kesit Hasar Sınırları.....	19
2.2.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri	19

2.3 Yapı Performans Seviyeleri	20
2.3.1 FEMA 356' da Yapı Performans Seviyeleri	20
2.3.2 DBYBHY-2006' da Yapı Performans Seviyeleri	23

BÖLÜM ÜÇ - DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPI PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ.....26

3.1 Deprem Etkisi Altında Yapı Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi.....	28
3.1.1 Deprem Taleplerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	29
3.1.1.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	29
3.1.1.1.1 Yapıların Deprem Taleplerinin Belirlenmesinde Eşdeğer Deprem Yüğüne Kullanımına Getirilen Ek Kurallar	31
3.1.1.2 Mod Birleştirme Yöntemi	32
3.1.1.2.1Yapıların Deprem Taleplerinin Bulunmasında Mod Birleştirme Yönteminin Kullanımına Getirilen Ek Kurallar.....	34
3.1.2 Yapının Kapasite Analizi	34
3.1.2.1 Kiriş Moment Kapasitelerinin Hesaplanması.....	34
3.1.2.2 Kolon Eksenel Yükleri Ve Kolon Moment Kapasitelerinin Hesaplanması	34
3.1.2.3 Düğüm Noktalarındaki KKO Değerlerinin Hesaplanması.....	36
3.1.2.4 Kiriş Uç Momentlerinin Düzeltmesi Ve Kolon Kapasitelerinin Yenilenmesi.....	37
3.1.2.5 Akması Olası Eleman Uçlarının Belirlenmesi	37
3.1.2.6 Etki/kapasite Oranlarının Hesabı Ve Akma Dağılımının Belirlenmesi	38
3.1.2.7 Eleman göçme tipinin belirlenmesi.....	38

3.1.3 Kesit Hasarı ve Yapı Performansının Belirlenmesi	38
3.1.3.1 Yapı Elemanlarının Kırılma Türleri.....	38
3.2 Deprem Etkisi Altında Yapı Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi.....	38
3.2.1 Yapı Elemanlarının Dış Yükler Altındaki Doğrusal Olmayan Davranışı.....	43
3.2.1.1 Betonarme Yapı Elemanlarının Doğrusal Olmayan Davranışının Modellenmesinde Temel Kavramlar	46
3.2.1.1.1 Temel Varsayımlar	46
3.2.1.1.2 Betonarme Kesitlerde Akma Koşulları.....	48
3.2.1.1.3 Bileşik Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kesitler	49
3.2.1.1.4 Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik Bağıntısı	50
3.2.1.2 Plastik Mafsal Hipotezi	55
3.2.1.3 Plastik Mafsal Türleri.....	57
3.2.1.3.1 M3 Plastik Mafsalı	58
3.2.1.3.2 PMM Plastik Mafsalı.....	58
3.2.1.3.3 P Plastik Mafsalı.....	58
3.2.1.3.4 V Plastik Mafsalı.....	59
3.2.1.3.5 T Plastik Mafsalı	59
3.2.2 Yapılarda Deprem Taleplerinin Hesaplanmasında Kullanılan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri	59
3.2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	63
3.2.2.2 Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	67

3.2.3 Yapı Performans Noktasının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemleri ...	72
3.2.3.1 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi	72
3.2.4 Deprem Talep Büyüklükleri Cinsinden Performans Seviyelerine Ait Sınır Değerler	77
3.2.4.1 Plastik Kesit Dönmesi Sınır Değerleri	78
3.2.4.2 Beton ve Donatı Birim Şekil Değiştirme Sınır Değerleri	80
3.2.4.3 Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerleri.....	82
BÖLÜM DÖRT - ÖRNEK UYGULAMALAR	83
4.1 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların (BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8) Yapısal Özellikleri	84
4.1.1 BY1-4 Binası Kalıp Planı	85
4.1.2 BY1-8 Binası Kalıp Planı	86
4.1.3 BY2-4 Binası Kalıp Planı.....	87
4.1.4 BY2-8 Binası Kalıp Planı.....	88
4.1.5 Seçilen Örnek Binaların Boyutlandırılmasına Esas Değerler	91
4.1.6 Seçilen Yapılara Ait Serbest Titreşim Periyotları ve Modal Bilgiler	92
4.1.7 Seçilen Yapıların Betonarme Kiriş, Kolon ve Perde Elemanlarına Ait Donatı Alanları.....	94
4.2 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Performans Tayini Amacıyla Yapılan Deprem Hesabı Ve Matematik Modeline Ait Genel İlkeler.....	103
4.3 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Deprem Hesabı Sonuçları.....	105
4.3.1 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemi Sonuçları.....	106

4.3.1.1 BY1-4 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları.....	107
4.3.1.2 BY1-8 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları	112
4.3.1.3 BY2-4 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları	117
4.3.1.4 BY2-8 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları	122
4.3.2 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi Sonuçları	131
4.3.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Elde Edilen Yapı Kapasite (İtme) Eğrileri	131
4.3.2.1.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite (İtme) Eğrileri	132
4.3.2.1.2 BY1-8 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite (İtme) Eğrileri	133
4.3.2.1.3 BY2-4 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite (İtme) Eğrileri	135
4.3.2.1.4 BY2-8 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite (İtme) Eğrileri	136
4.3.2.2 Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Elde Edilen Yapı Kapasite (İtme) Eğrileri.....	138
4.3.2.2.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite (İtme) Eğrileri	138

4.3.2.2.2	BY1-8 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri	139
4.3.2.2.3	BY2-4 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri	141
4.3.2.2.4	BY2-8 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri	142
4.3.2.3	Örnek Olarak Seçilen Yapıların Deplasman Katsayıları Yöntemiyle Performans Noktasının Belirlenmesi	144
4.3.2.4	Örnek Olarak Seçilen Yapıların Performans Noktalarına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.....	146
4.3.2.4.1	BY1-4 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.....	147
4.3.2.4.2	BY1-8 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.....	153
4.3.2.4.3	BY2-4 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.....	159
4.3.2.4.4	BY2-8 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.....	170

4.4 Seçilen Örnek Binaların Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi....	183
4.4.1 Seçilen Örnek Binaların Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	184
4.4.1.1 BY1-4 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	184
4.4.1.2 BY1-8 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	186
4.4.1.3 BY2-4 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	187
4.4.1.4 BY2-8 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	187
4.4.2 Seçilen Örnek Binaların Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	188
4.4.2.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	189
4.4.2.2 BY1-8 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	191
4.4.2.3 BY2-4 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	192
4.4.2.4 BY2-8 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	193
4.4.3 Kesit Birim Şekil Değiştirme – Plastik Dönme İlişkileri	194
4.5 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	203
4.5.1 Deprem Talep Hesabı Sonuçlarının Karşılaştırılması	204
4.5.2 Yapı Performans Seviyelerinin Karşılaştırılması	212

4.5.3 Örnek Olarak Seçilen Binaların Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması	222
---	-----

4.5.3.1 Örnek Olarak Seçilen BY1-4 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması	223
--	-----

4.5.3.2 Örnek Olarak Seçilen BY1-8 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması	226
--	-----

4.5.3.3 Örnek Olarak Seçilen BY2-4 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması	229
--	-----

4.5.3.4 Örnek Olarak Seçilen BY2-8 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması	235
--	-----

BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR.....	240
----------------------------------	------------

KAYNAKLAR.....	250
-----------------------	------------

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Son yıllarda meydana gelen depremlerin sosyo-ekonomik yönden yıkıcı etkiler ortaya çıkarması, deprem risk bölgelerinde mevcut yapı stoğunun ivedilikle deprem dayanımının belirlenmesi, yetersiz olanların güçlendirilmesi veya yıkılması kararlarının verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bununla beraber, proje ve yapım hataları sebebiyle deprem hasarıyla karşı karşıya kalacak bina sayısının fazla olacağı bilindiğinden, deprem güvenliği değerlendirmesinin etkili ve pratik bir şekilde yapılması bir ihtiyaç olmuştur.

Teorik olarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri, yapının doğrusal olmayan davranışını gerçeğe uygun bir şekilde tanımlayabildiğinden, yukarıda açıklanan problemi gerçeğe en yakın bir şekilde çözme imkanı vermektedir. Ancak yöntemin çok sayıda deprem ivme kaydı gerektirmesi ve doğrusal olmayan davranışın tanımlanması aşamasındaki zorluklar yöntemi pratik olmaktan çıkarmaktadır.

Mühendislik pratiğinde yeni bina tasarımında kullanılan yöntemlerin, yapısal hasarın belirlenmesinde yetersiz kaldığının anlaşılmasıyla tüm çalışmalar performansa dayalı değerlendirme yaklaşımı ilkeleriyle uyumlu olarak kullanılabilir, gerek doğrusal elastik gerekse de doğrusal elastik olmayan yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu iki ana sınıf arasındaki temel fark, doğrusal elastik yöntemlerin yapısal kesit hasarını kuvvet, doğrusal elastik olmayan yöntemlerin ise bu hasarı, şekil değiştirme cinsinden tanımlamasıdır. Son yıllarda oluşan depremlerde, yapısal hasarın önemli bir kısmının büyük şekil ve yer değiştirmelerden kaynaklandığının ortaya çıkması, doğrusal olmayan analiz yöntemlerini ön plana çıkarmıştır. Bu yöntemlerin genel amacı, doğrusal olmayan zaman tanım analizi yöntemlerinin verdiği sonuçlara, daha pratik hesap esasları kullanarak yakın değerler elde etmektir. Ayrıca bu yöntemler, doğrusal-elastik hesap yöntemlerine göre önemli avantajlar sağlamaktadır. Bunlar, elastik ve elastik ötesi rijitlik, elastik davranış sınırı, yapının göçme durumuna ait limit yük değeri, göçme

anındaki yer değiştirme miktarı ve elemanlara ait şekil değiştirme ve süneklik talepleri gibi yapının elastik ötesi davranışıyla ilgili pek çok önemli bilgidir.

Genel olarak performansa dayalı analizin temel bileşenleri olan hasar sınırları ve yapısal hasar seviyelerinin tespiti, yapıya etkimesi düşünülen deprem etkisi altında gerek mevcut gerekse de yeni tasarlanan yapılar için yeter doğrululukta yapılabilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tez çalışmasında, depremin yapı elemanlarında meydana getireceği etkileri ve bunun sonucunda belirlenecek yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları incelemek üzere, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere, toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina, ilk ikisi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' te (DBYBHY-2006) yer alan doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve deprem mühendisliği literatüründe yer alan, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir.

Seçilen dört adet betonarme yapı, yüksek süneklik koşullarını sağlayacak şekilde TS-500 ve DBYBHY-2006'da ilgili bölümlerde verilen tasarım kuralları çerçevesinde boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan bu binalar tasarımda n görülen değerlere uygun olarak mevcut en kesit boyutu, beton cinsi, donatı çap ve sayısı dikkate alınarak, doğrusal elastik değerlendirme yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve deprem mühendisliği literatüründeki doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılarak çözümlenmiştir. Bir sonraki adımda, doğrusal olmayan statik itme analizlerinden elde edilen yapı kapasite eğrilerini esas alan Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle belirlenen performans noktası için, her iki yöntemle bulunan yatay yer değiştirme, göreli kat ötelemesi, kiriş plastik dönmesi, kolon-perde plastik dönmesi ve plastik kesit dağılımları cinsinden deprem talepleri birbiriyle

karşılaştırılmış ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında, bu deprem taleplerini esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleriyle, doğrusal elastik değerlendirme yönteminde eleman etki/kapasite oranlarını esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleri kıyaslanmıştır.

Planda simetrik dört ve sekiz katlı yapıların betonarme eleman kesitlerinin hasar düzeylerinin belirlenmesi aşamasında, DBYBHY-2006' da donatı ve betondaki birim şekil değiştirme taleplerini (istemlerini) esas alan kesit hasarı belirleme yaklaşımıyla, FEMA-356' da yer alan, kesit plastik dönme taleplerini esas alan yaklaşım birbiriyle karşılaştırılmıştır. Tüm kesitler için elde edilen beton ve donatı birim şekil değiştirme istemleriyle, o kesit için doğrusal olmayan artımsal itme analizlerinden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme istemleri karşılaştırılarak, kesit hasarını, hangi tip betonarme taşıyıcı elemanda hangi betonarme malzeme bileşenin belirlediği saptanmıştır.

Çalışmada enine kesme donatısının kesiti sargılama etkisinin, kesit ve daha sonra yapı genelinde performans seviyesini belirleyiciliği araştırılmıştır. Buradan hareketle DBYBHY-2006' ya göre yapılan kesit hasarı belirleme çalışmasında, yapıya ait tüm elemanlarda elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinde, sargısız ve sargılı beton modelleri kullanılarak elde edilen toplam plastik birim şekil değiştirme istemleri, DBYBHY-2006' da verilen ilgili sınır birim şekil değiştirme değerleriyle karşılaştırılarak kesit hasar düzeyi belirlenmiştir. FEMA 356' ya göre yapılan değerlendirmedeyse, doğrusal olmayan analizlerden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme talepleri, FEMA 356' da sargısız ve sargılı kesitler için tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak, kesit hasar düzeyleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuştur.

1.2 Literatürde Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yapıların deprem davranışını belirleyebilmek için geliştirilen doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi mühendislik pratiğinde en kapsamlı yöntem olarak görülmektedir. Bu yöntem belirli bir yer hareketinin zaman tanım alanındaki kaydı ile yapıda meydana gelen elastik ötesi davranışı elde etmek için kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan artımsal itme analizinin aksine bu yöntemle her bir zaman diliminde, depremin yapıda meydana getirdiği yer ve şekil değiştirme etkileri doğrudan elde edilebilmektedir. Analizden elde edilen sonuçlardan yapının performans seviyesi belirlenebilmektedir. Yöntemin esası, sayısı serbestlik derecesi kadar olan hareket denkleminin, matematiksel doğrudan entegrasyon modeliyle nümerik olarak çözülmesinden ibarettir. Bununla birlikte doğru modelleme, yeterli sayıda yer hareketinin seçimi, hesap süresi ve çok hacimli çıktıların yorumlanması aşamalarındaki zorluklar bu yöntemin akademik düzeyde kalmasına sebebiyet vermiştir.

Tüm bu zorluklar araştırmacıları basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz teknikleri geliştirmeye zorlamıştır. Bu tekniklerin ana dayanağı çok serbestlik dereceli gerçek yapıların eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlere indirgenmesidir.

Rosenblueth ve Herrera yaptıkları çalışmada basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin dayandığı matematik modelin esası olan yapının maksimum doğrusal olmayan yer değiştirmesi, daha büyük doğal periyot ve sönüme sahip, bir başka deyişle yatay rijitliği daha küçük olan doğrusal elastik sistemin en büyük yer değiştirmesine eşittir” kabulünü ortaya koymuşlardır. Yöntemde, en büyük yer değiştirme değerine ulaşan yapının modal titreşim periyodundaki değişimi belirlemek üzere sekant rijitliği kullanılmış ve eşdeğer sönüm oranı, doğrusal olmayan ve eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem tarafından harmonik yükleme durumunda sönümlenen enerji miktarının eşitlenmesi ile hesaplanmıştır. (Rosenblueth ve Herrera, 1964)

Tüm araştırmacılar buradan hareketle eşdeğer yada temsili sistemin en büyük deplasmanını hesaplama yoluna gitmişlerdir. Bu yaklaşım daha sonra geliştirilen tüm yöntemlerin ana omurgasını oluşturmuş olup, yöntemler birbirlerinden bir takım hesap detayları aından farklılaşmışlardır.

Yukarıda açıklanan esasa dayanan ilk alışma Gülkan ve Sözen tarafından yapılmıştır. Betonarme yapıların doğrusal olmayan deprem davranışlarını anlayabilmek için üç adet tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve çeşitli yer ivmelerine maruz bırakılıp, ivme ve deplasman geçmişleri incelenmiştir. Araştırmacıların vardıkları en önemli sonuç betonarme çerçevelerde yer hareketi esnasında geçekleşen rijitlik azalması ve enerji sönümlenme kapasitesindeki artış olaylarıdır. Buradan hareketle betonarme yapıların maksimum dinamik tepkilerinin, yapının rijitliği azaltılmış ve temsili sönüm oranına sahip tek serbestlik dereceli sistem üzerinden yapılacak doğrusal elastik yöntemle hesaplanabileceği tezini ileri sürüp önerdikleri yöntemi makalelerinde sunmuşlardır. Önerilen yöntem tasarım taban kesme kuvvetinin belirlenmesinde doğrusal olmayan davranışı göz önüne alan basitleştirilmiş bir hesap yöntemidir. (Gülkan ve Sözen, 1974)

Bu makalede savunulan diğer bir önemli konu betonarme elemanların deprem davranışlarının yorumlanmasında tek başına süneklik oranının yeterli olamayacağı, süneklik oranları aynı ancak kesitlerinin çevrimsel eğrileri farklı olan iki yapının farklı deprem davranışları göstereceği gerçeğidir. Bu ve önceki çalışmalarda ileri sürülen basit yöntemler ve bunların dayandığı temel yaklaşım ileriki yıllarda geliştirilecek olan daha kapsamlı yöntemler için temel teşkil etmiştir.

Shibata ve Sözen, “Temsili Yapı Yöntemi” adını verdikleri hesap metodunda Gülkan ve Sözen tarafından önerilen yöntemi çok serbestlik dereceli sistemlere genişletmişler ve çok serbestlik dereceli bir sistemin doğrusal olmayan deprem yükü talebinin, aynı geometri ve kütleye sahip ancak rijitliği ve sönüm oranı belirtilen ifadelerle hesaplanan bir temsili yada eşdeğer sistemin spektrum analizini yaparak elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Yöntemde analizi yapılacak yapı sisteminin deprem davranışını temsil edecek iki boyutlu düzlem çerçeve sistemi seçilmiştir.. Kolon ve kiriş elemanları için ayrı ayrı olmak üzere hasar oranı değerleri belirlenir. Eşdeğer sistemin kolon ve kiriş elemanlarının etkin rijitliğini bulmak için çatlama kesit rijitliği önce azaltma faktörüne bölünerek çatlama kesit rijitliği elde edilir. Bu rijitlik elemanın akma deformasyonuna ulaştığını ve bu aşamadan sonra doğrusal olmayan deformasyonların görüleceğini simgeler. Çerçeve sisteminin 1*g lik sabit ivme spektrumu kullanılarak dinamik tepki spektrumu analizi yapılır. Seçilen sayıda mod için mod vektörleri ve periyotları bulunur. Kiriş ve kolon elemanları için önerilen formül kullanılarak sönüm oranları belirlenir. Hasar oranı değeri, her bir eleman için ayrı ayrı seçilebileceğinden her bir titreşim modundaki sönüm oranı için temsili bir değer bulunması gerekir. Bu her bir elemanın ayrı modlardaki iç enerjisiyle orantılı olarak sönüm oranına katkılarının bulunmasıyla yapılır. Böylece eşdeğer sistemin her bir moddaki sönüm oranı elde edilmiş olur. Shibata – Sözen tarafından %2 sönüm ve $a_{maks} = 0,15g$ lik maksimum yer ivmesi için önerilen tepki spektrumu kullanılarak her bir moda karşılık gelen spektral ivme değerleri okunur. Eşdeğer sönüme karşılık gelen spektral ivme değeri içinse önerilen formül kullanılır. Eşdeğer sistemin 1*g lik spektral ivmeye göre çözümlünden bulunan kesit tesirleri, bulunan $S_a(\xi)$ değerleriyle çarpılarak azaltılır. Karelerin toplamının karekökü yöntemi kullanılarak seçilen eleman için her bir mod da hesaplanan büyüklükler elde edilir. Böylece belirlenen hasar oranı bir başka deyişle süneklilik talebi altında her bir elemanda oluşacak kesit tesirleri belirlenmiş olur. Yöntemin iki boyutlu düzlem çerçeveler için geliştirilmesi, ele alınan yapıda ani kütle ve rijitlik değişimi olmaması, tüm elemanların eğilme davranışı göstereceği kabulü ve yapısal olmayan elemanların yapı davranışına katılamaması gibi kısıtlamaları vardır.(Shibata ve Sözen, 1976)

1980 yılında Iwan W.D tarafından yapılan çalışmada, tek serbestlik dereceli sistemin elastik ötesi en büyük yer değiştirmesinin belirlenmesi için, doğrusal elastik tek serbestlik dereceli sistemden faydalanarak, sistemin periyodundaki değişimi ve eşdeğer viskoz sönüm oranını dikkate alan amprik bağıntılar önerilmiştir. (Iwan, 1980)

1981 yılında, Sözen ve Saiidi tarafından çok katlı betonarme yapıların yer ivmeleri etkisi altında deplasman geçmişlerini belirlemeye yarayan Q- Model yöntemi geliştirilmiştir. Yöntemin ana felsefesi iki temel üzerine kurulmuştur; birincisi çok serbestlik dereceli (ÇSD) yapıyı tek serbestlik dereceli (TSD) sarkac modeline indirgemek, ikincisi ise deprem etkisi altında yapının değişen rijitliğini tek bir doğrusal olmayan yay ile modellemektir. Q- model çok serbestlik dereceli sistem ile ilişki kurularak bulunan eşdeğer kütle, viskoz sönüm, kütsüz rijit çubuk ve dönme rijitliği olan yaydan oluşmuş tek serbestlik dereceli bir düşey sarkaçtır. Yayın çevrimsel davranışı, artan yükler altında mevcut yapıdan elde edilen kuvvet – yer değiştirme ilişkisinden elde edilir. Yayın çevrimsel ilişkisi elde edildikten sonra doğrusal olmayan sayısal integrasyon yöntemiyle sistemin deplasman geçmişi elde edilmiş olur. Yöntemin geçerliliğini ortaya koymak için 10 katlı küçük ölçekli binalar üzerinde deneyler yapılmıştır. Ve sonuç olarak yüksekliği boyunca kütlelerinde ani değişimler olmayan yapılar için bu yöntemin tatmin edici sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Yöntemin verdiği sonuçların geçerliliğinin sınanması için 8 adet küçük ölçekli 10 katlı betonarme düzlem çerçevenin, yer ivmeleri etkisinde yer değiştirme geçmişleri deneysel olarak elde edilmiştir. Q-Model yöntemiyle hesaplanan sonuçlarla, deneylerden elde edilen sonuçlar arasında mühendislik hesaplarında ihmal edilebilecek kadar küçük deplasman farkları ortaya çıkmıştır. Bu da Q-Model yönteminin betonarme düzlem çerçevelerin yer ivmeleri etkisinde deplasman geçmişlerini hesaplamada yeterli bir yöntem olduğunun kanıtıdır.

Bu yöntem 1960' lardan itibaren kullanılan ve Q-modelin daha kapsamlı bir üst versiyonu sayılabilecek zaman tanım alanında hesap yöntemine göre çok daha basitleştirilmiş olmasına karşın tatmin edici sonuçlar vermiştir. Q-Model yöntemi aynı hesabın çok serbestlik dereceli sistem modeli üzerinden yapılmasına göre % 77 oranında hesap tasarrufu sağlamıştır.(Saiidi ve Sözen, 1981)

Yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan en popüler yöntemlerden birisi olan Kapasite Spektrumu Yöntemi Freeman S.A tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ATC-40 (Applied Technology Council) tarafından yapıların yer değiştirme esaslı tasarım ve değerlendirmesinde önerilen bir yöntem

olmuştur. Freeman tarafından geliştirilen yöntem daha sonra ileri yönde birçok değişime uğramıştır. Kapasite Spektrumu yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinden elde edilen yapı kapasite eğrisini esas almaktadır. Bu yöntem, itme eğrisinin spektral ivme-spektral yer değiştirme formatına dönüştürülmesi ve indirgenen talep spektrumu ile aynı grafik üzerine işlenen kapasite spektrumunun işleme tabi sokulup, yapının hedef yer değiştirme değerini elde etme amacını taşımaktadır. (Freeman, 1975)

1980'lerin ortalarında Fajfar ve Fischinger (1987) tarafından geliştirilmeye başlanan bir diğer metod N2 metodudur. Yöntem Saiidi ve Sözen (1981) tarafından ileri sürülen Q-model yönteminin daha geliştirilmiş bir versiyonudur. Bertero 'nun önerisiyle kapasite eğrisinin ivme-deplasman formatına dönüştürülmesi sonrası kazanılan görsellik yöntemin Eurocode 8 şartnamesinde yer bulmasını sağlamıştır. Bu yöntemi, Kapasite Spektrumu yönteminden ayıran en önemli fark deprem talebinin belirlenmesinde doğrusal olmayan tepki spektrumunun kullanılmasıdır. Her yaklaşık yöntemde olduğu gibi N2 yöntemi de çeşitli kabuller içermektedir. Öncelikle yöntem düzlem çerçevelerin doğrusal olmayan çözümlemesi için geliştirilmiştir. Yöntemdeki yaklaşıklığın ve buna karşılık kısıtlamaların iki ana kaynağı artımsal itme analizi ve elastik olmayan spektrumdur. Artımsal itme analizi, yapı yatay yer değiştirmelerinin zamandan bağımsız olduğu varsayımına dayanır. Gerçek deprem davranışı düşünüldüğünde bunun uzak bir varsayım olduğu gerçeği ortaya çıkar. N2 yönteminde kullanılan elastik olmayan spektrum orta ve yüksek periyotlu yapılar için eşit deplasman kuralına dayanır. Yapılan çalışmalar eşit deplasman kuralının sağlam zeminler üzerinde ve temel titreşim periyodu orta veya uzun periyot bölgesine denk gelen yapılar için geçerli bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Faya yakın bölgedeki yumuşak zeminlerde, elemanlarının çevrimsel eğrilerinde ani dayanım azalmaları olan düşük kapasiteli yapılarda eşit deplasman prensibi geçerli değildir.(Fajfar, 2000)

Miranda önerdiği büyütme katsayının, incelenen çok serbestlik dereceli yapıyla aynı yatay rijitliğe ve sönüm oranına sahip eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yatay yer değiştirmesine uygulanmasıyla, aranan çok serbestlik dereceli

sistemin en büyük yer değiştirmesinin bulunabileceğini belirtmiştir. Elastik ötesi yer değiştirme oranları, çok sayıda deprem kaydı etkisinde, değişik elastik ötesi şekil değiştirme gösteren tek serbestlik dereceli sistem için hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada ortalama kayma dalgası hızı 180 m/s'den büyük zeminlerde zemin etkisinin daha küçük olduğu belirtilmiştir. (Miranda, 2000)

Yukarıda açıklanan yöntemle benzer olarak FEMA 356'da yer alan Deplasman Katsayıları Yöntemi grafiksel ve ardışık çözümler yerine, yine doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinden elde edilen yapı kapasite eğrisini esas alan ve doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemin en büyük elastik ötesi yer değiştirme talebinin, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin elastik yer değiştirme değerinin belli katsayılarla büyütülmesiyle belirleyen bir yöntemdir. Yöntemin geliştirilmiş son hali FEMA 440'da (Federal Emergency Management Agency) sunulmuştur. Deplasman Katsayıları Yöntemi bu tez çalışması kapsamında incelenen yapıların en büyük deprem yer değiştirme taleplerinin, bir başka deyişle performans noktasının hesaplanmasında kullanılmıştır. (Federal Emergency Management Agency, 2004)

Plan simetrisine sahip olmayan yapıların basitleştirilmiş artımsal itme analiziyle ilgili bir çalışma da Kilar ve Fajfar tarafından yapılmıştır. Yöntem üç boyutlu çerçevelerden oluşan yapıyı iki boyutlu makro çerçevelere indirgeme ve bunlara ait taban kesme kuvveti – tepe nokta yer değiştirmesi ilişkilerini varsayıp, ardışık bir yöntemle bu eğrileri kesinleştirme esasına dayanmaktadır. Analiz boyunca plastikleşen kesitler saptanabilmektedir. Yöntem simetrik ve asimetrik kat planına sahip yedi ve yirmibir katlı betonarme perde-çerçeve yapılar üstünde denenmiş burulma etkileri araştırılmıştır. (Kilar ve Fajfar, 1996)

Bento, Falcao ve Rodrigues yaptıkları çalışmada Eurocode'a göre boyutlandırılan iki adet betonarme binayı çeşitli doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanarak ATC-40, FEMA-273 ve Eurocode 8' de verilen esaslar çerçevesinde kıyaslamış ve bazı sonuçları doğrusal olmayan dinamik analizle de doğrulamışlardır.(Bento, Falcao ve Rodrigues, 2004)

Chopra ve Goel, yapı dinamiği teorisindeki mod birleştirme esasına dayanan doğrusal olmayan statik modal artımsal itme analizi olarak adlandırdıkları gelişmiş statik artımsal itme analizi yöntemini önermişlerdir. Yöntem önce doğrusal elastik binalara uygulanmış ve bu durumda yöntemin Tepki Spektrumu analizine eşdeğer olduğu gösterilmiştir. Daha sonra 9 katlı çelik karkas SAC projesi binasının deprem taleplerini Modal İtme Analizi yöntemiyle bulup, sonuçları doğrusal olmayan zaman tanım analizi ve uniform, yönetmelik ve çok modlu yatay yük dağılımlarıyla yapılan statik artımsal itme analizleriyle kıyaslamışlardır. Sonuç olarak tüm yük dağılımlarında görelî kat ötelemeleri gerçeğinden oldukça küçük hesaplanmış ve plastik mafsâl dönmelerinde büyük sapmalar gözlenmiştir. Kat ötelenmeleri, plastik mafsâl dönmeleri, plastik mafsâl yerleri cinsinden sonuçlara doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizle kıyaslandığında en yakın değerler doğrusal olmayan statik modal artımsal itme analizi yönteminde hesaplanmıştır. Ayrıca hesaba yeter sayıda modu katmakla (iki veya üç mod) kesin sonuçlara yakın değerler elde edilebileceği tablo ve şekillerle gösterilmiştir. (Chopra ve Goel, 2001)

Chintanapakdee ve Chopra çok sayıda yapıyı ve deprem kaydını kullanarak Modal İtme Analizi yönteminin tutarlılığını incelemişlerdir. Tek açıklıklı 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 katlı çerçeveleri California depremlerinden elde edilen 20 çok şiddetli ve yakın fay kaynaklı güçlü yer ivmelerine tabi tutmuşlardır. Görelî kat ötelenmelerinin ortalama değerleri, doğrusal olmayan statik modal artımsal itme analizi ve zaman tanım alanında dinamik analizle elde edilmiş ve sonuçların yeter derecede yakın olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca yöntem, doğrusal olmayan sistemlerin deprem taleplerinin elastik tasarım spektrumuyla elde edilebilecek şekilde geliştirilmiştir.

(Chintanapakdee ve Chopra, 2003)

Chopra ve Goel çalışmalarında yapıların deprem taleplerinin bulunmasında kullanılan çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemini planda simetrik olmayan taşıyıcı sisteme sahip yapıları kapsayacak şekilde geliştirmişlerdir. Bu yöntemde her bir asal yöndeki modal atalet kuvveti dağılımlarına göre hesaplanan yük dağılımında değişiklik olarak, kat hizalarında iki yatay kuvvet ve bir moment etkililmektedir. Makalede SAC projesi kapsamında rijitlik ve kütle merkezi

çakışmayan dokuz katlı çelik yapı üç farklı kat dönme atalet momentleri kullanılarak burulma rijitliğinin analiz sonuçları üzerindeki etkisini incelemiştir. (Chopra ve Goel, 2003)

Günay ve Sucuoğlu çalışmalarında az-orta katlı betonarme yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için geliştirdikleri, elastik modal tepki spektrumu analizini kapasite ilkeleriyle birleştiren Kapasite Kontrol Yöntemini önermişlerdir. Bu yöntemde önce tahmini hasar yerleri ve kırılma türleri (kesme, eğilme,..) belirlenmekte, daha sonra kuvvet cinsinden talep / kapasite oranları hesaplanıp, bu oranlar ilgili sınırlarla kıyaslanmakta ve eleman performansına karar verilmektedir. Bu eleman performanslarının birleştirilmesiyle de genel yapı performansı belirlenebilmektedir. Depremden kaynaklanan kolon eksenel yüklerinin hesabında, tüm kirişlerin moment kapasitesine ulaştığı andaki denge halinden elde edilen kiriş kesme kuvvetleri toplamı kullanılmaktadır. Daha sonraki aşamada kirişlerin moment kapasitesine ulaştığı varsayımı kiriş-kolon kapasite oranlarıyla kontrol edilmekte, eğer varsayım yanlışsa kolon eksenel yüklerinde düzeltmeye gidilmektedir.

Yöntemin önemli bir özelliği tüm mod etkilerinin hesaba katılabilmesidir. Yöntem yirmi katlı simetrik kuramsal betonarme yapı üzerinde denenmiş, elde edilen sonuçlar doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizle ve statik artımsal itme analizi yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi referans olarak alındığında Kapasite Kontrol Yönteminin birçok durumda tek modlu statik artımsal itme analizi yönteminden daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koyulmuştur. Bu yöntemin bir benzeri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği'nde de (2006) yer almıştır.(Günay ve Sucuoğlu, 2006)

Aydinoğlu çalışmasında, yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi için son on yılda geliştirilmiş bulunan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin tek bir titreşim modu ile kısıtlı olmasının sonuçlarını ortaya koymuş ve bu nedenle bu yöntemlerin sadece iki boyutlu davranış gösteren az katlı yapılar için güvenle uygulanabileceğini belirtmiştir. Bildirisinde, çok modlu davranışı göz önüne alabilen

pratik ve aynı zamanda teorik tutarlılığı olan yeni bir itme analizi yöntemi sunmuştur. Artımsal Spektrum Analizi adını verdiği yöntemin esası modal kapasite diyagramları adı verilen ve modal çevrim eğrilerinin iskelet eğrileri olarak tanımlanan diyagramların yaklaşık olarak elde edilmesine dayanmaktadır. Ayrıca yöntemin mühendislik uygulamalarında kullanılmak üzere yönetmeliklerde tanımlanan standart davranış spektrumundan yararlanılarak çok modlu doğrusal olmayan performans değerlendirmesinin yapılabileceği pratik versiyonu da çalışmada sunulmuştur. (Aydınoğlu, 2003)

FEMA 356'da, performansa dayalı analizin esaslarını oluşturan performans hedefleri, yapısal ve yapısal olmayan elemanlar için performans seviyeleri ve aralıkları, deprem etki seviyeleri tanımlanmıştır. Analiz yöntemleri hakkında açıklamalar yapılmış ve Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi ayrıntılı biçimde verilmiştir. (FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, 2000)

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2006 tarihinde Resmi Gazete' de yayınlanmıştır. Yeni yönetmelik, 1998 yılında yürürlüğe giren eski yönetmeliğe göre, mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kurallarla birlikte minimum koşullar verilmesi ve çelik yapılar kısmının genişletilmiş olması bakımından büyük farklılıklar taşımaktadır. Özellikle mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirilmesiyle ilgili olan Bölüm 7'de performans ve hasar düzeyi tanımlamalarına ve ayrıca doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerine yer verilmiş, güçlendirme çalışmalarında uyulması gereken kurallar tanımlanmıştır. (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2006)

BÖLÜM İKİ
YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN
BELİRLENMESİNDE PERFORMANSA BAĞLI
DEĞERLENDİRME KAVRAMI

Son yıllarda meydana gelen büyük depremler kentsel alanlarda deprem riskinin azalmanın aksine arttığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu olumsuz durumu tersine döndürmenin en etkin yolu, deprem mühendisliğinde hali hazırda kullanılan yöntemlerden daha gerçekçi yöntem ve kavramlar geliştirmektir. Bu noktadan hareketle ortaya çıkan performansa dayalı analiz, ön görülen bir deprem etkisi altında incelenen yapının, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında, kullanım amacı ve ekonomik kaygılar göz önünde bulundurularak hedeflenmiş olan performans seviyesinin sağlanıp, sağlanamadığını belirleyebilmek için geliştirilmiş bir deprem mühendisliği yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, sahip olduğu ilkelere uyum gösterecek analiz yöntemleri gerektirmiş ve bunun sonucunda geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerine, yer değiştirmeye bağlı analiz yöntemleri ön plana çıkmıştır.

Yer değiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmesi çalışmaları esnasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletlerinin California eyaletinde 1989 yılında meydana gelen Loma Prieta ve 1994'deki Northridge depremlerini neden olduğu büyük hasar, deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yer değiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacını da ortaya koymuştur. (Özer, 2000)

Performansa dayalı analizin temel kavramları olan, ön görülen deprem etkisi ve yapısal performans seviyeleriyle ilgili açıklamalar aşağıdaki bölümlerde yapılmıştır.

2.1 Yapılar İçin Deprem Etki Seviyeleri

Belirli bir deprem hareketi altında yapı için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak adlandırılmaktadır. Yapısal performans, yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri ile tanımlanır. Bir yapı için birden fazla deprem hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denilmektedir.

DBYBHY-2006’da binalar için deprem performans düzeylerinin belirlenmesinde, mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Tablo 2.1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1 Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri (DBYBHY-06)

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

Vision 2000’de binalar için deprem performans düzeylerinin belirlenmesinde, mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Tablo 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.2 Sıradan yapılar için deprem tasarım ve değerlendirme kriterleri (Vision2000)

Deprem Görülme Sıklığı	Deprem Aşılma Olasılığı	Olma Olasılığı	Yapı Performansı
Sık	43	30 yılda %50	Tam İşlevsel
Olağan	72	50 yılda %50	İşlevsel
Nadir	475	50 yılda %10	Can Güvenliği
Çok Nadir	970	100 yılda %10	Göçme Güvenliği

Öncelikle ATC 40’da yer bulmuş, daha sonra sırasıyla FEMA 356 ön standardı ve DBYBHY-2006’da da benimsenmiş, üç ayrı deprem etki seviyesi tanımlanmaktadır;

a) Servis (Kullanım) Depremi (SE): 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 olan deprem hareketidir. Bu depremin etkisi ATC 40’da tanımlanan Tasarım Depreminin 0,5 katı seviyesindedir. Ortalama dönüş periyodu 75 yıldır ve yapının ömrü boyunca bir kez veya daha fazla meydana gelmesi olasıdır. Bu deprem altında yapılarda yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi veya hasarın onarılabilir olması gerekmektedir.

b)Tasarım Depremi (DE): 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem hareketidir. Ortalama dönüş periyodu 500 yıldır ve yapının ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşüktür. DBYBHY-2006 ve çeşitli ülke yönetmelikleri tarafından yapıların tasarımında bu deprem etki seviyesi kullanılmaktadır. Şiddetli depreme karşılık gelen bu deprem etkisi altında can güvenliğinin sağlanması amacı ile, yapıda kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlı kalması beklenmektedir.

c)En Büyük Deprem (ME): 50 yıl içinde aşılma olasılığı % 5 olan ve belirli bir bölgede jeolojik veriler çerçevesinde meydana gelebilecek en büyük depremdir. Ortalama dönüş periyodu 1000 yıldır ve etkisi Tasarım Depreminin 1,5 katıdır.

2.2 Yapısal Elemanlar İçin Hedeflenen Deprem Performans Seviyeleri

Bir yapı sisteminde, gerek kullanım gerekse de rüzgar, deprem vs. gibi etkilerden kaynaklanacak yükleri aktaran veya taşıyan elemanlar yapısal eleman olarak tanımlanmakta ve deprem performans kararının verilmesinde bu elemanlar esas teşkil etmektedir.

2.2.1 FEMA-356'da Yapısal Elemanlar İçin Hedeflenen Deprem Performans Seviyeleri

FEMA-356'da yapısal elemanlara ait dört farklı yapısal performans seviyesi ve iki adet yapısal olmayan performans aralığı tanımlanmıştır. İlgili yapısal performans seviyeleri ve aralıkları aşağıda sunulmuştur.

a) Hemen Kullanım Performans Seviyesi (SP-1): Sadece sınırlı bir takım yapısal hasarların meydana geldiği ve taşıyıcı sistemde çok az hasarın olduğu durumdur. Mevcut yapının düşey ve yanal kuvvet kapasiteleri, yaklaşık olarak deprem öncesindeki dayanım ve rijitliklerini korumaktadır. Yapısal hasarların sonucu olarak ,yaşamı tehlikeye atan hasarların oluşma riski çok düşüktür. Öncelikli olarak yer tutmayan bir takım küçük hasarlar onarımlarla giderilebilir.

b) Hasar Kontrol Performans Aralığı (SP-2): Hasar Kontrol Yapısal Performans Aralığı (S-2), Can Güvenliği Yapısal Performans Seviyesi (S-3) ve Hemen Kullanım Yapısal Performans Seviyesi (S-1) arasında bulunan hasar durumlarının olduğu performans aralığı olarak tanımlanabilir. Can güvenliğinin sağlanması ile birlikte hasar miktarının da belli ölçüde sınırlandırılmasına karşı gelir. Yönetmeliklerde yeni yapılar için 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak

tanımlanan deprem etkisinde ön görülen performans seviyesi yaklaşık olarak bu aralığa denk gelmektedir.

c) Can Güvenliği Performans Seviyesi (SP-3): Yapısal performans seviyesi S-3, taşıyıcı sistemde yapısal hasarların meydana geldiği fakat kısmi veya toptan göçme durumunun söz konusu olmadığı,deprem sonrası hasar durumu olarak tanımlanmaktadır. Bazı yapısal elemanlar ve bileşenlerde, yer yer hasarlar olabilir fakat bu hasarlar yapıda göçme riski oluşturmamaktadır. Deprem esnasında yaralanmalar meydana gelebilir;bununla beraber yapısal hasar sonucu can güvenliğini tehdit eden hasarların ortaya çıkması ihtimalinin düşük olması beklenmektedir. Yapıyı komple onarmak mümkün olabilir;fakat ekonomik nedenlerden dolayı pratik olmayabilir. Yönetmelik esaslarına uygun olarak tasarlanan yeni yapıların, bu yapısal performans seviyesine ulaşmaması beklenir.

d) Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı (SP-4): Bu yapısal performans aralığı , Can Güvenliği Performans Seviyesi(S-3) ile Göçmenin Önlenmesi Yapısal Performans Seviyesi (S-5) arasında kalan hasar türü olarak tanımlanmaktadır. Taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir, ancak göçmenin önlenmesi performans seviyesinden daha yüksektir.

d) Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi (SP-5): Göçmenin Önlenmesi Yapısal Performans Seviyesi (S-5), yapının kısmen veya toptan göçme sınırına geldiği ağır hasar durumu demektir. Yapıda önemli hasarlar oluşmuştur. Bu hasarlar ; yapının yanal yük kapasitesinin rijitlik ve dayanımında azalmalar,büyük miktarlarda sürekli yanal ötelenmeler ve düşey yük taşıma kapasitesinde azalmalar şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte yapının taşıma kapasitesi düşey yüklerini taşımaya devam etme konusunda yeterlidir. Yapı stabilitesini korumakla birlikte, yapısal yıkıntılardan dolayı çökme riskine bağlı olarak önemli yaralanma olabilir. Yapıyı teknik olarak onarmak pratik olmayabilir. Yapının içine tekrar yerleşmek güvenli olmayabilir; çünkü ana şok sonrası gelebilecek deprem aktiviteleri göçmeye neden olabilir. Bu seviyenin, yeni yapıların tasarımında en büyük deprem etkisi altında

sağlanması önerilebilir. Düşük bir deprem etkisi altında bu seviyenin dikkate alınması, daha yüksek bir deprem etkisinde güç tükenmesi anlamına gelecektir ki, bu durumun da kabul edilmesi uygun değildir.

e) Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (SP-6): Bir performans seviyesi olmayıp, sadece yapısal olmayan sismik değerlendirme ve güçlendirmenin söz konusu olduğu durumlarda geçerlidir. Yapısal elemanlara ait hasarların dikkate alınmadığı durumdur. Taşıyıcı olmayan yapı elemanları için FEMA 356’da tanımlanan performans seviyeleri aşağıdaki tabloda kodları ile birlikte gösterilmiş ve sırası ile açıklamaları yapılmıştır.

Yukarıdaki paragraflarda açıklanan, FEMA 356’da verilen yapısal performans seviyeleri ve yapısal performans aralıkları Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’de sunulmuştur.

Tablo 2.3 Yapısal Performans Seviyeleri (FEMA-356, 2000)

Performans Seviyesi	Kod
Hemen Kullanım (Immediate Occupancy)	S-1
Can Güvenliği (Life Safety)	S-3
Göçmenin Önlenmesi (Collapse Prevention)	S-5
Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (Not Considered)	S-6

Tablo 2.4 Yapısal Performans Aralıkları (FEMA-356, 2000)

Performans Aralığı	Kod
Hasar Kontrol (Damage Control)	S-2
Sınırlı Güvenlik (Limited Safety)	S-4

2.2.2 DBYBHY-2006’ da Yapısal Elemanlar İçin Tanımlanan Deprem Hasar Bölgeleri

Öncelikle DBYBHY-2006’da yapısal elemanlar hasar sınırlarının belirlenmesinde, elemanlar kapasitelerine hangi kırılma türünde ulaştığına bağlı olarak “sünek” ve “gevrek” olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Buna göre betonarme

elemanların kırılma türleri eğilme ise sünek, aksenal basınç, çekme veya kesme ise gevrek olarak sınıflandırılmaktadır.

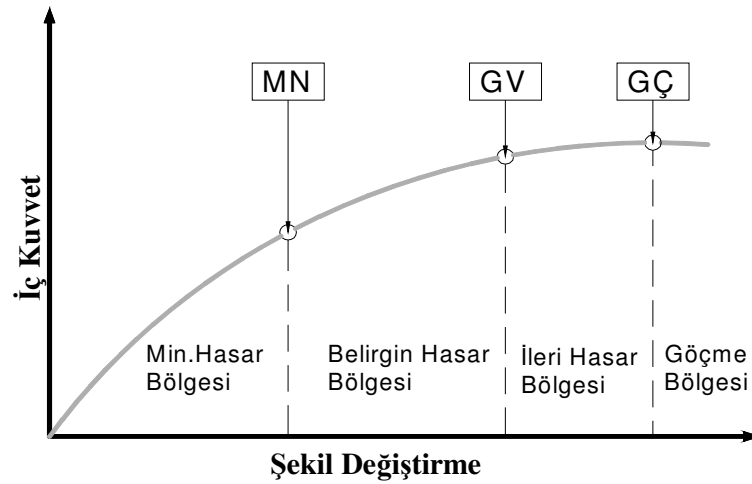
2.2.2.1 Kesit Hasar Sınırları

Kapasitesine eğilme davranışı ile ulaşan yüksek şekil değiştirme kabiliyetine sahip kesitler için üç sınır durum tanımlanmaktadır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı kritik 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. Kapasitesine aksenal basınç, çekme veya kesme davranışı ile ulaşan gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

2.2.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitleri 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 kabul edilmiştir. Bu sınırlara esas olan büyüklükler doğrusal elastik yöntemlerde kuvvet cinsinden etki/kapasite oranlarıyken, doğrusal elastik olmayan yöntemlerde şekil değiştirme veya kuvvet cinsinden olmaktadır.

DBYBHY-2006' da tanımlanmış dört kesit hasar bölgesi (minimum hasar, belirgin hasar, ileri hasar ve göçme bölgesi) ve üç kesit hasar sınırı (minimum hasar, güvenlik ve göçme sınırları) Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil.2.1 DBYBHY-2006 Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2.3 Yapı Performans Seviyeleri

Bir yapı sistemi için verilecek performans seviyesi kararı, yapısal eleman hasarlarının, bir önceki kısımda tanımları yapılan kesit hasar bölgeleri içindeki dağılımı belirlemektedir.

2.3.1 FEMA 356' da Yapı Performans Seviyeleri

Yapının deprem etkisi altında beklenen performansı, ortaya çıkacak hasar, sınırlı güvenlik, ekonomik kayıp ve kullanıma ara vermenin doğurduğu sakıncaların toplamı olarak ifade edilir. Yapının hedeflenen performans seviyesi, yapısal ve yapısal olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminden oluşmaktadır.

a)1-A:Kullanıma Devam Yapısal Performans Seviyesi (S1+NA):Binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında hasar yoktur veya kolaylıkla onarılabilecek durumda hasar oluşmaktadır. Birtakım esas olmayan sistemler fonksiyonel olmamasına rağmen bina ikametgah ve kullanıma uygundur. Yapı sistemi deprem öncesi dayanım, rijitlik ve sünekliliğini aynen korumaktadır. Bu yapı performans seviyesinde ,yapılar yaşam güvenliği açısından son derece düşük risk taşımaktadır.

Yer hareketinin çok düşük durumlarında, bir çok yapı bu performans seviyesini sağlamalıdır.

b)1-B:Hemen Kullanım Yapısal Performans Seviyesi (S1+NB):Yapısal elemanlarda hasar oluşmaz veya çok az hasar meydana gelir ve yapısal olmayan elemanlarda da önemsiz hasarlar meydana gelebilir. Yapı orijinal dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde korumaktadır. Binanın hemen kullanımı mümkün olmakla beraber, binanın normal olarak fonksiyonunu yerine getirmeden önce bir takım ufak onarımlar ya da temizlemeler yapmak gerekli olabilir. Deprem esnasında yaralanma riski oldukça düşüktür. Birçok yapı sahibi, orta şiddetli bir deprem karşısında bu performans seviyesini elde etmeyi istemektedir.

c)3-C :Can Güvenliği Yapısal Performans Seviyesi (S3+NC)Binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında belirli ölçüde hasar meydana gelir. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir kısmını yitirmiştir. Yapının tekrar oturulmadan önce onarılması gereklidir ve bu onarım ekonomik olarak pratik olmayabilir. Can güvenliği açısından risk düşüktür. Bu seviye günümüzde yönetmeliklerin yeni yapılar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanır.

d)5-E:Göçmenin Önlenmesi Yapısal Performans Seviyesi (S5+NE)Yapı ancak düşey yükler altında stabilitesini koruyabilmektedir. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin önemli bölümünü kaybetmiştir. Ana şoku takip edecek artçı depremler karşısında yapının ayakta kalması zordur. Ekonomik kayıp büyüktür ve yapının kullanılmaması gerekir.

FEMA 356'da verilen, hedeflenen yapı performans seviyelerinde, yapı genelinde (sistem bazında) oluşması beklenebilecek hasarlar Tablo 2.5'de sunulmuştur.

Tablo 2.5 Hedef yapısal performans seviyelerinde yapıda oluşması beklenen hasarlar (FEMA-356)

Hasar	Hedeflenen Yapı Performans Seviyeleri			
	Göçmenin Önlenmesi	Can Güvenliği	Hemen Kullanım	Tam İşlevsel
	Ağır	Orta	Hafif	Çok Hafif
Genel	Çok küçük bir rijitlik ve dayanım kalmıştır, ancak kolonlar yük taşımaya devam etmektedir. Dolgu duvarlar çatlamıştır. Yapı göçmenin eşiğindedir.	Tüm katlarda belli bir rijitlik ve dayanım vardır. Kirişlerin çoğu işlevseldir. Duvarlarda düzlem dışı devrilme gibi olaylar yoktur. Küçük miktarda kalıcı ötelenme vardır. Binada güçlendirme ekonomik olmayabilir.	Kalıcı ötelenme yoktur. Yapı ilk durumundaki rijitlik ve dayanıma sahiptir. Cephe kaplamalarında, bölme duvarlarda küçük çatlaklar olabilir. Asansörler kullanıma devam edebilir. Yangın tertibatında herhangi bir sorun yoktur.	Kalıcı ötelenme yoktur. Yapı ilk durumundaki rijitlik ve dayanıma sahiptir. Su, yangın, asansör tesisatı kullanılabilir durumdadır.

FEMA 356'da verilen, hedeflenen yapı performans seviyelerinde, betonarme yapı sistemini oluşturan yapısal elemanlarda (çerçeve, perde duvar, döşemeler ve temeller) görülebilecek hasarlar ve bunlara ait sayısal değerler Tablo 2.6'da sunulmuştur.

Tablo 2.6 Üç farklı yapısal performans seviyeleri tanımlanmış çeşitli yapısal elemanlarda oluşması beklenen hasarlar (FEMA-356, 2000)

Eleman	Hasar Yeri veya Tipi	Yapı Performans Seviyeleri		
		Göçmenin Önlenmesi	Can Güvenliği	Hemen Kullanım
Betonarme Çerçeve	Ana Taşıyıcı	Sünek elemanlarda ileri derecede çatlaklar ve mafsallarda oluşumu. Gevrek kolonlarda küçük çatlaklar ve donatı bindirme hasarları. Kısa kolonlarda ağır hasar	Yaygın kırış hasarı. Sünek kolonlarda 3 mm den küçük kesme veya ezilme çatlakları. Gevrek elemanlarda küçük beton ezilme çatlakları. Tüm çatlaklar 3 mm den küçük.	Küçük kılcal çatlaklar. Birkaç noktada sınırlı plastikleşme. Beton ezilme birim şekil değiştirmesi değeri "0,003" den küçük olmalıdır.
	Yanal Ötelenme	%4 geçici veya kalıcı	%2 geçici %1 kalıcı	%1 geçici çok küçük kalıcı
Perde Duvar	Ana Taşıyıcı	Önemli eğilme ve kesme çatlakları. Kabuk betonu ezilmesi ve donatıda burkulma. Pencere boşluklarında göçme. Bağ kirişlerinde gözle görülen hasar	Donatılarda sınırlı burkulma. Pencere boşluklarında hasar. Bağ kirişlerinde eğilme ve kesme çatlakları olmasına rağmen beton yerindedir.	Bazı perdelerde 1,5 mm den küçük kılcal çatlaklar. Bağ (transfer) kirişlerinde 3 mm den küçük çatlaklar.
	Yanal Ötelenme	%2 geçici veya kalıcı	%1 geçici %0,5 kalıcı	%0,5 geçici çok küçük kalıcı
Döşemeler	---	Çatlaklar etrafında gözlenebilir beton hasarı	Yoğun çatlak (0,6 mm den küçük). Yerel beton ezilmesi	1,5 mm den küçük yayılı kılcal çatlaklar
Temeller	---	Büyük oturma ve dönme hasarı	Toplam oturma < 15 cm; Farklı oturma < 1,3 cm (9 m için)	Hafif oturma ve ihmal edilebilir dönmeler

2.3.2 DBYBHY-2006' da Yapı Performans Seviyeleri

DBYBHY-2006' da binaların deprem güvenliği, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu için tanımlanmıştır. Doğrusal veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Bunun sonucuna göre bina için güçlendirme kararları oluşturulur.

Betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

a)Hemen Kullanım Durumu: Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Bu durumda bina Hemen Kullanım Durumu'nda kabul edilir. Güçlendirilmesine gerek yoktur.

b)Can Güvenliği Durumu: Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Bu durumda bina *Can Güvenliği Durumu*'nda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

c)Göçmenin Önlenmesi Durumu:Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Bu durumda bina Göçmenin Önlenmesi Durumu'nda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst

kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

d)Göçme Durumu: Bina göçmenin önlenmesi durumu'nu sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

BÖLÜM ÜÇ

DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPI PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, önceden hedeflenen bir deprem etkisi için yapıda oluşan deprem taleplerini (istemlerini) belirlemektir. Bu talepler doğrusal elastik hesap yöntemlerinde kesit kırılma türünden bağımsız olarak sadece iç kuvvet istemlerinin, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerindeyse, gerek sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemlerinin gerekse gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, ilgili yönetmeliklerde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır.

İncelenen yapıda hangi hesap yöntemini uygulamanın uygun olacağı, yapının taşıyıcı sistem özelliklerine bağlıdır. Yapıda mevcut olan burulma davranışı, katlar arası dayanım veya rijitlik süreksizlikleri, büyük döşeme boşlukları gibi yapısal düzensizlikler veya deprem etkisinin dönme serbestlik derecesinde bir bileşen içermesi kullanılacak yöntemi belirlemektedir.

Yapı sistemlerinde deprem etkilerinin belirlenmesine yönelik yöntemler; doğrusal elastik hesap yöntemleri, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri olarak üçe ayrılabilir. Doğrusal elastik hesap yöntemi olarak bu tez çalışmasında, DBYBHY-2006'da yer alan hesap yöntemi esas alınmış ve Bölüm 3.1'de detaylı olarak açıklanmıştır. Tez kapsamında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü olmak üzere iki farklı doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi kullanılmış ve bu yöntemlere ait açıklamalara Bölüm 3.2'de yer verilmiştir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri bu tez çalışmasının kapsamı dışındadır.

DBYBHY-2006'da doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için tanımlanan genel ilke ve kurallar aşağıda sunulmuştur.

a) Deprem etkisinin tanımında elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde gereken değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).

b) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

c) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

d) Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları zati ve hareketli yüklerin ortak etkilerini göz önünde bulundurularak hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

e) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.

f) DBYBYH-2006'ya göre kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

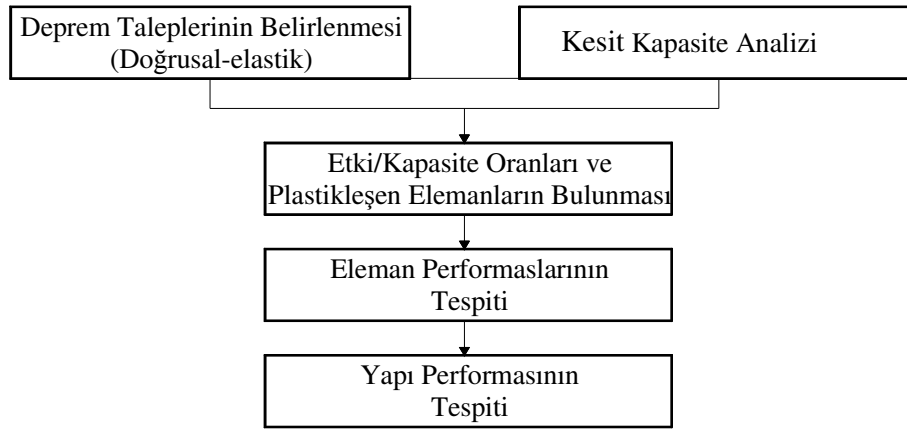
g) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınacaktır.

h) Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekil değiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılacaktır.

3.1 Deprem Etkisi Altında Yapı Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi

Performansa dayalı deprem mühendisliğindeki gelişmeler, yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. (ATC-40, FEMA-356). Ancak bu yöntemler incelenen bina ile ilgili detaylı bilgiler gerektirmektedir. Ayrıca doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemlerinin genel deprem performansının etkin bir şekilde belirlenmesinde iki dezavantajı vardır. Bunlardan ilki bu yöntemlerin, mühendislik pratiğinde henüz yaygınlaşmamış ve doğrusal elastik yöntemler kadar standartlaşma aşamasında olmayan doğrusal olmayan analizler gerektirmesidir. İkinci olarak ta incelenmesi gereken yapı stoğunun büyüklüğünden dolayı işlem yoğunluğu olan ve fazla zaman alan yöntemlerin pratik olmayacağıdır. Bu zorlukların üstesinden gelecek basit ve daha verimli yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bölümde işlem adımları açıklanacak olan yöntem olan bu ihtiyaçtan hareketle geliştirilmiştir ve DBYBHY-2006'da yer bulmuştur. Binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemi, üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki yapıya etkiyecek elastik deprem yüklerinin bulunması, ikincisi yapı elemanlarının kapasite hesabının yapılmasıdır. Son aşama ise önceki iki adımdan elde edilen etki/kapasite oranlarının uygun sınır değerlerle kıyaslanarak önce kesit sonra da yapı bazında deprem performansının tespit edilmesidir. DBYBHY-2006'da yer alan binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan hesap yöntemin ana işlem adımları Şekil 3.1' de sunulmuştur.



Şekil 3.1 Doğrusal elastik değerlendirme hesabın akış şeması

3.1.1 Deprem Taleplerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yapı sistemlerinin deprem performansının belirlenmesi için uygulanan doğrusal elastik hesap yönteminde kullanılacak olan kuvvet cinsindeki deprem etkilerinin bulunmasında Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında BY1-4 ve BY1-8 binaları eşdeğer deprem yüğü yöntemi, BY2-4 ve BY2-8 binaları ise mod birleştirme yöntemi esas alınarak çözülmüş ve buradan elde edilen veriler sonucunda deprem performansları belirlenmiştir. Deprem hesabında her iki yöntemde de uyulması gereken kurallar Bölüm 3.1.1.1 ve 3.1.1.2’ de sunulmuştur.

3.1.1.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Bu bölümde Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar ve hesap adımları verilmiştir;

DBYBHY-2006’da verilen, çeşitli yapısal özelliklere göre, eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabilme sınırları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar (DBYBHY-2006)

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

Toplam eşdeğer deprem yükünün gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen *Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü* (taban kesme kuvveti), V_t , Denklem 3.1 ile belirlenecektir.

$$V_t = \lambda WA(T_1) / R_a(T_1) \geq 0,10A_0IW \quad (3.1)$$

λ katsayısı bodrum hariç, bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır. Binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W , Denk.(3.2) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.2)$$

w_i , kat ağırlıkları ise Denklem (3.3) ile hesaplanacaktır;

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.3)$$

Denk.(3.3)'de yer alan hareketli yük katılım katsayısı, n , Tablo 3.2'de verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır. DBYBHY-

2006'da verilen, çeşitli yapı tiplerinde kullanılacak hareketli yük azaltma katsayısı Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

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

Denk.(3.1) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkileyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(3.4) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.4)$$

Binanın N' inci katına (tepe noktasına) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri Denk.(3.5) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.5)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(3.6) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.6)$$

3.1.1.1.1 Yapıların Deprem Taleplerinin Belirlenmesinde Eşdeğer Deprem Yükünün Kullanımına Getirilen Ek Kurallar. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} <$

1.4 olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) Denk.(3.1) ile hesaplanmasında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

3.1.1.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Herhangi bir n ' inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denk.(3.7) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.7)$$

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{N=1}^Y M_{xN} = \sum_{N=1}^Y \frac{L_{xN}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.8a)$$

$$\sum_{N=1}^Y M_{yN} = \sum_{N=1}^Y \frac{L_{yN}^2}{M_n} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.8b)$$

Denk.(3.8)'te yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} ; L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (3.9)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta} \Phi_{\theta n}^2) \quad (3.10)$$

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görel kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{IB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde Denklem 3.1' den hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{IB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denk.(3.11)'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.11)$$

Deprem yönetmeliğinde tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denk.(3.11)'de $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

3.1.1.2.1 Yapıların Deprem Taleplerinin Bulunmasında Mod Birleştirme Yönteminin Kullanımına Getirilen Ek Kurallar. Mod Birleştirme Yönteminin kullanılmasında Denklem (3.7)'de $R_a=1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu olan eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesaplanmasında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

3.1.2 Yapının Kapasite Analizi

Kapasite analizi yapısal kiriş, kolon, perde elemanlarının kırılma türüne göre moment, kesme veya eksenel yük kapasitelerinin ve akması, bir başka deyişle yük taşıma kapasitesine ulaşması muhtemel eleman uçlarının belirlenmesi için yapılır.

3.1.2.1 Kiriş Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

Deprem yönüyle uyumlu olacak şekilde ve azaltılmamış malzeme kapasite dayanımları kullanılarak kiriş uçlarının pozitif ve negatif moment kapasiteleri hesaplanır.

3.1.2.2 Kolon Eksenel Yükleri Ve Kolon Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

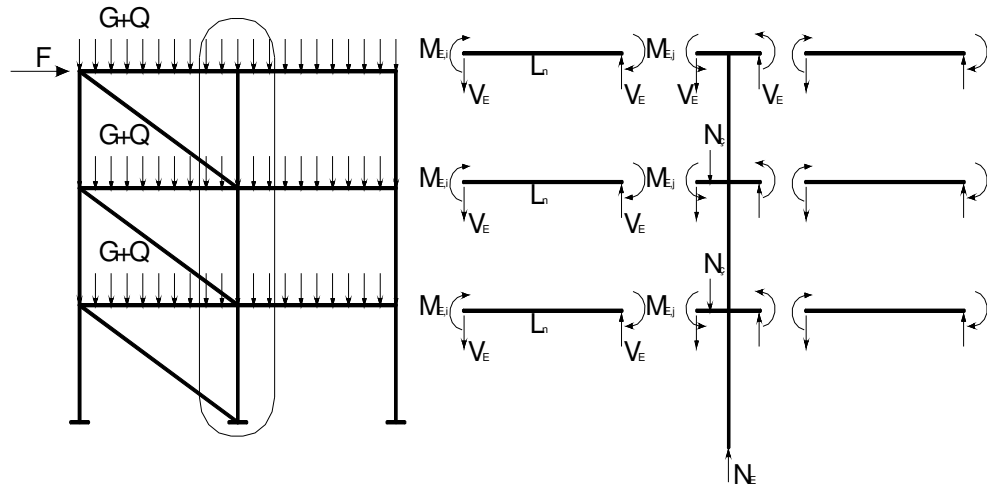
Düşey yüklerden kaynaklanan kolon eksenel kuvvetleri N_D , düşey yükler altında uygulanan doğrusal elastik yöntemler ile elde edilecektir. Deprem yükleri altında oluşan kolon eksenel kuvvetleri N_E ise kirişlerden aktarılacak en büyük kesme kuvvetleriyle sınırlı olacağından bu yükleri doğrusal elastik hesapla bulmak uygun

değildir. Bundan dolayı deprem yükünden kaynaklanan kolon eksenel yükü izleyen paragraflarda açıklanan limit hesabı ile bulunacaktır. Limit analizi ile bulunan bu yükler yapının yatay yük yük kapasitesine ulaştığı andaki eksenel yükleri olacaktır. Bu durum güçlü depremlerde bir çok yapının yatay yük taşıma kapasitesinin aşıldığı düşünüldüğünde kabul edilebilir bir varsayımdır.(Günay ve Sucuoğlu,2006)

İlk aşama olarak tüm kirişlerin her iki ucunun uygulanan deprem kuvvetinin yönü ile uyumlu yönlerde eğilme kapasitelerine ulaştığı varsayılacaktır. Böylece hesaplanan toplam kapasite momentlerinden (M_K), düşey yükler altında oluşan kiriş uç momentleri (M_D) çıkartılarak deprem artık kapasite momentleri M_E hesaplanacaktır. Deprem artık kapasite momentlerini dengeleyen kiriş kesme kuvvetleri V_E , Denklem (3.12) ile bulunacaktır. Kolonun düşey yöndeki dengesi düşünülürken, kolona düzlemsel olarak bağlanan kirişlerin kesme kuvvetlerinin yanı sıra, çapraz elemanlarla modellenen dolgu duvarların düşey yönde aktaracakları kuvvetler de göz önüne alınmalıdır.Çapraz elemanların düşey yönde aktaracakları kuvvetler bu elemanların eksenel kuvvet kapasitesinin düşey bileşeni ile sınırlı olacaktır.

$$V_E = (M_{E,i} + M_{E,j})/l_n \quad (3.12)$$

Kirişlerden aktarılan en büyük kesme kuvveti ve çapraz elemanın eksenel yükünün düşey bileşeninin toplamından elde edilen kolon eksenel yüklerinin şematik gösterimi Şekil 3.2’de sunulmuştur.



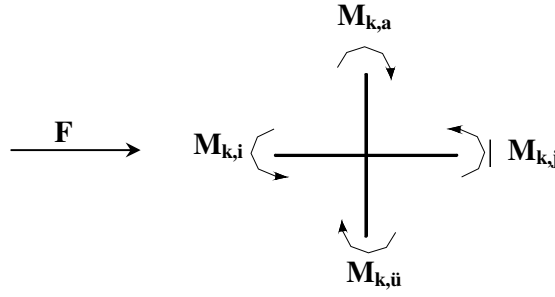
Şekil 3.2 Kiriş artk moment kapasiteleri ve dengeleyen kesme kuvvetleri

Hesaplanan N_E tesirlerinin üzerine önceden bulunmuş N_D değerleri eklenerek bu aksinel yük altında kolon moment kapasitesi karşılıklı etkileşim diyagramları kullanarak bulunur.

3.1.2.3 Düğüm Noktalarındaki KKO Değerlerinin Hesaplanması

Bu noktaya kadar tüm kiriş uçlarının moment kapasitesine ulaşmış olduğu bir başka deyişle akmış olduğu varsayımı yapılmıştı. Ancak kolonların kirişlerden zayıf olduğu düğüm noktalarında kolon uçları akacak ve kiriş uç momentlerinin değerlerinin kapasite değerlerine ulaşmasını engelleyecektir. Bu durumu göz önüne almak için tüm düğüm noktalarında toplam kolon moment kapasitesinin, toplam kiriş moment kapasitesine oranını ifade eden kolon-kiriş kapasite oranı (KKO) değerleri Denklem (3.13) ile bulunacaktır:

$$KKO = \frac{M_{Ka} + M_{Ku}}{M_{Ki} + M_{Kj}} \quad (3.13)$$



Şekil 3.3 Düğüm noktasına bağlanan elemanların
deprem yönüyle uyumlu moment kapasiteleri

3.1.2.4 Kiriş Uç Momentlerinin Düzeltilmesi Ve Kolon Kapasitelerinin Yenilenmesi

Eğer bir düğüm noktasında KKO değeri 1'den büyük ise, bu birleşime saplanan kirişler için yapılan kiriş uçlarının kapasitelerine ulaştıkları varsayımı geçerlidir. Değilse bu birleşime saplanan kiriş uçlarının kapasite momentleri (M_K) KKO ile çarpılarak azaltılacaktır. Tüm birleşimler için bu işlem yapıldıktan sonra Denklem (3.12)' ye dönülecek ve kapasite momentleri yerine düzeltilmiş kiriş uç momentleri kullanılarak N_E tekrar hesaplanacaktır. Bu işlemlerin sadece bir kez tekrar edilmesi yeterlidir.

3.1.2.5 Akması Olası Eleman Uçlarının Belirlenmesi

Eğer bir düğüm noktasında KKO değeri 0,8 değerinden küçükse kolon uçları, 1,2 değerinden büyükse kiriş uçları akması olası eleman uçları olarak belirlenir. Eğer KKO değeri 0,8 ve 1,2 arasında ise bu düğüme bağlanan tüm eleman uçları akma potansiyeline sahiptir. Burada 0,8 ve 1,2 değerlerinin kullanılmasının iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi kolon aksenal yüklerinin, moment kapasitelerinin ve dolayısıyla KKO değerlerinin yaklaşık hesabındaki muhtemel hataları gidermek, ikincisi ise rijit kolon-kiriş düğüm noktalarının dengesinde kesme kuvveti etkisinin göz önüne alınmamasından dolayı yapılan hataları gidermektir. (Günay ve Sucuoğlu, 2006)

3.1.2.6 Etki/kapasite Oranlarının Hesabı Ve Akma Dağılımının Belirlenmesi

Bir önceki adımda akması muhtemel eleman uçları olarak belirlenen tüm elemanların etki/kapasite, r oranları deprem talebini artık moment kapasitesine bölerek hesaplanır;

$$M_E = M_K - M_D \quad (3.14)$$

$$r = \frac{M_{deprem}}{M_E} \quad (3.15)$$

Burada M_K kiriş kapasite momentini, M_D düşey yüklerin etkisinden kaynaklanan kiriş uç momentini, M_E artık kapasite momentini, M_{deprem} doğrusal elastik hesapla elde edilen talep deprem momentini ve r ise etki/kapasite oranını göstermektedir. Eğer akması muhtemel bir eleman ucunda r değeri bir den büyükse bu eleman ucu akan, bir başka deyişle plastikleşen uç olarak adlandırılır. r değeri birden küçükse, o eleman ucu elastik kalmış uç olarak belirlenir.

3.1.2.7 Eleman göçme tipinin belirlenmesi

Yukarıda adımları açıklanan yöntem göçme tipi eğilme olan sünek elemanlara daha uygundur. Bundan dolayı kesme veya eksenel basınç kırılması kontrolü yapılmalıdır.

3.1.3 Kesit Hasarı ve Yapı Performansının Belirlenmesi

3.1.3.1 Yapı Elemanlarının Kırılma Türleri

Öncelikle yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde, elemanlar kapasitelerine hangi kırılma türünde ulaştıklarına bağlı olarak “sünek” veya “gevrek” olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Buna göre betonarme elemanların kırılma

türleri eğilme ise sünek, aksenal basınç, çekme veya kesme ise gevrek olarak sınıflandırılmaktadır.

Sarıma bölgesindeki enine donatı koşulları DBYBHY-2006'da verilen ilgili koşulları sağlamayan betonarme kiriş, kolon, perde elemanları sargılanmamış, sağlayanlar ise sargılanmış eleman sayılır. Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “*sünek*”, kesme ise “*gevrek*” olarak sınıflanırlar.

Sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların *etki/kapasite oranları*, (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

Etki/kapasite oranlarının sınır değerleri Tablo 3.3, 3.4, 3.5, 3.6' da sünek ve gevrek elemanlar için ayrı ayrı verilmiştir. Sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e 'nin kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Aşması durumunda bu elemanlar gevrek eleman sınıfında sayılırlar. $H_w/\ell_w > 2.0$ olan, uç bölgeleri olan ve yatay gövde donatısı oranı $\rho_{sh} > 0.0025$ olan perdeler de sünek eleman olarak kabul edilecektir. Bu koşulları sağlamayan betonarme elemanlar gevrek eleman olarak sınıflandırılacaktır.

Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları, hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan basınç dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir. Kesit kesme kuvveti dayanımı ve basınç dayanımı hesabında tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılacaktır.

Doğrusal elastik talep hesabı ve kapasite analizi sonucunda bulunan etki/kapasite (r) değerleri aşağıda kiriş, kolon ve perde için verilen eleman hasar sınır değerleriyle kıyaslanarak önce kesit sonrada yapı bazında performans değerlendirmesi yapılır.

Yapılacak doğrusal elastik hesap sonucu elde edilecek kiriş, kolon, perde ve güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların etki/kapasite oranları, Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6 da ilgili elemanlara göre tanımlanmış sınır değerlerle karşılaştırılarak kesit hasar seviyeleri belirlenir.

Yukarıda hesap adımları açıklanan yapı performansının belirlenmesinde kullanılacak doğrusal elastik hesap yönteminin hesap akış şeması Şekil 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
Gevrek Kirişler			1	1	1

Tablo 3.4 Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

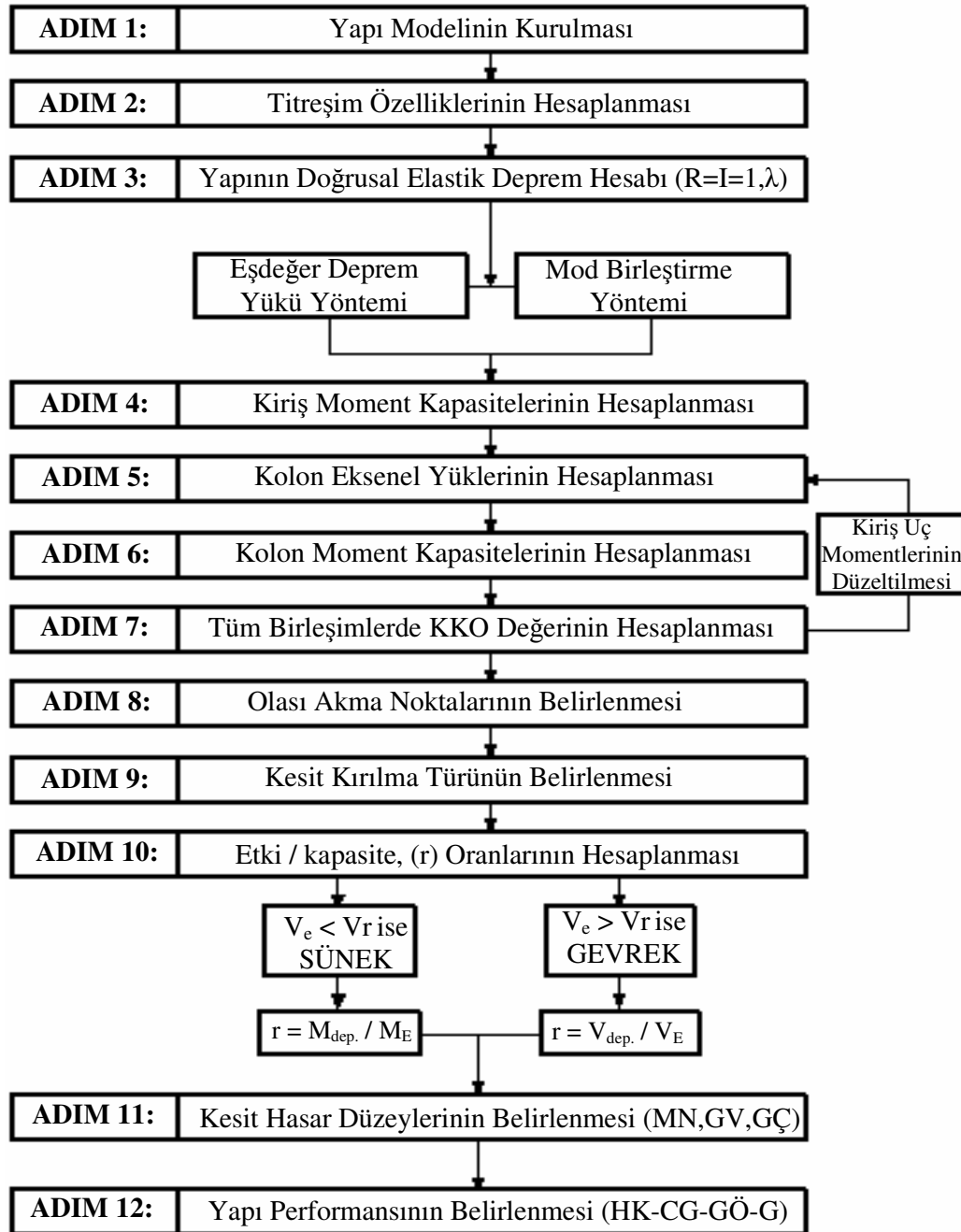
Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4	Var	≥ 1.30	2	3	5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
Gevrek Kolonlar			1	1	1

Tablo 3.5 Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Sargılama			
Var	3	6	8
Yok	2	4	6
Gevrek Perdeler	1	1	1

TABLO 3.6 Güçlendirilmiş yığma dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r) ve görelî kat ötelemesi oranları

$\ell_{\text{duvar}} / h_{\text{duvar}}$ oranı aralığı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
0.5 - 2.0			
Etki/Kapasite Oranı (r)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-



Şekil 3.4 Yapı performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal elastik hesap yönteminin işlem adımları

3.2 Deprem Etkisi Altında Yapı Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi

Performansa dayalı analizin yapıyı oluşturan kesit hasarını, geleneksel doğrusal elastik yöntemlerle yapılanın aksine, sadece taşıma gücünün aşılp, aşılmadığına göre değil elastik ötesi şekil değiştirme değerlerine bağlı olarak tanımlaması, bu yöntemle uyumlu kullanılabilecek analiz yöntemleri ihtiyacı doğurmuştur.

Bununla beraber deprem etkilerinin elastik sınırlar içinde karşılanması kabulü ekonomik olmayan çözümlere neden olmaktadır. Yapının ömrü boyunca karşılaşması ihtimali düşük olan deprem yüklerinin, sürekli olarak düşey yükler gibi elastik sınırlar içinde kalacak şekilde hesaba katılması çok doğru bir yaklaşım olmamaktadır. Deprem yüklerinin, yapı elemanı kesitlerinde büyük şekil değiştirmelere izin vermeden elastik ötesi kapasitenin kullanarak karşılanması ekonomik bir gerekliliktir.

Bu bölümde doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin esasını oluşturan yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışı genel hatlarıyla açıklanıp, bu yöntemlerden doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü olmak üzere iki tanesinin işlem adımları açıklanacaktır.

3.2.1 Yapı Elemanlarının Dış Yükler Altındaki Doğrusal Olmayan Davranışı

Bir yapı sisteminin dış yükler altındaki hesabı sonucunda elde edilen kesit zorları, şekil değiştirmeler ve yer değiştirmelerin sağlanması gereken üç koşul vardır:

- 1) Bünye bağıntıları (iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları)
- 2) Denge denklemleri
- 3) Geometrik uygunluk koşulları

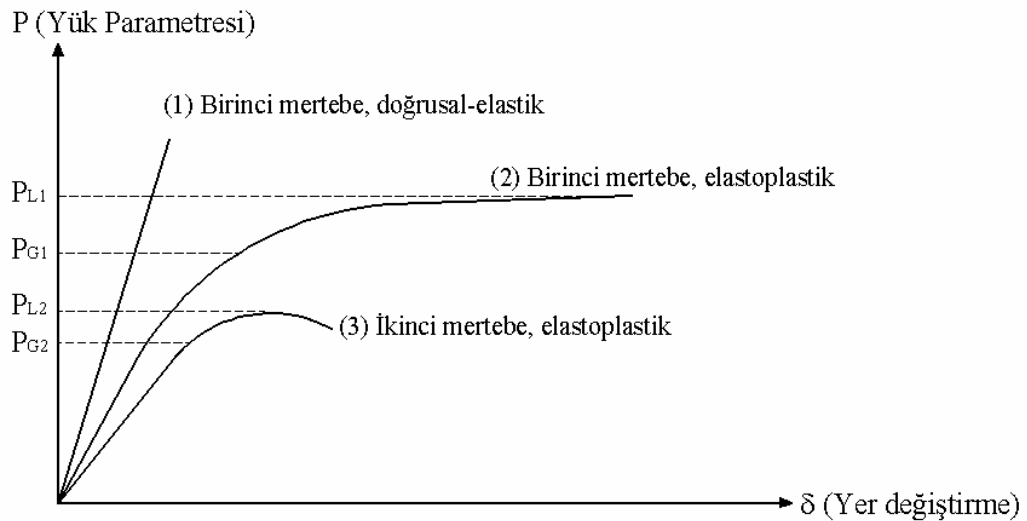
Bir yapı sisteminin dış yükler altındaki doğrusal olmayan davranışı iki nedene dayanmaktadır:

a)Yapı malzemelerinin doğrusal elastik olmaması nedeniyle, gerilme-şekil değiştirme bağıntılarının doğrusal olmaması,

b)Artan yük seviyeleri için yer değiştirmelerin küçük olmaması (geometri değişimleri) nedeniyle denge denklemlerinin ve bazı durumlarda geometrik uygunluk koşullarının doğrusal olmaması.

Yapı analizinde, bir yapı sistemine etkiyen kuvvetler, yük parametresi adı verilen Bir P parametresi ile orantılı olarak değişmektedir. Her dış kuvvete ait orantı sabitleri sırasıyla $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$ ise sisteme etkiyen yükler $P_1= P. p_1, P_2= P. p_2, \dots, P_i= P.p_i, \dots, P_n= P.p_n$ olarak ifade edilebilir. Yüklemin şiddetini tanımlayan P parametresidir.

Düşey ve yatay yükler etkisindeki bir yapı sisteminin artan yük parametreleri için doğrusal ve doğrusal olmayan teorilere göre yapılan hesabında elde edilen yük parametresi – yer değiştirme bağıntıları Şekil 3.5’ de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Yük parametresi – yer değiştirme bağıntıları

Malzemenin sınırsız doğrusal elastik davrandığı yapı sistemlerinin yük parametresi – yer değiştirme ilişkisi (1) doğrusuyla temsil edilir. Bu durumda yük parametresi – yer değiştirmesi arasında da doğrusal bir bağıntı ortaya çıkar.

Malzeme bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinin yük parametresi – yer değiştirmesi ilişkisi (2) eğrisiyle verilmiştir. Yük parametresi arttıkça kesitlerde plastik şekil değiştirmeler başlamaktadır ve kesitlerdeki artan şekil değiştirmelere karşılık kesit tesirleri daha yavaş artmaktadır. Bunun sonucunda sistemde artan yer değiştirmelere karşılık yük parametresinin artışında bir azalma gözükmemektedir ve ilerleyen yer değiştirme durumlarında yük parametresi bir limit yüke yakınsamaktadır. Sistemin taşıma gücünün sona erdiği bu yük parametresine birinci mertebe limit yük (P_{L1}) denilmektedir.

Doğrusallığı bozan iki etkininde göz önüne alındığı ikinci mertebe elastoplastik teoriye göre hesap edilen yük parametresi – yer değiştirme bağıntısı (3) eğrisiyle verilmiştir. Bu bağıntıda doğrusal elastik sınır aşıldıktan sonra kesitlerde oluşan plastik şekil değiştirmeler nedeniyle yer değiştirmeler daha hızlı artmaktadır. Dış yükler P_{L2} değerine ulaşıncaya kadar meydana gelen plastik mafsallar nedeniyle rijitliği azalan sistemin burkulma yükü dış yük parametresinin altına düşer. Yük parametresi – yer değiştirme bağıntısında artan yer değiştirmelere azalan yük parametrelerinin karşılık gelmeye başladığı bu seviyeye ikinci mertebe limit yük denilmektedir.

Bazı durumlarda yapı sistemine etkiyen dış yükler limit yüke erişmeden önce yapı elemanlarında meydana gelen büyük şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler, büyük çatlak ve kırılmalar gibi etkenler sistemin göçmesine neden olabilir. Yapı sistemlerinin göçme güvenliklerinin belirlenmesinde limit yüklerin yanında, çoğu kez limit yüklerden daha küçük değerlerde olan yükler (P_{G1} , P_{G2}) de hesaplanmalıdır.

Yapıların malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan analizinde hesap yöntemleri, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olması durumunun dikkate alındığı yöntemler ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal (plastik kesit) olarak adlandırılan belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı kabulünün yapıldığı plastik mafsal hipotezine dayanan yöntemler olarak ayrılmaktadır. (Özer, 2004). Bu tez çalışmasında kullanılan her iki doğrusal olmayan hesap yöntemi ilkeleri de plastik mafsal hipotezine dayanmaktadır.

3.2.1.1 Betonarme Yapı Elemanlarının Doğrusal Olmayan Davranışının Modellenmesinde Temel Kavramlar

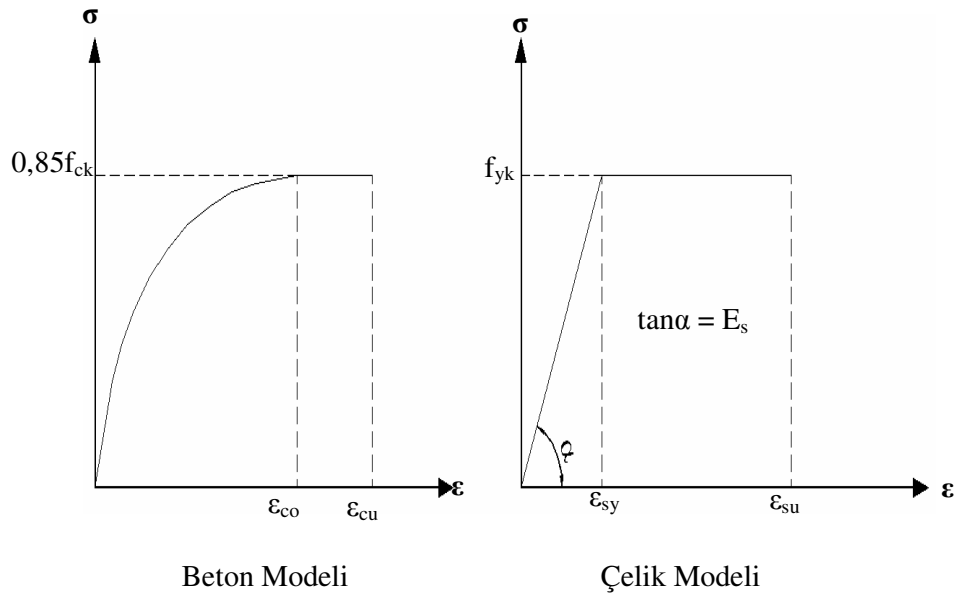
3.2.1.1.1. Temel Varsayımlar. Eğilme momenti ve aksel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerde şekil değiştirme ilişkilerinin belirlenmesinde aşağıdaki varsayımlar yapılmaktadır.

1) Düzlem kesitler, şekil değiştirmeden sonra da düzlem kalırlar (Bernoulli Hipotezi). Kesitteki her noktanın kesit düzlemine dik doğrultudaki şekil değiştirmesi tarafsız eksene dik olan uzaklığıyla orantılı olmaktadır.

2) Beton ve donatı çeliği arasında tam aderans vardır. Tarafsız eksene eşit uzaklıktaki beton elemanı ile donatı çeliği eşit miktarda şekil değiştirme yapmaktadır.

3) Betonun çekme dayanımı çok küçük olduğu için hesaba katılmamaktadır ya da kesit çatladıktan sonra betonun çekme dayanımı ihmal edilmektedir.

Genel olarak donatı çeliği ve betonun gerilme – şekil değiştirme bağıntısı için yapılan kabuller Şekil 3.6 de gösterilmiştir. Literatürde sargı etkisinin de göz önüne alınabildiği beton modelleri de mevcuttur.



Şekil 3.6 Temel beton ve çelik gerilme – şekil değiştirme modelleri

Beton gerilme – şekil değiştirme bağıntısında;

f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımını,

ϵ_{co} : Betonda plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelen birim kısalmayı,

ϵ_{cu} : Betonda izin verilen en büyük birim kısalmayı göstermektedir. Betonda plastik şekil değiştirmelerin $\epsilon_{co} = 0,002$ değerinde başladığı kabul edilmektedir. Beton en üst basınç lifindeki birim kısaltmaların $\epsilon_{cu} = 0,003 - 0,004$ sınır değerine ulaşmasıyla betonun ezilerek taşıma gücünü kaybettiği varsayılmaktadır. (TS 500 - $\epsilon_{cu} = 0,003$). Sargı donatısı ile sarılmış betonda bu değer daha büyük değerler olabilir.

Donatı çeliği gerilme – şekil değiştirme bağıntısında;

E_s : Donatı çeliği elastisite modülünü,

f_{yk} : Donatı çeliği akma gerilmesini,

ϵ_{sy} : Akma durumuna karşılık gelen birim uzamayı,

ϵ_{su} : Kopma durumuna karşılık gelen çelik birim uzama değerini göstermektedir.

Bu ilişkide çeliğin pekleşmesi ihmal edilmiştir. Donatı çeliğinin en büyük uzaması olan ϵ_{su} değeri için TS 500'de bir sınırlama yoktur. Genel olarak ϵ_{su} değeri için 0,01 değeri önerilmektedir.

3.2.1.1.2 Betonarme Kesitlerde Akma Koşulları. Dış yükler altındaki yapı sistemlerinde yüklerin artması neticesinde kesit tesirlerinin belirli sınır değerlere erişmesi halinde; akma, kırılma veya büyük şekil değiştirmeler sonucu taşıma gücü kaybı oluşur. Bir kesitin taşıyabileceği kesit zorları (M, N, T) bileşkesinin en büyük değerini gösteren bu durum kırılma olarak adlandırılmaktadır.(Özer, 2004)

Betonarme kesitlerde, kesitin taşıma gücünü ifade eden bağıntıya kırılma şartı denilmektedir ve genel olarak;

$$K (M, N, T) = 0 \quad (3.16)$$

şeklinde yazılabilir. Kayma şekil değiştirmeleri, eğilme ve uzama şekil değiştirmelerinin yanında ihmal edilirse kırılma şartı aşağıdaki ifadeyle verilir;

$$K (M, N) = 0 \quad (3.17)$$

Eğik eğilme etkisi altındaki bir betonarme kesit için

$$K (M_x, M_y, N) = 0 \quad (3.18)$$

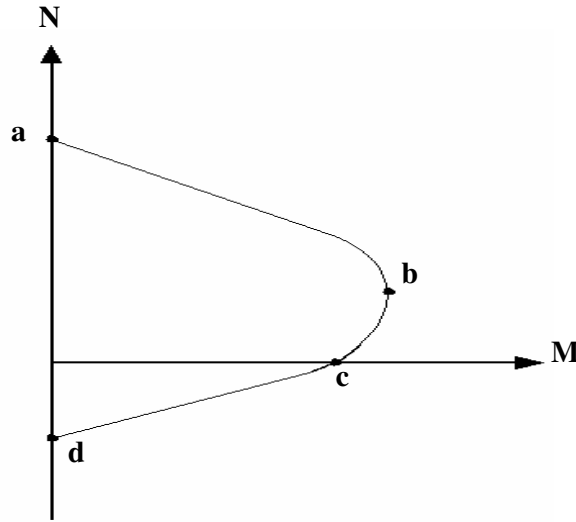
şeklinde yazılabilir. Bu bağıntıda M_x ve M_y kesite iki yönde etkiyen eğilme momentlerini, N normal kuvveti göstermektedir. Güç tükenmesine karşılık gelen çeşitli kesit şekil değiştirme durumları için (M_x, M_y, N) değerleri bulunabilir. Doğrusal olmayan bir fonksiyon olan bu bağıntının eksen takımına taşınması sonucu

kırılma yüzeyleri elde edilir. Güç tükenmesi durumuna karşılık gelen bu yüzeyin içinde kalan noktalarda hesaplanan kesit tesirleri takımını kesit taşıyabilmektedir, yüzeyin üzerinde yer alan noktalara karşı gelen kesit zorları takımını için kesit sınır değerdedir ve yüzeyin dışında yer alan durumları kesit taşıyamamaktadır.

3.2.1.1.3 Bileşik Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kesitler. M_x , eğilme momenti ve N aksenal kuvvetten oluşan bileşik eğilme etkisi altındaki betonarme bir kesitte kırılma koşulu;

$$K (M_x, N) = 0 \quad (3.19)$$

şeklindedir. Bu bağıntı dik koordinat sistemine taşındığı zaman kapalı bir eğri elde edilir;(Şekil 3.7)



Şekil 3.7 Bileşik eğilme durumu için akma eğrisi

Bu eğri M_x ve N kesit tesirlerinin çeşitli değerlerine karşılık gelen güç tükenmesi durumlarını temsil eder. a noktası aksenal basınç durumuna karşı gelen noktadır ve bu durumda betonarme kesitin taşıdığı basınç kuvveti,

$$N = 0,85 f_{ck} A_c + f_{yk} A_s \quad (3.20)$$

Bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. d noktası eksenel çekme durumuna karşı gelen noktadır ve bu durumda betonarme kesitin taşıdığı çekme kuvveti,

$$N = f_{yk} A_s \quad (3.21)$$

bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. A_c beton en kesit alanı, A_s ise kesitteki toplam donatı alanını göstermektedir. c noktası basit eğilme durumuna, b noktası da kesitin en büyük moment taşıma gücüne sahip olduğu duruma karşılık gelmektedir.

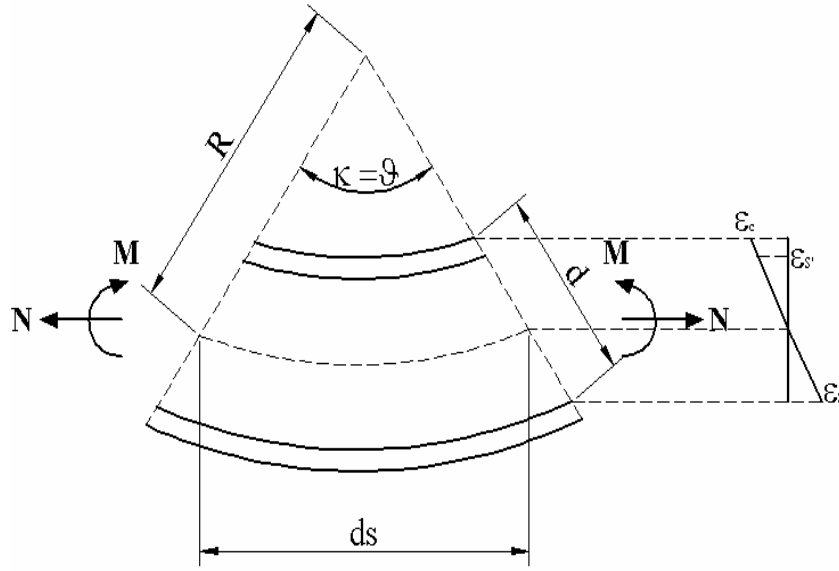
3.2.1.1.4 Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik Bağıntısı . Normal boyuttaki yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirmelerin çoğu, eğilmeden dolayı meydana gelen şekil değiştirmeler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple eğilme etkisindeki yapı elemanlarının dış yük – şekil değiştirme özellikleri genellikle kesitlerin moment-eğrilik ilişkisine bağlıdır.

Yapı sistemlerinin malzeme özellikleri bakımından doğrusal hesap yöntemleriyle çözümlenmesinde, yapı elemanlarının rijitlikleri farklı yük seviyeleri için değişmemektedir. Kesit tesirleri ile kesit rijitlikleri arasında doğrusal bir bağıntının olduğu kabul edildiği için, yapı sistemi yük parametresi ile kesit zorları ve aynı zamanda sistem deplasmanları arasında doğrusal bir bağıntı vardır.

Eğilme momenti etkisindeki kesitlerde, eğilme momenti ve kesit rijitliği arasındaki bağıntı,

$$EI = \frac{M}{\chi} \quad (3.22)$$

ifadesiyle verilmektedir. Bu bağıntıda EI kesit eğilme rijitliği, χ ise kesit eğriliğidir. Eğrilik birim uzunluktaki elemandaki dönme olarak tanımlanmaktadır. Sonsuz küçük eğilmeye maruz bir kiriş parçasında ortaya çıkacak şekil değiştirmeler Şekil 3.8’de gösterilmiştir.

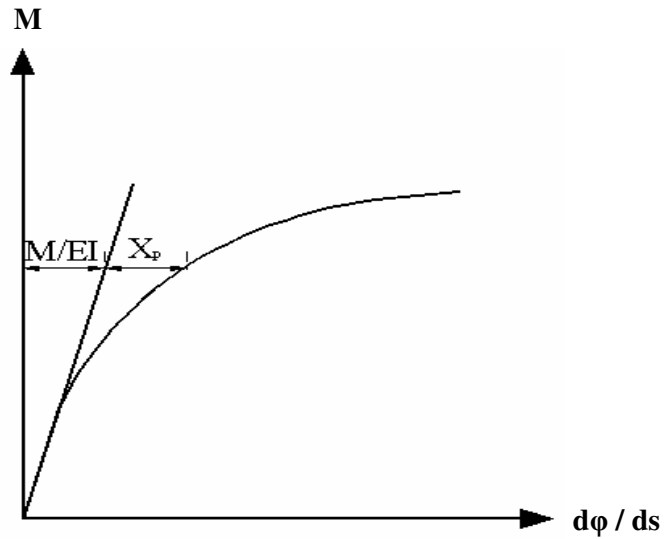


Şekil 3.8 Eğilme etkisindeki kesit şekil değiştirmeleri

Eğilme momenti etkisindeki kesitlerde, moment ve eğrilik arasındaki başlangıçtaki doğrusal olan bağıntı kesit zorları arttıkça bozulmaktadır. Doğrusal olmayan hesapta, eğilme momenti etkisi altındaki kesitlerin doğrusal olmayan davranışını hesaba yansıtan moment – eğrilik bağıntıları kullanılmaktadır. Sabit aksenal yük altında kesit eğriliği,

$$\chi = \frac{d\varphi}{ds} = \frac{M}{EI} + \chi_p \quad (3.23)$$

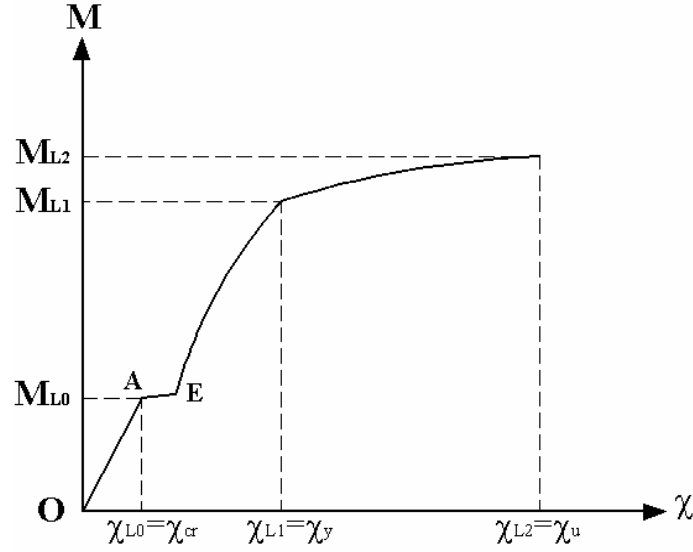
ifadesiyle verilmektedir. $\frac{M}{EI}$ ifadesi doğrusal şekil değiştirmeleri, χ_p terimi doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri temsil etmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Doğrusal ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler

Sabit eksenel kuvvet altında artan eğilme momenti ile zorlanan betonarme çubukların moment – eğrilik ilişkisi üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Şekil 3.10

$(M_{cr} - \chi_{cr})$ betonarme kesitin çekme gerilmesi alan dış lifindeki çatlakların başladığı durumdur. Bu bölgede oluşan çekme gerilmesinin, beton çekme dayanımına (f_{ck}) eşit olması kesitte çatlakların başladığını göstermektedir. Bu bölgeye kadar eğilme momenti ve kesit eğriliği arasındaki oran kesitin eğilme rijitliğine (EI) eşittir. I , kesitin tümüne ait olan atalet momentidir. Kesitte çekme bölgesinde çatlakların başlamasına sebep olan M_{L0} momentidir. Bu noktadan sonra betonun çekme gerilmesi almadığı kabul edilir.



Şekil 3.10 Betonarme kesitlerde moment – eğrilik bağıntısı

$(M_y - \chi_y)$ sınır durumu kesitte plastik şekil değiştirmelerin başladığı noktadır ve M_y kesit akma momenti olarak kabul edilir. Beton dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelir. Plastik şekil değiştirmelerin betonda yaklaşık olarak 0,002 değerinde, çelikte ise akma gerilmesine ulaşılmasıyla başladığı kabul edilir. Plastik şekil değiştirmelerin çekme donatısında başlaması durumunda eğri daha çok yatıklaşmaktadır.

$(M_u - \chi_u)$ sınır durumu kesitin taşıma gücüne ulaştığı kabul edilen sınır durumdur. Bu durumdaki kesitin taşıdığı M_{L2} momenti kesitin taşıma gücünü göstermektedir. bu duruma beton basınç bölgesi en üst lifindeki birim kısalmanın ϵ_{cu} sınır değerine ulaşarak betonun ezilmesiyle yada çekme donatısındaki şekil değiştirmenin ϵ_{su} değerine ulaşarak çekme donatısının izin verilen en büyük şekil değiştirmeyi yapmasıyla ulaşılır.

Beton basınç bölgesinin ezilmesiyle meydana gelen kırılmaya gevrek kırılma durumu denilmektedir. Yapı elemanlarında taşıma kapasitelerine yaklaşıldıkça oluşan şekil değiştirmelerin gözlenip, duruma göre önlem alınabilmesi için gevrek kırılma istenmeyen bir durumdur. Bunun için yönetmeliklerde kesitlerin çekme bölgelerindeki donatı oranları, kesitte beton basınç bölgesinin ezilmesiyle çekme

donatısının kopmasının aynı ana denk gelen dengeli donatı oranı denilen orandan bir miktar küçük kalacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Artan kesit zorları altında beton basınç bölgesinde ezilme olmadan, çekme donatısının akma şekil değiştirmesine ulaşp, belirli bir süre aktıktan sonra kesitin kırılması istenen bir mekanizmadır. Bu şekilde kesitin göçmesi sünek kırılma olarak adlandırılmaktadır.

Gerçekte yapı çeliğinin kopma şekil değiştirmesi büyük oranlara çıksa da, yapı sistemlerinin tasarımında büyük şekil değiştirmelerin önlenmesi için kesitlerin boyutlandırılmasında kullanılan çeliğin en büyük şekil değiştirmesi gerçek kopma değerinden küçük bir değer alınarak sınırlandırılmıştır. Böylece, bir bakıma kesitlerin dönme kapasitesi kontrol altına alınmıştır.

Kesitte kırılma sırasındaki toplam şekil değiştirmenin doğrusal şekil değiştirmeye oranı kesit sünekliği olarak tanımlanmaktadır. Eğilme sünekliği bakımından betonarme bir kesitin sünekliği,

$$M_x = \frac{\chi_u}{\chi_y} \quad (3.24)$$

ifadesiyle verilir. χ_y çekme donatısının akma şekil değiştirmesine ulaştığı andaki kesit eğriliğini, χ_u kesitin kopma durumunda erişebileceği eğriliği göstermektedir.

Kesit sünekliğini etkileyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır.

a)Çekme donatısı oranının artması kesit taşıma gücünü ve χ_y değerini arttırmaktadır ancak χ_u azaldığı için ve kesit sünekliği de azalır.

b)Çekme donatısı akma gerilmesinin artmasıyla χ_y değeri artar, χ_u azalır ve kesit sünekliği azalır.

c) Basınç donatısı oranının artmasıyla χ_y değeri az da olsa artar, χ_u ile birlikte kesit sünekliği de artar.

d) Beton dayanımının artmasıyla veya betonarme elemanda sargı donatısı oranının artmasıyla χ_y değeri azalır, χ_u değeri artar ve kesit sünekliği artmış olur.

e) Kesitteki aksenal kuvvetin artması genellikle kesit sünekliğini azaltmaktadır.

3.2.1.2 Plastik Mafsal Hipotezi

Doğrusal olmayan davranış gösteren yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayımı yapılmaktadır. Aşağıdaki bölümde, bu kesitlerde yük- yer değiştirme bağıntısının elde edilmesi konusuna değinilmiştir.

Yeter derecede sünek yapı sistemlerinde (çelik yapılar ve belli koşullarda betonarme), plastik mafsal hipotezi esas alınarak yapılan hesaplar önemli derecede kısalmaktadır.

Toplam şekil değiştirmelerin, en büyük doğrusal şekil değiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal adı verilen küçük bir bölgeye yayıldığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu hipoteze “plastik mafsal hipotezi” adı verilir.

Bu hipotezde, çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğundaki bir bölgede toplanmış olan plastik (doğrusal-olmayan) şekil değiştirmelerin

$$\varphi_p = \int_0^{l_p} \chi_p * ds \quad (3.25)$$

$$l_p \approx 0,5d \quad (3.26)$$

d: enkesit yüksekliği

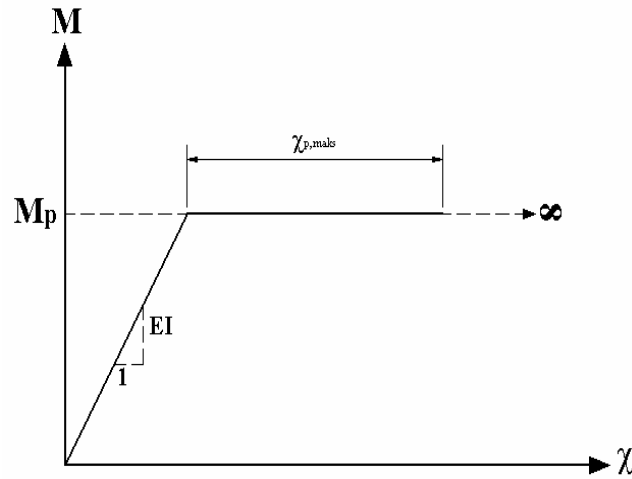
şeklinde plastik mafsalsal olarak tanımlanan bölgede toplandığı kabul edilmiştir. φ_p ; plastik mafsalsalın dönmesini göstermektedir.

Plastik mafsalsal hipotezinin uygulanması, gerçek moment-eğrilik bağıntısının

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (3.27a)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks} \quad (3.27b)$$

şeklinde iki doğru parçasından idealleştirilmesine karşı gelmektedir. İdealleştirilmiş bir moment – eğrilik bağıntısı Şekil 3.11’de sunulmuştur.



Şekil 3.11 İdealleştirilmiş moment – eğrilik bağıntısı

Artan dış yükler altında plastik mafsalsalın dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, meydana gelen büyük plastik şekil değiştirmeler nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelir. Yapı sisteminin bir veya birden çok kesitindeki plastik mafsalsal dönmelerinin dönme kapasitesine ulaşması ise yapının göçmesine neden olur.

Plastik dönme kapasitesini etkileyen faktörlerin başlıcaları;

- Beton ve çeliğin σ - ϵ eğrilerini belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değişimlerine,
- Betonarme betonunun ϵ_{cu} sınır birim boy değerini etkileyen sargı donatısı oranı,
- Plastik bölge uzunluğunu etkileyen kesit yüksekliği,
- Eğilme momenti diyagramının şekli

Plastik mafsal hipotezinin esasları genel olarak aşağıda sunulmuştur;

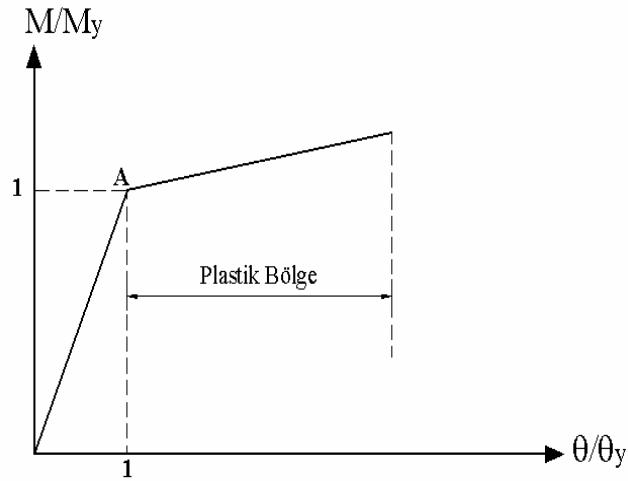
- Bir kesitte eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsal oluşur. Daha sonra kesitteki eğilme momenti $M=M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki φ_p plastik dönmesi artarak maks φ_p değerine ulaşıncaya kesit dönme kapasitesine ulaşır ve kullanılamaz duruma gelir.
- Plastik mafsallar arasında sistem, doğrusal- elastik davranır.
- Kesite eğilme momentine ek olarak normal kuvvet de etkiyorsa, M_p plastik momenti yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak karşılıklı etki diyagramından bulunan indirgenmiş plastik moment M'_p değeri kullanılır.

3.2.1.3 Plastik Mafsal Türleri

Bu çalışmada betonarme çubuk elemanların doğrusal olmayan davranışı iki çeşit plastik mafsal kullanılarak göz önüne alınmıştır.

3.2.1.3.1 M3 Plastik Mafsalı. M3 mafsalı betonarme çubuklarda eğilme momenti ve dönme arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Sabit aksenal kuvvet ve tek aksenli eğilme etkisi altındaki kesitlerin doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için kullanılmaktadır. Tez çalışmasında kiriş elemanlarda bu mafsal tipi kullanılmıştır.

Şekil 3.12’de gösterilen M3 plastik mafsalı moment – dönme ilişkisinde momentler kesitte plastik şekil değiştirmelerin başladığı M_y momentine göre, dönme değerleri ise kesitte plastik şekil değiştirmelerin başladığı θ_y dönmesine göre normalleştirilmiş şekilde ifade edilmektedir. Kesitte plastik şekil değiştirmelerin başladığı duruma A noktası karşılık gelmektedir.

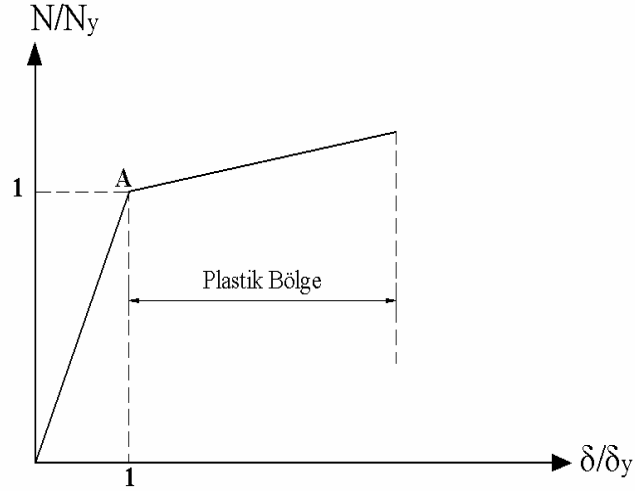


Şekil 3.12 M3 mafsalı moment-dönme ilişkisi

3.2.1.3.2 PMM Plastik Mafsalı. Bileşik veya eğik eğilme etkisi altındaki betonarme çubuklarda eğilme momenti normal kuvvet arasındaki etkileşiminin tanımlanması için PMM mafsalı kullanılmaktadır. Kesite ait elde edilen akma yüzeyi eğrilerinin idealleştirilmiş şekli mafsal özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Bu tez çalışmasında kolon elemanlarında bu mafsal tipi kullanılmıştır.

3.2.1.3.3 P Plastik Mafsalı. Sadece aksenal yük etkisi altındaki çubuk elemanlarda normal kuvvet – şekil değiştirme ilişkisinin tanımlanması için P mafsalı kullanılmaktadır. Gergi çubukları veya dolgu duvarlar bu mafsal tipinin kullanımının

uygun olduğu elemanlardır. P mafsalına ait şekil değiştirme ilişkisi Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13 P mafsalı normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi

3.2.1.3.4 V Plastik Mafsalı. Kesme kuvveti düzeyinin yüksekliğinden dolayı kesme göçmesi ortaya çıkabilecek elemanlarda kullanılır. Yetersiz etriye bulunan elemanlar, yüksek kirişler, bağ kirişleri, yüksekliği az olan perdeler bu tip elemanlara örnektir.

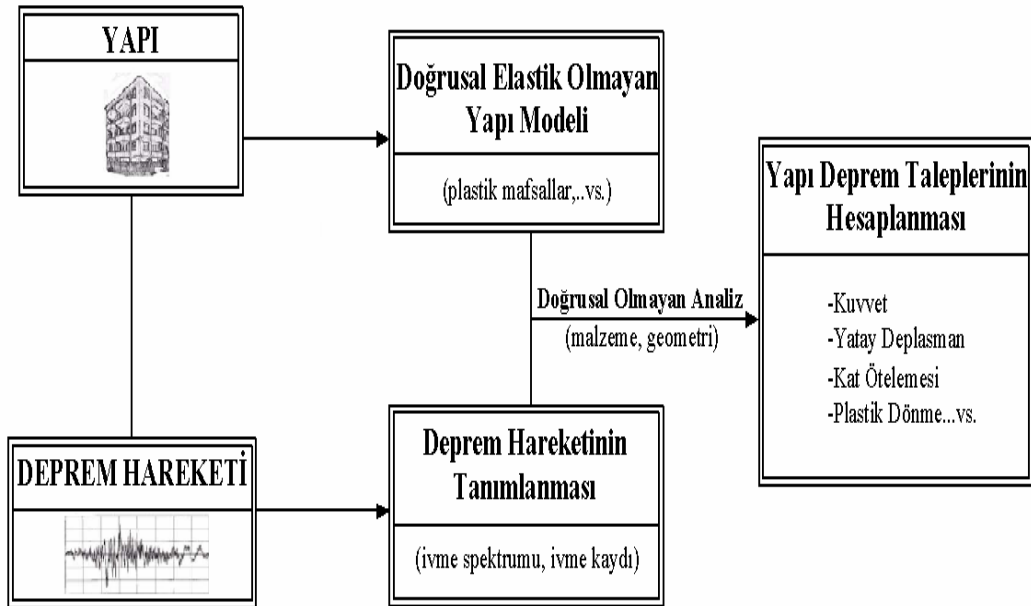
3.2.1.3.5 T Plastik Mafsalı. Burulma mafsalıdır. Saplama kirişlerin bağlandığı çerçeve kirişlerinde kullanılabilir.

3.2.2 Yapılarda Deprem Taleplerinin Hesaplanmasında Kullanılan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Son yıllarda önem kazanan Performansa Dayalı Analiz yaklaşımı yapının genel deprem performansını o yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarındaki beklenen hasar düzeyine göre belirlemektedir. Yapısal hasar ise kendi içinde doğrusal olmayan davranış içerdiğinden geleneksel doğrusal elastik yöntemler bu hasarı net bir biçimde belirleyememektedir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin genel işlem aşamaları mühendislik pratiğinde iyi bilinen doğrusal elastik yöntem aşamalarına benzerlik göstermektedir. Her iki yöntemde de önce yapının matematik modeli kurulur, daha sonra bu model ön görülen deprem etkisine tabi tutulur. Ancak her iki yöntemin çıkış verileri farklılık göstermektedir. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden tepe yer değiştirme – yatay yük dayanımı, eleman plastik dönmeleri gibi çıkış verileri alınabilmektedir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri birbirlerinden, deprem etkisine maruz bırakılacak yapısal modelinin kurulması aşamasındaki farklar açısından ayrılmaktadır. Ancak tümünün amacı deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin ana çerçevesi Şekil 3.14’de sunulmuştur.



Şekil 3.14 Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin şematik işlem adımları

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden, doğrusal olmayan dinamik analiz birçok deprem kaydı içermesi ve üç boyutlu detaylı yapı modeli gerektirmesinden dolayı teorik olarak en az belirsizlik içeren yöntem olmaktadır (FEMA-440, 2004). Ancak ileri şekil değiştirme değerlerinde yapı elemanı davranışının tanımlanması aşamasında her yöntemde olduğu gibi burada da bir miktar belirsizlik bulunmaktadır. Bu yöntemde göz önünde bulundurulan deprem etkisi altında yapının tüm serbestlik dereceleri doğrultusunda şekil değiştirmeler hesaplanmaktadır. Göreli kat ötelemeleri, kat yer değiştirmeleri gibi global deprem taleplerine, bu şekil değiştirmelerden yola çıkılarak ulaşılmaktadır.

Basitleştirilmiş çok serbestlik dereceli sistemle yapılan dinamik analizde de birçok ivme kaydı kullanılabilir. Ancak yöntem deprem taleplerini global yer değiştirme ve kat ötelemeleri cinsinden verebilmektedir. Mühendis eleman bazındaki deprem taleplerini bu çıktıları kullanarak hesaplamak zorundadır.

Basitleştirilmiş tek serbestlik dereceli sistemle yapılan dinamik analizle elde edilen veri sadece global yer değiştirme talebi olmaktadır. Göreli kat ötelemeleri ve eleman bazındaki deprem talepleri yük- yer değiştirme ilişkisinden hesaplanabilmektedir.

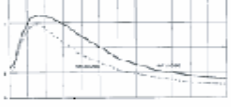
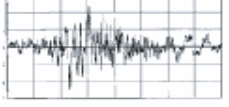
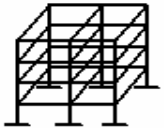


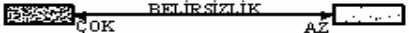
Tek modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri çok serbestlik dereceli gerçek yapıyı tek serbestlik dereceli yapı modeline dönüştürmeyi gerektirmektedir ve deprem etkisi deprem tepki spektrumlarıyla ifade edilmektedir. Bu yöntemde de önce tek serbestlik dereceli sistemin global yer değiştirme talebi hesaplanmakta, daha sonra bu yer değiştirme değeri çok serbestlik dereceli sisteme esas olacak şekilde düzenlenmekte ve eleman bazındaki deprem talepleri bu sistem üzerinden hesaplanmaktadır.

Çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, tek modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile aynı esaslara sahip olmakla birlikte deprem talepleri tek modun dışındaki diğer modal yük dağılımlarının etkisiyle oluşan

deprem taleplerini de hesaba kattığından, tek modlu yönteme göre daha ileri bir aşamayı temsil etmektedir.

Bir yöntemin diğerine göre daha az belirsizlik içermesi hesaplama aşamasında yapılacak birçok işleme bağlıdır. Örneğin basitleştirilmiş tsd sistem üzerinden yapılan dinamik analiz yönteminde eleman doğrusal olmayan davranışı doğru tanımlanamazsa bu yöntemin diğerlerine göre daha az belirsizlik içerdiğini söylemek mümkün olmamaktadır. Kullanılacak yöntemi, sonuç olarak elde edilmek istenen deprem talebi de etkilemektedir. Örneğin global yer değiştirme talebini karmaşık modeller kullanmadan, birçok deprem ivme kaydı için yapılan tek serbestlik dereceli sistem üzerinde yapılan hesapla elde etmek mümkün olmaktadır. Bununla beraber görelî kat ötelemeleri hesaplanmak istenildiğinde çok modlu artımsal itme analizi yeterli sonuçları verebilmektedir. (FEMA-440, 2004).

Şekil 3.15' de çeşitli yapı modeli ve deprem etkisi tanımlama biçimlerine göre doğrusal olmayan analiz yöntemleri ve içerdikleri belirsizlikler matris formda sunulmuştur.

		DEPREM HAREKETİ	
			
		İvme spektrumu	İvme kayıtları
YAPI MODELİ			DİNAMİK ANALİZ
	Kap samlı		
		Eşdeğer ÇSD Sistem	ÇOK MODLU STATİK ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ
	Eşdeğer TSD Sistem	TEK MODLU STATİK ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	BASİTLEŞTİRİLMİŞ TSD* SİSTEM DİNAMİK ANALİZ
* Tek Serbestlik Dereceli Sistem ** Çok Serbestlik Dereceli Sistem			

Şekil 3.15 Çeşitli yapı modeli ve deprem etkisi tanımlama biçimlerine göre doğrusal olmayan analiz yöntemleri ve içerdikleri belirsizlikler (FEMA-440)

3.2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, önceden hesaplanan deprem talep sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer yatay deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler ve son adımda deprem talebine karşı gelen en büyük değerler hesaplanmaktadır.

Yöntemin işlem adımları aşağıda sunulmuştur;

- 1) Sisteme etkiyen zati yük belirlenir.
- 2) Tüm taşıyıcı elemanların moment–eğrilik , yüksek düzeyde aksel yük taşıyan kolon gibi elemanlarda ek olarak normal kuvvet-moment ilişkileri belirlenir. Bu ilişkilerin belirlenebilmesi için eleman kesitlerinin ve donatılarının biliniyor olması gerekir. Yapı zati yük kombinasyonu, belirlenen artım oranında şiddeti arttırılarak yapıya etkilir.
- 3) Zati yüklerden bulunan kesit tesirleri esas alınarak, moment –eğrilik, normal kuvvet – moment ilişkileri yardımıyla kesitlerin taşıma gücüne ulaşp, ulaşmadığı kontrol edilir. Normal şartlarda zati yük etkisinde böyle bir kesitin olmaması gerekir.
- 4) Depremde yapıya etkiyecek yatay yük dağılımı deprem doğrultusuna hakim en yüksek ötelenme kütle katılım oranına sahip tek bir mod şekli esas alınarak belirlenir.
- 5) Zati yüklü binanın kat hizalarına yatay yük, belirlenen artım oranında şiddeti arttırılarak ve seçilen bir dağılımla yapıya etkilir.
- 6) Her adımda plastikleşme kontrolü yapılır.
- 7) Plastikleşen (taşıma gücüne erişen) kesit olduğu anda o kesite adi mafsal ve kesitin plastik momenti yerleştirilir. Mafsallaşan kesitin rijitliği akma sonrası rijitliğe eşitlenerek yük artımına devam edilir.
- 8) Sistemde kat mekanizması, toptan göçme veya sistemin labil hale gelmesi gibi durumlar oluştuğunda hesap durdurulur. Bu andaki taban kesme kuvveti yapının göçme yüküdür.
- 9) Her adımda taban kesme kuvvetine karşı tepe noktası deplasmanı belirlenerek itme eğrisi çizilir.

Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, doğrusal elastik olmayan çözümleme boyunca, eşdeğer yatay yük dağılımının taşıyıcı sistemdeki plastik mafsall oluşumlarından bağımsız olarak sabit alınması veya oluşan plastik mafsallar ile uyumlu biçimde değişken olarak göz önüne alınması durumları için farklı biçimlerde formüle edilebilmektedir. Aşağıdaki ifadeler sabit yatay yük dağılımının kullanıldığı durumu özetlemektedir.

Yük kontrollü olarak yapılan analizde, iki ardışık plastik mafsall oluşumu arasındaki (i)'inci hesap adımında k' ıncı kata etkiyen eşdeğer deprem yükü artımı,

$$\Delta f_k^{(i)} = \bar{m}_{k1} \cdot \Delta a_1^{(i)} \quad (3.28)$$

burada $\Delta a_1^{(i)}$ (i)'inci hesap adımında birinci titreşim moduna ait modal sözde ivme artımını, \bar{m}_{k1} ise analiz boyunca değişmeksizin sabit kaldığı kabul edilen ve birinci mod için tanımlanan kat etkin kütlelerini göstermektedir:

$$\bar{m}_{k1} = m_k \cdot \Psi_{k1}^{(1)} \cdot \Gamma_{x1}^{(1)} \quad (3.29)$$

Denklem (3.29)'da m_k kat kütlelerini, $\Psi_{k1}^{(1)}$ başlangıç adımı (i=1) için hesaplanan birinci titreşim mod şekli genliğini, $\Gamma_{x1}^{(1)}$ ise, x deprem doğrultusu için aynı moda ait katkı çarpanını göstermektedir. Denklem (3.29)'da tanımlanan \bar{m}_{k1} kütlelerinin toplamı, sistemin tümünde birinci modda aynı deprem doğrultusu için hesaplanan toplam etkin kütleyle eşittir. Bu nedenle Denklem (3.28)'de tanımlanan $\Delta f_k^{(i)}$ yüklerinin toplamı, aynı doğrultuda birinci moddaki taban kesme kuvveti artımına eşit olur. $\Delta a_1^{(i)}$ modal sözde ivme artımı, kritik kesitlerde (i)'inci hesap adımı sonunda elde edilen iç kuvvetlerin akma yüzeyine ilk ulaştığı kesitte plastik mafsallın oluşması koşulundan hesaplanır. Bu kuvvetler, Denklem (3.28)' de hesaplanan eşdeğer deprem yükü artımından meydana gelen iç kuvvet artımlarının bir önceki adım sonunda elde edilmiş bulunan iç kuvvetlere eklenmesi ile elde edilir. (i)'inci

adım sonundaki diğer iç kuvvet ile yer ve şekil değiştirmeler de benzer biçimde hesaplanır.

(i).’inci hesap adımında birinci titreşim moduna ait modal yer değiştirme ve modal sözde ivme artımı, $\Delta d_1^{(i)}$ ve $\Delta a_1^{(i)}$ aşağıdaki ifade yardımıyla hesaplanır:

$$\Delta d_1^{(i)} = \frac{\Delta u_{xN}^{(i)}}{\Psi_{xN1}^{(1)} \cdot \Gamma_{x1}^{(1)}} \quad (3.30a)$$

$$\Delta a_a^{(i)} = (\omega_1)^2 \cdot \Delta d_1^{(i)} \quad (3.30b)$$

Burada $\Delta u_{xN}^{(i)}$ (i)’inci hesap adımında Denklem (3.28)’ de tanımlanan eşdeğer deprem yüklerine göre binanın en üst katının kütle merkezinde x deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirme artımını, $\Psi_{xN1}^{(1)}$ ise başlangıç adımı (i=1) için hesaplanan birinci mod şeklinin bu yer değiştirmeye karşı gelen genliğini göstermektedir.

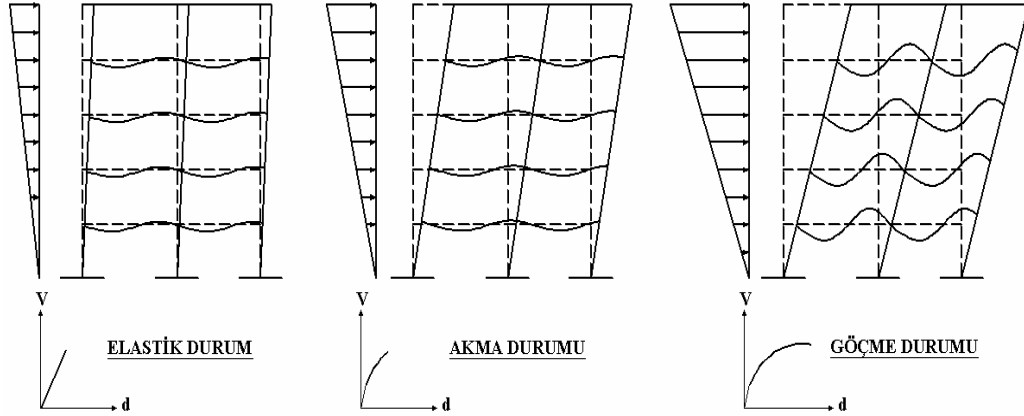
Birinci moda ait modal kapasite diyagramı artımsal hesap boyunca elde edilen modal yer değiştirmelerin yatay eksene, modal sözde ivmelerin ise düşey eksene alınması ile çizilen diyagramdır. (i)’inci hesap adımı sonundaki modal yer değiştirmenin bulunması için (3.30a) ifadesi ile verilen modal yer değiştirme artımı, bir önceki adım sonunda elde edilmiş bulunan modal yer değiştirmeye eklenir:

$$d_1^{(i)} = d_1^{(i+1)} + \Delta d_1^{(i)} \quad (3.31)$$

benzer biçimde (i)’inci hesap adımı sonundaki modal sözde ivmenin bulunması için (3.30b) ifadesi ile hesaplanan modal sözde ivme artımı bir önceki adım sonunda elde edilmiş bulunan modal sözde ivmeye eklenir:

$$a_1^{(i)} = a_1^{(i+1)} + \Delta a_1^{(i)} \quad (3.32)$$

bu işlemler önceden belirlenmiş bir yer değiştirme yada kuvvete kadar devam ettirilerek deprem istemleri belirlenir.



Şekil 3.16 Artımsal itme analizinde yatay yük – yer değiştirme ilişkisi

3.2.2.2 Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin her bir mod şekliyle orantılı olan ve analiz boyunca sabit kalan yatay yük dağılımı etkisinde yapılmasından ve her bir modal itme analizi sonunda elde edilen deprem taleplerinin (yer değiştirme, görel kat öteleme, plastik dönme) Karelerin Toplamının Kare Kökü istatistiki işlemiyle birleştirilmesinden ibarettir. Çok Modlu Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi yapı modeli elemanlarında doğrusal olmayan yük – şekil değiştirme ilişkisi tanımlanmadığı takdirde elastik tepki spektrumu analizine eşdeğer olmaktadır (Chopra ve Goel, 2001). Planda rijit diyafram çalışan bir yapının kat seviyelerinde üç adet serbestlik derecesi bulunmaktadır. Bunlar x ve y yönündeki ötelenmeler ve düşey eksen etrafındaki dönme serbestlikleridir. Bu serbestlikler vektör formatında aşağıda sunulmuştur:

$$\mathbf{u}_x = \langle u_{1x} \ u_{2x} \ \dots \ u_{Nx} \rangle^T \quad (3.33a)$$

$$\mathbf{u}_y = \langle u_{1y} \ u_{2y} \ \dots \ u_{Ny} \rangle^T \quad (3.33b)$$

$$\mathbf{u}_0 = \langle u_{10} \ u_{20} \ . \ . \ . \ u_{N0} \rangle^T \quad (3.33c)$$

x ve y yönlerinde bileşen içeren deprem etkisi altındaki yapının diferansiyel hareket denklemleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$M \ddot{\mathbf{u}} + f_s(u, \dot{u}) = -M l_x \ddot{u}_{gx}(t) - M l_y \ddot{u}_{gy}(t) \quad (3.34)$$

bu ifadede \mathbf{M} , \mathbf{m} , \mathbf{m} ve \mathbf{I}_0 olmak üzere üç adet alt matris içeren köşegen kütle matrisini göstermektedir. \mathbf{m} ifadesi kat hizalarında topaklanan kütleleri ifade eden matrisi, \mathbf{I}_0 ise kat hizasında kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki kat polar atalet momentini simgelemektedir. l_x ve l_y değerleri yer ivmesi etki vektörleridir ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$l_x = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.35a)$$

$$l_y = \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.35b)$$

Denklem (3.34)'in sağ tarafı etkin deprem kuvvetleri olarak isimlendirilir ve aşağıda şekilde depremin x ve y yönlerindeki etkisi şeklinde aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$p_{eff}(t) = -s \ddot{u}_g(t) = - \begin{Bmatrix} m1 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_{gx}(t) - \begin{Bmatrix} 0 \\ m1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_{gy}(t) \quad (3.36)$$

Etkin deprem kuvvetlerinin kat seviyelerine dağıtımı \mathbf{s} vektörü ile yapılmaktadır. Bu kuvvet dağılımı modal atalet kuvvetleri cinsinden ifade edilirse:

$$s = \sum_{n=1}^{3N} s_n = \sum_{n=1}^{3N} \Gamma_n M \phi_n \quad (3.37)$$

$$\Gamma_n = \frac{L_n}{M_n} \quad (3.38)$$

$$M_n = \phi_n^T M \phi_n \quad (3.39)$$

$$L_n = \left\{ \begin{array}{l} \phi_{xn}^T m1 \Rightarrow \ddot{u}_{gx}(t) \\ \phi_{yn}^T m1 \Rightarrow \ddot{u}_{gy}(t) \end{array} \right\} \quad (3.40)$$

Etkin deprem kuvvetleri aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenebilir:

$$p_{eff}(t) = \sum_{n=1}^{3N} p_{eff,n}(t) = \sum_{n=1}^{3N} -s_n \ddot{u}_g(t) \quad (3.41)$$

Herhangi bir n.inci modun bu etkin deprem kuvvetine katkısı ise:

$$p_{eff,n}(t) = -s_n \ddot{u}_g(t) \quad (3.42)$$

$$s_n = \Gamma_n M \phi_n \quad (3.43)$$

burada ϕ_n n.inci titreşim mod genliklerini simgelemektedir. Bu mod genliğinin $\phi_{xn}, \phi_{yn}, \phi_{\theta n}$ olmak üzere üç adet bileşeni bulunmaktadır. s_n vektörü ise aşağıdaki şekilde ifade edilir:

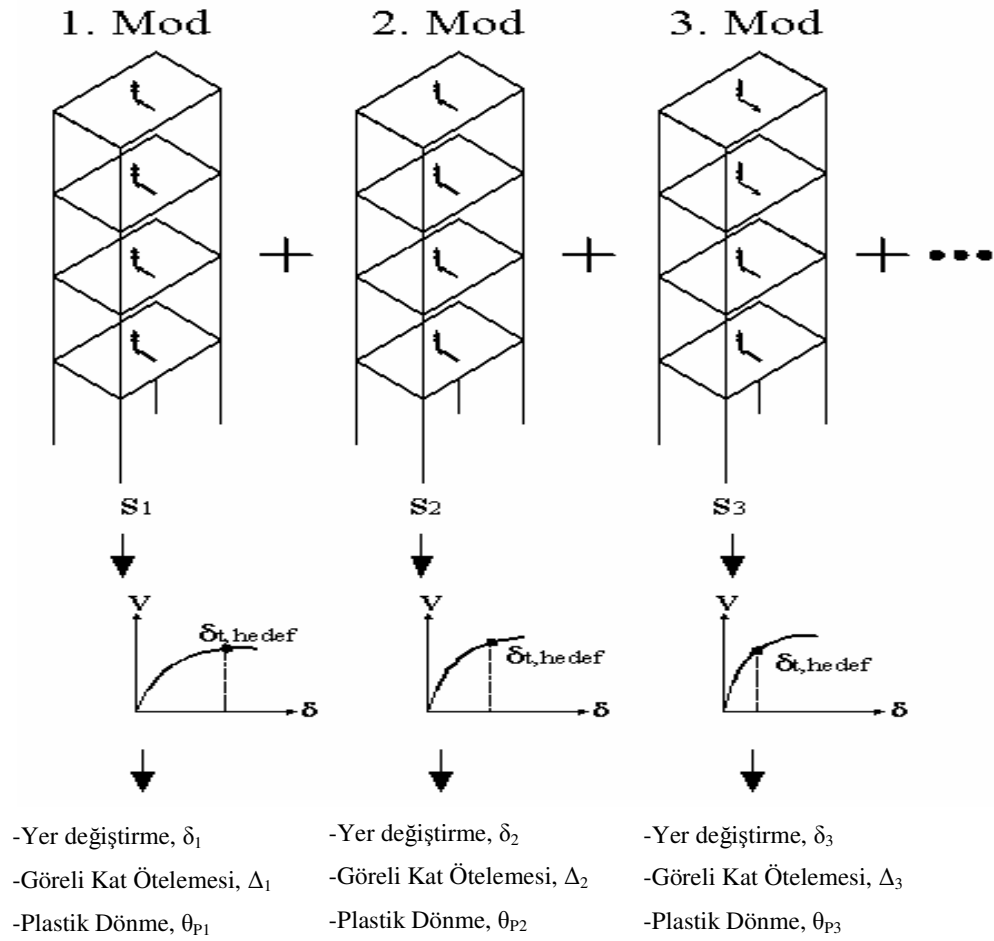
$$s_n^* = \begin{Bmatrix} s_{xn} \\ s_{yn} \\ s_{\theta n} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m\phi_{xn} \\ m\phi_{yn} \\ I_0\phi_{\theta n} \end{Bmatrix} \quad (3.44)$$

s_n^* , vektörü doğrusal olmayan artımsal itme analizlerinde kullanılacak sabit yatay yük dağılımına karşılık gelmektedir. s_n^* vektörü her bir kat hizasında iki adet yatay yük ve düşey eksen etrafında moment içermektedir. İlk birkaç modda bu etkiler aynı yönde olabilmekte ancak ileri modlarda etkiler yön değiştirebilmektedir. Hesaba katılması gereken mod sayısını, seçilen modların ilgili ötelenme yönlerindeki modal katılım oranları toplamının 0,90 değerine ulaşmış, ulaşmadığı belirlemektedir.

Çok Modlu Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi yapının herhangi bir büyüklük cinsinden deprem taleplerinin belirlenmesi için, her bir mod şekliyle uyumlu olacak şekilde, itme adımları süresince artımsal olarak büyütülen ancak dağılımları sabit yatay yükler ve moment etkisi altında herhangi bir hedef yer değiştirme hesaplama yöntemi ile bulunan sınır yer değiştirme değerine kadar doğrusal olmayabilen artımsal itme analizleri gerektirmektedir. Daha sonra her bir itme analizinden elde edilen eleman yada yapı bazındaki deprem istemleri (talep) Karelerin Toplamının Karekökü istatistiksel yöntemiyle birleştirilir.

Elde edilen sonuç deprem talepleri ilgili yönetmeliklerde verilen performans düzeylerine ait göreceli kat ötelemesi, plastik dönme, beton ve donatı birim şekil değiştirme hasarı üst sınır değerleriyle kıyaslanarak kesit hasar düzeyi belirlenir. Bu kesit hasarlarının, hasar seviyeleri içindeki sayısal dağılımı yapı genel deprem performansını tayin eder.

Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin hesap akış şeması Şekil 3.17'de verilmiştir.



Genel Deprem Talepleri

-Yer değiştirme, $\delta = \sqrt{(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2)}$

-Görelü Kat Ötelemesi, $\Delta = \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2)}$

-Plastik Dönme, $\theta_p = \sqrt{(\theta_{p1}^2 + \theta_{p2}^2 + \theta_{p3}^2)}$

Şekil 3.17 Çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapı genel deprem taleplerinin elde edilmesi

3.2.3 Yapı Performans Noktasının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yer değiştirme kontrollü doğrusal olmayan artımsal itme analizleri kullanılarak yapılan çözümlenmeler, önceden bir sınır değer bilinemediğinden genellikle yapı göçme konumuna ulaşıncaya kadar devam ettirilir. Bu analizlerde her bir itme adımında yer değiştirme, göreli kat ötelemesi, plastik dönme gibi deprem talepleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Ancak göz önünde bulundurulan deprem etkisi altında hangi itme adımında elde edilen değerlerin, o yapının gerçek talepleri olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde açıklanacak olan Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi performans esas olacak itme adımını bir sınır yer değiştirme değeri vererek belirlemektedir. Bu itme adımına aynı zamanda Performans Noktası da denilmektedir.

3.2.3.1 Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi

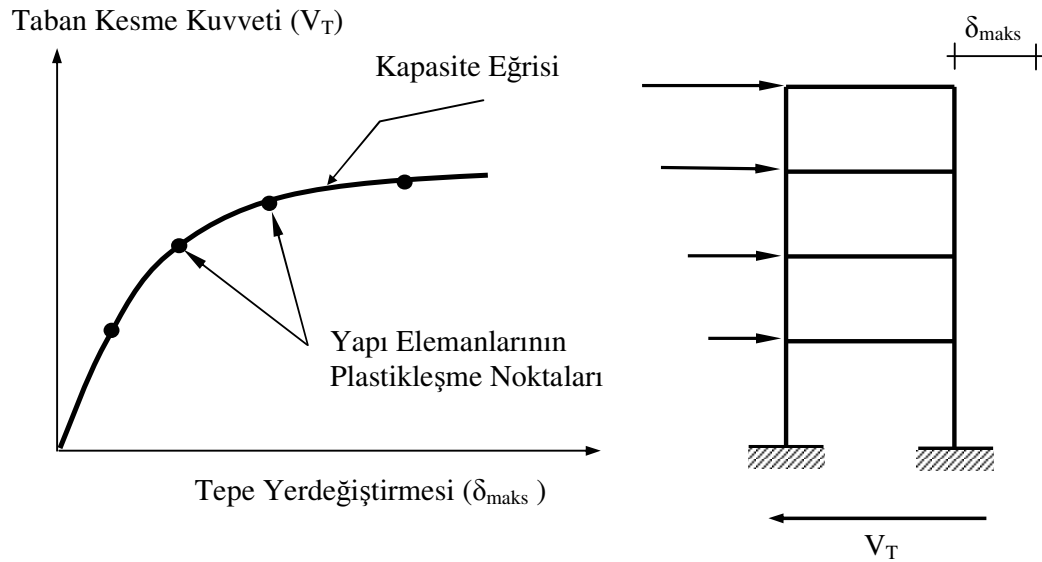
Burada bu tez çalışmasında da kullanılan ve Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'den elde edilen yapı kapasitesini esas alan hedef yer değiştirme hesaplama yöntemi olan Yer Değiştirme Katsayıları Yöntemi açıklanacaktır. (FEMA 440, 2004)

Yer değiştirme katsayısı yöntemi, önceden tanımlanmış deprem yer hareketi için yapıdan istenen deplasman talebi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde yer değiştirme talebi sayısal bir şekilde belirlenebilmektedir.

Yer değiştirme katsayısı yönteminde, V_T taban kesme kuvveti ile maksimum tepe noktası deplasmanı (δ_{maks}) arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilir. Yapıya ait kapasite eğrisi ikinci mertebe elasto-plastik hesap ile belirlenmektedir. Kapasite eğrisinin çizilmesinde, yapının birinci doğal periyoduna ve etkin olan modlara bağlı olarak uygun bir yatay yük dağılımı dağılımı seçilir. Yapı, sabit düşey yükler ve aralarındaki oran sabit kalarak artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimleri bakımında lineer olmayan teoriye hesaplanarak limit duruma

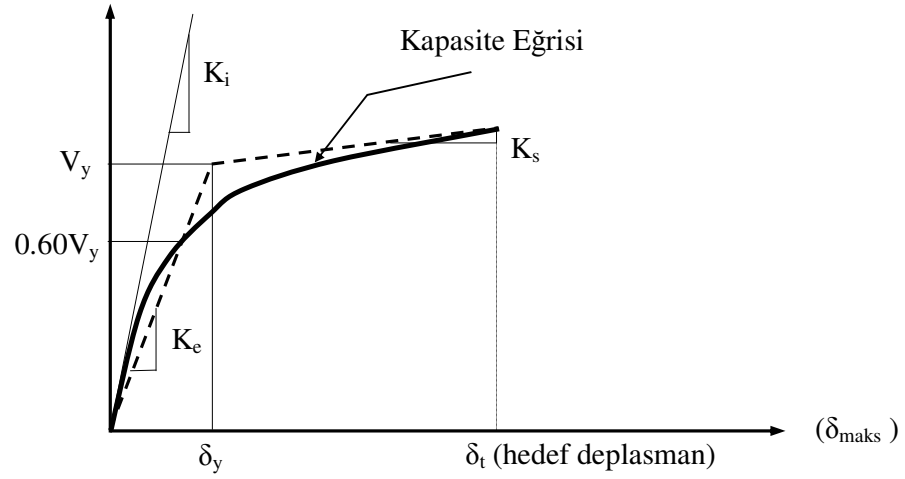
ulaşıncaya kadar izlenir. Her yük değeri için toplam taba kesme kuvveti (V_T) ve buna karşılık gelen en üst kat yatay deplasmanı (δ_{maks}) arasındaki grafik çizilir.

Yapıya ait kapasite eğrisi elde edildikten sonra bu eğri, birincisinin eğimi elastik rijitliği (K_e), ikincisinin eğimi ise elastoplastik rijitliği (K_s) (elastik sonrası rijitlik) temsil eden iki doğru parçası ile idealleştirilir. İdealleştirilme yapılırken gerçek kapasite eğrisi ve idealleştirilmiş kapasite eğrisi altında kalan alanların eşit olması ve K_e eğimli doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğruların kesim noktasının ordinatının $0.60 (0.6V_y)$ katı olması esasları dikkate alınır. Başlangıçta bu iki doğrunun kesim noktası bilinmediği için bir deneme-yanılma yönteminin uygulanması yoluna gidilir. Buna göre, bir K_e doğrusu seçilir ve V_y değeri belirlenir. K_e doğrusunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatı kontrol edilir ve bu değer $0.60V_y$ 'ye eşit oluncaya kadar K_e doğrusu için yeni değerler seçilerek işlem tekrarlanır.



Şekil 3.18 Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile kapasite eğrisinin elde edilmesi

Taban Kesme Kuvveti (V_T)



Şekil 3.19 İki doğru parçası ile kapasite eğrisinin idealleştirilmesi

Kapasite eğrisi bu şekilde idealleştirildikten sonra, sistemin T_e etkin doğal periyodu aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.45)$$

Burada T_i hesap yapılan doğrultuda yapının elastik dinamik analizi ile bulunan birinci doğal periyodunu, K_i yapının elastik yanal rijitliğini, K_e ise elastik efektif rijitliğini göstermektedir.

Yapı sisteminin T_e etkin doğal periyodu bulunduktan sonra, yapının performans kontrolünün yapılacağı hedef deplasmanı (δ_T)

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (3.46)$$

formülü ile elde edilir. Bu formülde kullanılan katsayı ve büyüklükler ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

C_0 : Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral deplasmanını çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktası yer değiştirmesi ile ilişkilendiren modal katılım katsayısıdır. C_0 katsayısı üç şekilde hesaplanabilmektedir:

a) Yer değiştirme kontrolünün yapıldığı noktaya (tepe noktası) ait birinci modal katılım çarpanı ($PF_1\Phi_{tepe,1}$) olarak alınabilir.

b) Yer değiştirme kontrolünün yapıldığı noktada, hedef yer değiştirmesine ulaşmış yapının deforme olmuş şekline ait şekil vektörü kullanılarak hesaplanan modal katılım çarpanı olarak alınabilir.

c) Yapı taşıyıcı sistem özelliğine, kullanılan yatay yük dağılımına ve yapının kat adedine bağlı olarak Tablo 3.7 den belirlenebilir.

Tablo 3.7 Modal Katılım Katsayısı C_0 Değerleri

Kat Adedi	Kesme Tipi Yapılar		Diğer Yapılar
	Üçgensel Yük Dağılımı	Üniform Yük Dağılımı	Herhangi Bir Yük Dağılımı
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

Tabloda verilmeyen ara değerlerin belirlenebilmesi için doğrusal enterpolasyon kullanılmalıdır.

C_1 : Doğrusal elastik yer değiştirmeler ile beklenen en büyük elastik olmayan yer değiştirmeleri ilişkilendiren katsayıdır ve aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanmaktadır.

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{aT_e^2} \quad (3.47)$$

Burada T_e yapının efektif periyodunu temsil etmektedir. a katsayısı FEMA 440'da tanımlanan B, C, D zemin grupları için sırasıyla 130, 90 ve 60 olarak alınmaktadır. R değeri ise, aşağıda verilen bağıntı ile belirlenen ve elastik olmayan dayanım talebinin akma dayanımına oranıdır.

$$R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m \quad (3.48)$$

Yukarıdaki denklemde, S_a yapının birinci doğal periyoduna karşılık gelen spektral ivme, V_y akma dayanımını, C_m ise efektif kütle çarpanını tanımlamaktadır.

C_m çarpanı yapının taşıyıcı sistemi ve kat adedine bağlı olarak Tablo 3.8'den belirlenebilir. Birinci doğal titreşim periyodu bir saniyeden büyük yapılarda $C_m = 1,00$ olarak alınabilir.

Tablo 3.8 C_m efektif kütle çarpanı değeri

Kat Sayısı	Betonarme Çerçeve	Betonarme Perde	Betonarme Destek-Payanda	Çelik Çerçeve	Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve	Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeve	Diğer
1-2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
≥ 3	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0

C_2 : Yük-yer değiştirme çevrimsel eğrilerinin maksimum yer değiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden katsayıdır ve Denklem (3.44) ile hesaplanmaktadır:

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T} \right)^2 \quad (3.49)$$

Birinci doğal titreşim periyodu 0,70 saniyeden büyük yapılar için C_2 değeri 1,00 olarak alınabilir.

Yukarıdaki açıklamalardan görüldüğü gibi, Yer Değiştirme Katsayısı Yönteminde, hedef yer değiştirmenin bulunması için bir ardışık yaklaşım yolunun izlenmesi gerekmektedir. Başlangıçta seçilen ve T_e etkin doğal periyodunun hesabını esas alan δ_T yer değiştirmesi ile yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan değerlerin eşit veya birbirine yeterince yakın olması halinde hedef yer değiştirme bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilir.

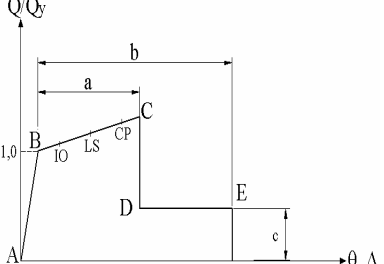
3.2.4 Deprem Talep Büyüklükleri Cinsinden Performans Seviyelerine Ait Sınır Değerler

Öngörülen deprem etkisi altındaki hedef yer değiştirme belirlendikten sonra, performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bunun için, sisteme ait büyüklüklerin değerleri kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılır. Ayrıca sayısal bütünüyle sayısal değer olarak ifade edilmeyen şartları da sağlaması gerekmektedir. Bu şartlar ve deprem taleplerine göre performans seviyelerine ait sınır değerler aşağıda sunulmuştur.

3.2.4.1 Plastik Kesit Dönmesi Sınır Değerleri

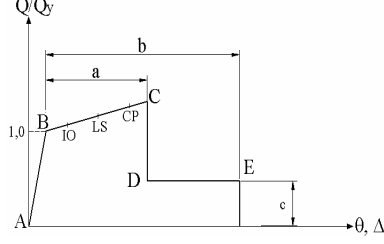
FEMA 356'da verilen, kirişlerin kesit ve yük özelliklerine göre tanımlanmış plastik dönme hasar sınırları Tablo 3.9'da sunulmuştur.

Tablo 3.9 Betonarme kirişler için doğrusal olmayan modelleme parametreleri ve plastik dönme hasar sınırları (FEMA 356, 2000).

	Modelleme Parametreleri		Hasar Sınırları					
	Plastik Dönme	Dayanım Oranı	Plastik Dönme Performans Seviyesi					
			a	b	c	IO	LS	CP
i. Eğilme etkisindeki kirişler								
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Sargı Etkisi	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$				(MN)	(GV)	(GÇ)
$\leq 0,0$	Var	≤ 3	0,025	0,05	0,20	0,01	0,02	0,025
$\leq 0,0$	Var	≥ 6	0,02	0,04	0,20	0,005	0,01	0,02
$\leq 0,5$	Var	≤ 3	0,02	0,03	0,20	0,005	0,01	0,02
$\leq 0,5$	Var	≤ 6	0,015	0,02	0,20	0,005	0,005	0,015
$\leq 0,0$	Yok	≤ 3	0,02	0,03	0,20	0,005	0,01	0,02
$\leq 0,0$	Yok	≤ 6	0,01	0,015	0,20	0,0015	0,005	0,01
$\leq 0,5$	Yok	≤ 3	0,01	0,015	0,20	0,005	0,01	0,01
$\leq 0,5$	Yok	≤ 6	0,005	0,01	0,20	0,0015	0,005	0,005
ii. Kesme kuvveti etkisindeki kirişler								
Etriye aralığı $\leq d/2$			0,003	0,02	0,20	0,0015	0,002	0,003
Etriye aralığı $> d/2$			0,003	0,01	0,20	0,0015	0,002	0,003
iii. Açıklık donatısında bindirme veya kenetlenme yetersizliği olan kirişler								
Etriye aralığı $\leq d/2$			0,003	0,02	0,00	0,0015	0,002	0,003
Etriye aralığı $> d/2$			0,003	0,01	0,00	0,0015	0,002	0,003
iv. Düğüm noktalarında yetersizlik olan kirişler								
			0,015	0,03	0,20	0,01	0,01	0,015
<p>1. Elemanda birden çok kesit özelliği mevcutsa (i, ii, iii, iv) en olumsuz sayısal değerler kabul edilir.</p> <p>2. Sargı etkisi "var" kabul edilen kirişlerde sıklaştırma bölgelerinde etriye aralığı $\leq d/3$ değerinden küçük olmak zorundadır. Normal ve yüksek sünek kirişlerde etriyeler tarafından sağlanan kesme dayanımının tasarım kuvvetinin en az %75'i kadar olacaktır. Aksi halde sargı etkisi ihmal edilecektir.</p> <p>3. Ara değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.</p>								

FEMA 356’da verilen, kolonların kesit ve yük özelliklerine göre tanımlanmış plastik dönme hasar sınırları Tablo 3.10’da sunulmuştur.

Tablo 3.10 Betonarme kolonlar için doğrusal olmayan modelleme parametreleri ve plastik dönme hasar sınırları (FEMA 356, 2000).

			Modelleme Parametreleri		Hasar Sınırları			
			Plastik Dönme	Dayanım Oranı	Plastik Dönme Performans Seviyesi			
a	b	c			IO	LS	CP	
Mevcut Kesit Özellikleri								
Eğilme etkisindeki kolonlar								
$\frac{P}{A_g f'_c}$	Sargı Etkisi	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$				(MN)	(GV)	(GÇ)
$\leq 0,1$	Var	≤ 3	0,020	0,030	0,20	0,005	0,015	0,020
$\leq 0,1$	Var	≥ 6	0,016	0,024	0,20	0,005	0,012	0,016
$\geq 0,4$	Var	≤ 3	0,015	0,025	0,20	0,003	0,012	0,015
$\geq 0,4$	Var	≤ 6	0,012	0,020	0,20	0,003	0,010	0,012
$\leq 0,1$	Yok	≤ 3	0,006	0,015	0,20	0,005	0,005	0,006
$\leq 0,1$	Yok	≤ 6	0,005	0,012	0,20	0,005	0,004	0,005
$\geq 0,4$	Yok	≤ 3	0,003	0,010	0,20	0,002	0,002	0,003
$\geq 0,4$	Yok	≤ 6	0,002	0,008	0,20	0,002	0,002	0,002
Kesme kuvveti etkisindeki kolonlar								
Tüm durumlarda			---	---	---	---	---	---
Boyuna donatısında bindirme veya kenetlenme yetersizliği olan kolonlar								
Etriye aralığı $\leq d/2$			0,01	0,02	0,40	0,005	0,005	0,010
Etriye aralığı $> d/2$			0,00	0,01	0,20	0,000	0,000	0,000
Eksenel yük düzeyi $0,70P_0$' ı aşan kolonlar								
Etriye			0,015	0,025	0,02	0,00	0,005	0,010
Diğer tüm durumlarda			---	---	---	---	---	---
<p>1. Elemanda birden çok kesit özelliği mevcutsa (i, ii, iii, iv) en olumsuz sayısal değerler kabul edilir.</p> <p>2. Sargı etkisi "var" kabul edilen kolonlarda sıklaştırma bölgelerinde etriye aralığı $\leq d/3$ değerinden küçük olmak zorundadır. Normal ve yüksek sünek kirişlerde etriyeler tarafından sağlanan kesme dayanımının tasarım kuvvetinin en az %75'i kadar olacaktır. Aksi halde sargı etkisi ihmal edilecektir.</p> <p>3. 135° kancasız etriyeli kolonlar sargısız kabul edilecektir. Bu tip kolonlarda kuvvet kontrollü analize izin verilir.</p> <p>4. Ara değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılabilir.</p>								

3.2.4.2 Beton ve Donatı Birim Şekil Değişirme Sınır Değerleri

DBYBHY-2006’da kesit performans değerlendirmesinde plastik dönmeler değil kesit beton ve donatı birim şekil değiştirmeleri esas alınmıştır. Bu değerler aşağıda şekilde elde edilmektedir;

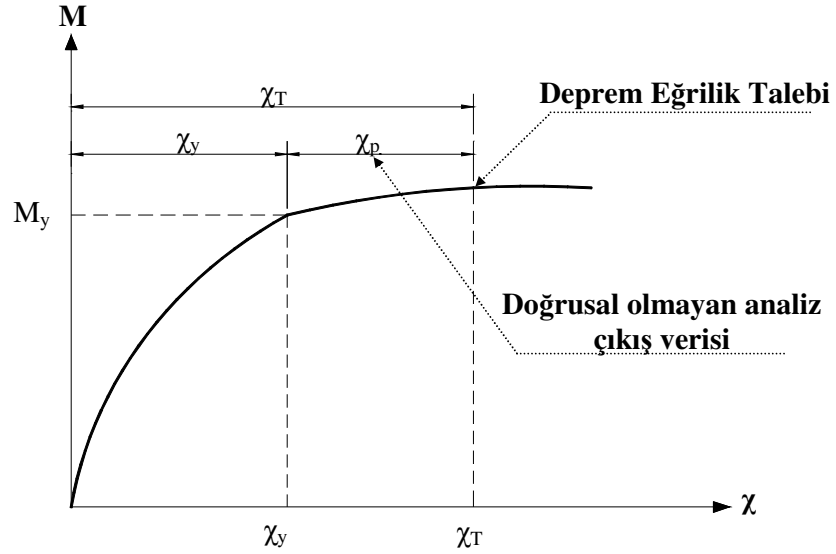
Doğrusal olmayan hesapla yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında dinamik analizle göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.50)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, Denk.(7.6) ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi elde edilir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.51)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi, Denk.(7.7) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır. Daha sonra o kesit için deprem istemleri olan bu değerler ilgili kesit hasar sınırlarıyla karşılaştırılarak önce kesit sonra da yapı bazında deprem performans kararı verilir. Talep eğriliği hesabının şematik gösterimi Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20 Kesit moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak deprem talep eğriliğinin elde edilmesi

DBYBHY-2006'da plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

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

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.004 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.52)$$

b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.004 + 0.0095 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.53)$$

c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.013 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.54)$$

ρ_s , kesitte mevcut bulunan ve sargı etkisi sağlayabilen (135° kancalı) enine donatının hacimsel oranını, ρ_{sm} ise DBYBHY-2006 koşullarına göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranının göstermektedir.

3.2.4.3 Göreli Kat Ötelemesi Sınır Değerleri

Aşağıdaki tabloda (Tablo 3.11) yapı kat seviyelerinin birbirlerine göre yaptıkları yer değiştirmelerin oranı olan, göreli kat ötelemesi için performans seviyelerine ait DBYBHY-2006 ve ATC 40 'da verilen sınır sayısal değerler sunulmuştur.

Tablo 3.11 DBYBHY-2006 ve ATC 40'da betonarme yapılar için verilen performans düzeylerine ait göreli kat öteleme sınır değerleri

Görelî Kat Ötelemesi Oranı, $(\delta_i)_{max}/h_i$			
Yönetmelik	Performans Düzeyi		
	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi
DBYBHY-2006	0,008	0,020	0,030
ATC 40	0,010	0,010-0,020	$0,330 \frac{V_i}{P_i}$

$(\delta_i)_{max}$ ilgili kattaki düşey elemanların uçları arasında hesaplanan en büyük göreli kat ötelemesini, h_i kat yüksekliğini, V_i ilgili kattaki toplam kesme kuvveti değerini, P_i ise aynı kattaki toplam düşey yükü göstermektedir.

BÖLÜM DÖRT

ÖRNEK UYGULAMALAR

Tez çalışmasında, deprem taleplerindeki ve bunun sonucunda yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları incelemek üzere, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina, ilk ikisi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' de (DBYBHY-2006) yer alan doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir.

Seçilen dört adet betonarme yapı, yüksek süneklik koşullarını sağlayacak şekilde TS-500 ve DBYBHY-2006'da ilgili bölümlerde verilen tasarım kuralları çerçevesinde boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan bu binalar projesine uygun olarak mevcut en kesit boyutu, beton cinsi, donatı çap ve sayısı dikkate alınarak, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve yapı mühendisliği literatüründeki doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılarak çözümlenip, bu yöntemlerden elde edilen yapı kapasite eğrilerini esas alan Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle belirlenen performans noktası için, her iki yöntemle bulunan yatay yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, en büyük kiriş plastik dönmesi, en büyük kolon-perde plastik dönmesi ve plastik kesit dağılımları cinsinden deprem talepleri birbiriyle karşılaştırılmış ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında her üç yöntemle elde edilen yapısal performans seviyeleri belirlenmiştir.

Planda simetrik dört ve sekiz katlı yapıların betonarme eleman kesitlerinin hasar düzeylerinin belirlenmesi aşamasında, DBYBHY-2006' da donatı ve betondaki birim şekil değiştirme taleplerini (istemlerini) esas alan kesit hasarı belirleme yaklaşımıyla, FEMA-356'da yer alan, kesit plastik dönme taleplerini esas alan yaklaşım birbiriyle karşılaştırılmıştır. Tüm kesitler için elde edilen beton ve donatı birim şekil değiştirme istemleriyle, o kesit için doğrusal olmayan artımsal itme analizlerinden elde edilen

plastik dönme istemleri karşılaştırılarak, kesit hasarını, hangi tip betonarme taşıyıcı elemanda hangi betonarme malzeme bileşenin belirlediği saptanmıştır. Ayrıca DBYBHY-2006' ya göre yapılan kesit hasarı belirleme çalışmasında, yapıya ait tüm elemanlarda elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinde sargılı beton modelinin kesit hasar düzeyi üzerinde belirleyici etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuştur. Tez çalışması kapsamında örnek olarak seçilen dört adet betonarme bina için uygulanan hesap yöntemleri esas alınan yönetmelik ve ön standartlar Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Seçilen örnek binalarda uygulanan değerlendirme yöntemleri ve esas alınan yönetmelikler

Bina No.	Doğrusal Elastik Hesap		Artımsal İtme Analizi (tek modlu-TMA)		Artımsal İtme Analizi (çok modlu-ÇMA)	
	Deprem Talep Hesabı	Perf. Belirleme	Deprem Talep Hesabı	Perf. Belirleme	Deprem Talep Hesabı	Perf. Belirleme
BY1-4	TDY*	TDY	TDY	TDY/FEMA**	FEMA	FEMA
BY1-8	TDY	TDY	TDY	TDY/FEMA	FEMA	FEMA
BY2-4	TDY	TDY	TDY	FEMA	FEMA	FEMA
BY2-8	TDY	TDY	TDY	FEMA	FEMA	FEMA

* TDY: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2006

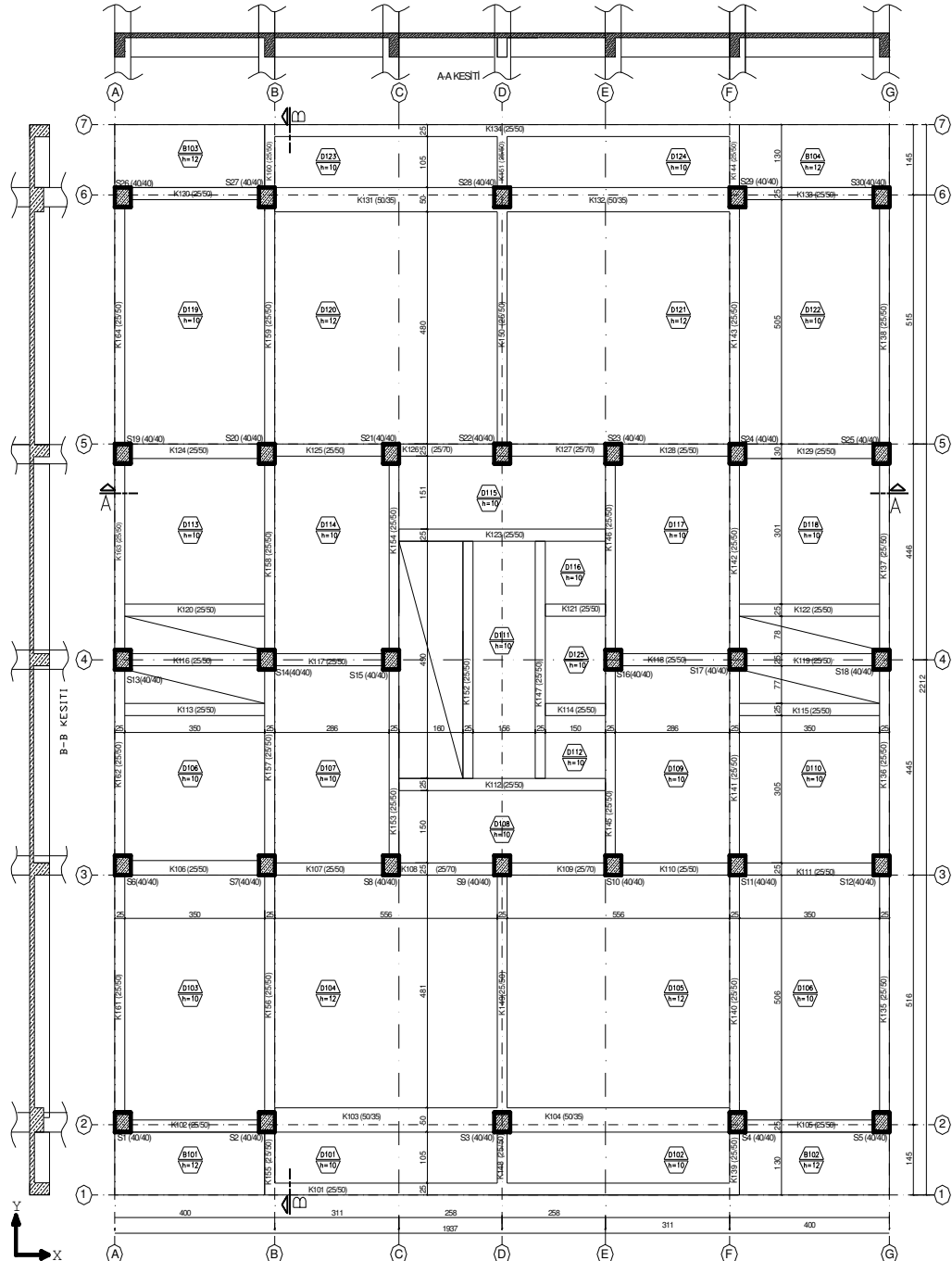
**FEMA:FEMA 356,Federal Emergency Management Agency, 2000

4.1 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların (BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8) Yapısal Özellikleri

Seçilen örnek binaların yapısal modele esas olan kalıp planı ve kesitleri sırasıyla Bölüm 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4'de sunulmuştur.

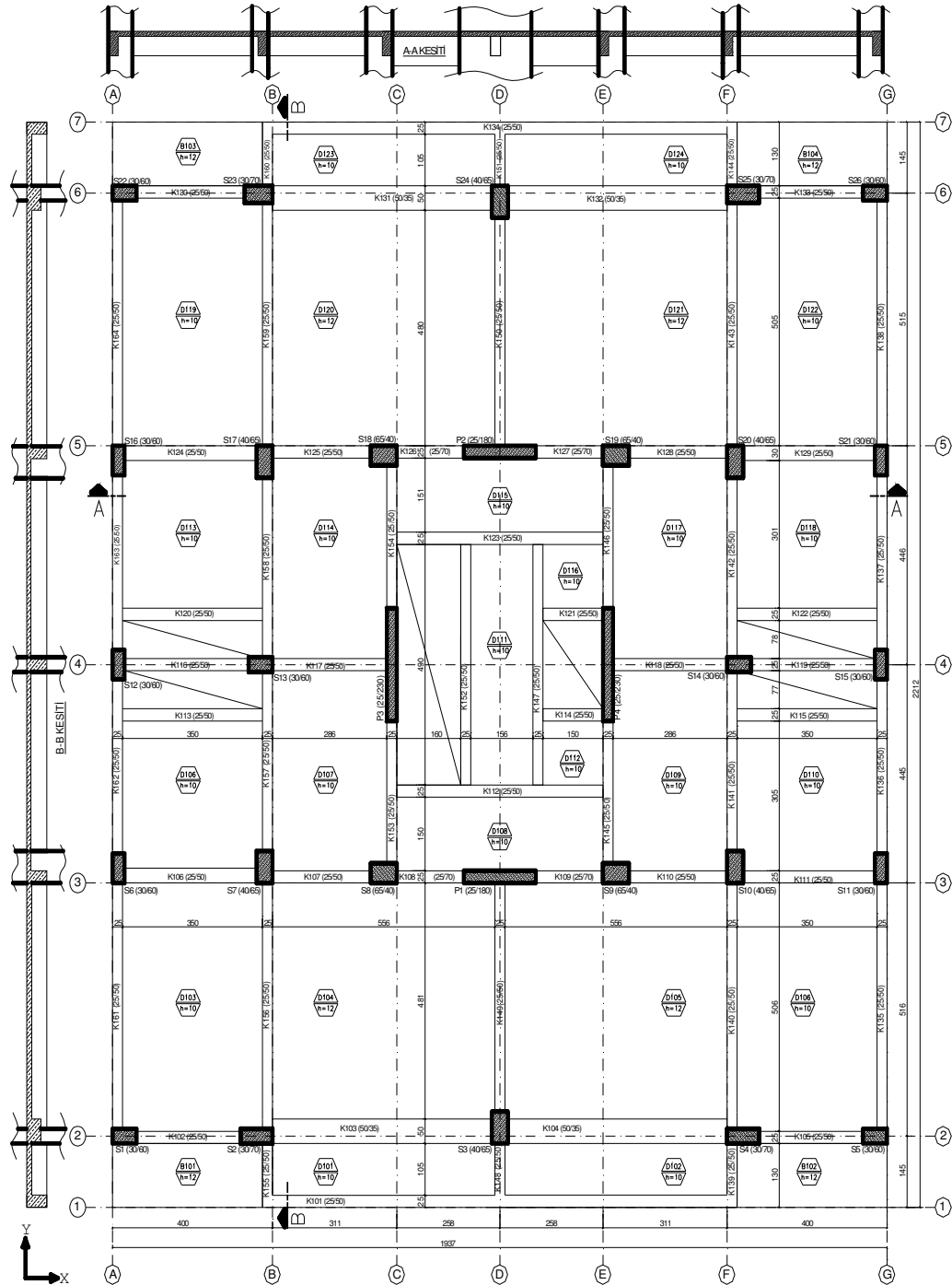
Yapıların boyutlandırılmasında yapılan kabuller ve tasarıma esas değerler ve, serbest titreşim modlarına ait öz değer analiziyle hesaplanan, titreşim periyotları, her iki yöndeki ötelenme ve düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecelerine ait modal kütle katılım oranları aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

4.1.1 BY1-4 Binası Kalıp Planı



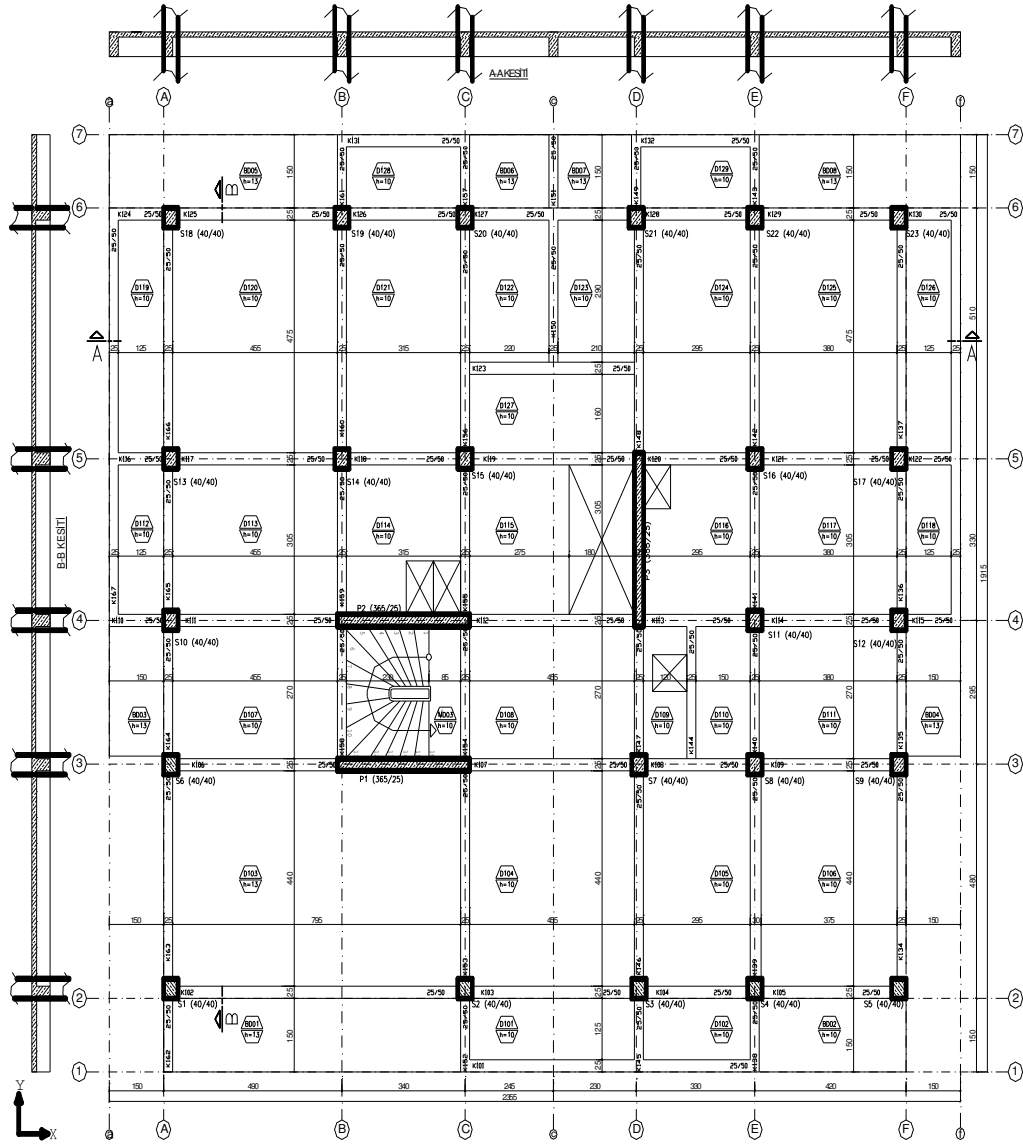
Şekil 4.1 Örnek olarak seçilen planda simetrik dört katlı betonarme yapıya (BY1-4) ait kalıp planı

4.1.2 BY1-8 Binası Kalıp Planı



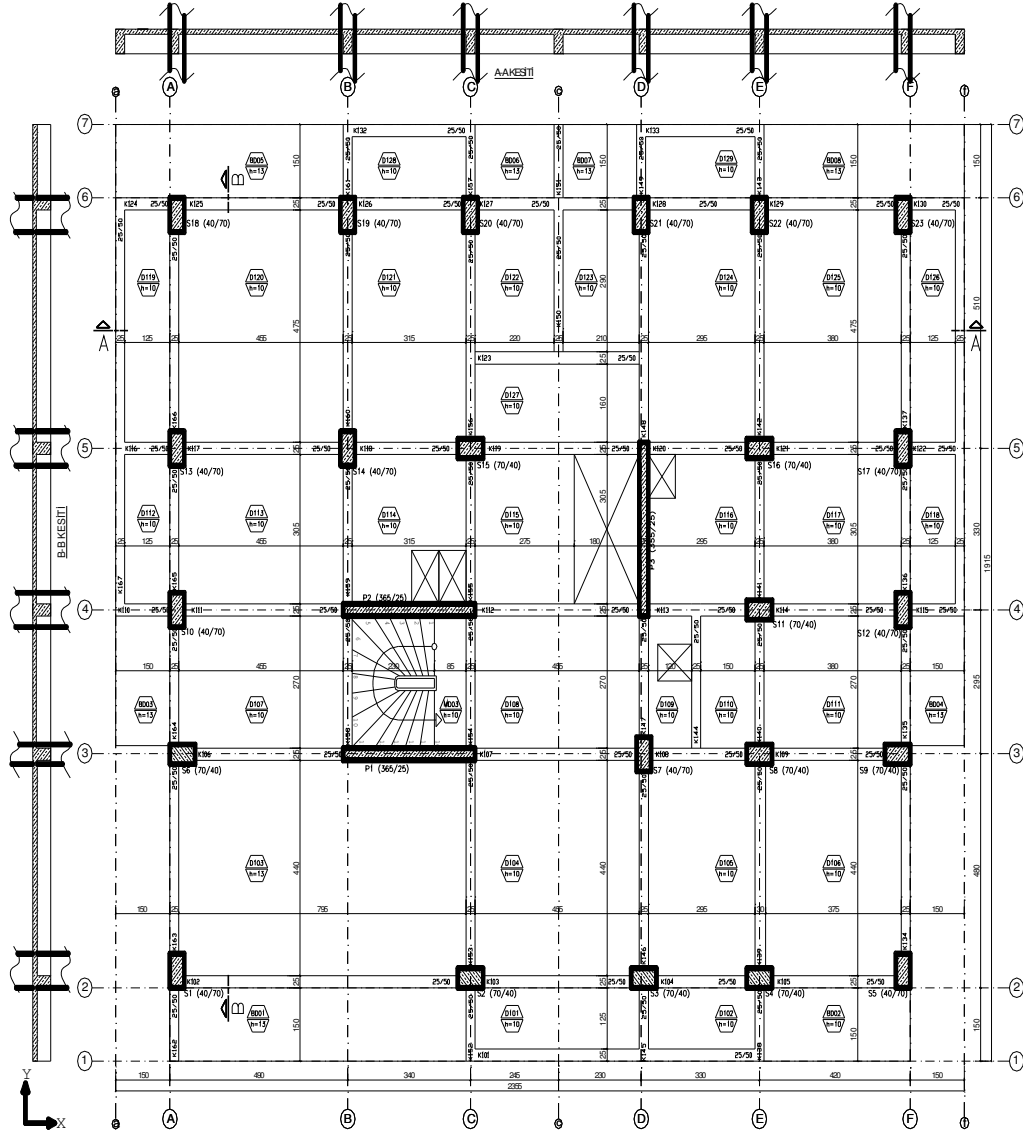
Şekil 4.2 Örnek olarak seçilen planda simetrik sekiz katlı betonarme yapıya (BY1-8) ait kalıp planı

4.1.3 BY2-4 Binası Kalıp Planı

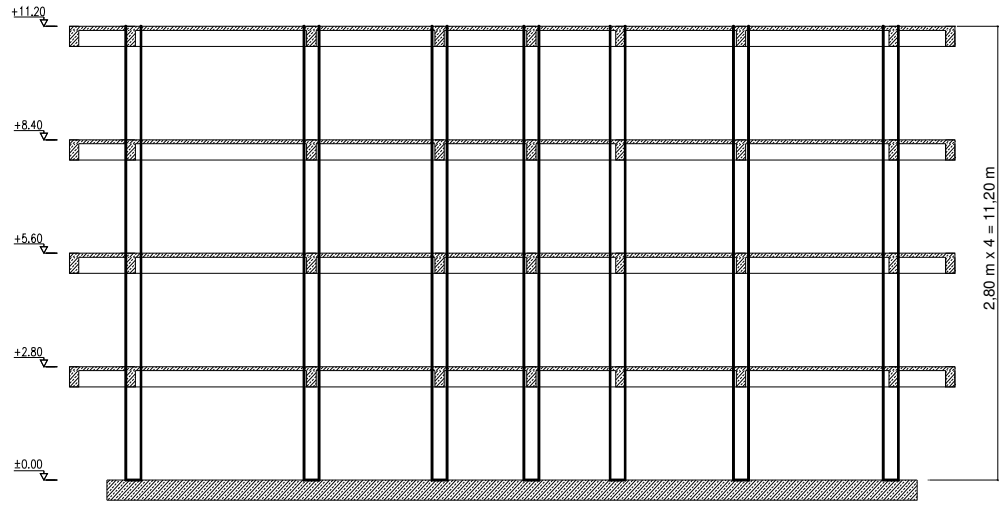


Şekil 4.3 Örnek olarak seçilen plan simetrisine sahip olmayan dört katlı betonarme yapıya (BY2-4) ait kalıp planı

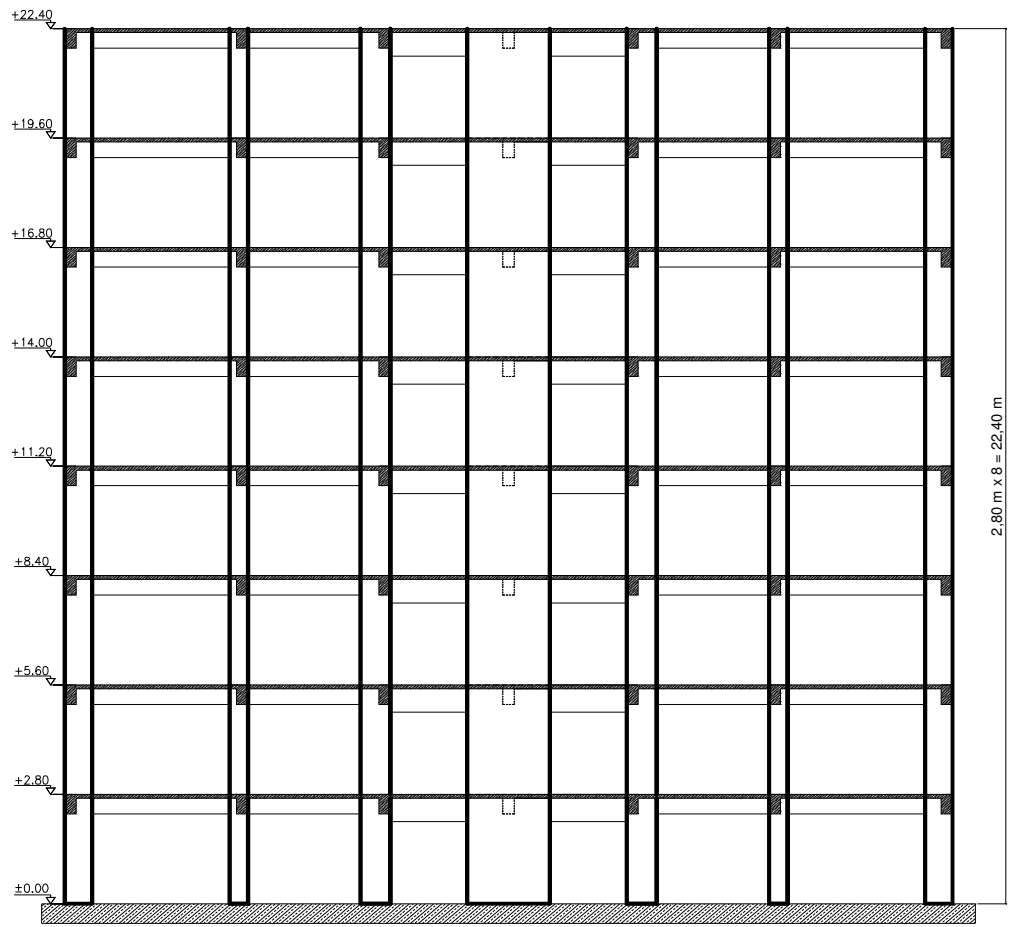
4.1.4 BY2-8 Binası Kalıp Planı



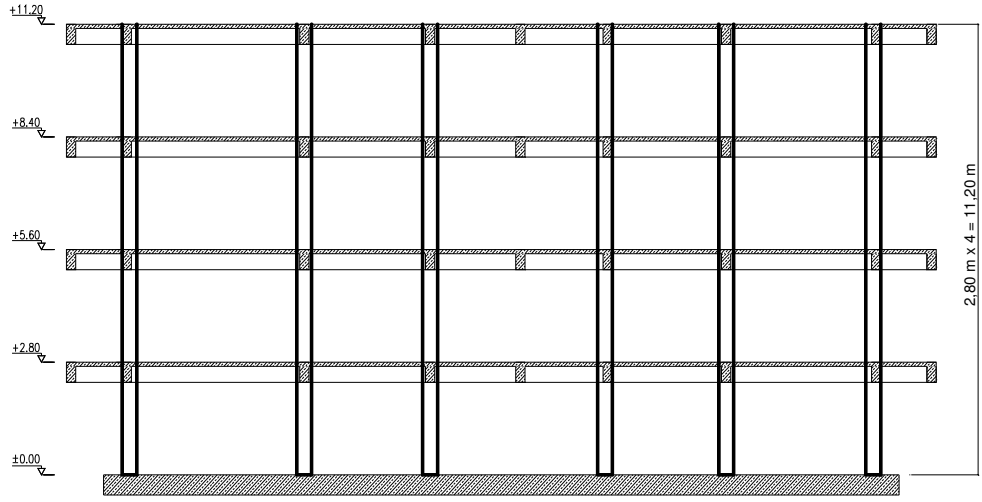
Şekil 4.4 Örnek olarak seçilen plan simetrisine sahip olmayan dört katlı betonarme yapıya (BY2-8) ait kalıp planı



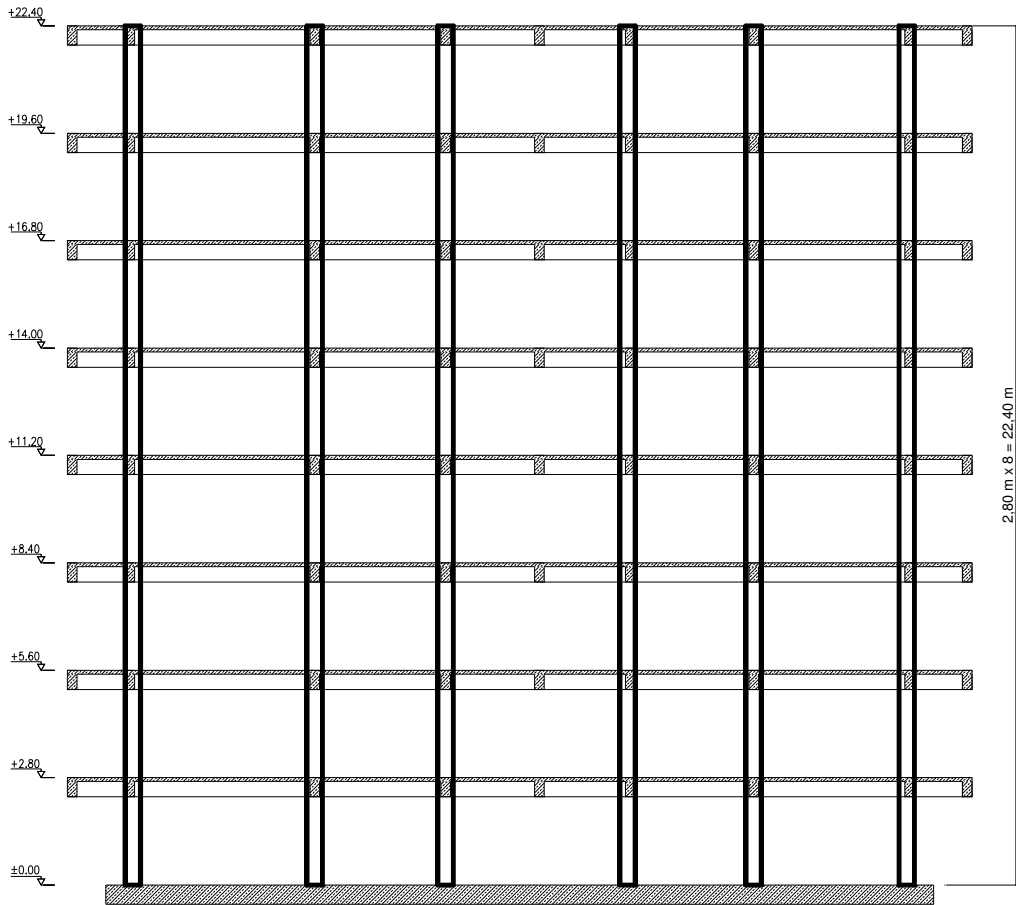
Şekil 4.5 Örnek olarak seçilen planda simetrik dört katlı betonarme yapıya (BY1-4) ait düşey A-A kesiti



Şekil 4.6 Örnek olarak seçilen planda simetrik sekiz katlı betonarme yapıya (BY1-8) ait düşey A-A kesiti



Şekil 4.7 Örnek olarak seçilen plan simetrisine sahip olmayan dört katlı betonarme yapıya (BY2-4) ait düşey A-A kesiti



Şekil 4.8 Örnek olarak seçilen plan simetrisine sahip olmayan sekiz katlı betonarme yapıya (BY2-8) ait düşey A-A kesiti

4.1.5 Seçilen Örnek Binaların Boyutlandırılmasına Esas Değerler

Tez çalışması kapsamında incelenen betonarme binalara ait çeşitli yapısal özellikler ve binaların boyutlandırılmasında esas alınan değerler Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2 Seçilen binaların yapı özellikleri ve boyutlandırılmasında esas değerler

Yapı No.	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
Taşıyıcı Sistem	Betonarme çerçeve	Betonarme perde çerçeve	Betonarme perde çerçeve	Betonarme perde çerçeve
Kullanım Amacı	Konut	Konut	Konut	Konut
Kat plan alanı,(m²)	409,10	409,10	421,36	421,36
Yapı Yüksekliği,(m)	11,20	22,40	11,20	22,40
Deprem Bölgesi	1	1	1	1
Etkin Yer İvmesi,A₀	0,4	0,4	0,4	0,4
Yapı Önem Katsayısı,I	1,0	1,0	1,0	1,0
Taşıyıcı Sistem Davranış Kts.,R	8	7	7	7
Yerel zemin sınıfı/grubu	Z3/C	Z3/C	Z3/C	Z3/C
Beton Sınıfı	C25	C25	C25	C25
Boyuna ve Enine Donatı Sınıfı	S420	S420	S420	S420
Hareketli Yük (t/m²)	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50
Yapı Ağırlığı (G+0,3Q),(t)	1123,50	2386,23	1188,32	2532,80
Tasarım Taban Kesme Kuvveti (t)	140,44	273,80	169,71	278,00
Burulma Düzensizliği Kts,η_{bi}	1,13	1,18	1,27	1,36

4.1.6 Seçilen Yapılara Ait Serbest Titreşim Periyotları ve Modal Bilgiler

Seçilen örnek yapılar için önce elastik sonra da çatlama rijitlik değerleri kullanılarak, özdeğer analiziyle bulunan doğal titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.3 BY1-4 binası elastik titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,503	--	84,36	--	--	84,36	--
2	0,463	--	--	84,83	--	84,37	84,83
3	0,460	85,18	--	--	85,18	84,37	84,83
4	0,159	--	10,66	--	85,18	95,03	84,83
5	0,149	10,39	--	--	95,58	95,03	84,83

Tablo 4.4 BY1-4 binası çatlama rijitliklerle elde edilen titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,743	--	83,82	--	--	83,82	--
2	0,668	--	--	84,51	--	83,83	84,51
3	0,663	84,95	--	--	84,95	83,83	84,51
4	0,232	--	10,86	--	84,95	94,69	84,51
5	0,213	10,42	--	--	95,37	94,69	84,51

Tablo 4.5 BY1-8 binası elastik titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,739	--	75,25	2,38	--	75,25	2,38
2	0,727	--	2,32	77,66	--	77,57	80,04
3	0,619	78,62	--	--	78,62	77,57	80,04
4	0,230	--	--	10,71	78,62	77,62	90,75
5	0,222	--	11,58	0,05	78,62	89,20	90,80
6	0,192	12,46	--	--	91,09	89,20	90,80
7	0,127	--	--	4,16	91,09	89,20	94,96
8	0,114	--	5,00	--	91,09	94,20	94,97
9	0,104	4,23	--	--	95,31	94,20	94,97

Tablo 4.6 BY1-8 binası çatlamış rijitliklerle elde edilen titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	1,081	--	76,51	0,45	--	76,51	0,45
2	1,034	--	0,44	79,34	--	76,95	79,79
3	0,840	78,74	--	--	78,74	76,95	79,79
4	0,326	--	0,32	10,43	78,74	77,27	90,22
5	0,320	--	11,28	0,29	78,74	88,55	90,51
6	0,262	12,17	--	--	90,91	88,55	90,51
7	0,178	--	--	4,19	90,91	88,56	94,71
8	0,160	--	5,14	--	90,91	93,69	94,71
9	0,141	4,17	--	--	95,08	93,69	94,71

Tablo 4.7 BY2-4 binası elastik titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,423	4,03	9,63	70,78	4,03	9,63	70,78
2	0,292	2,53	67,74	7,26	6,57	77,37	78,04
3	0,250	69,01	0,76	5,30	75,57	78,13	83,34
4	0,135	0,52	1,27	9,13	76,09	79,41	92,48
5	0,080	0,43	14,83	1,57	76,53	94,24	94,04
6	0,077	0,17	0,50	3,01	76,70	94,74	97,05
7	0,063	17,71	0,10	1,26	94,41	94,84	98,31

Tablo 4.8 BY2-4 binası çatlamış rijitliklerle elde edilen titreşim periyotları ve modal kütle oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,603	4,12	9,90	69,72	4,12	9,90	69,72
2	0,411	2,65	65,66	7,37	6,76	75,56	77,09
3	0,353	67,11	0,78	5,45	73,87	76,34	82,54
4	0,190	0,56	1,35	9,29	74,43	77,69	91,83
5	0,106	0,25	0,06	3,82	74,68	77,75	95,65
6	0,105	0,37	15,94	1,10	75,05	93,69	96,75
7	0,080	18,21	0,10	1,30	93,26	93,79	98,05

Tablo 4.9 BY2-8 binası elastik titreşim periyotları ve modal kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	0,732	6,49	12,40	61,14	6,49	12,40	61,14
2	0,609	7,48	61,39	7,24	13,96	73,79	68,39
3	0,567	60,02	2,63	11,15	73,98	76,42	79,53
4	0,231	0,85	1,48	8,00	74,83	77,90	87,53
5	0,178	0,65	10,97	1,18	75,49	88,87	88,71
6	0,155	12,87	0,17	1,50	88,35	89,04	90,22
7	0,126	0,34	0,54	3,35	88,70	89,58	93,57
8	0,089	0,20	4,70	0,51	88,90	94,29	94,07
9	0,082	0,14	0,32	1,93	89,04	94,60	96,00
10	0,073	5,49	0,05	0,51	94,52	94,65	96,51

Tablo 4.10 BY2-8 binası çatlaşmış rijitliklerle elde edilen titreşim periyotları ve modal kütle oranları

Mod	Periyot (sn)	U _X (%)	U _Y (%)	Φ _Z (%)	Σ U _X (%)	Σ U _Y (%)	Σ Φ _Z (%)
1	1,058	6,76	13,61	59,31	6,76	13,61	59,31
2	0,883	9,35	58,55	7,30	16,11	72,16	66,60
3	0,823	56,82	3,43	12,59	72,93	75,59	79,19
4	0,332	0,86	1,57	7,89	73,79	77,16	87,09
5	0,252	0,68	10,89	1,25	74,47	88,05	88,33
6	0,218	12,93	0,16	1,59	87,40	88,21	89,92
7	0,180	0,39	0,59	3,35	87,79	88,80	93,27
8	0,121	0,21	4,82	0,60	87,99	93,61	93,87
9	0,115	0,11	0,41	1,94	88,10	94,02	95,81
10	0,097	5,70	0,05	0,49	93,80	94,07	96,30

4.1.7 Seçilen Yapıların Betonarme Kiriş, Kolon ve Perde Elemanlarına Ait Donatı Alanları

Tez çalışması kapsamında örnek olarak seçilen betonarme yapılar için Tablo 4.2’de verilen değerler ve DBYBHY-2006 esas alınarak yapılan, boyutlandırma ve kesit hesabı sonucunda elde edilen kiriş, kolon ve perde elemanlarına ait kesit boyutları ve donatı miktarları aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.11.a BY1-4 binası kiriş-kolon donatı alanları (X yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol Uç	Sağ Uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
2 Aksı	K102	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	4,53	3,85
	K103	50/35	ÜST	4,58	5,10
			ALT	2,98	3,30
	K104	50/35	ÜST	5,05	4,53
			ALT	3,27	2,86
	K105	25/50	ÜST	4,53	4,53
		ALT	3,95	4,53	
3 Aksı	K106	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	3,81	3,13
	K107	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	3,22	2,95
	K108	25/50	ÜST	4,21	4,53
			ALT	3,89	3,43
	K109	25/50	ÜST	4,53	4,17
			ALT	3,53	4,07
	K110	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	2,83	4,02
4 Aksı	K111	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	3,26	4,02
	K116	25/50	ÜST	4,03	3,34
			ALT	3,73	3,08
	K117	25/50	ÜST	4,26	4,53
		ALT	3,15	3,92	

Tablo 4.11.b BY1-4 binası kiriş-kolon donatı alanları (Y yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol Uç	Sağ Uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
A Aksı	K161	25/50	ÜST	4,64	4,53
			ALT	3,34	2,84
	K162	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	3,27	3,28
	K163	25/50	ÜST	4,53	4,53
			ALT	3,31	3,25
	K164	25/50	ÜST	4,53	4,62
			ALT	2,85	3,34
B Aksı	K155	25/50	ÜST	3,30	3,30
			ALT	1,65	1,65
	K156	25/50	ÜST	5,93	5,49
			ALT	3,82	3,55
	K157	25/50	ÜST	4,70	4,53
			ALT	3,05	2,88
	K158	25/50	ÜST	4,53	4,64
			ALT	2,9	3,91
	K159	25/50	ÜST	5,52	5,9
			ALT	3,56	3,8
C Aksı	K160	25/50	ÜST	3,3	3,3
			ALT	1,65	1,65
	K153	25/50	ÜST	5,46	5,36
			ALT	3,53	3,46
D Aksı	K154	25/50	ÜST	5,46	5,36
			ALT	3,53	3,46
	K148	25/50	ÜST	3,30	5,15
			ALT	1,65	3,33
	K149	25/50	ÜST	6,57	5,8
			ALT	4,21	3,74
Kat		Kolon Boyutu		Donatı	
Tüm katlar		40/40		16,00 cm ²	
Kesme Donatısı					
Tüm kolon,kiriş uç bölgelerinde Φ 8/5 cm, 135 ⁰ kancalı					
Ayrıca kolonlarda iki adet Φ 8 çiroz					

Tablo 4.12.a BY1-8 binası kiriş-kolon donatı alanları (X yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol Uç	Sağ Uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
2 Aksı	K102	25/50	ÜST	8,10	2,14
			ALT	5,70	2,14
	K103	50/35	ÜST	8,68	2,74
			ALT	5,57	6,16
	K104	50/35	ÜST	8,30	2,66
			ALT	5,34	6,16
	K105	25/50	ÜST	6,82	2,47
		ALT	6,97	2,47	
3 Aksı	K106	25/50	ÜST	5,99	1,90
			ALT	4,53	3,30
	K107	25/50	ÜST	8,85	2,00
			ALT	8,18	2,73
	K108	25/50	ÜST	3,44	3,01
			ALT	4,07	3,30
	K109	25/50	ÜST	9,57	3,01
			ALT	7,45	3,30
	K110	25/50	ÜST	8,42	2,70
			ALT	6,71	3,30
4 Aksı	K111	25/50	ÜST	5,67	1,34
			ALT	4,53	3,30
	K116	25/50	ÜST	4,76	1,50
			ALT	4,53	3,30
	K117	25/50	ÜST	5,70	2,05
		ALT	6,11	3,30	

Tablo 4.12.b BY1-8 binası kiriş-kolon donatı alanları (Y yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol Uç	Sağ Uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
A Aksı	K161	25/50	ÜST	6,07	6,53
			ALT	4,53	4,53
	K162	25/50	ÜST	6,90	7,00
			ALT	5,65	5,51
	K163	25/50	ÜST	7,00	6,96
			ALT	5,25	5,62
	K164	25/50	ÜST	6,36	6,06
		ALT	4,56	4,53	
B Aksı	K155	25/50	ÜST	2,24	3,49
			ALT	1,12	1,75
	K156	25/50	ÜST	9,73	10,09
			ALT	5,20	5,21
	K157	25/50	ÜST	8,96	7,68
		ALT	6,91	4,78	
C Aksı	K158	25/50	ÜST	7,68	9,09
			ALT	4,8	6,89
	K159	25/50	ÜST	10,04	9,84
			ALT	5,21	5,21
	K160	25/50	ÜST	3,49	2,24
			ALT	1,75	1,12
	K153	25/50	ÜST	14,37	22,17
			ALT	12,54	18,56
D Aksı	K154	25/50	ÜST	22,17	14,37
			ALT	18,56	12,54
	K148	25/50	ÜST	2,24	4,53
			ALT	1,12	2,86
	K149	25/50	ÜST	9,16	11,25
		ALT	6,03	5,24	
Kat		Kolon-Perde Boyutu		Boyuna Donatı	
Tüm katlarda		30/60		18,00 cm ²	
Tüm katlarda		30/60		21,60 cm ²	
Tüm katlarda		30/60		22,58 cm ²	
Tüm katlarda		30/70		21,00 cm ²	
Tüm katlarda		40/65		26,00 cm ²	
Tüm katlarda		40/65		47,50 cm ²	
Tüm katlarda		25/180		15,75 cm ²	
Tüm katlarda		25/230		20,13 cm ²	
Kesme Donatısı					
Tüm kolon,kiriş uç bölgelerinde Φ 8/5 cm, 135 ⁰ kancalı					
Kolonlarda iki adet Φ 8 çiroz					
Perdelerde iki boyuna donatıda bir Φ 8 çiroz					

Tablo 4.13.a BY2-4 binası kiriş-kolon donatı alanları (X yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol uç	Sağ uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
2 AKSI	K102	25/50	ÜST	13,35	11,33
			ALT	5,68	5,67
	K103	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
	K104	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
3 AKSI	K105	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
	K106	25/50	ÜST	4,21	6,76
			ALT	2,68	4,33
	K107	25/50	ÜST	5,73	4,57
			ALT	3,69	2,32
4 AKSI	K108	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,90	2,90
	K109	25/50	ÜST	4,57	3,85
			ALT	2,90	1,93
	K110	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K111	25/50	ÜST	4,57	5,50
			ALT	2,44	3,55
	K112	25/50	ÜST	4,74	4,57
			ALT	3,07	2,68
5 AKSI	K113	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,54	2,90
	K114	25/50	ÜST	4,57	3,71
			ALT	2,33	1,83
	K115	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K116	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K117	25/50	ÜST	4,57	4,37
			ALT	2,38	2,14
6 AKSI	K118	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,90	2,90
	K119	25/50	ÜST	3,30	4,17
			ALT	1,55	2,05
	K120	25/50	ÜST	4,57	3,62
			ALT	2,28	2,18
	K121	25/50	ÜST	4,57	3,15
			ALT	2,90	1,56
K122	25/50	ÜST	4,57	4,57	
		ALT	2,30	2,30	
6 AKSI	K124	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K125	25/50	ÜST	4,57	4,44
			ALT	2,58	2,18
	K126	25/50	ÜST	3,58	3,72
			ALT	1,97	1,92
	K127	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,26	2,28
	K128	25/50	ÜST	3,59	4,59
			ALT	2,14	4,57
K129	25/50	ÜST	3,30	2,56	
		ALT	1,55	1,30	
K130	25/50	ÜST	4,57	4,57	
		ALT	2,30	2,30	

Tablo 4.13.b BY2-4 binası kiriş-kolon donatı alanları (Y yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol uç	Sağ uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
A AKSI	K163	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	4,96	2,42
	K164	25/50	ÜST	4,57	4,20
			ALT	3,40	3,51
	K165	25/50	ÜST	4,17	4,49
			ALT	2,93	3,03
B AKSI	K166	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,42	2,72
	K158	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	3,96	3,58
	K159	25/50	ÜST	4,57	3,63
			ALT	2,51	2,47
C AKSI	K160	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,32	2,85
	K161	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K152	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K153	25/50	ÜST	4,57	5,14
			ALT	2,58	3,33
	K154	25/50	ÜST	4,12	4,16
			ALT	3,17	2,80
D AKSI	K155	25/50	ÜST	4,44	3,22
			ALT	2,18	1,89
	K156	25/50	ÜST	4,59	4,57
			ALT	2,23	2,58
	K157	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K145	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K146	25/50	ÜST	4,57	3,71
			ALT	2,44	1,83
E AKSI	K147	25/50	ÜST	4,57	7,49
			ALT	4,57	5,06
	K148	25/50	ÜST	6,48	4,59
			ALT	4,16	2,98
	K149	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K138	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K139	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,70	2,28
F AKSI	K140	25/50	ÜST	3,39	4,11
			ALT	2,92	2,88
	K141	25/50	ÜST	3,64	4,05
			ALT	2,11	2,04
	K142	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,48	2,86
	K143	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
F AKSI	K134	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	3,36	2,75
	K135	25/50	ÜST	4,57	4,35
			ALT	3,62	3,69
	K136	25/50	ÜST	4,33	4,57
			ALT	3,17	3,21
F AKSI	K137	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,42	2,70
Kat		Kolon-Perde Boyutu		Boyuna Donatı	
Tüm katlarda		40/40		16 cm2	
Tüm katlarda		25/355		32 cm2	
Tüm katlarda		25/365		32 cm2	
Kesme Donatısı					
Tüm kolon kiriş uç bölgelerinde F8/5 cm,135' kancalı					
Kolonlarda iki adet F8 çiroz					
Perdelerde iki boyuna donatıda bir F8 çiroz					

Tablo 4.14.a BY2-8 binası kiriş-kolon donatı alanları (X yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut	Donatı Yeri	Sol uç	Sağ uç
		(cm)		(cm ²)	(cm ²)
2 AKSI	K102	25/50	ÜST	13,35	11,33
			ALT	5,68	5,67
	K103	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
	K104	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
3 AKSI	K105	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,72	2,72
	K106	25/50	ÜST	7,76	11,15
			ALT	4,92	5,55
	K107	25/50	ÜST	10,69	7,37
			ALT	6,02	5,47
4 AKSI	K108	25/50	ÜST	5,27	5,14
			ALT	4,57	4,71
	K109	25/50	ÜST	5,40	5,93
			ALT	4,57	4,57
	K110	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K111	25/50	ÜST	6,97	9,25
			ALT	4,57	4,57
	K112	25/50	ÜST	8,76	6,88
			ALT	5,40	4,57
5 AKSI	K113	25/50	ÜST	4,93	5,45
			ALT	4,53	4,57
	K114	25/50	ÜST	4,93	5,45
			ALT	4,54	4,57
	K115	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K116	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K117	25/50	ÜST	6,06	5,56
			ALT	3,90	3,59
6 AKSI	K118	25/50	ÜST	4,68	4,57
			ALT	4,19	4,50
	K119	25/50	ÜST	4,57	5,95
			ALT	4,57	3,83
	K120	25/50	ÜST	5,99	4,57
			ALT	4,26	4,57
	K121	25/50	ÜST	4,96	5,58
			ALT	4,54	4,57
6 AKSI	K122	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K124	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K125	25/50	ÜST	6,10	5,12
			ALT	3,92	3,52
	K126	25/50	ÜST	4,59	4,96
			ALT	4,57	4,96
	K127	25/50	ÜST	5,59	5,74
			ALT	3,77	3,70
6 AKSI	K128	25/50	ÜST	4,88	4,59
			ALT	4,57	4,57
	K129	25/50	ÜST	4,69	5,87
			ALT	4,57	4,57
	K130	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30

Tablo 4.14.b BY2-8 binası kiriş-kolon donatı alanları (Y yönü aksları)

Aks No.	Kiriş No.	Boyut (cm)	Donatı Yeri	Sol uç (cm ²)	Sağ uç (cm ²)
A AKSI	K163	25/50	ÜST	5,98	6,26
			ALT	4,96	4,57
	K164	25/50	ÜST	6,84	6,50
			ALT	5,90	6,16
	K165	25/50	ÜST	6,78	6,65
			ALT	5,84	6,12
B AKSI	K166	25/50	ÜST	6,18	6,85
			ALT	4,65	4,57
	K158	25/50	ÜST	5,77	5,79
			ALT	5,13	4,57
	K159	25/50	ÜST	6,85	5,02
			ALT	4,57	5,01
C AKSI	K160	25/50	ÜST	6,14	6,39
			ALT	4,57	4,57
	K161	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K152	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K153	25/50	ÜST	5,48	7,90
			ALT	4,57	4,57
	K154	25/50	ÜST	5,18	7,90
			ALT	4,57	4,57
D AKSI	K155	25/50	ÜST	5,35	4,57
			ALT	3,86	4,57
	K156	25/50	ÜST	5,80	5,83
			ALT	3,74	4,04
	K157	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K145	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K146	25/50	ÜST	6,32	5,90
			ALT	4,57	4,57
E AKSI	K147	25/50	ÜST	8,94	15,18
			ALT	9,47	12,17
	K148	25/50	ÜST	10,70	7,66
			ALT	5,58	5,47
	K149	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K138	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K139	25/50	ÜST	6,76	6,37
			ALT	4,57	4,57
F AKSI	K140	25/50	ÜST	6,10	6,34
			ALT	5,43	5,29
	K141	25/50	ÜST	5,49	5,56
			ALT	4,57	4,57
	K142	25/50	ÜST	6,77	6,70
			ALT	4,57	4,57
	K143	25/50	ÜST	4,57	4,57
			ALT	2,30	2,30
	K134	25/50	ÜST	7,26	6,56
			ALT	5,62	5,21
F AKSI	K135	25/50	ÜST	7,88	7,20
			ALT	6,73	7,14
	K136	25/50	ÜST	7,79	7,54
			ALT	6,74	7,09
	K137	25/50	ÜST	7,06	7,55
			ALT	5,37	5,40
Kat		Kolon-Perde Boyutu		Boyuna Donatı	
Tüm katlarda		40/70		28 cm ²	
Tüm katlarda		25/355		32 cm ²	
Tüm katlarda		25/365		32 cm ²	
Kesme Donatısı					
Tüm kolon kiriş uç bölgelerinde Φ 8/5 cm, 135' kancalı					
Kolonlarda iki adet Φ 8 çiroz					
Perdelerde iki boyuna donatıda bir Φ 8 çiroz					

4.2 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Performans Tayini Amacıyla Yapılan Deprem Hesabı Ve Matematik Modeline Ait Genel İlkeler

Seçilen örnek binalar üzerinde uygulanan gerek doğrusal gerekse doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinde uyulan genel ilke ve kurallar aşağıda sıralanmıştır;

a) Deprem etkisinin tanımında elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılmış, deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmamıştır. ($I=1.0$).

b) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda (x ve y) ve bir yönde ayrı ayrı etki ettirilmiştir.

c) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiş, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınmıştır. Performans belirleme amacıyla yapılan deprem kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanıp, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmamıştır.

d) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınmıştır.

e) Kalıp planında her iki yönden simetri özelliğine sahip betonarme binaların (BY1-4, BY1-8) deprem hesabında bu özellikten faydalanılmıştır.

f) Yapı temeli ve oturduğu zemin profilinin herhangi bir şekil değiştirmeye izin vermediği kabul edilip, zemin kat kolonlarının zemine birleşimi ankastre mesnet olarak modellenmiştir.

g) Doğrusal elastik hesabın deprem taleplerinin elde edilmesi, doğrusal elastik olmayan hesabın yapı kapasitelerinin ve deprem taleplerinin belirlenmesi aşamalarında, matris-deplasman yöntemini esas alan ETABS Yapı Analiz Programı kullanılmıştır.

h) Analizlerde kullanılan bilgisayar programında doğrusal olmayan davranış çubuk elemanlarla tanımlandığından, perde elemanları geniş kolon yöntemiyle modellenmiştir. Bu yöntemde perde kendisiyle aynı kesit özelliklerine sahip kolon çubuk elemanı ile tanımlanır. Kayma kirişi davranışının tam olarak elde edilebilmesi için de perde kesiti boyunca sonsuz rijit kirişler tanımlanmıştır.

i) Tez kapsamında yapılan doğrusal olmayan statik analizlerde yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezine' ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu, çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit alınmıştır.

j) Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlama kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmıştır. Çatlama kesite ait eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılmıştır;

Kirişlerde: $0,40 EI_0$

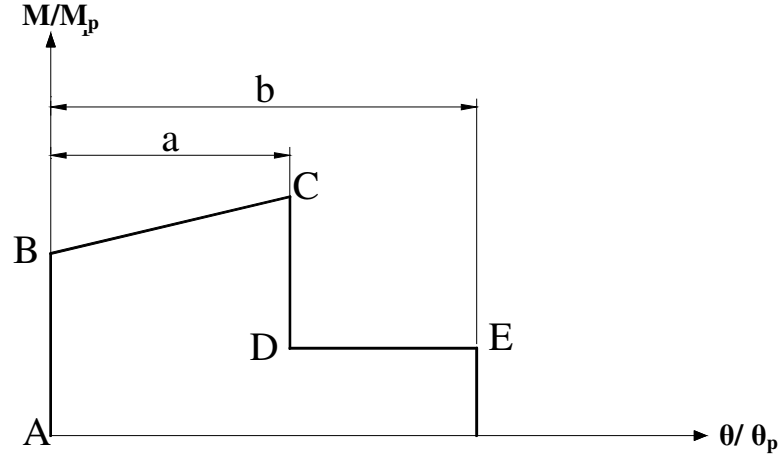
Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10$ olması durumunda : $0,40 EI_0$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0,40$ olması durumunda : $0,80 EI_0$

Burada N_D düşey yükler altında hesaplanan aksel basınç kuvveti, A_c kesit alanı, f_{cm} ise kesitin mevcut basınç dayanımı, E beton elastisite modülü, I_0 çalışan yöndeki atalet momentini simgelemektedir.

k) Plastik mafsal oluşumunun kiriş elemanlarında kirişin asal yönünde etkiyen tek eksenli eğilme momenti etkisiyle, kolonlardaysa iki eksenli eğilmeye ek olarak düşey yüklerin etkisiyle ortaya çıktığı kabulü yapılmıştır. Kiriş, kolon ve perde elemanlarına ait kuvvet - şekil değiştirme ilişkisini ifade eden moment-plastik

dönme bağıntısı pekleşen-rijit plastik olarak kabul edilmiştir. Örnek bir normalleştirilmiş moment-plastik dönme ilişkisine ait sayısal değerler ATC 40'da tanımlanmış, Şekil 4.9 ve Tablo 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.9 Kiriş,kolon,perde elemanları moment-plastik dönme ilişkisi

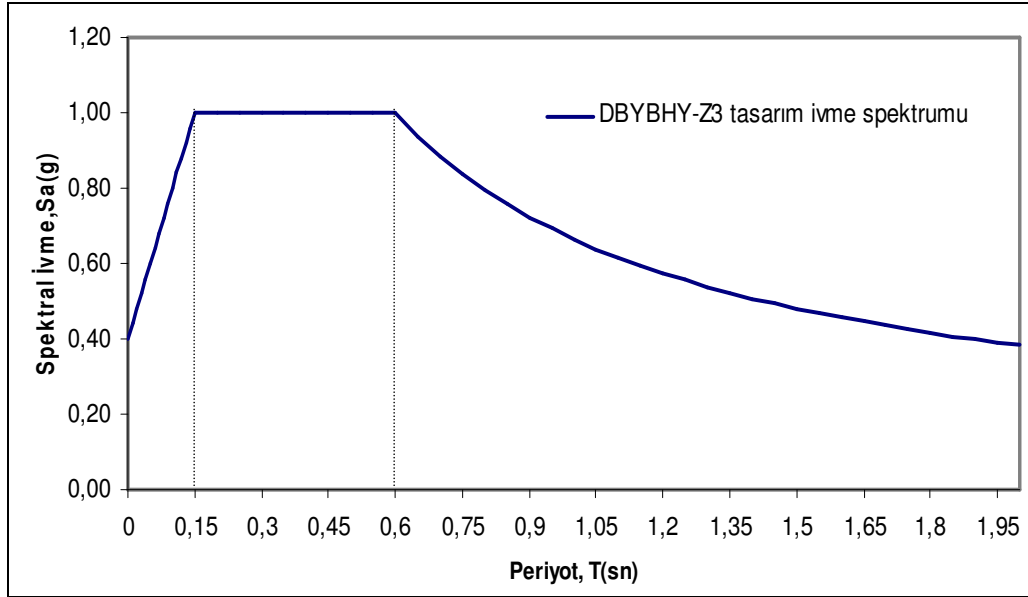
Tablo 4.15 Kiriş,kolon,perde elemanları moment-plastik dönme ilişkisine ait sayısal değerler

ELEMAN TİPİ		KİRİŞ	KOLON PERDE
Nokta	M/M_p	θ/θ_p	θ/θ_p
-E	-0,20	-0,035	-0,025
-D	-0,20	-0,020	-0,015
-C	-1,10	-0,020	-0,015
-B	-1,00	0,000	0,000
A	0,00	0,000	0,000
B	1,00	0,000	0,000
C	1,10	0,020	0,015
D	0,20	0,020	0,015
E	0,20	0,035	0,025

4.3 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Deprem Hesabı Sonuçları

Bu bölümde, performansa dayalı deprem güvenliği belirleme yönteminin iki aşamasından biri olan, yapı elemanlarında göz önüne alınan deprem etkisi altında oluşan deprem taleplerinin (etkilerinin) belirlenmesi işlemi sonuçları sunulmuştur.

Ele alınan yapıların performans seviyelerinin belirlenmesi için gerekli olan deprem etki seviyesi olarak DBYBHY-2006'da tanımlanan ve 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olan ve şiddetli depreme karşılık gelen Şekil 4.10' da verilen ivme spektrumu kullanılmıştır.



Şekil 4.10 DBYBHY-2006' verileri için birinci derece deprem bölgeleri için verilen Z3 yerel zemin sınıfı elastik tasarım ivme spektrumu

4.3.1 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemi Sonuçları

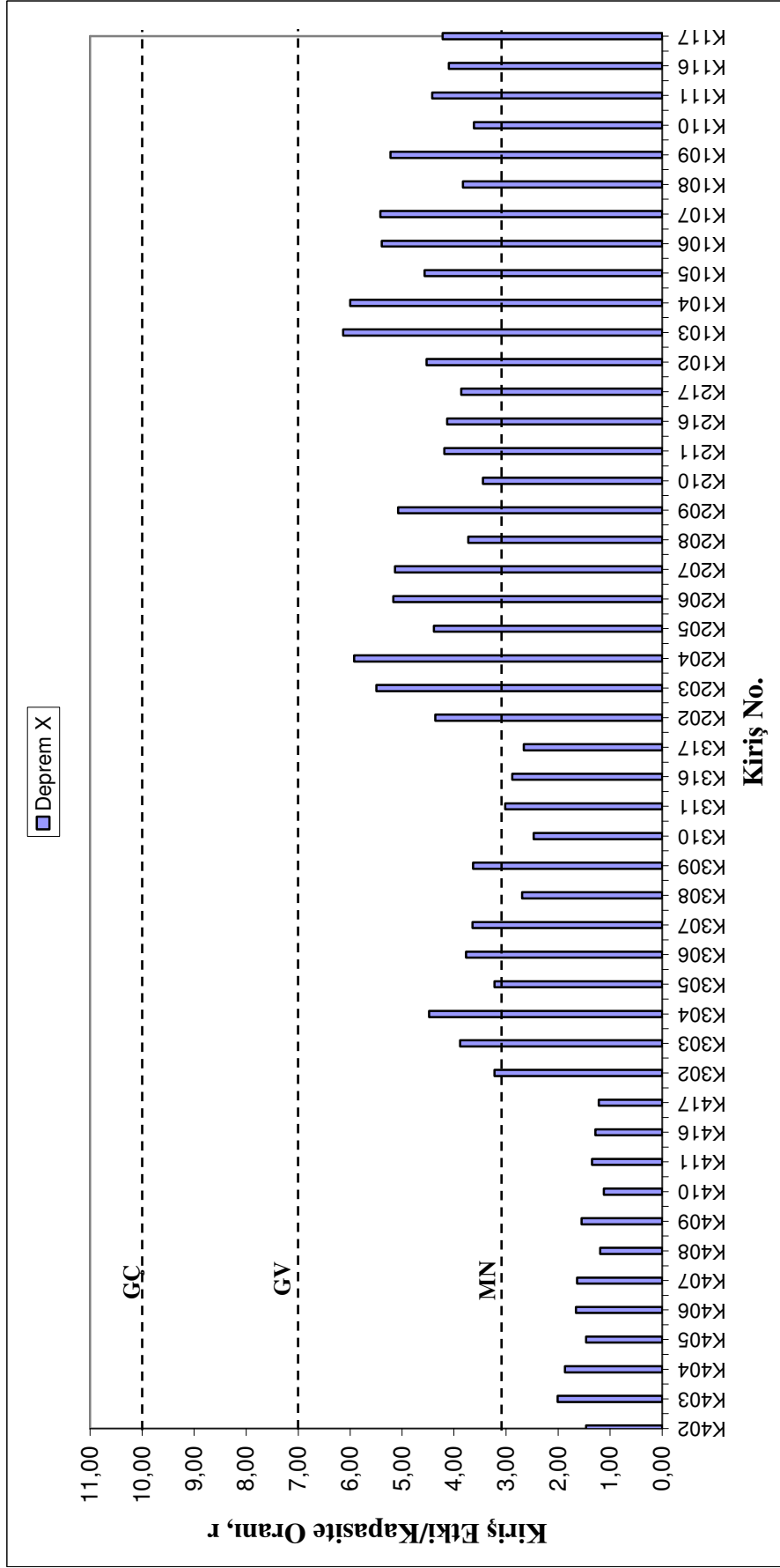
Doğrusal-elastik yöntem ile performans belirleme yönteminde deprem talepleri etki/kapasite (r) oranlarıyla ifade edilmektedir. Bu bölümde TS 500 ve DBYBHY-2006'da verilen esaslar uyarınca boyutlandırılan dört adet betonarme bina DBYBHY-2006'da yer alan doğrusal elastik performans değerlendirme yöntemi ile Bölüm 3.1' de verilen işlem adımları izlenerek çözülmüş ve tüm yapıların her bir katındaki kiriş ve kolon elemanlarına ait elde edilen, performans değerlendirmesine esas etki/kapasite, (r) değerleri aşağıdaki şekillerde sunulmuştur. Bu hesap yönteminde yapılarla ilgili yapılan kabuller ve çeşitli hesap değerleri Tablo 4.16' da sunulmuştur.

Tablo 4.16 Seçilen örnek yapılara ait doğrusal hesapta yapılan kabuller ve hesap değerleri

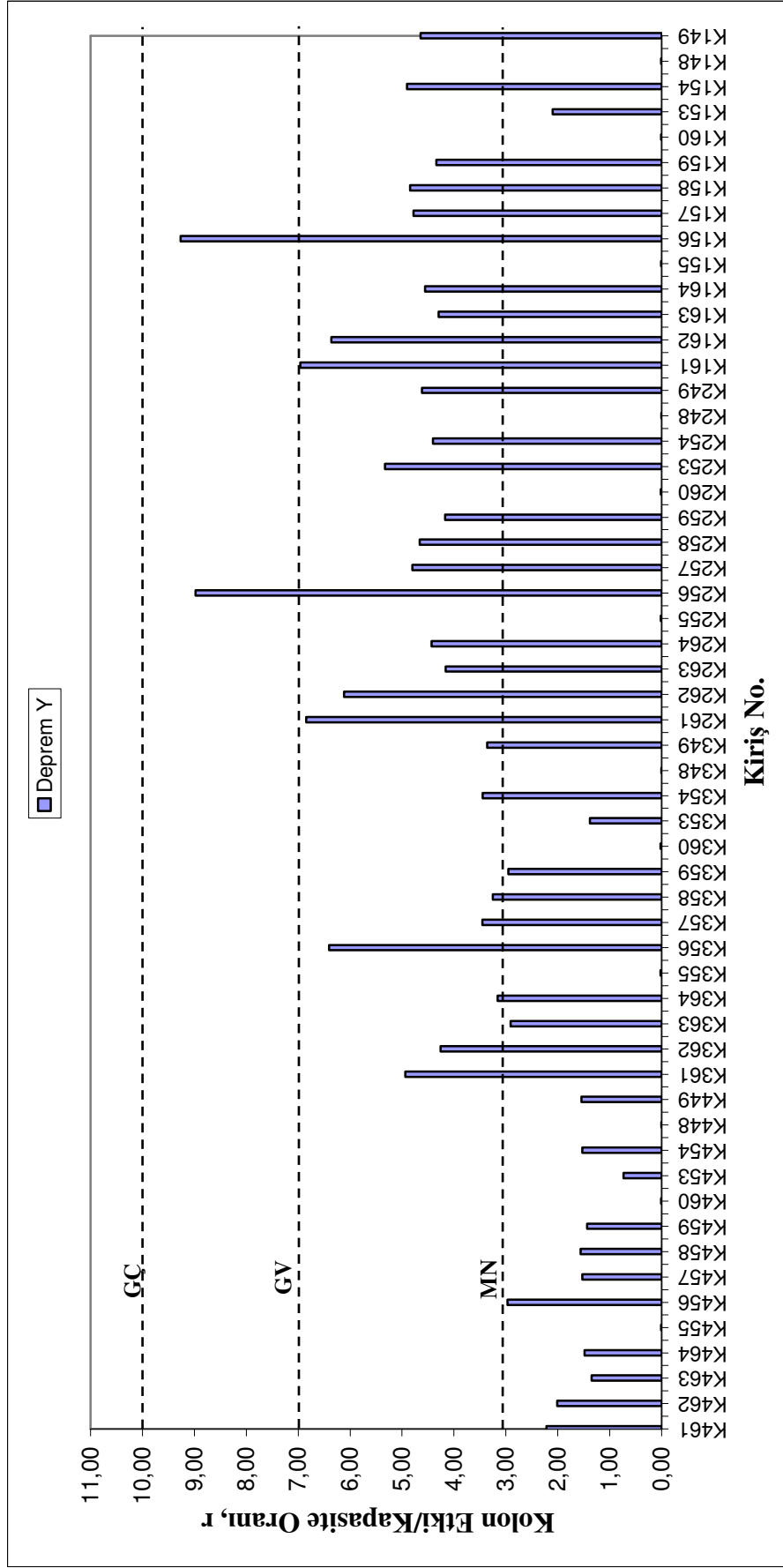
Yapı No.	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
Yapı Bilgi Düzeyi	Kapsamlı	Kapsamlı	Kapsamlı	Kapsamlı
Bilgi Düzeyi Katsayısı	1,00	1,00	1,00	1,00
Azaltma Katsayısı, λ	0,85	0,85	0,85	0,85
Düşey Yük Kombinasyonu	1,0G+1,0Q	1,0G+1,0Q	1,0G+1,0Q	1,0G+1,0Q
Elastik Taban Kesme Kuvveti, V_t (t)	954,98	1629,11	1009,77	1654,10
Deprem Hesap Yöntemi	Eşdeğer Deprem Yüğü	Eşdeğer Deprem Yüğü	Mod Birleştirme Yöntemi	Mod Birleştirme Yöntemi

4.3.1.1 BY1-4 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları

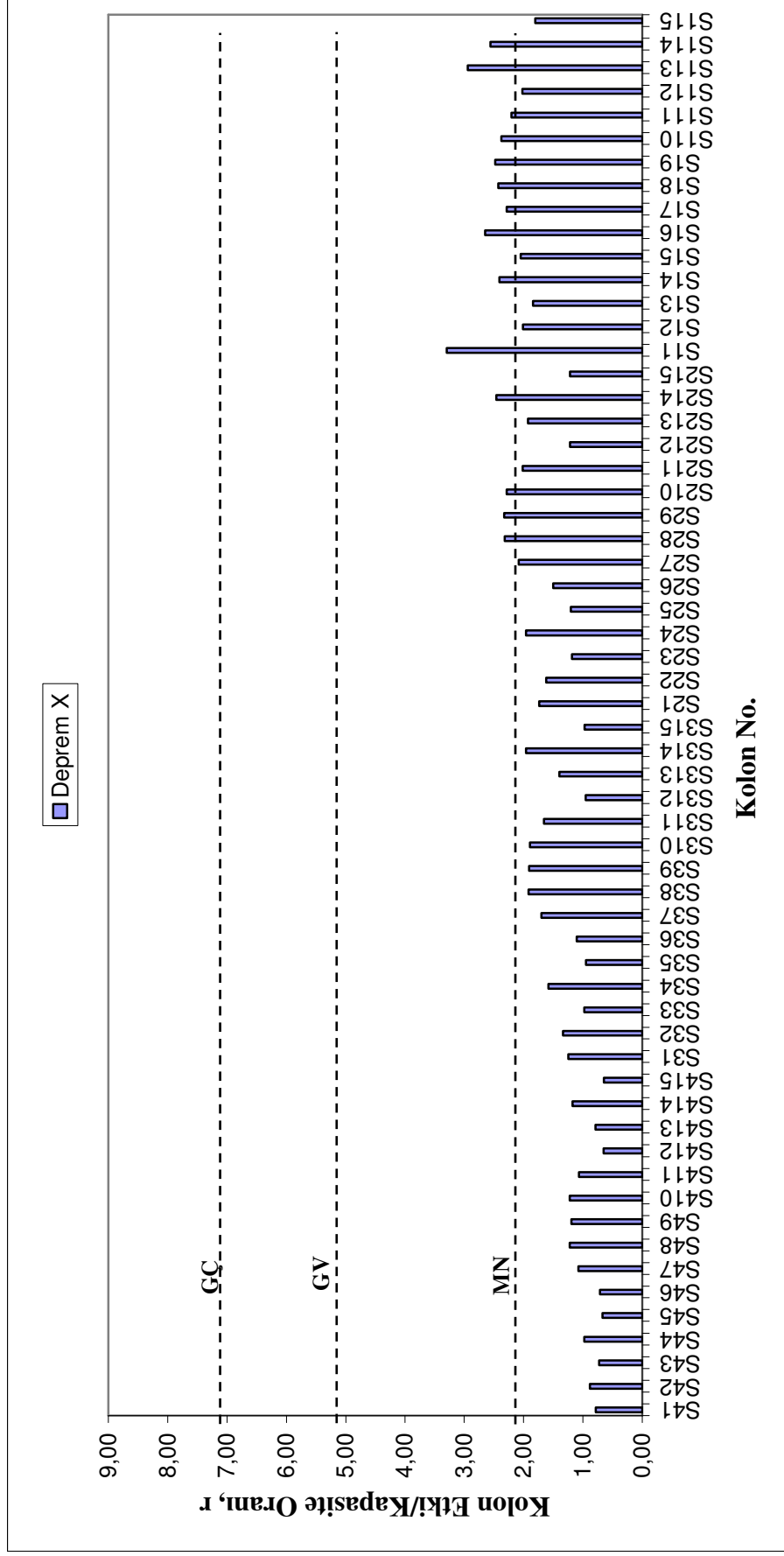
Hesap esasları DBYBHY-2006'da açıklanan, x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan Doğrusal Elastik Hesap sonucu bulunan, kiriş ve kolon elemanlarına ait etki / kapasite oranları Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 de verilmiştir. DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları, kirişlerde basınç donatısı oranı, sargılama durumu ve kesme kuvveti, kolonlar da ise aksenal yük düzeyi, sargılama durumu ve kesme kuvveti düzeyine göre değişmektedir. Bu sebeple, doğrusal elastik hesapta her bir elemanın farklı bir kesit hasar sınırı olmaktadır. Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 'de verilen kesit hasar sınırları, kesitlerin ortalama hasar sınır değerlerine en yakın tam sayı değerleri olarak alınmıştır. Eleman isimlendirmesinde kirişler K, kolonlar S, perdeler ise P harfleriyle tanımlanmıştır. Bu harflerden sonra gelen ilk rakam elemanın kat numarasını simgelemektedir.



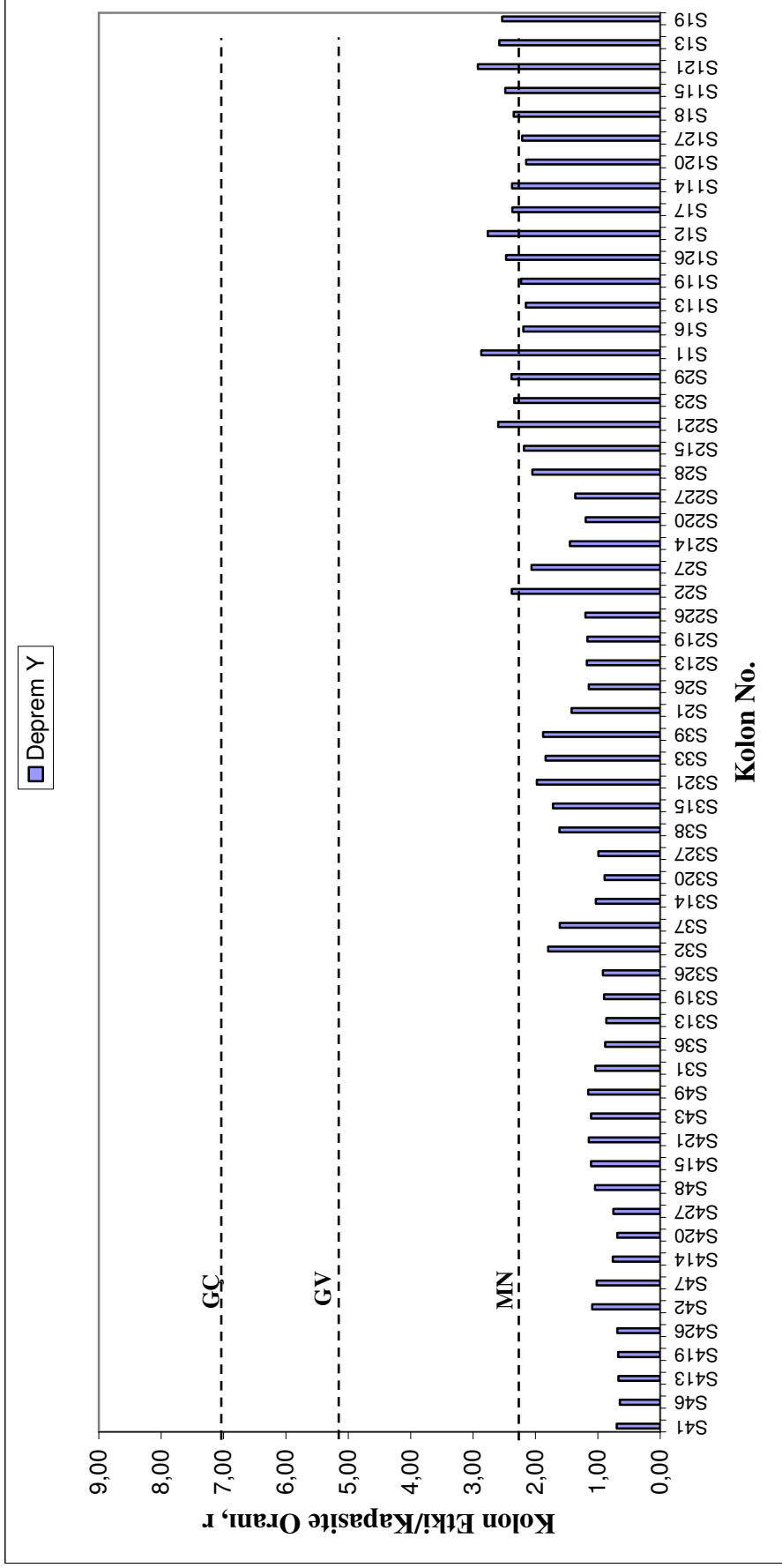
Şekil 4.11 B.Y1-4 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.12 B Y1-4 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



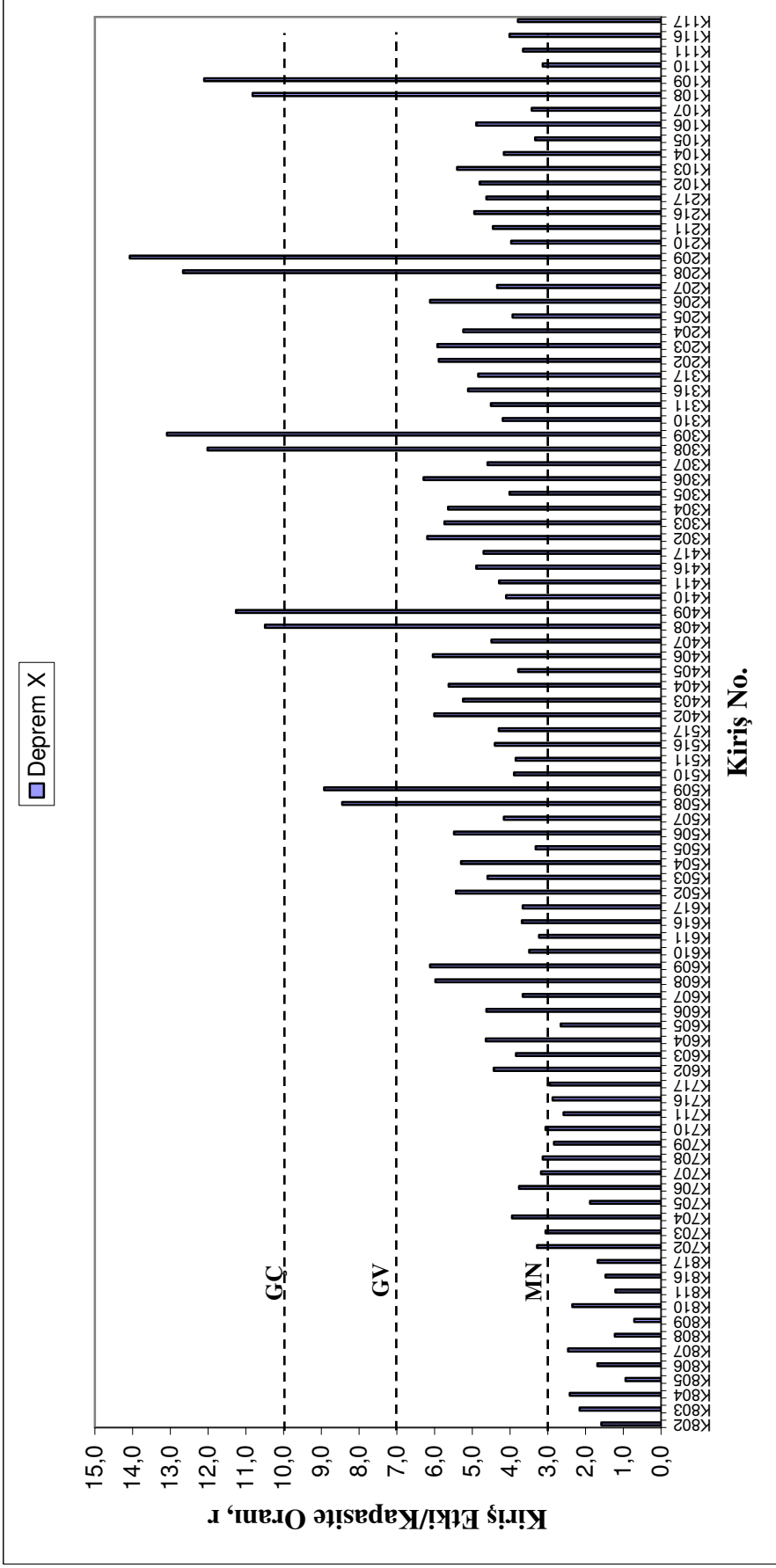
Şekil 4.13 B.Y1-4 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



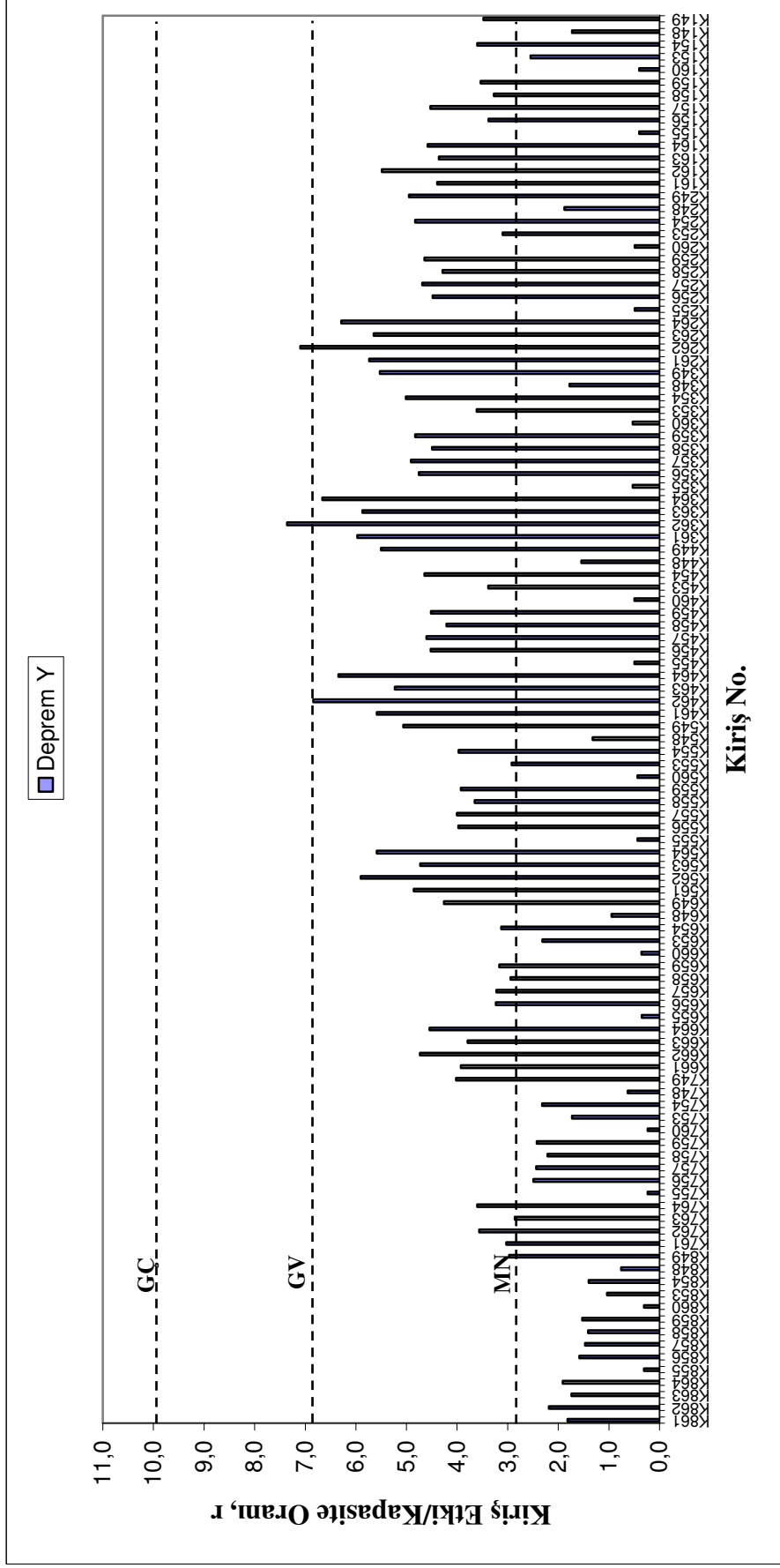
Şekil 4.14 B.Y1-4 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar

4.3.1.2 *BY1-8 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları*

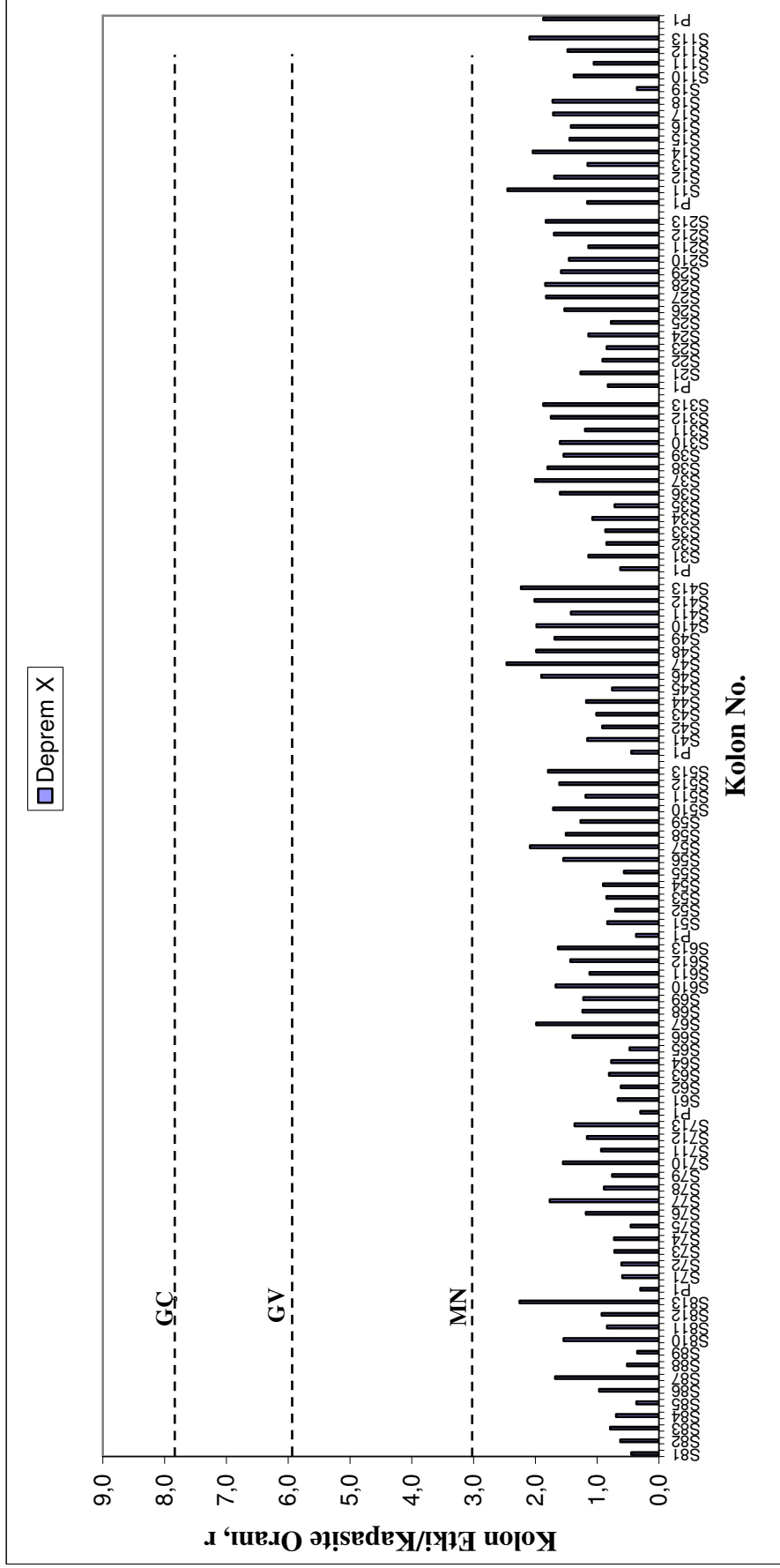
Hesap esasları DBYBHY-2006'da açıklanan, x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan Doğrusal Elastik Hesap sonucu bulunan, kiriş ve kolon elemanlarına ait etki / kapasite oranları Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 de verilmiştir. DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları, kirişlerde basınç donatısı oranı, sargılama durumu ve kesme kuvveti, kolonlar da ise aksenal yük düzeyi, sargılama durumu ve kesme kuvveti düzeyine göre değişmektedir. Bu sebeple, doğrusal elastik hesapta her bir elemanın farklı bir kesit hasar sınırı olmaktadır. Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 'de verilen kesit hasar sınırları, kesitlerin ortalama hasar sınır değerlerine en yakın tam sayı değerleri olarak alınmıştır. Eleman isimlendirmesinde kirişler K, kolonlar S, perdeler ise P harfleriyle tanımlanmıştır. Bu harflerden sonra gelen ilk rakam elemanın kat numarasını simgelemektedir.



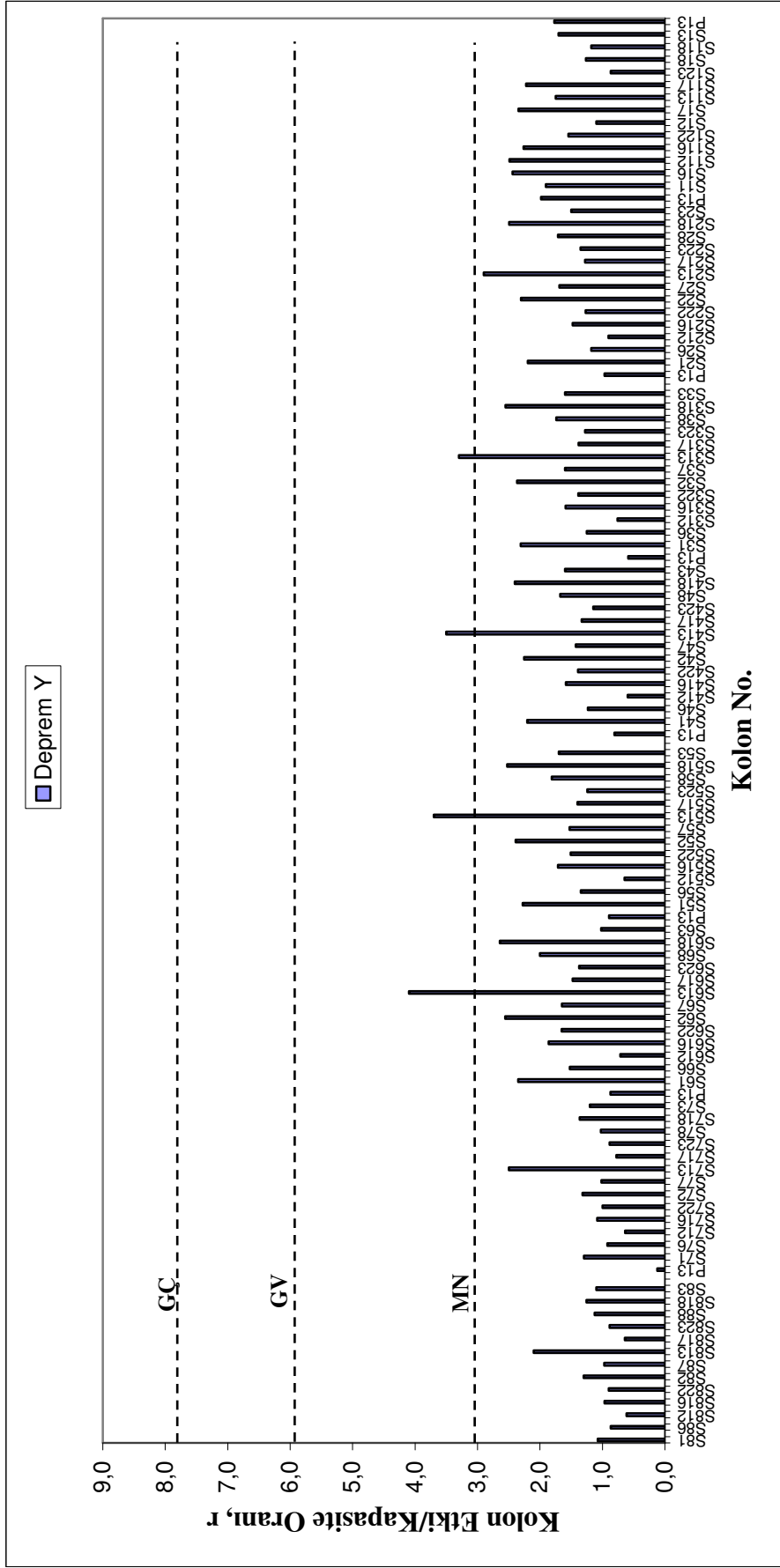
Şekil 4.15 B Y1-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.16 B Y1-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



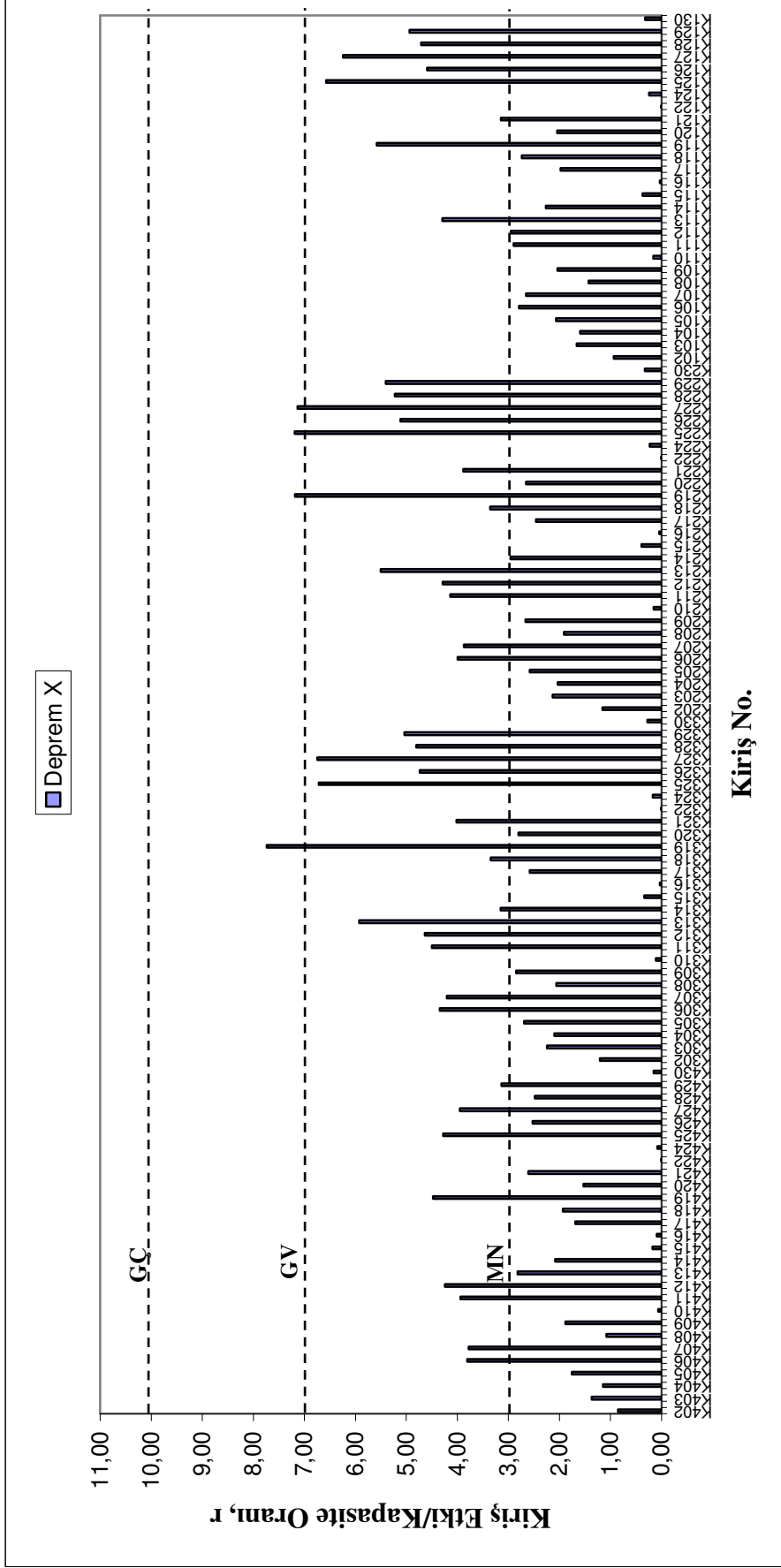
Şekil 4.17 B.Y1-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



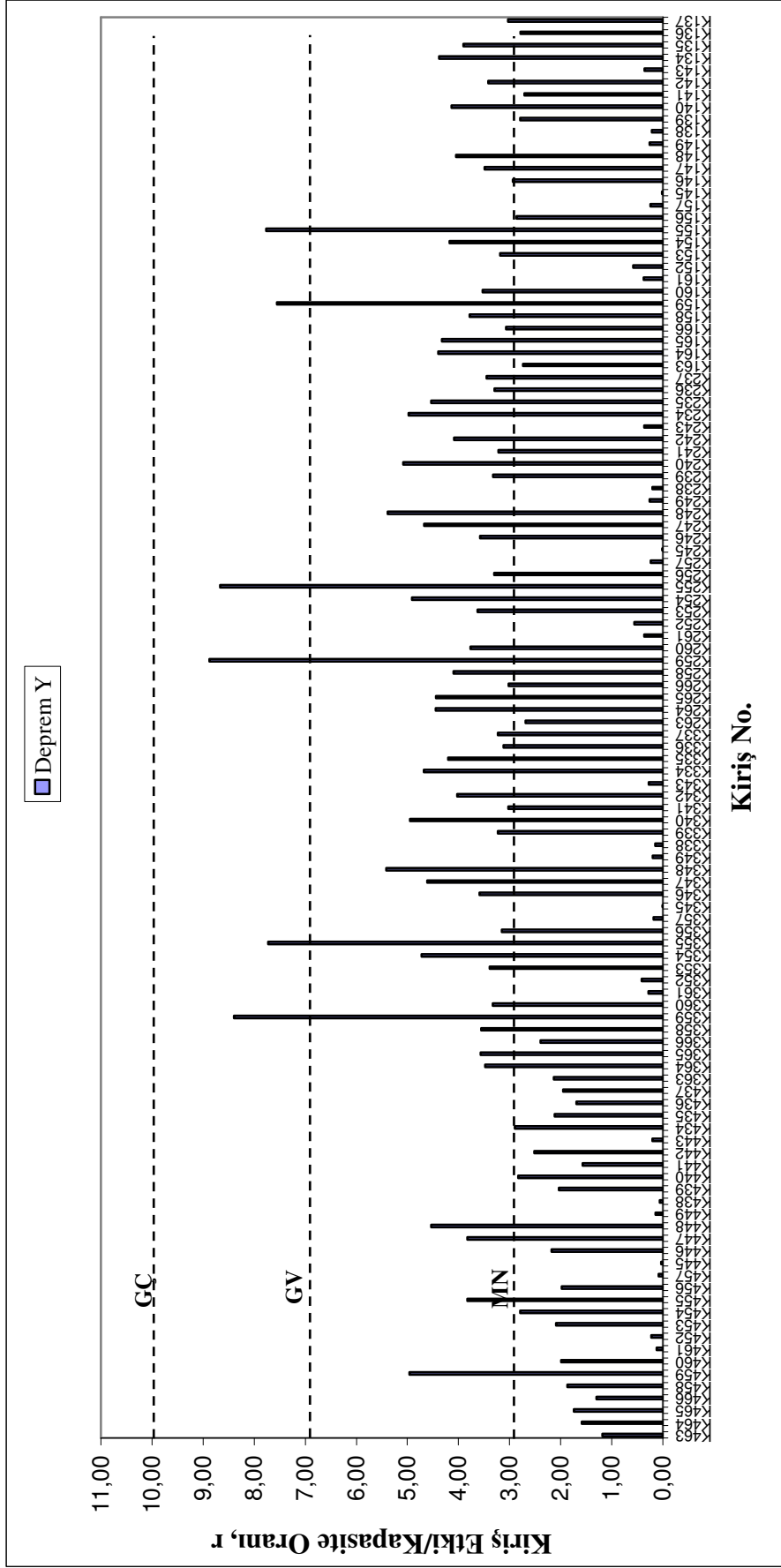
Şekil 4.18 BY1-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları

4.3.1.3 BY2-4 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları

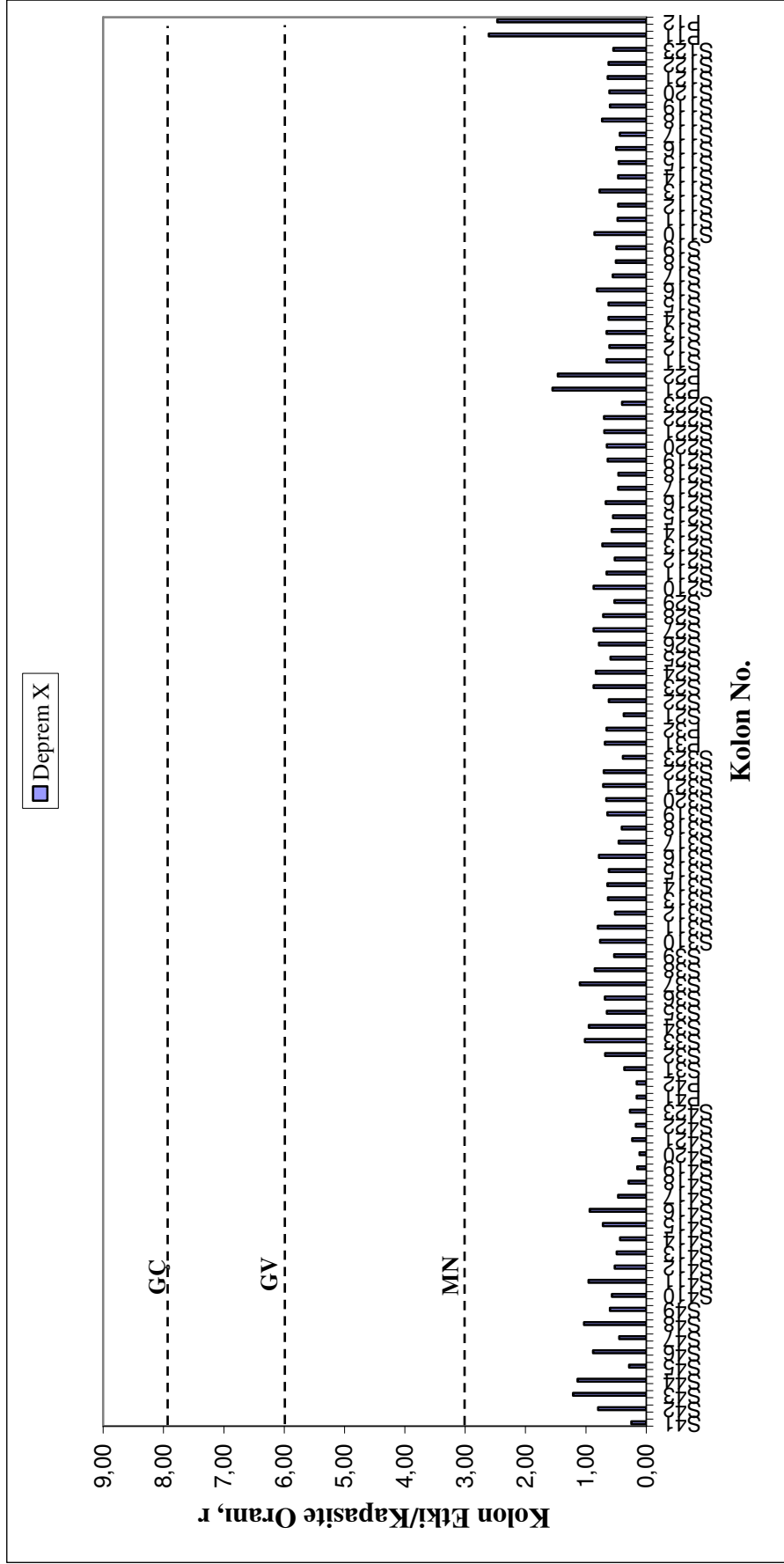
Hesap esasları DBYBHY-2006'da açıklanan, x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan Doğrusal Elastik Hesap sonucu bulunan, kiriş ve kolon elemanlarına ait etki / kapasite oranları Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 de verilmiştir. DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları, kirişlerde basınç donatısı oranı, sargılama durumu ve kesme kuvveti, kolonlar da ise aksenal yük düzeyi, sargılama durumu ve kesme kuvveti düzeyine göre değişmektedir. Bu sebeple, doğrusal elastik hesapta her bir elemanın farklı bir kesit hasar sınırı olmaktadır. Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 'de verilen kesit hasar sınırları, kesitlerin ortalama hasar sınır değerlerine en yakın tam sayı değerleri olarak alınmıştır. Eleman isimlendirmesinde kirişler K, kolonlar S, perdeler ise P harfleriyle tanımlanmıştır. Bu harflerden sonra gelen ilk rakam elemanın kat numarasını simgelemektedir.



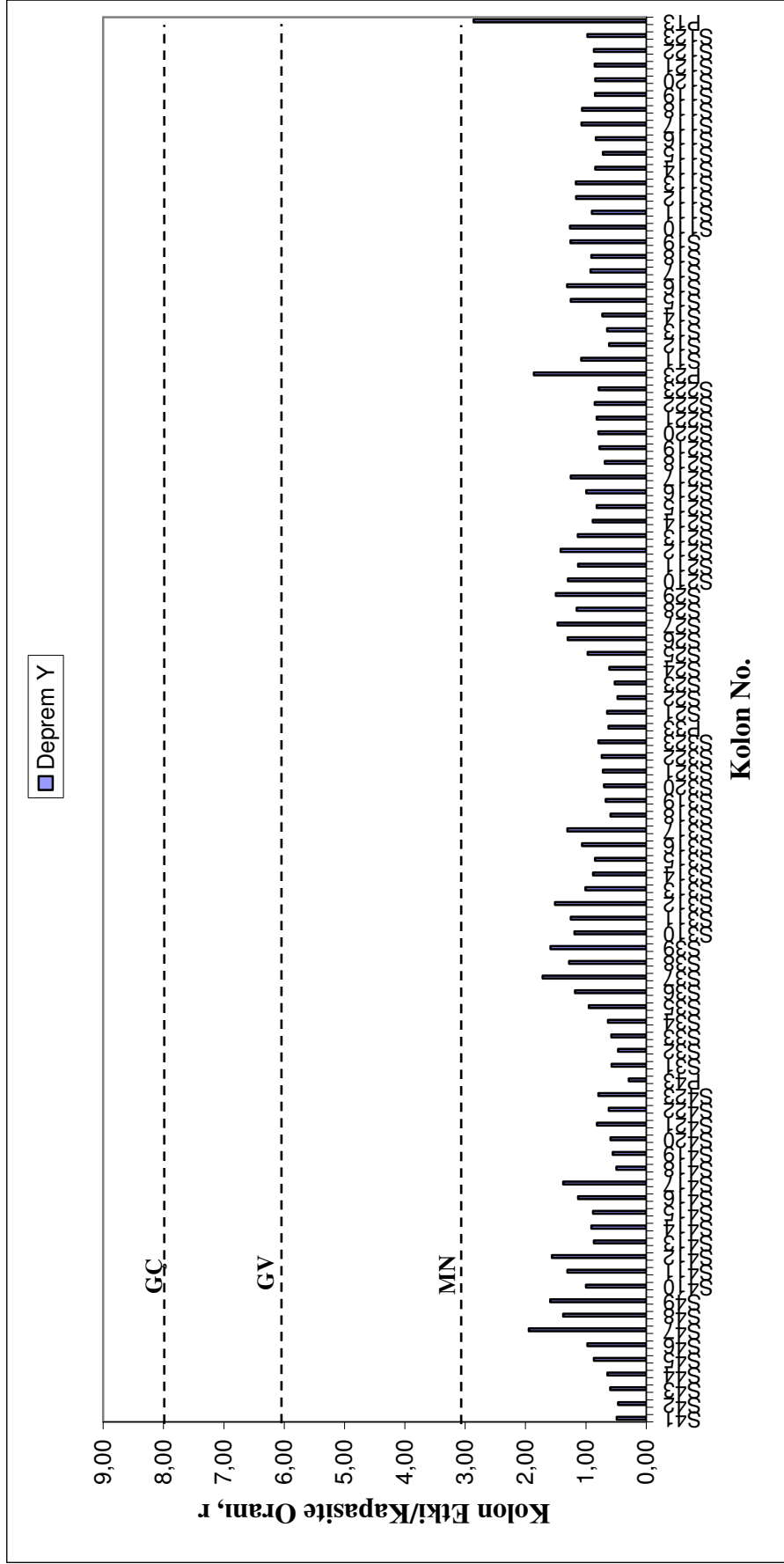
Şekil 4.19 B Y2-4 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.20 BY2-4 binası.y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.21 BY2-4 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları

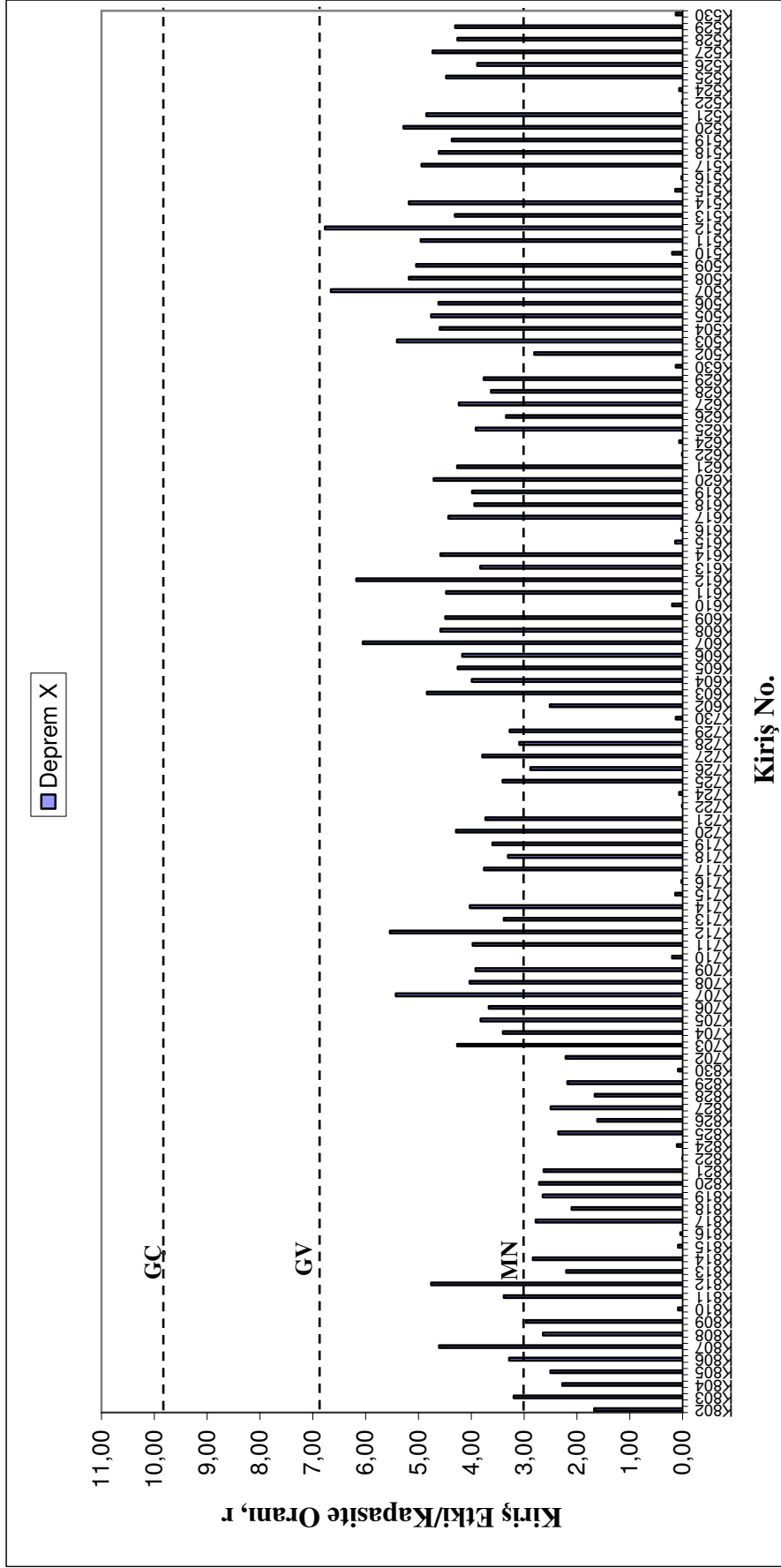


Şekil 4.22 BY2-4 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBH-2006 kesit hasar sınırları

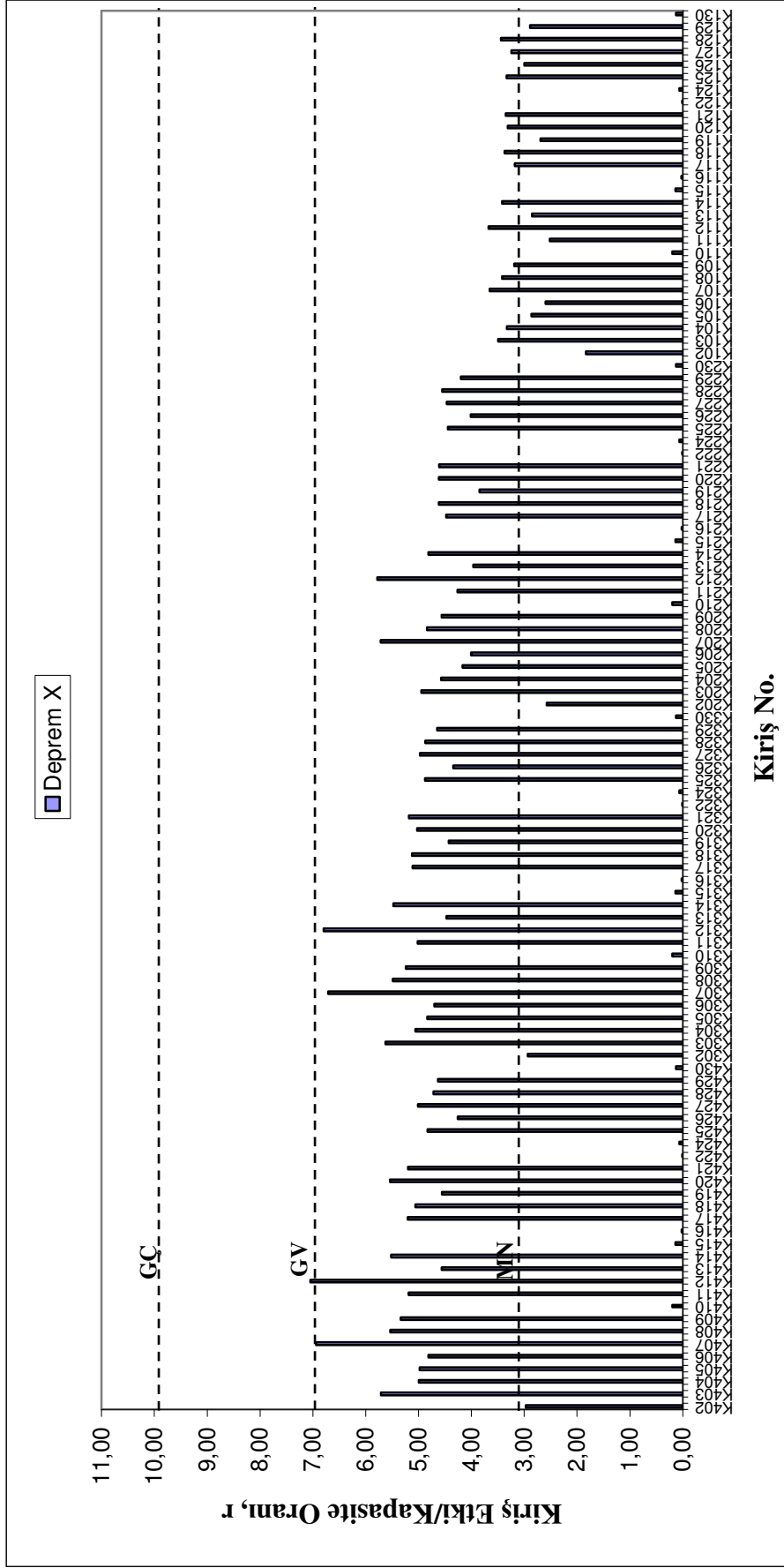
4.3.1.4 BY2-8 Binası Doğrusal Elastik Hesap Sonucu Elde Edilen Etki/Kapasite, (r) Oranları

Hesap esasları DBYBHY-2006'da açıklanan, x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan Doğrusal Elastik Hesap sonucu bulunan, kiriş ve kolon elemanlarına ait etki / kapasite oranları Şekil 4.23a, Şekil 4.23b, Şekil 4.24a, Şekil 4.24b, Şekil 4.25a, Şekil 4.25b, Şekil 4.26a ve Şekil 4.26b' de verilmiştir.

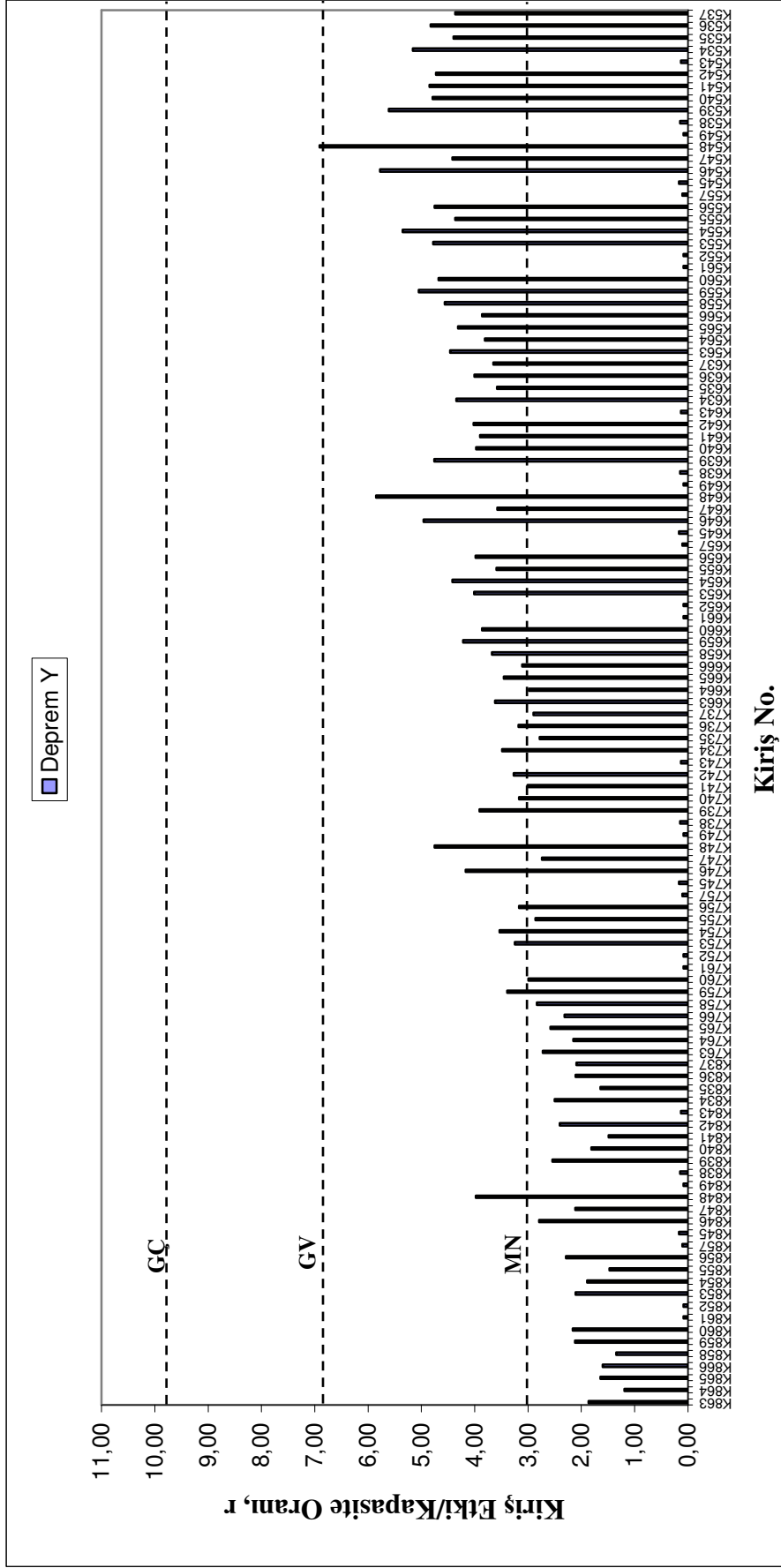
DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları, kirişlerde basınç donatısı oranı, sargılama durumu ve kesme kuvveti, kolonlar da ise eksenel yük düzeyi, sargılama durumu ve kesme kuvveti düzeyine göre değişmektedir. Bu sebeple, doğrusal elastik hesapta her bir elemanın farklı bir kesit hasar sınırı olmaktadır. Şekil 4.23a, Şekil 4.23b, Şekil 4.24a, Şekil 4.24b, Şekil 4.25a, Şekil 4.25b, Şekil 4.26a ve Şekil 4.26b 'de verilen kesit hasar sınırları, kesitlerin ortalama hasar sınır değerlerine en yakın tam sayı değerleri olarak alınmıştır. Eleman isimlendirmesinde kirişler K, kolonlar S, perdeler ise P harfleriyle tanımlanmıştır. Bu harflerden sonra gelen ilk rakam elemanın kat numarasını simgelemektedir.



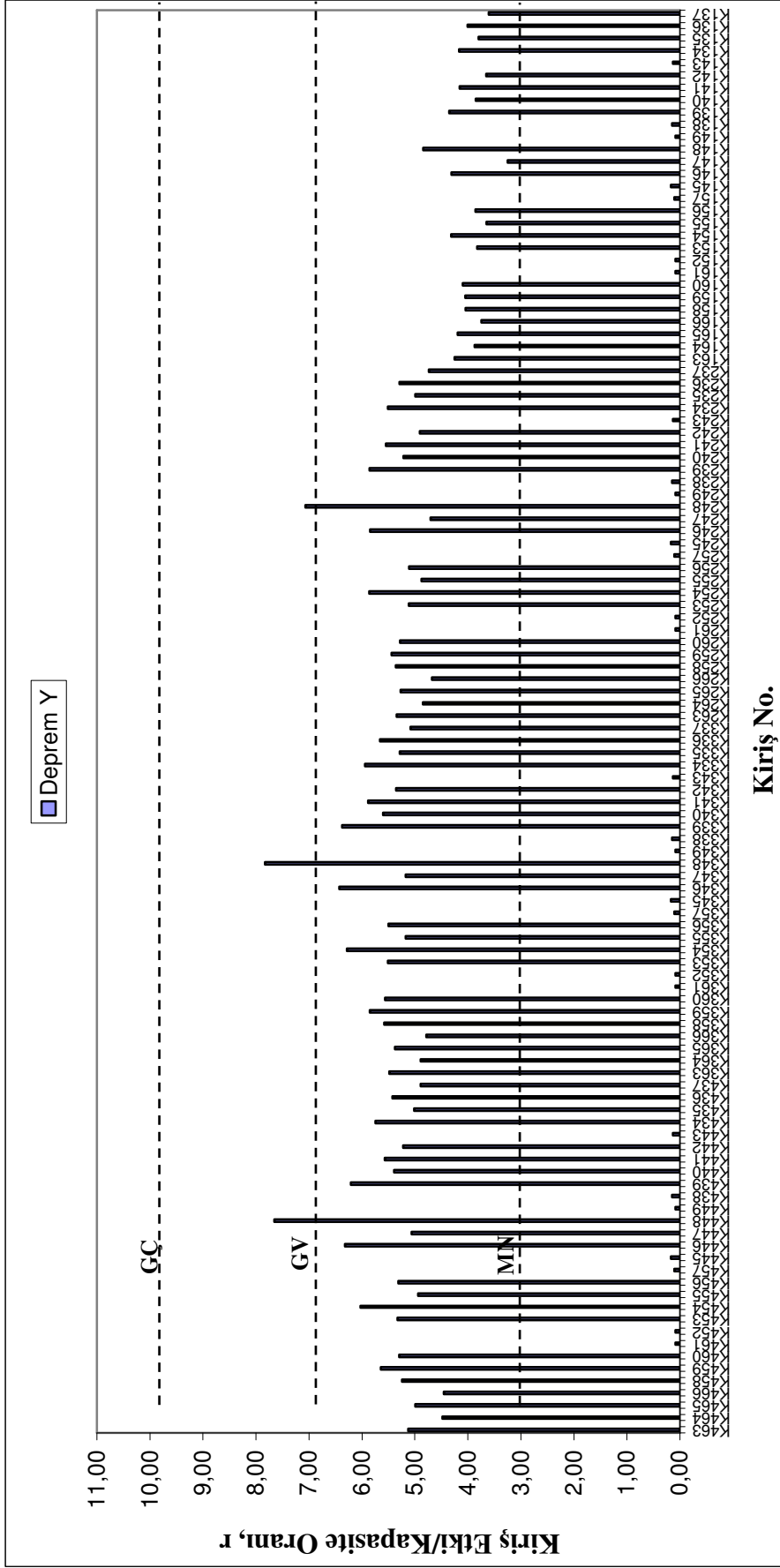
Şekil 4.23a BY2-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 8, 7, 6, 5. katlara ait kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



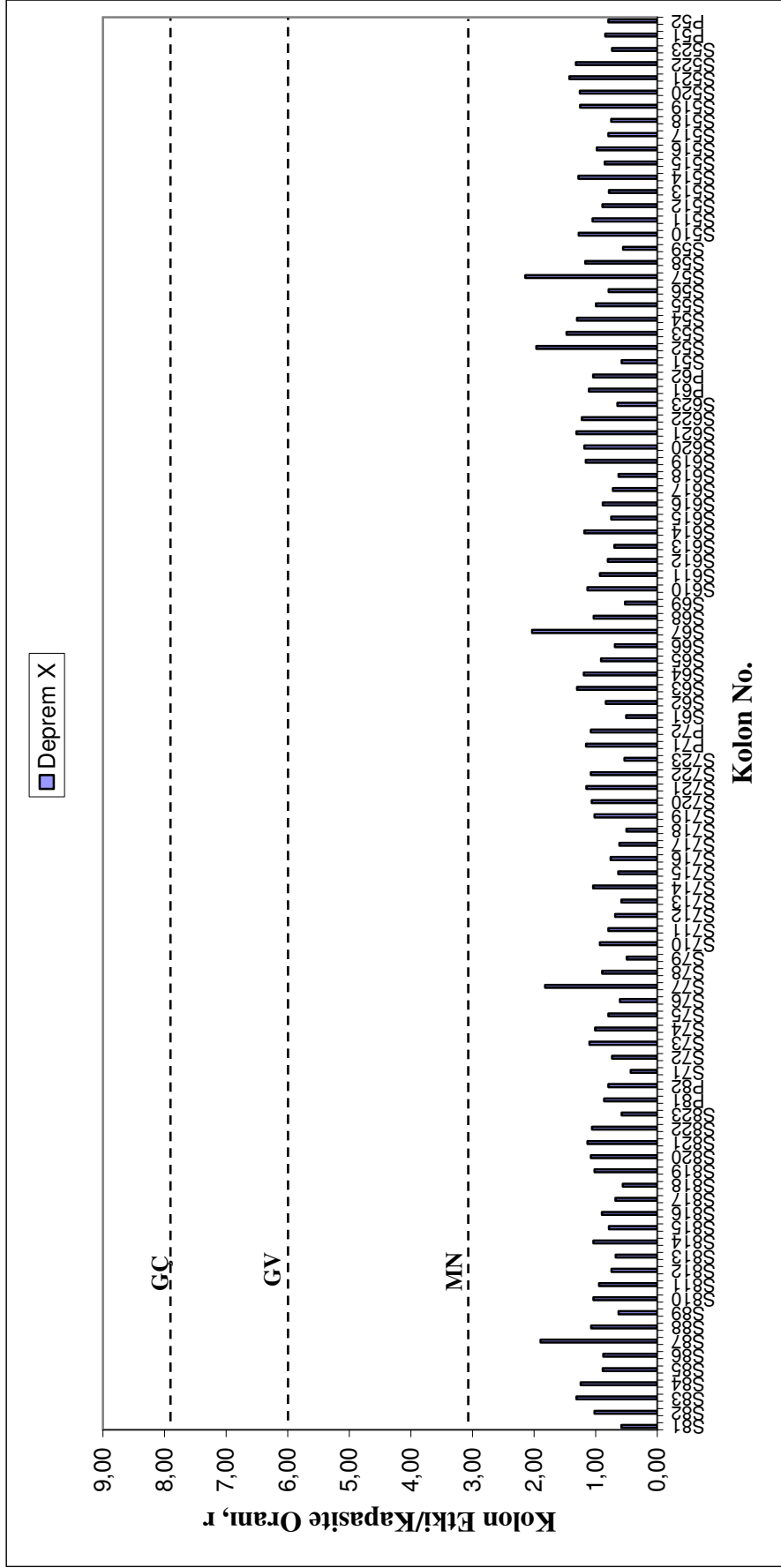
Şekil 4.23b BY2-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 4, 3, 2 ve 1. katlara ait kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



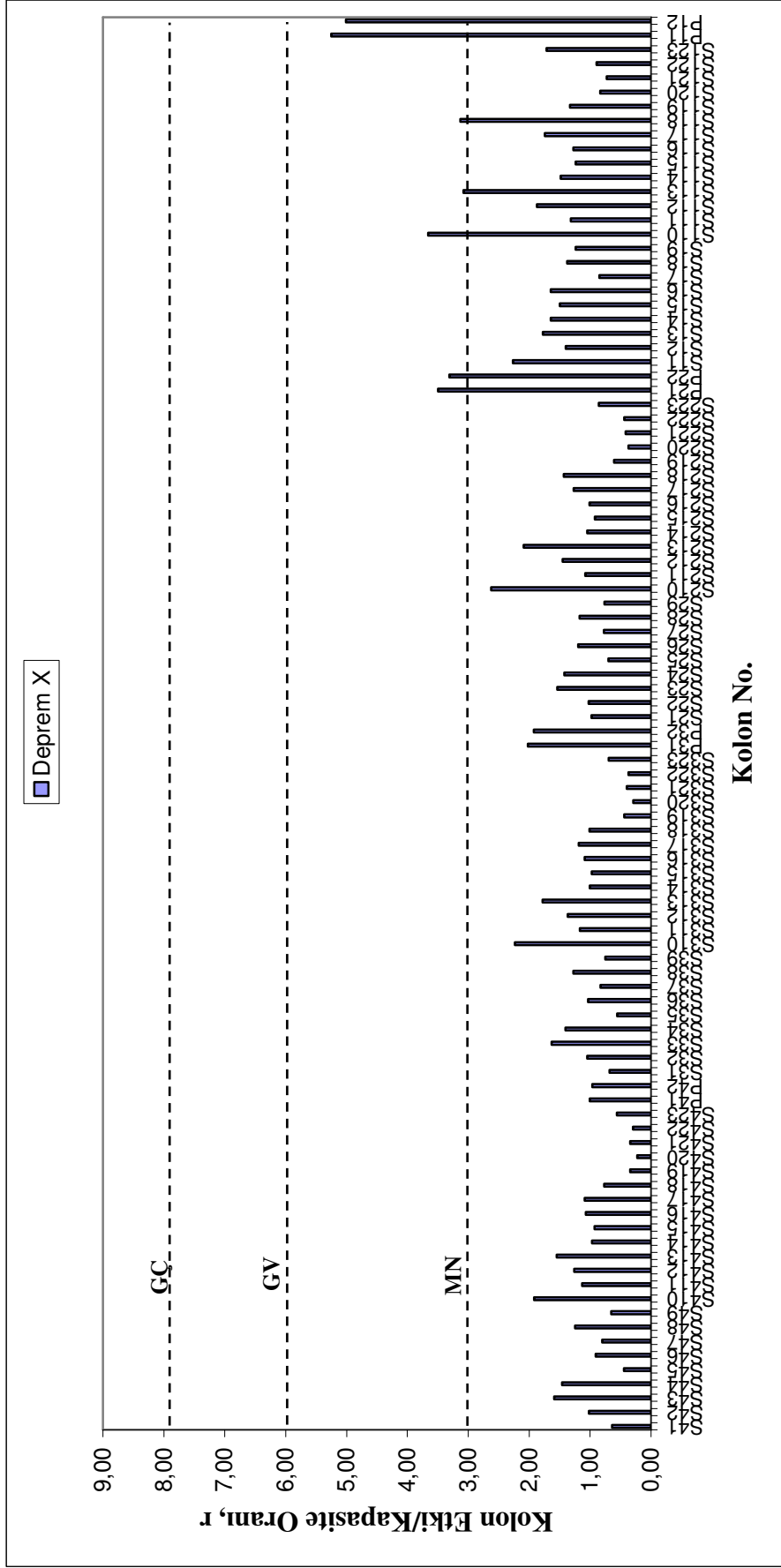
Şekil 4.24a BY2-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 8, 7, 6, 5. katlara ait kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



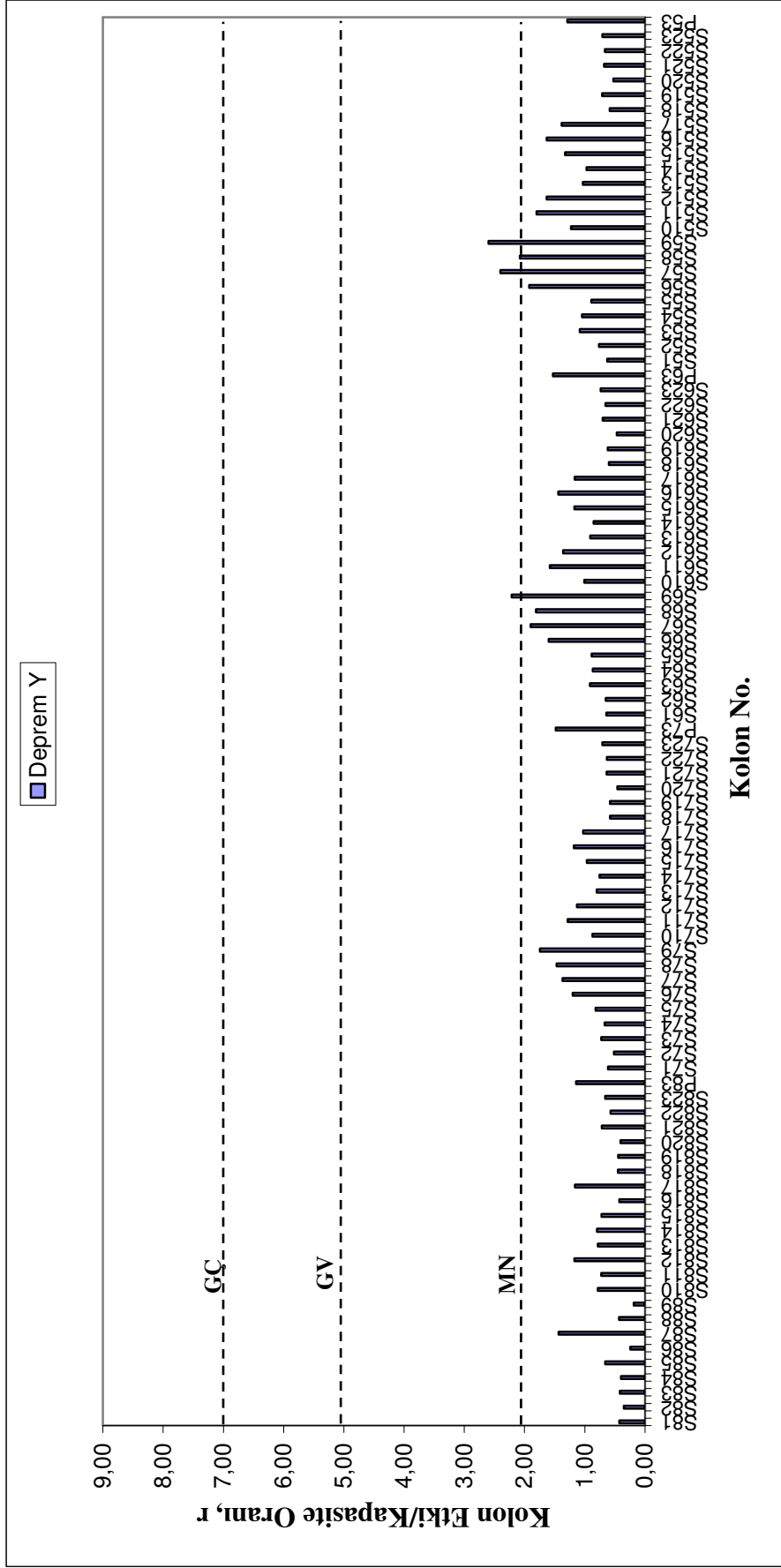
Şekil 4.24b BY2-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 4, 3, 2 ve 1. katlara ait kiriş etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



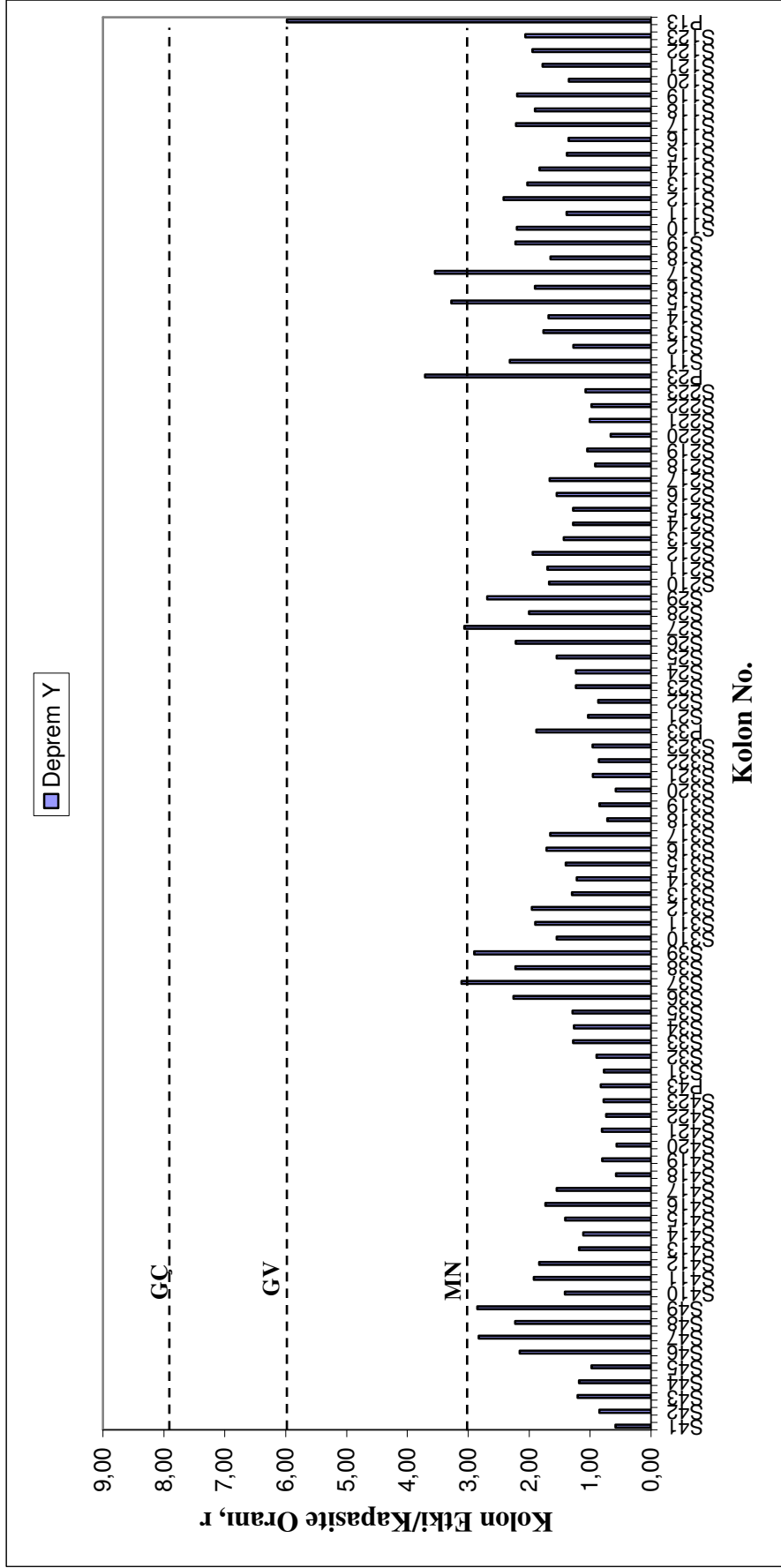
Şekil 4.25a BY2-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 8, 7, 6, 5. katlara ait kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.25b BY2-8 binası, x yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 4, 3, 2 ve 1. katlara ait kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.26a BY2-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 8, 7, 6, 5. katlara ait kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları



Şekil 4.26b BY2-8 binası, y yönü için yapılan doğrusal elastik hesap sonucu bulunan 4, 3, 2 ve 1. katlara ait kolon etki/kapasite, (r) oranları ve DBYBHY-2006 kesit hasar sınırları

4.3.2 Örnek Olarak Seçilen Betonarme Binaların Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi Sonuçları

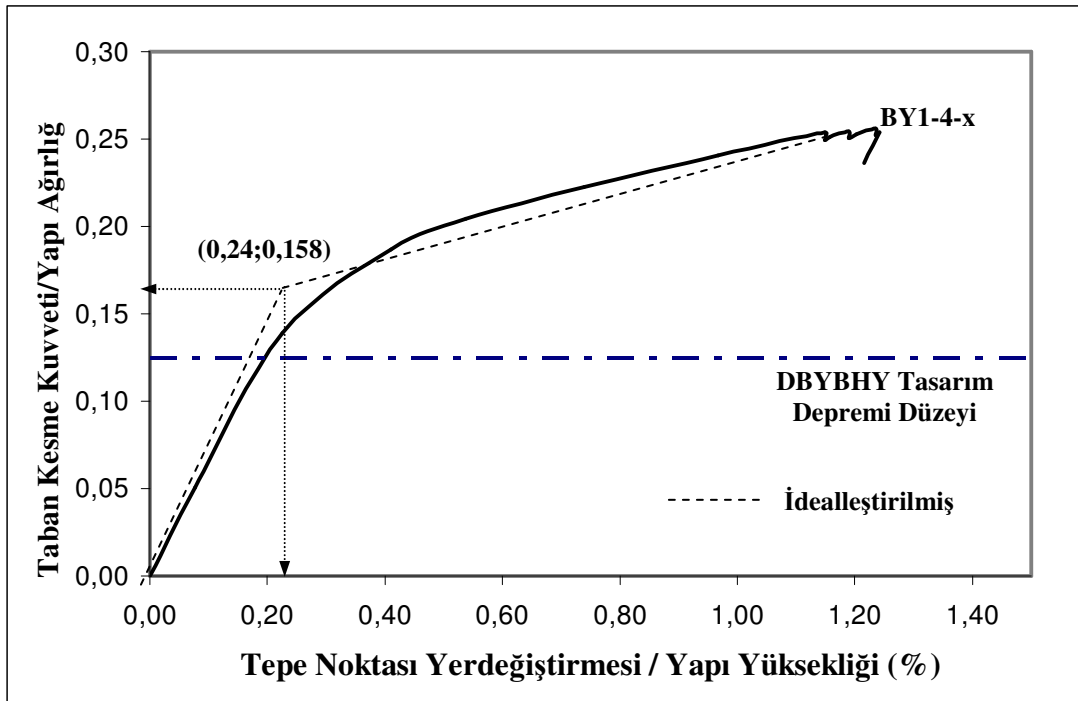
Yapı sistemlerinin doğrusal elastik olmayan hesap yöntemiyle yapılan analizlerinde doğrusal analiz yöntemleriyle elde edilebilecek sonuçlara ek olarak, çıkış verisi olarak yapının yatay yük ötelenme ilişkisini gösteren yapı kapasite eğrisi, yatay kat yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, ve eleman uçlarındaki plastik dönme değerleri elde edilebilmektedir. Bu çıkış verilerinden öncelikle iki farklı doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen yapı kapasite eğrileri grafik olarak sunulmuştur.

4.3.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Elde Edilen Yapı Kapasite (İtme) Eğrileri

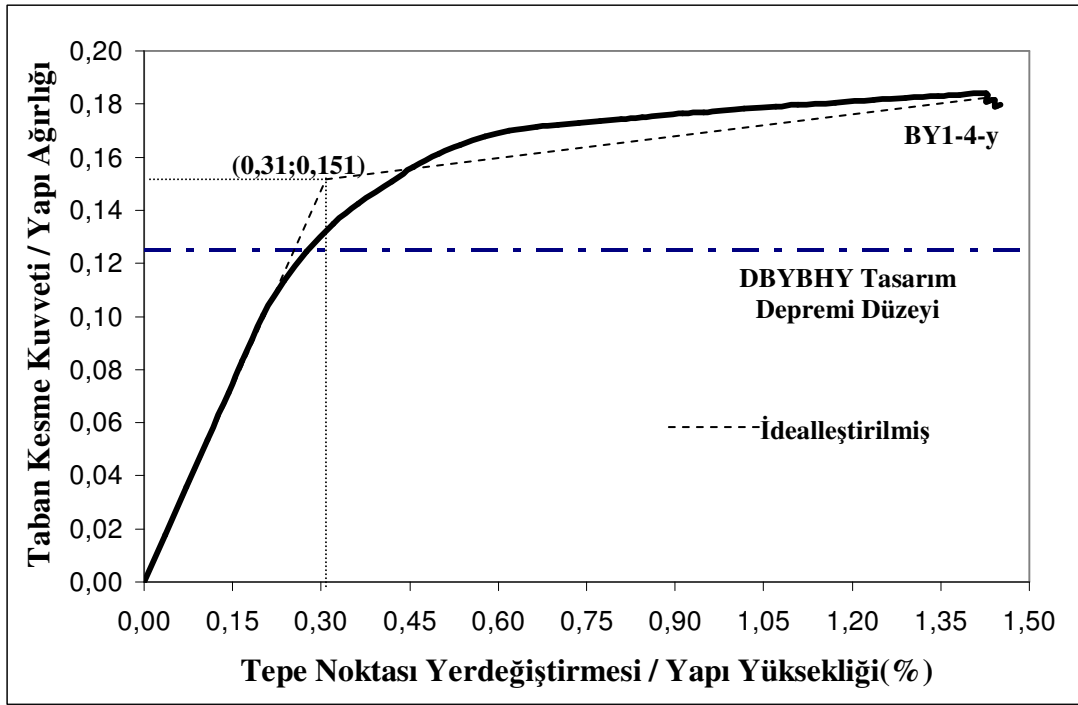
Bu bölümde ele alınan BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8 binaları için x ve y yönü deprem etkisi altında, artımsal eşdeğer deprem yüğü (TMA-tek modlu analiz) yöntemiyle elde edilen yapı kapasite eğrileri sunulmuştur. Eğriler apsiste tepe noktası yer değiştirmesi/yapı yüksekliğı, ordinatta ise taban kesme kuvveti/yapı ağırlığı olacak şekilde düzenlenmiş ve ilgili binanın boyutlandırılmasında kullanılan tasarım deprem yüğü düzeyi grafiklere işlenmiştir.

Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yüğü (TMA-tek modlu analiz) yönteminde yatay yük dağılımı olarak ilgili deprem doğrultusunda en büyük kütle katılım oranına sahip modun yük dağılımı, çok modlu artımsal eşdeğer deprem yüğü (ÇMA-çok modlu analiz) yönteminde ise en az %90 modal kütle katılımı elde edilene dek tüm modlara ait yük dağılımı esas alınmıştır. Böylece artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemiyle elde edilen kapasite eğrisi çok modlu artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemiyle elde edilen kapasite eğrileri arasından biri olmaktadır.

4.3.2.1.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. Örnek olarak seçilen BY1-4 binasında, x ve y yönleri için ayrı ayrı uygulanan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen ve taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı – tepe noktası yatay yer değiştirmesinin yapı yüksekliğine oranı olarak gösterilen itme eğrileri Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’da verilmiştir.

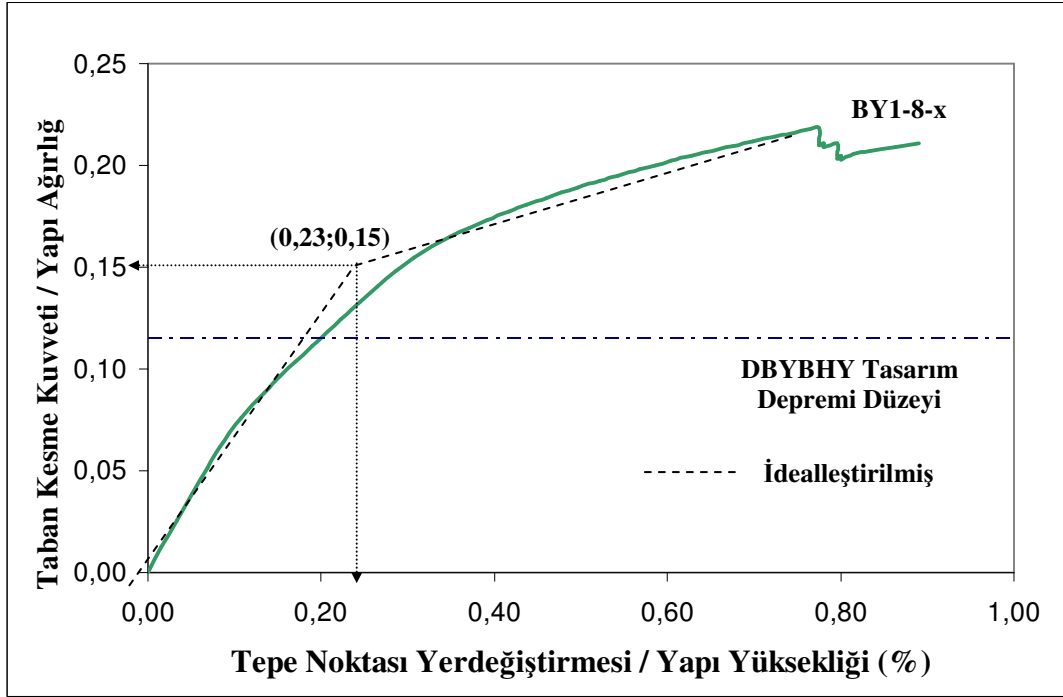


Şekil 4.27 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası x doğrultusuna ait itme eğrisi

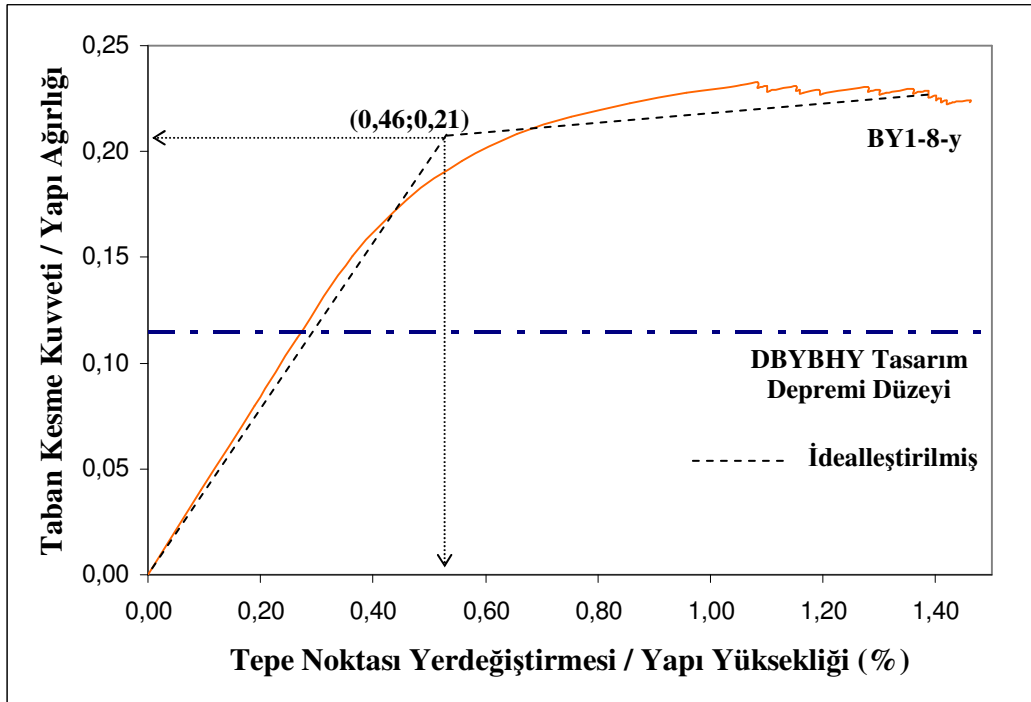


Şekil 4.28 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası y doğrultusuna ait itme eğrisi

4.3.2.1.2 *BY1-8 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri.* Örnek olarak seçilen BY1-4 binasında, x ve y yönleri için ayrı ayrı uygulanan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen ve taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı – tepe noktası yatay yer değiştirmesinin yapı yüksekliğine oranı olarak gösterilen itme eğrileri Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da verilmiştir.

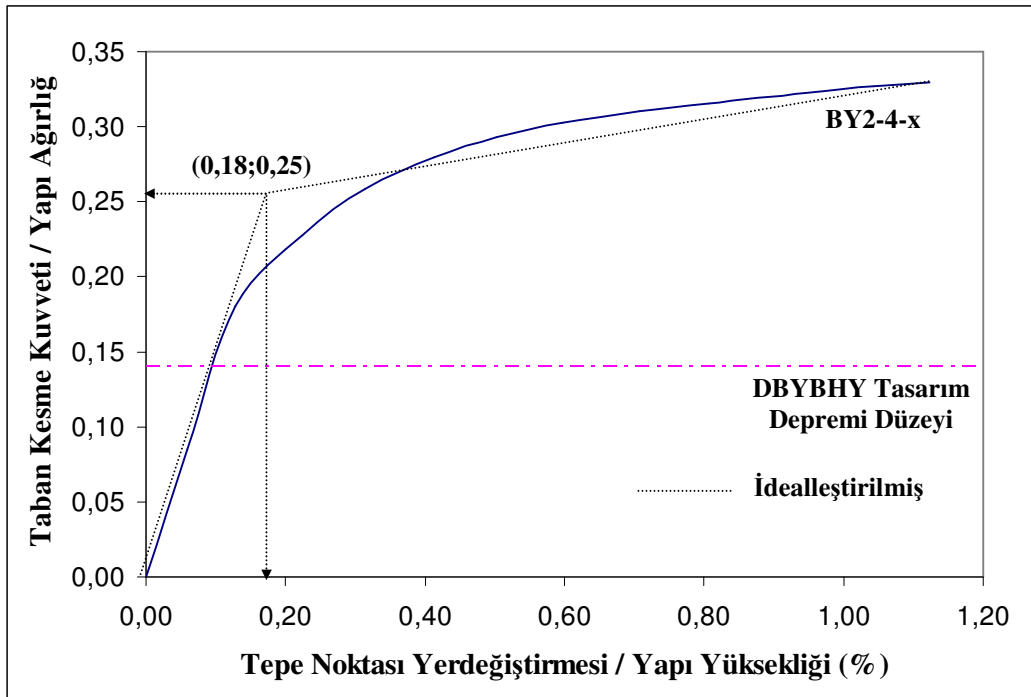


şekil 4.29 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası x doğrultusuna ait itme eğrisi

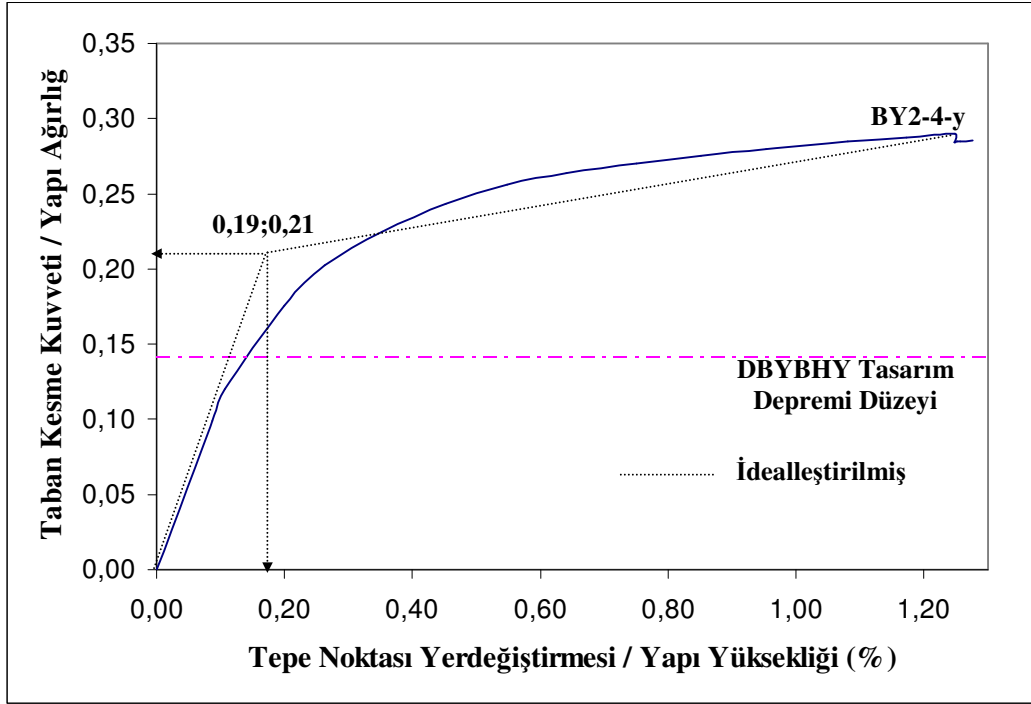


şekil 4.30 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası y doğrultusuna ait itme eğrisi

4.3.2.1.3 BY2-4 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. Örnek olarak seçilen BY1-4 binasında, x ve y yönleri için ayrı ayrı uygulanan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen ve taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı – tepe noktası yatay yer değiştirmesinin yapı yüksekliğine oranı olarak gösterilen itme eğrileri Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de verilmiştir.

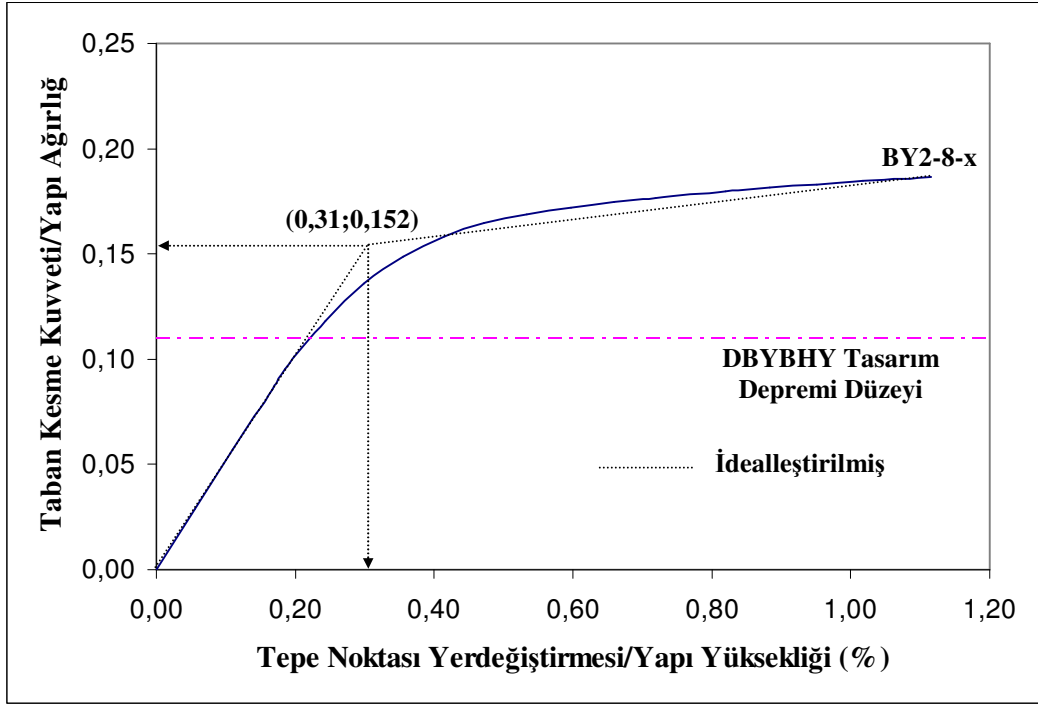


Şekil 4.31 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası x doğrultusuna ait itme eğrisi

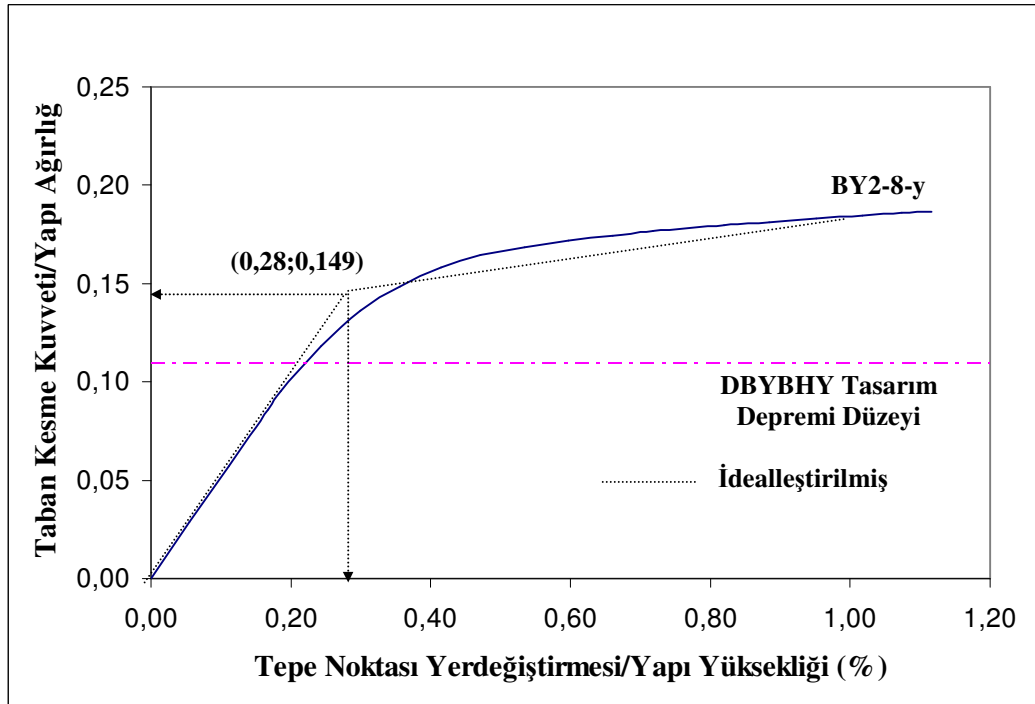


şekil 4.32 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası y doğrultusuna ait itme eğrisi

4.3.2.1.4 BY2-8 Binasının Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (TMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. Örnek olarak seçilen BY1-4 binasında, x ve y yönleri için ayrı ayrı uygulanan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemiyle elde edilen ve taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı – tepe noktası yatay yer değiştirmesinin yapı yüksekliğine oranı olarak gösterilen itme eğrileri şekil 4.33 ve şekil 4.34’de verilmiştir.



şekil 4.33 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası x doğrultusuna ait itme eğrisi

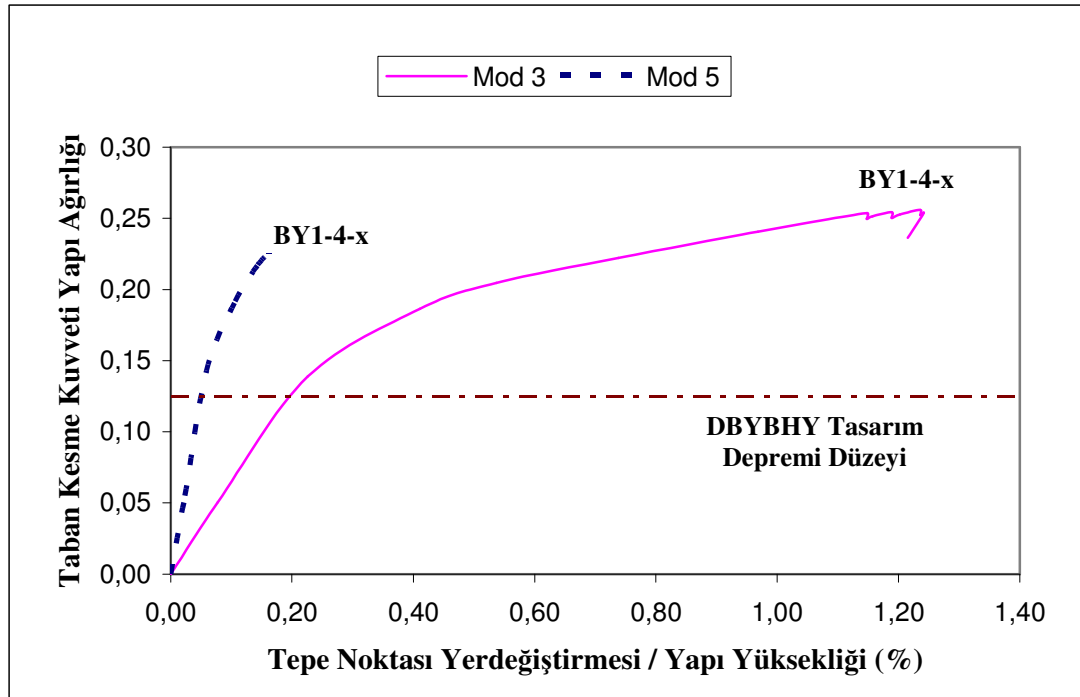


şekil 4.34 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası y doğrultusuna ait itme eğrisi

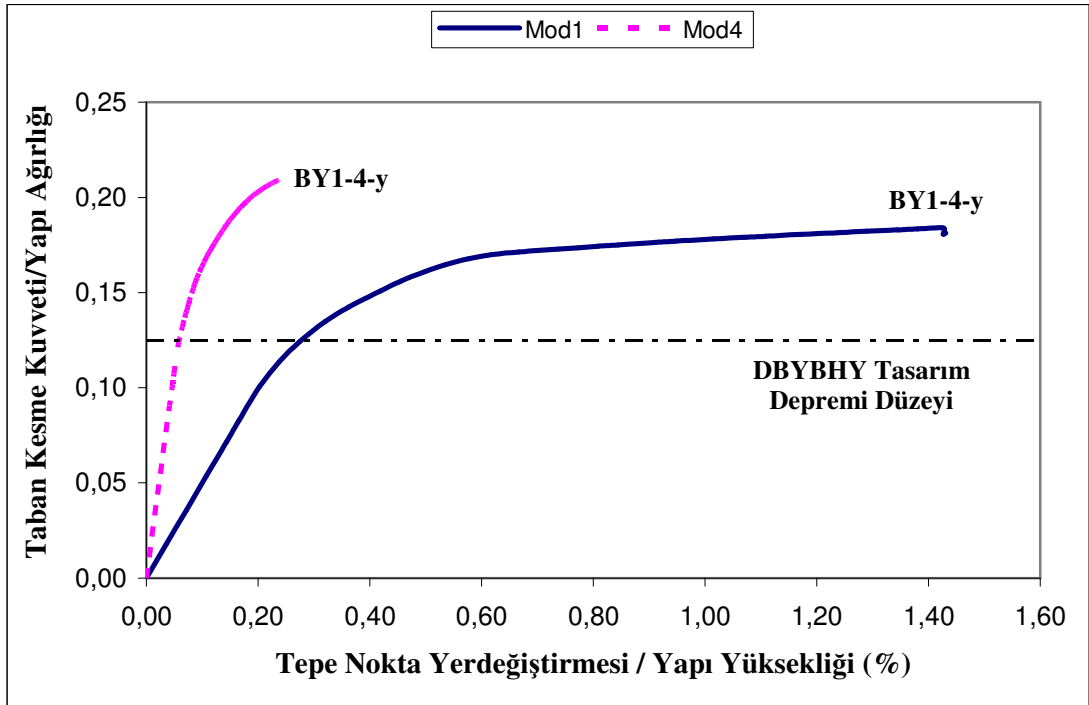
4.3.2.2 Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Elde Edilen Yapı Kapasite(İtme) Eğrileri

Bu yöntemde birden fazla titreşim modunun göz önüne alınabilmesi amacıyla Bölüm 3.2.2.1’ de açıklanan artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin yeterli mod sayısı kadar ayrı ayrı uygulanmasını ve modal kapasite diyagramlarının birbirinden bağımsız olarak tek tek elde edilmesini esas alan bir statik artımsal itme yöntemidir.

4.3.2.2.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. BY1-4 binası üzerinde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan hesaplarda, yapının x ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine 3. ve 5. modlar, y ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine de 1. ve 4. modlar katkı yapmaktadır. Her bir yönde, göz önüne alınan iki modun toplam kütle katılım oranı %90 değerini aştığından kapasite eğrilerinin her bir ötelenme yönünde iki mod için elde edilmesi yeterli olmaktadır. (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4). Elde edilen itme eğrileri Şekil 4.35 ve Şekil. 4.36’ da sunulmuştur.

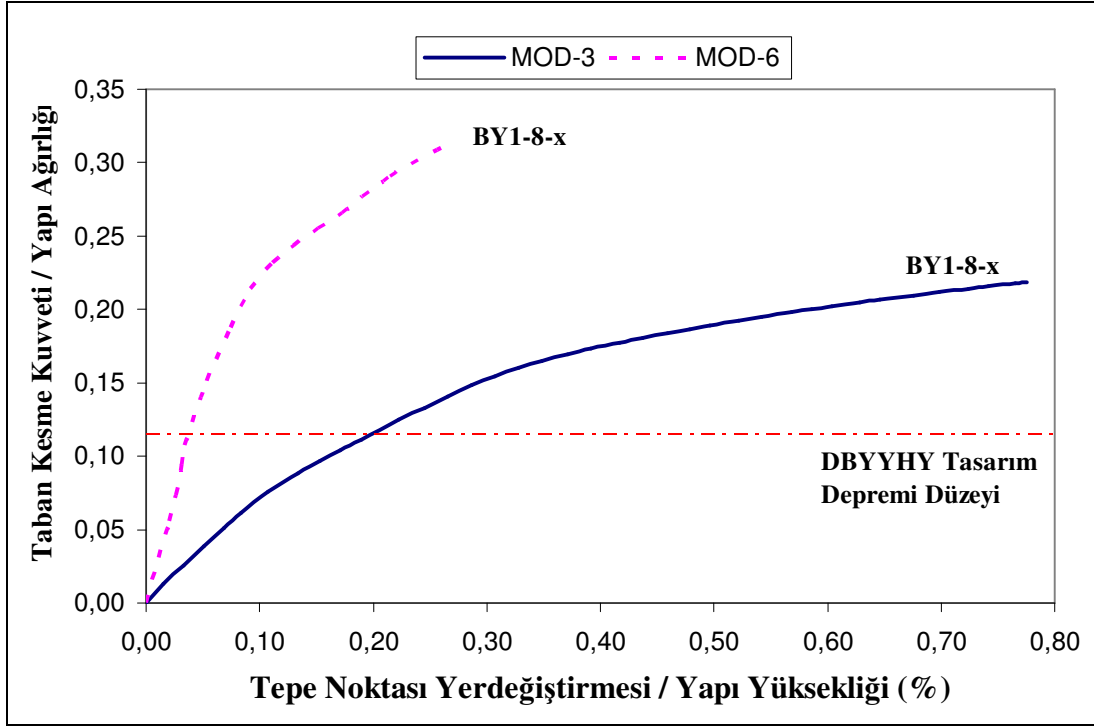


Şekil 4.35 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait x yönünde çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

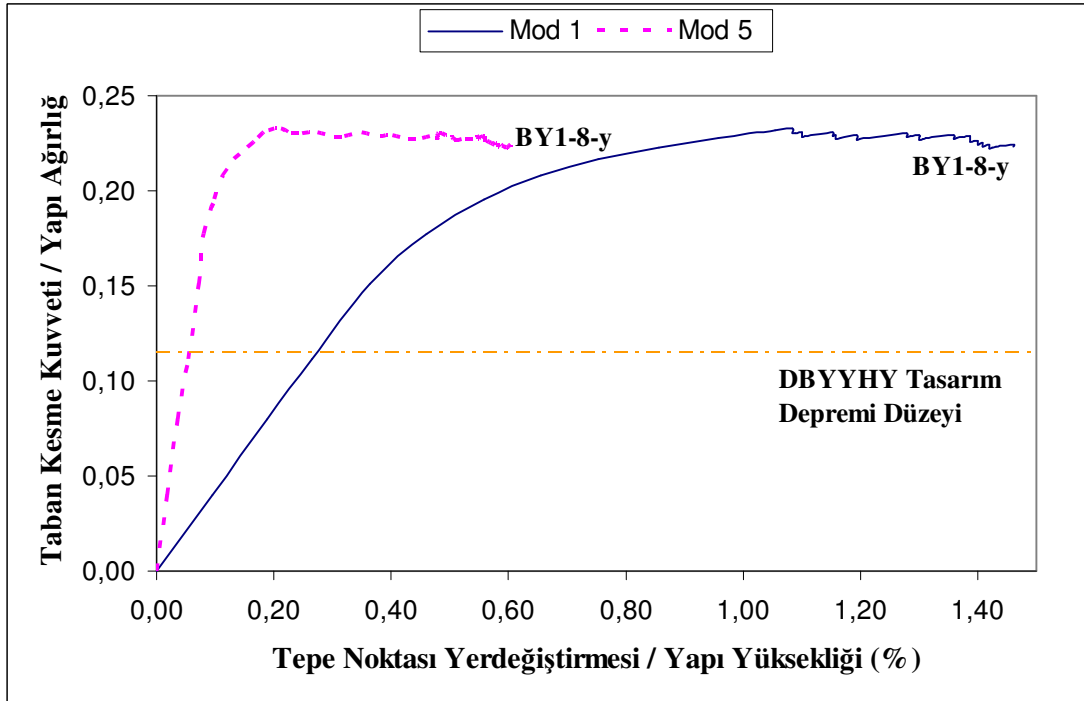


Şekil 4.36 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait y yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

4.3.2.2.2 *BY1-8 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri.* BY1-8 binası üzerinde çok modlu artımsal doğrusal olmayan eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan hesaplarda, yapının x ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine 3. ve 6. modlar, y ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine de 1. ve 5. modlar katkı yapmaktadır. Her bir yönde, göz önüne alınan iki modun toplam kütle katılım oranı %90 değerini aştığından kapasite eğrilerinin her bir ötelenme yönünde iki mod için elde edilmesi yeterli olmaktadır. (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5). Elde edilen itme eğrileri Şekil 4.37 ve Şekil. 4.38’da sunulmuştur.

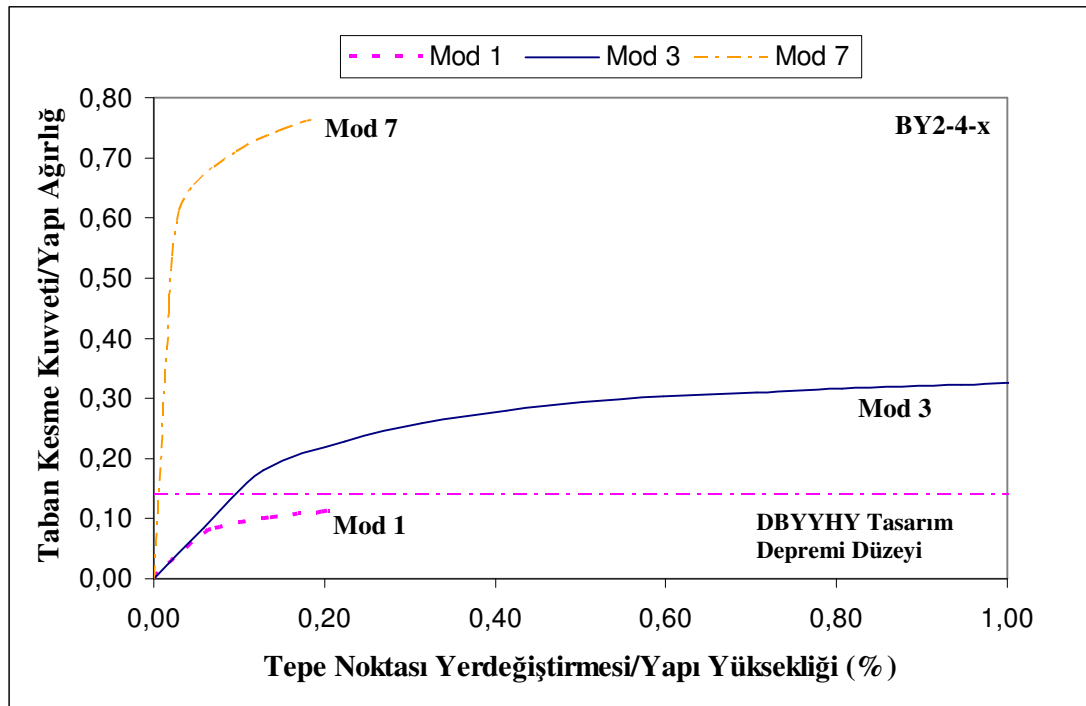


Şekil 4.37 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait x yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

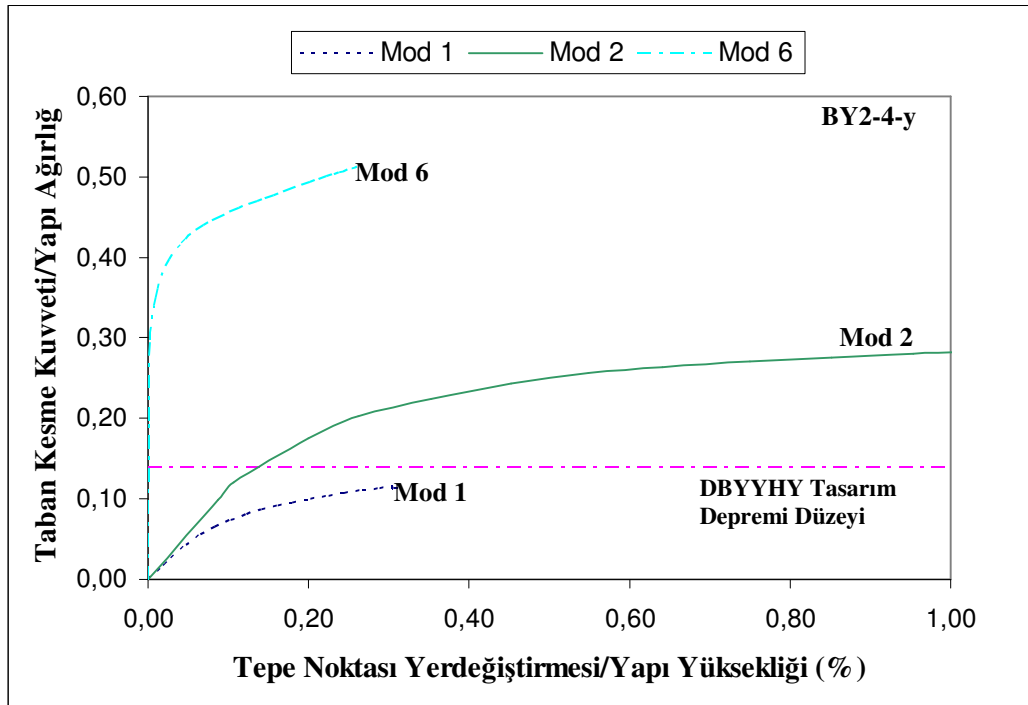


Şekil 4.38 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait y yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

4.3.2.2.3 BY2-4 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. BY2-4 binası üzerinde çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan hesaplarda, yapının x ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine 1., 3. ve 7. modlar, y ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine de 1., 2., 6. modlar katkı yapmaktadır. Her bir yönde, göz önüne alınan üç modun toplam kütle katılım oranı %90 değerini aştığından kapasite eğrilerinin her bir ötelenme yönünde üç mod için elde edilmesi yeterli olmaktadır. (Tablo 4.7 ve Tablo 4.8). Elde edilen itme eğrileri Şekil 4.39 ve Şekil. 4.40'da sunulmuştur.

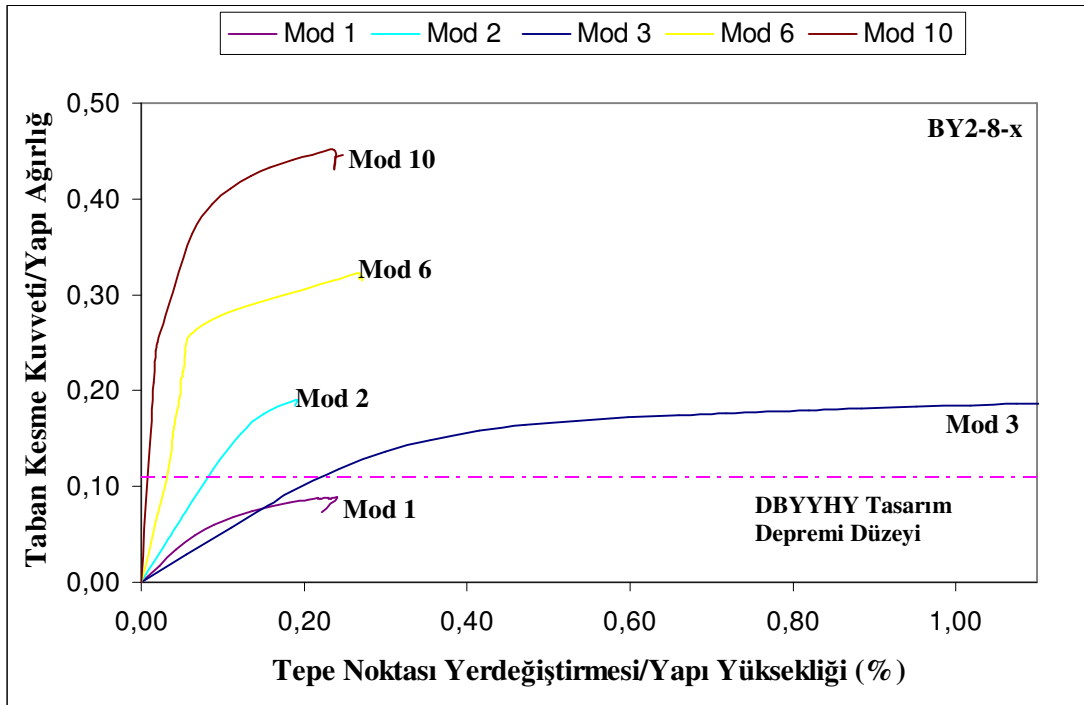


Şekil 4.39 Planda simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasına ait x yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

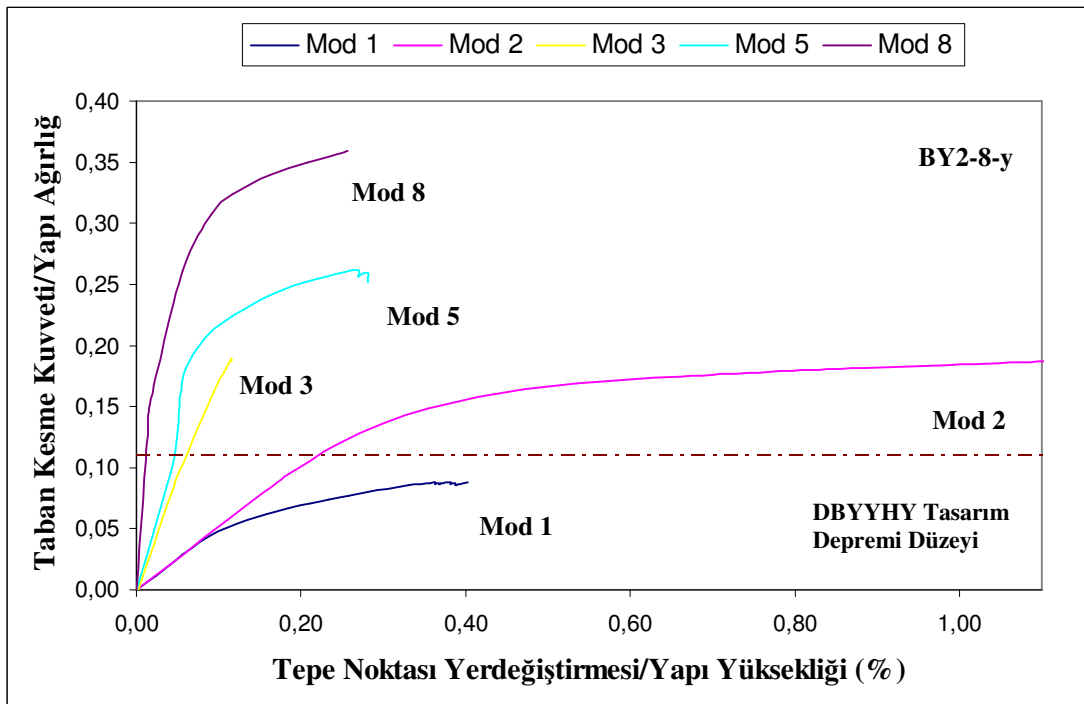


Şekil 4.40 Planda simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasına ait y yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

4.3.2.2.4 BY2-8 Binasının Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Kapasite(İtme) Eğrileri. BY2-8 binası üzerinde çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan hesaplarda, yapının x ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine 1., 2., 3., 6. ve 10. modlar, y ötelenme yönünün hakim olduğu titreşimine de 1., 2., 6. modlar katkı yapmaktadır. Her bir yönde, göz önüne alınan beş modun toplam kütle katılım oranı %90 değerini aştığından kapasite eğrilerinin her bir ötelenme yönünde beş mod için elde edilmesi yeterli olmaktadır. (Tablo 4.9 ve Tablo 4.10). Elde edilen itme eğrileri Şekil 4.41 ve Şekil. 4.42'de sunulmuştur.



Şekil 4.41 Planda simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasına ait x yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri



Şekil 4.42 Planda simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasına ait y yönünde çok modlu doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen itme eğrileri

4.3.2.3 Örnek Olarak Seçilen Yapıların Deplasman Katsayıları Yöntemiyle Performans Noktasının Belirlenmesi

İtme eğrileri gerek doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü gerekse de doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen yapıların performans noktasının belirlenmesi için Deplasman Katsayıları yöntemi kullanılmıştır. (FEMA 356, 2000). Bu yöntemin uygulanmasında kullanılan katsayılar ve elde edilen değerler, işlem sırası gözetilerek Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19 ve Tablo 4.20’de sunulmuştur.

Tablo 4.17 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasının x ve y yönlerine ait hedef yer değiştirme ve karşılık gelen yatay yük taşıma kapasiteleri

Yapı No. (Yön)	Mod No.	α (%)	C_0	C_1	C_2	T_e (sn)	S_a (g)	δ_{hedef} (cm)	V_T (t)	
BY1-4	X	3	84,9	1,265	1,051	1,000	0,684	0,845	13,330	280,56
		5	10,4	0,340	0,927	1,000	0,213	1,00	0,355	95,32
	Y	1	83,8	1,266	1,056	1,000	0,743	0,845	15,412	205,93
		4	10,9	0,350	1,027	1,000	0,230	1,00	0,473	103,29

Tablo 4.18 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasının x ve y yönlerine ait hedef yer değiştirme ve karşılık gelen yatay yük taşıma kapasiteleri

Yapı No.	Mod No.	α (%)	C_0	C_1	C_2	T_e (sn)	S_a (g)	δ_{hedef} (cm)	V_T (t)	
BY1-8	X	3	78,7	1,302	1,027	1,000	0,840	0,764	17,910	488,20
		6	12,2	0,562	0,899	1,000	0,262	1,00	0,862	279,16
	Y	1	79,3	1,296	1,011	1,000	1,081	0,625	23,78	544,81
		5	10,4	0,552	0,933	1,000	0,320	1,00	1,310	250,53

Tablo 4.19 Planda simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasının x ve y yönlerine ait hedef yer değiştirme ve karşılık gelen yatay yük taşıma kapasiteleri

Yapı No.	Mod No.	α (%)	C_0	C_1	C_2	T_e (sn)	S_a (g)	δ_{hedef} (cm)	V_T (t)	
BY2-4	X	3	67,1	0,790	1,082	1,000	0,353	1,000	2,720	278,70
		7	18,2	0,410	0,036	1,000	0,080	0,720	0,002	2,873
		1	4,12	0,194	0,981	1,000	0,603	0,996	1,714	125,22
	Y	2	65,7	0,780	1,105	1,000	0,411	1,00	3,623	258,58
		6	15,9	0,383	0,516	1,000	0,105	0,820	0,044	54,444
		1	9,90	0,301	1,005	1,000	0,603	0,996	2,726	127,53

Tablo 4.20 Planda simetrik olmayan BY2-8 binasının x ve y yönlerine ait hedef yer değiştirme ve karşılık gelen yatay yük taşıma kapasiteleri

Yapı No.	Mod No.	α (%)	C_0	C_1	C_2	T_e (sn)	S_a (g)	δ_{hedef} (cm)	V_T (t)	
BY2-8	X	3	56,82	1,366	1,027	1,000	0,822	0,777	18,340	454,83
		6	12,93	0,507	0,948	1,000	0,218	1,000	0,568	230,61
		2	9,35	0,272	0,999	1,000	0,883	0,734	3,840	466,96
		1	6,76	0,370	1,000	1,000	1,060	0,640	6,510	222,26
		10	5,70	0,340	0,430	1,000	0,097	0,788	0,027	63,32
	Y	2	58,55	1,339	1,023	1,000	0,883	0,736	19,422	462,16
		1	13,61	0,520	0,995	1,000	1,053	0,635	9,151	225,32
		5	10,89	0,470	0,900	1,000	0,252	1,000	0,668	178,56
		8	4,82	0,310	0,349	1,000	0,121	0,884	0,035	6,553
		3	3,43	0,260	0,986	1,000	0,883	0,777	3,355	473,22

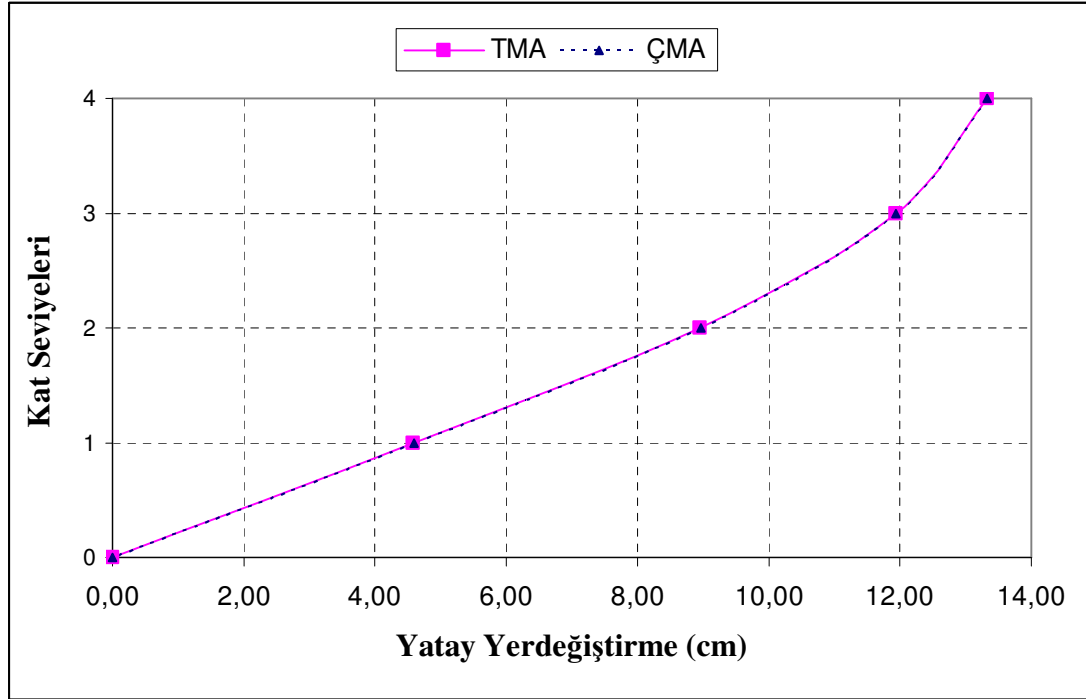
4.3.2.4 Örnek Olarak Seçilen Yapıların Performans Noktalarına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri

Performansa dayalı analiz yöntemlerinde, deprem etkisi altında, göz önünde bulundurulan yapının, hedeflenen yapısal performans seviyesini sağlayıp sağlayamayacağını, o yapının taşıyıcı elemanlarında, herhangi bir doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleriyle hesaplanan yatay kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, plastik dönme değerleri,..vb. cinsinden tanımlanan deprem talepleri belirlemektedir. Bu deprem talepleri, ilgili yönetmeliklerde verilen yapısal performans sınır değerlerinden küçükse, yapı o performans seviyesini sağlamakta aksi takdirde sağlamamakta ve bunun sonucunda örnek olarak yapı güçlendirme kararı verilebilmektedir.

Yatay kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, plastik dönme değerleri cinsinden deprem taleplerini elde etmek için, hesaba katılan her bir mod için oluşturulan yapı kapasite eğrilerini esas alan Hedef Yer Değiştirme yöntemiyle hesaplanan performans noktası değerini son itme adımı olarak kabul eden bir doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yapılmıştır. Tek bir moda ait yatay yük dağılımı için yapılan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi için bu son itme adımında oluşan büyüklükler sonuç deprem talepleri olurken, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ilkeleri gereğince hesaba katılan mod adedi kadar, her bir performans noktasına karşılık gelen deprem talepleri Karelerin Toplamının Karekökü (SRSS) istatistiki işlemine tabi tutulmakta ve sonuç deprem talepleri (yatay kat deplasmanları, görelî kat ötelemeleri, plastik dönme değerleri) elde edilmektedir.

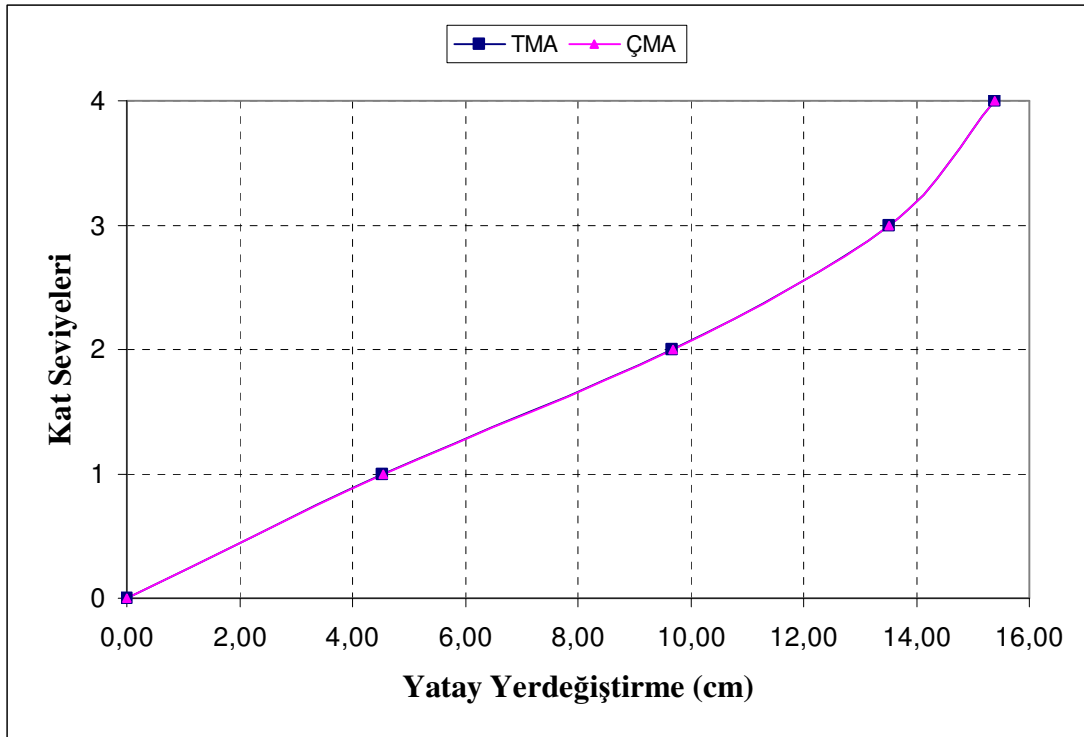
Her iki yöntem için elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak aynı şekil üzerinde verilmiş ve ilgili büyüklüğe karşılık gelen sınır değerler kesikli çizgiler halinde grafiklere işlenmiştir.

4.3.2.4.1 BY1-4 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri. Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri Şekil 4.43' de sunulmuştur.



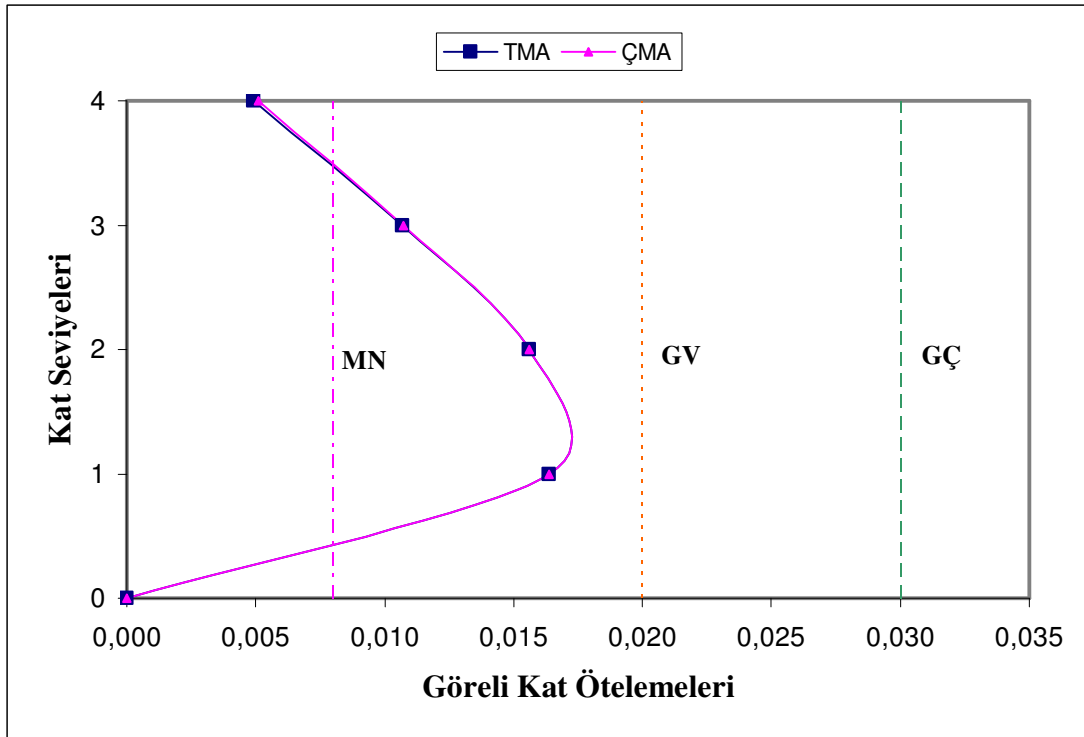
Şekil 4.43 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait, x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen yatay kat yer değiştirme talepleri

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (D-D aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri Şekil 4.44' de sunulmuştur.



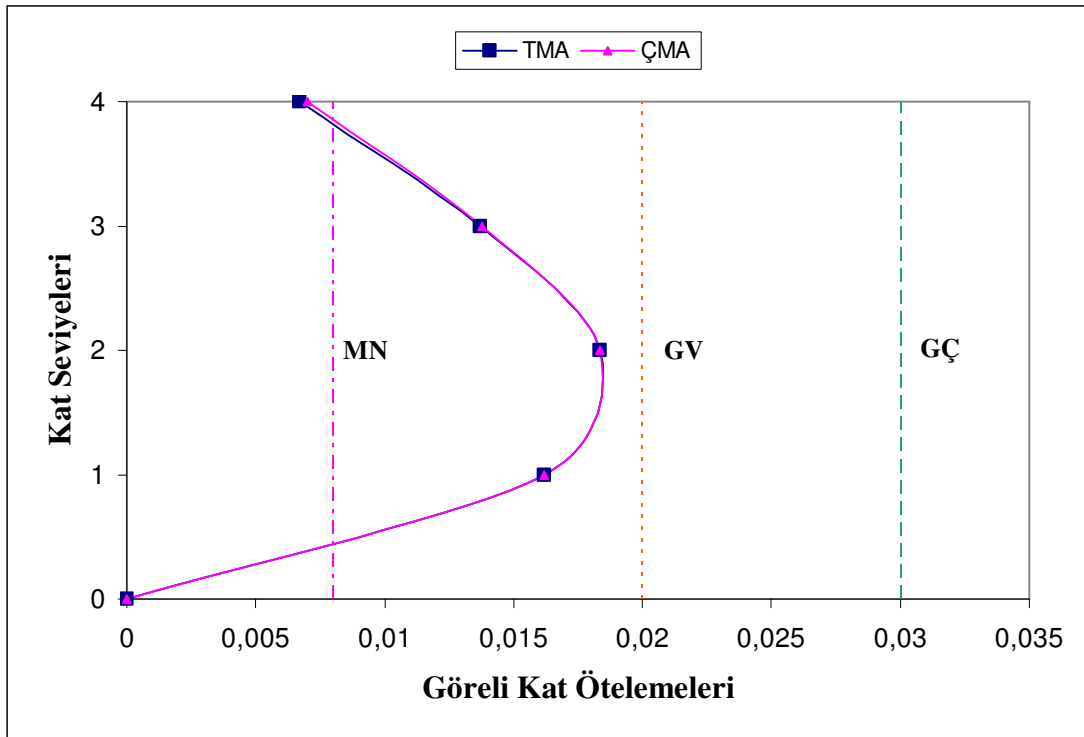
Şekil 4.44 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait, y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen yatay kat yer değiştirme talepleri

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen görelî kat öteleme talepleri Şekil 4.45' de sunulmuştur.



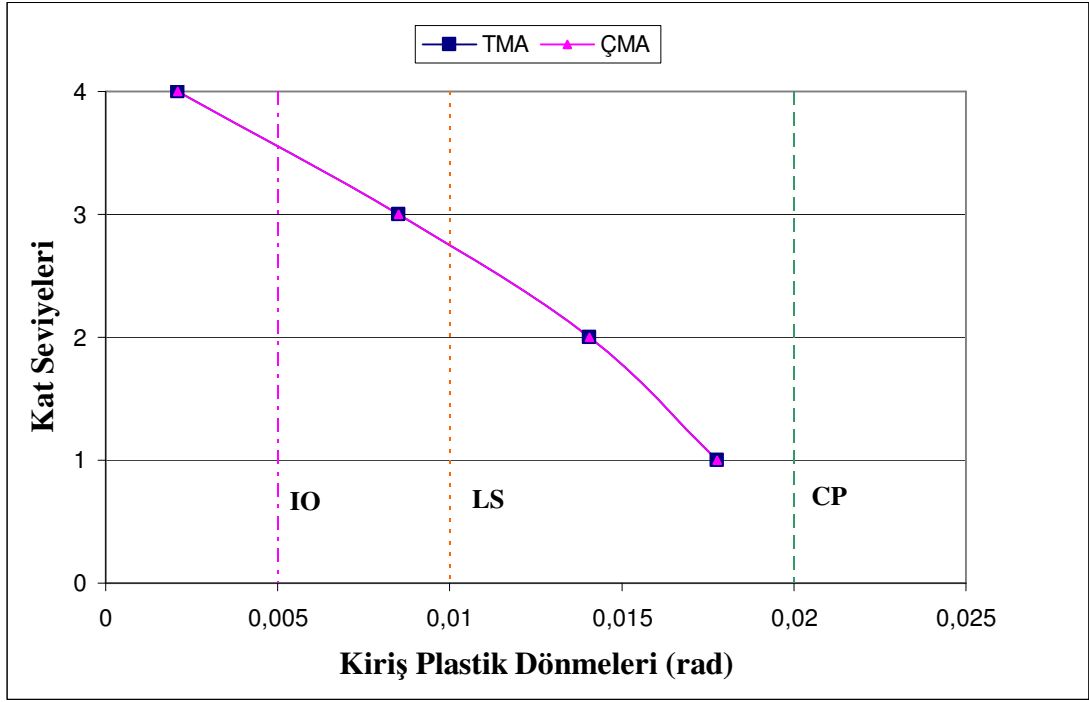
Şekil 4.45 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait, x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görelî kat öteleme talepleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (D-D aksı) için elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 4.46' de sunulmuştur.

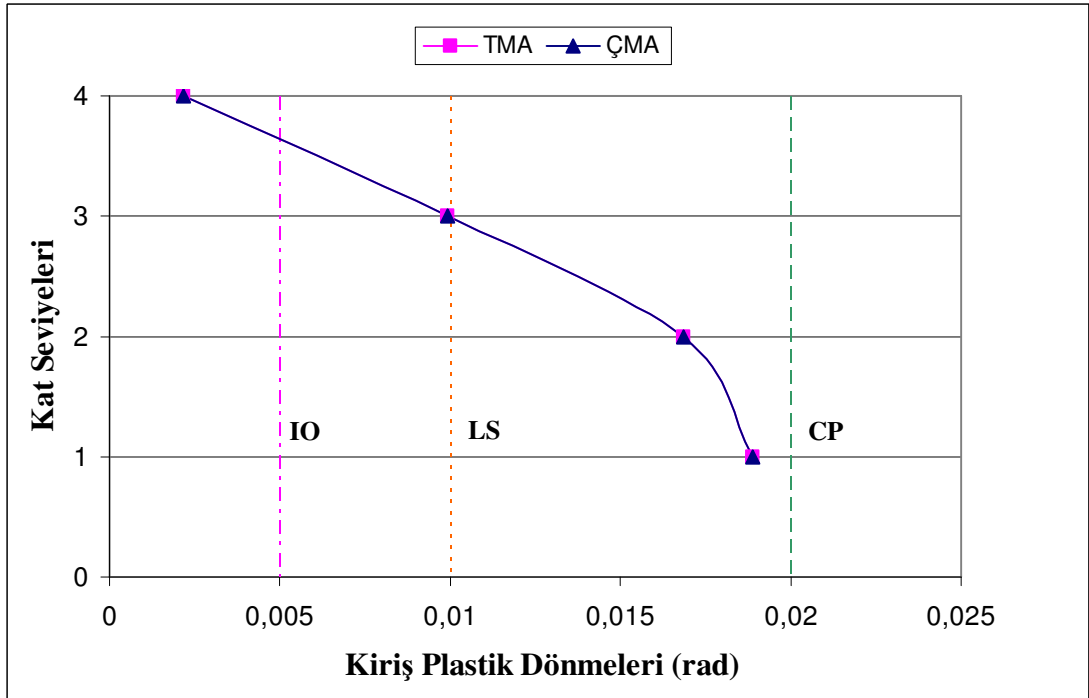


Şekil 4.46 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binasına ait, y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

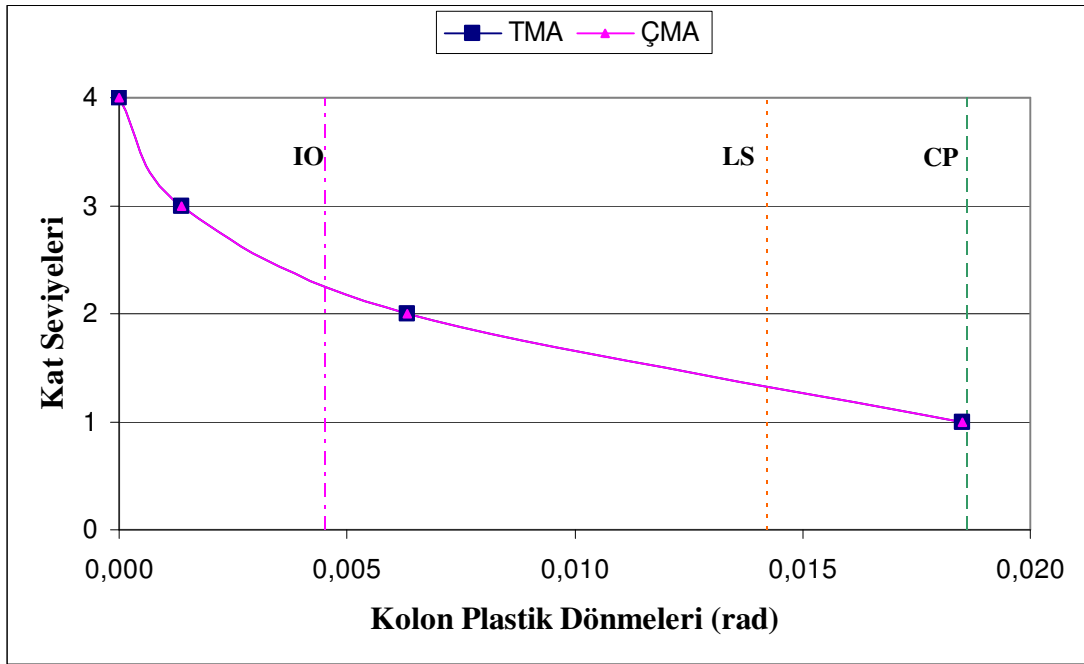
BY1-4 binasında x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleri kullanılarak, performans noktası için kiriş ve kolon elemanlarında hesaplanan en büyük plastik dönme değerlerinin kat seviyelerine göre değişimi aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



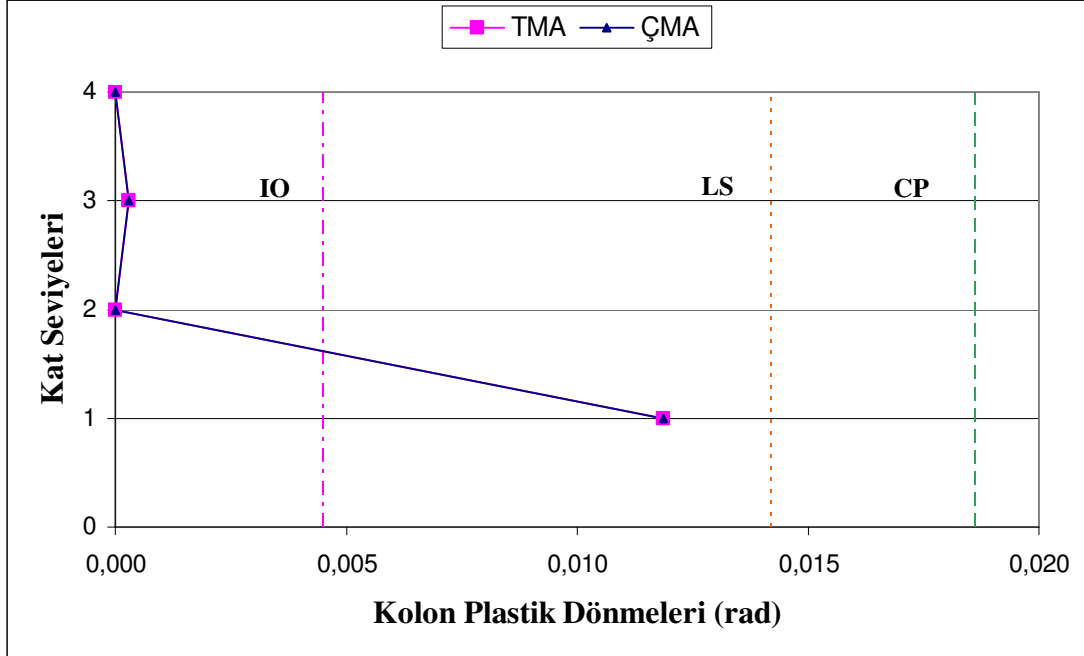
Şekil 4.47 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen en büyük giriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri



Şekil 4.48 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen en büyük giriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri



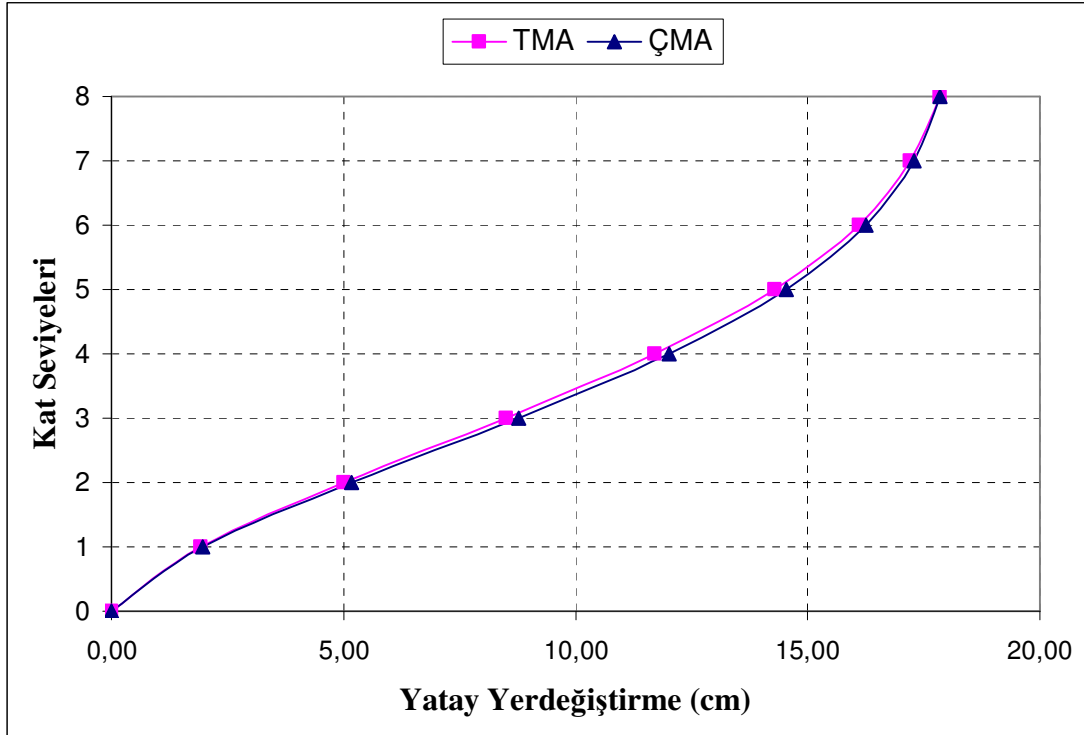
Şekil 4.49 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen en büyük kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri



Şekil 4.50 Planda iki yönde simetrik BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen en büyük kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

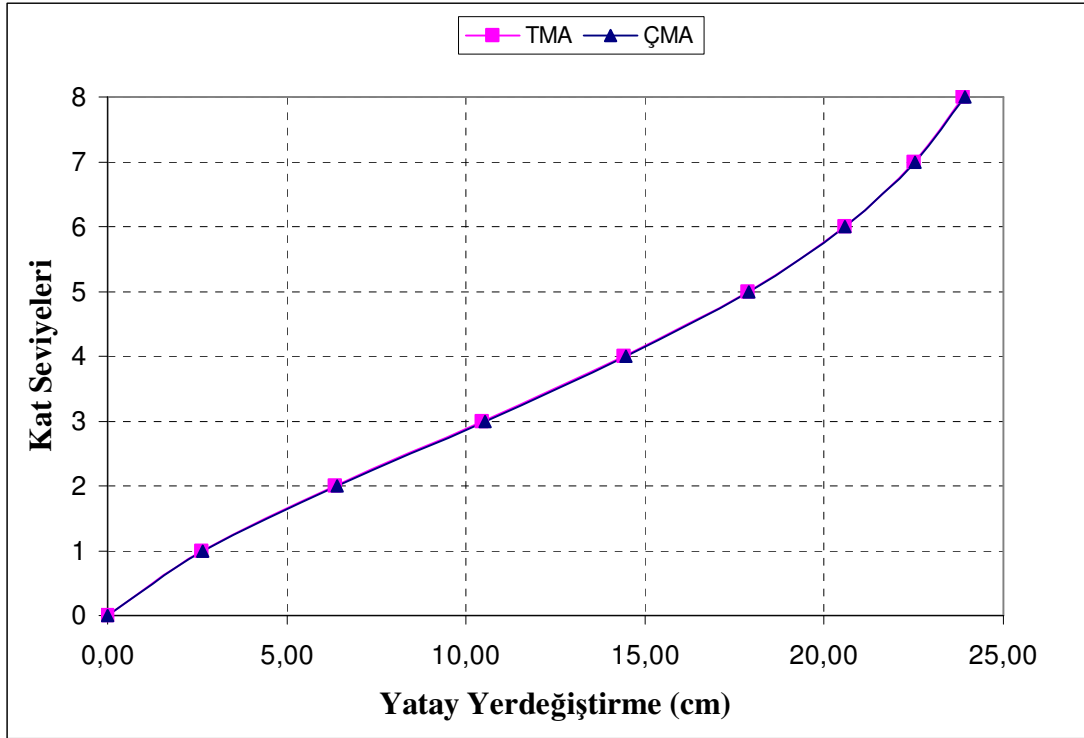
4.3.2.4.2 BY1-8 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri.

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri Şekil 4.51' de sunulmuştur.



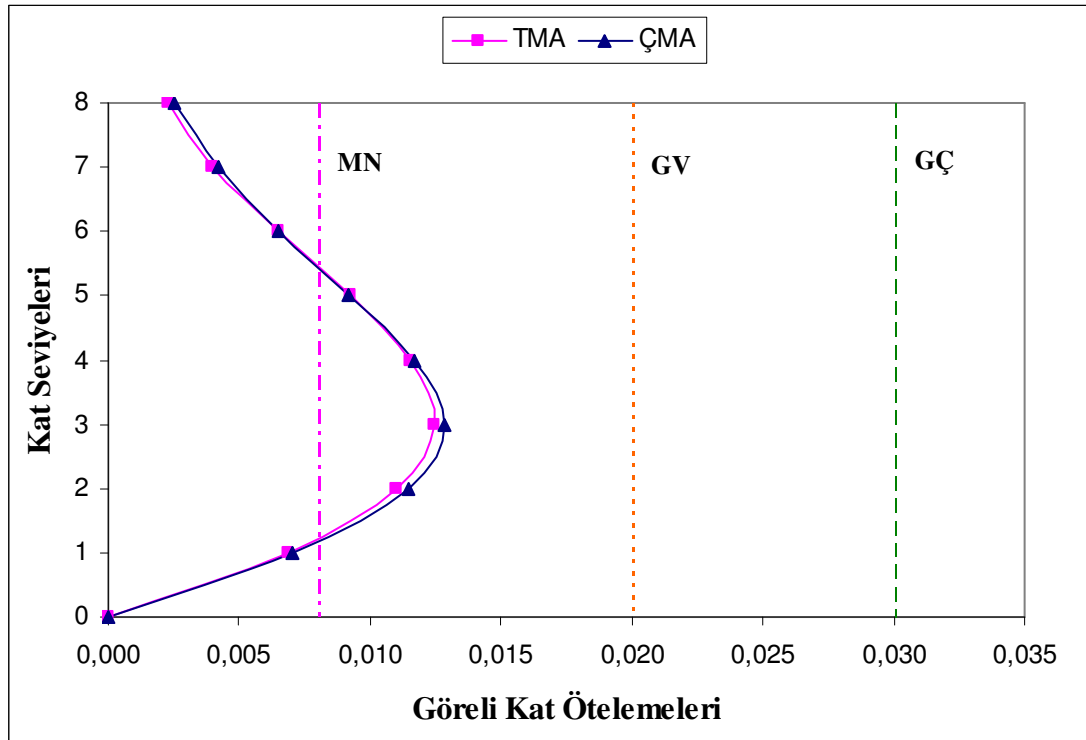
Şekil 4.51 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen yatay kat yer değiştirme talepleri

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (D-D aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri Şekil 4.52' de sunulmuştur.



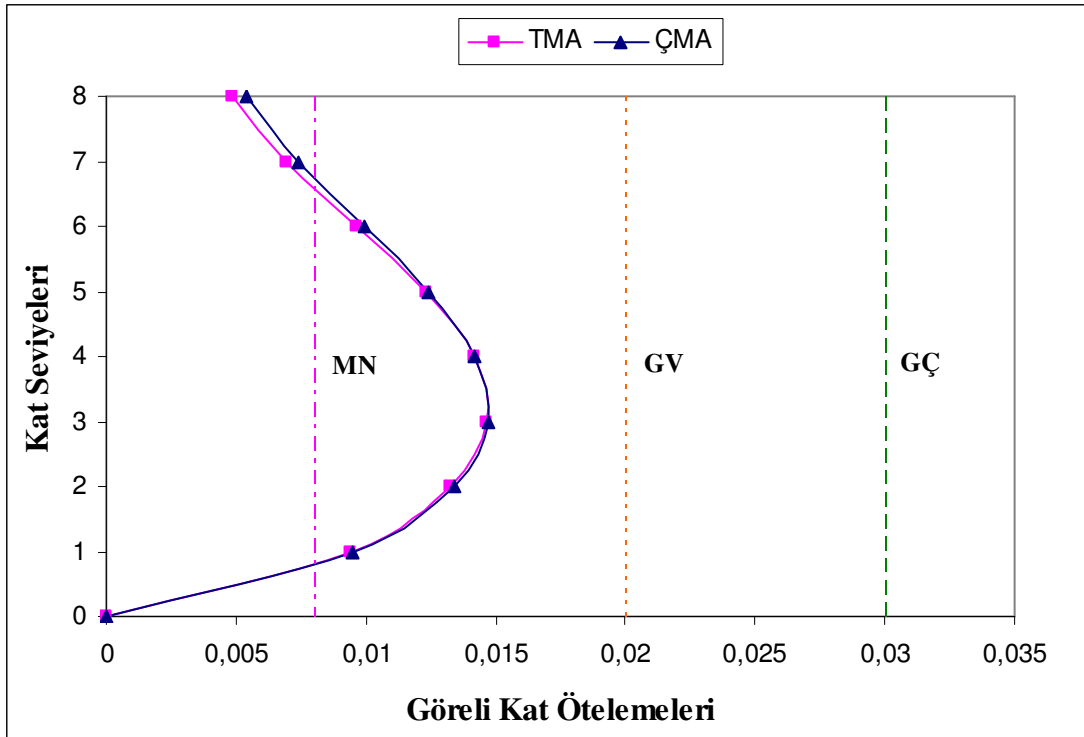
Şekil 4.52 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen yatay kat yer değiştirme talepleri

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen görelî kat öteleme talepleri Şekil 4.53' de sunulmuştur.



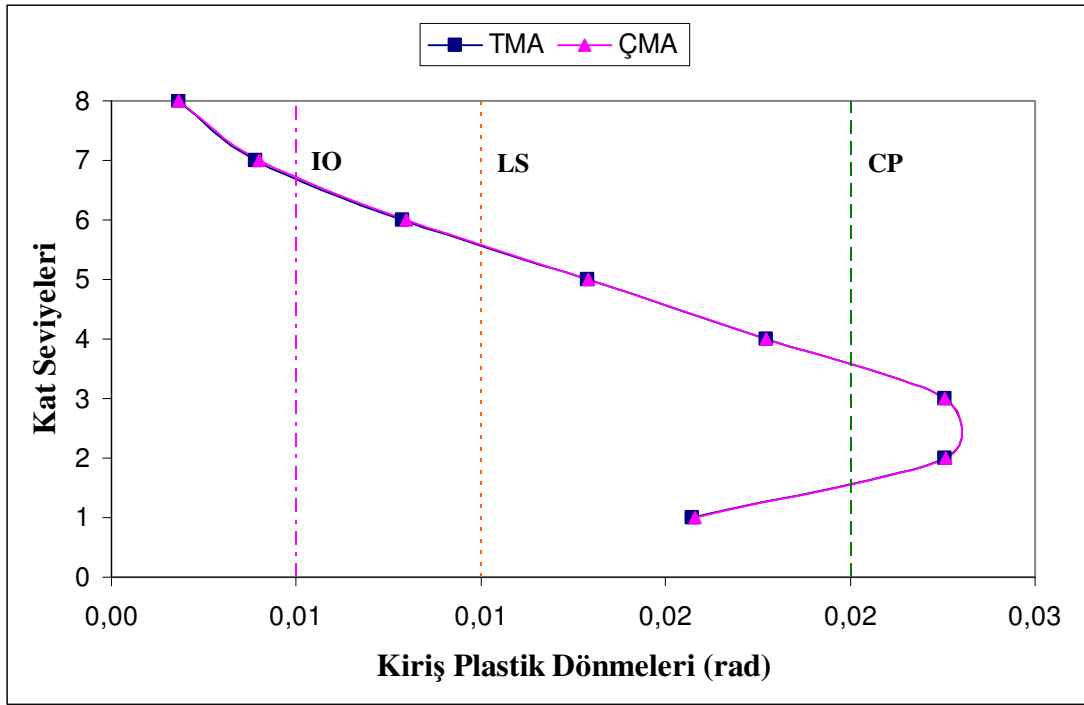
Şekil 4.53 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görelî kat öteleme talepleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Her iki yönde plan simetrisine sahip BY1-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (D-D aksı) için elde edilen görelî kat öteleme talepleri Şekil 4.54' de sunulmuştur.

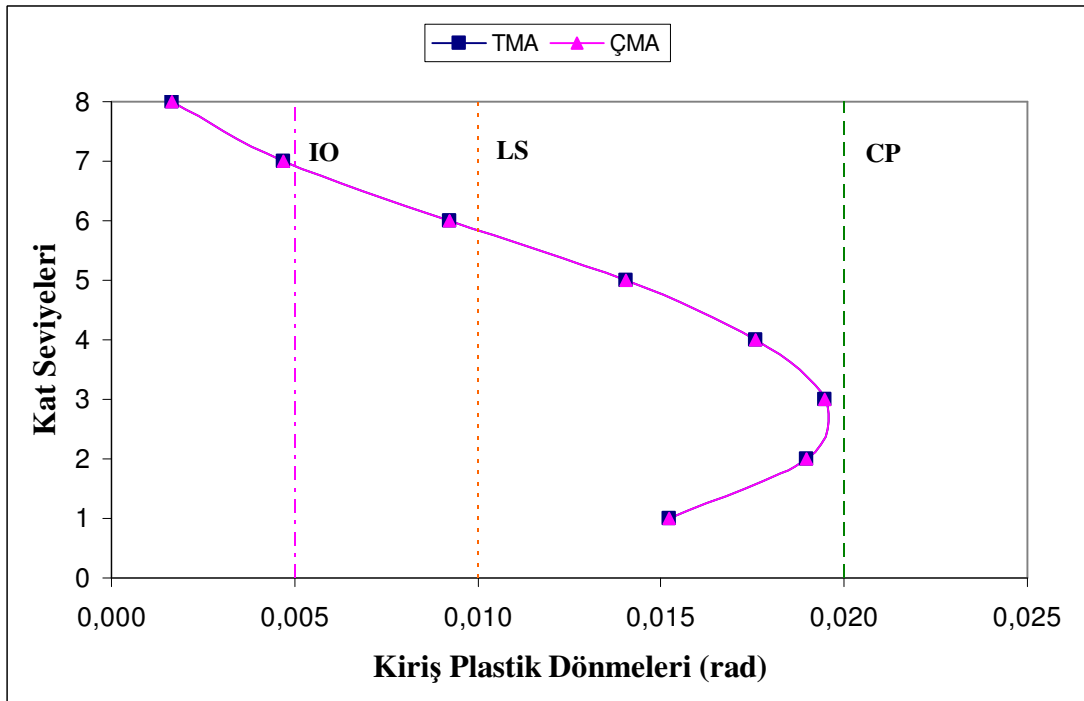


Şekil 4.54 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görelî kat öteleme talepleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

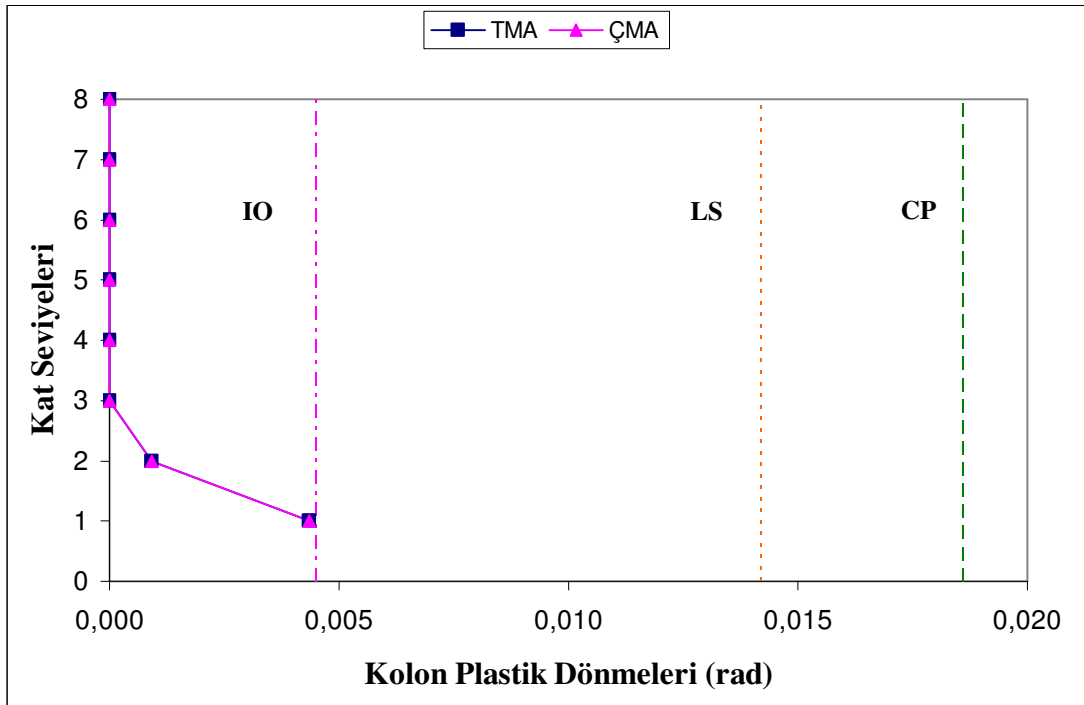
BY1-8 binasında x ve y yönleri için ayrı ayrı yapılan doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleri kullanılarak, performans noktası için kiriş ve kolon elemanlarında hesaplanan en büyük plastik dönme değerlerinin kat seviyelerine göre değişimi aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



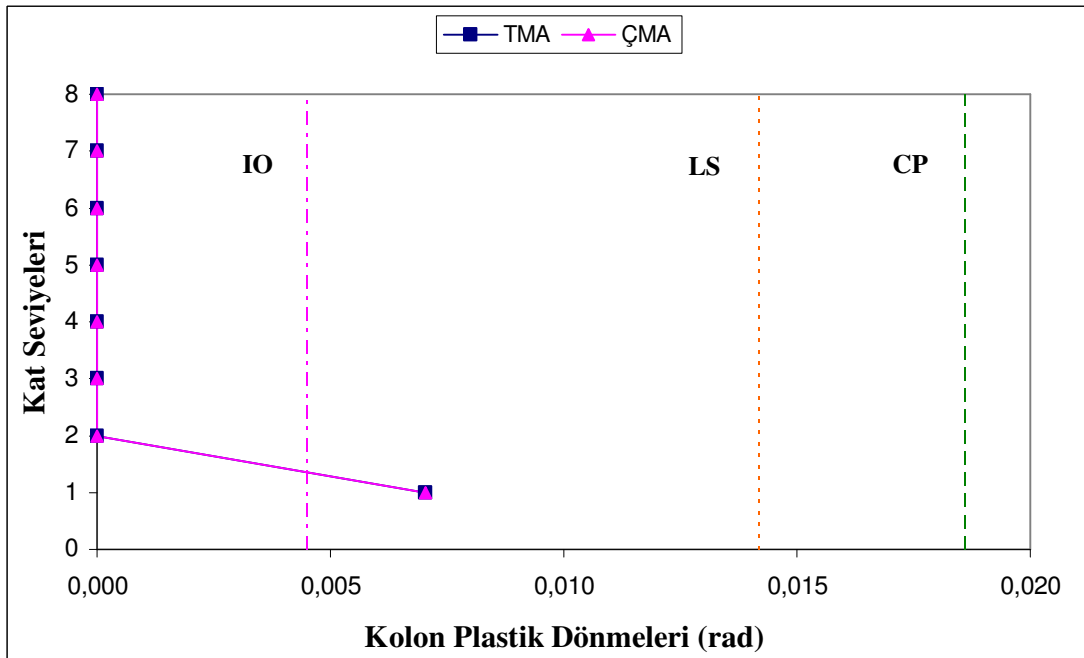
Şekil 4.55 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen en büyük kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri



Şekil 4.56 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen en büyük kiriş plastik (K153) dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

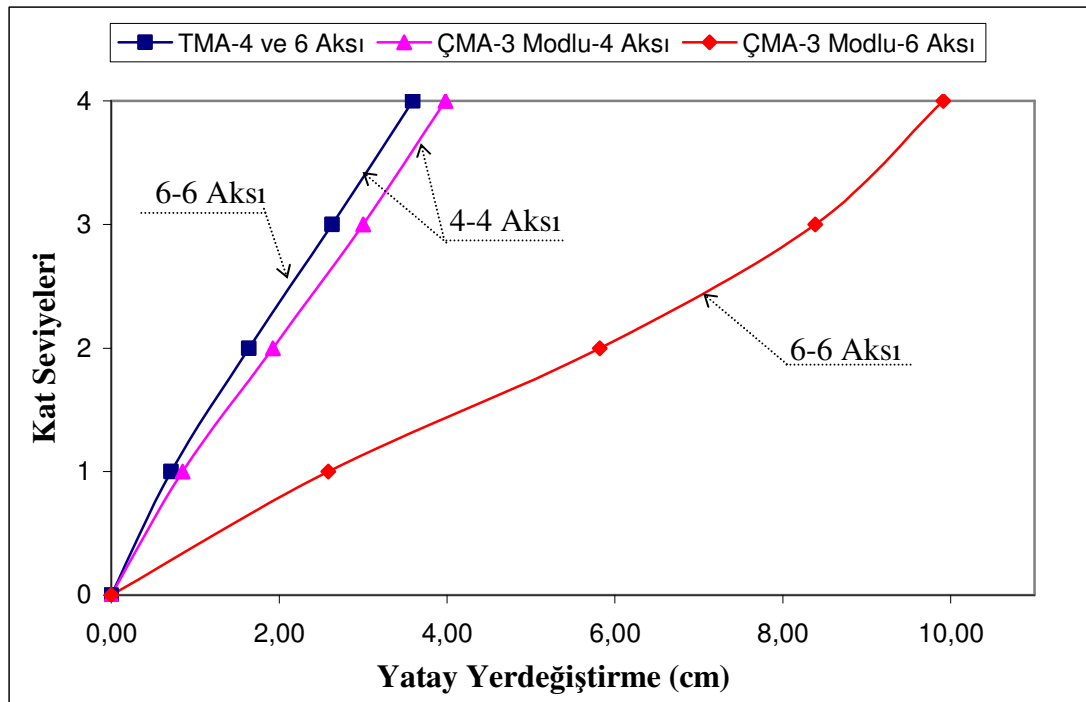


Şekil 4.57 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen en büyük kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri



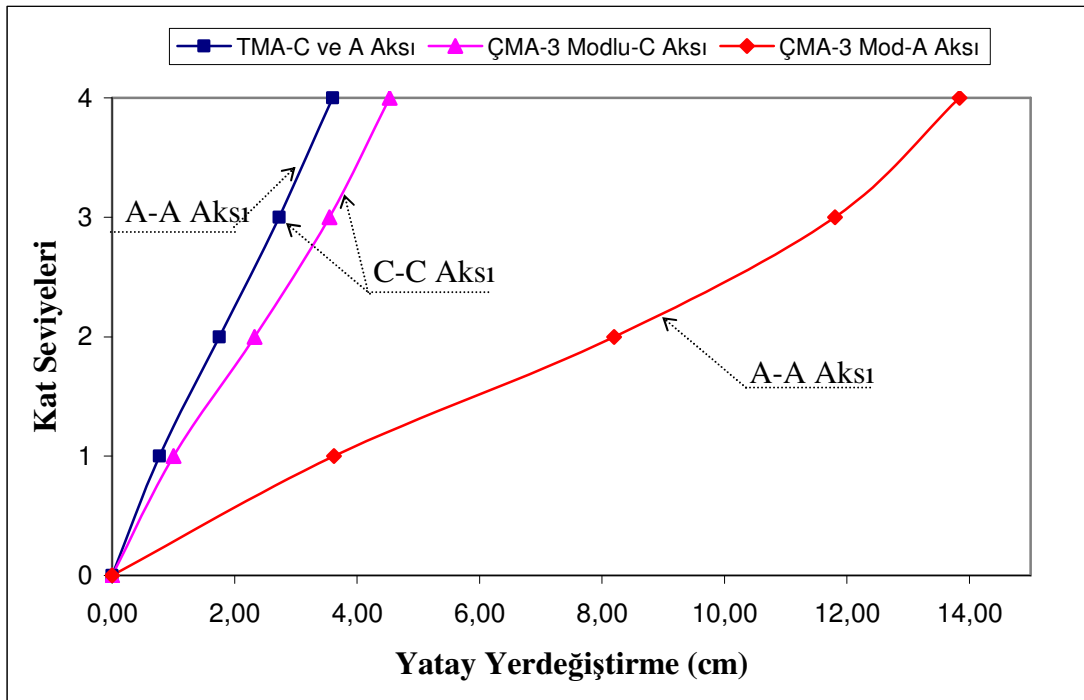
Şekil 4.58 Planda iki yönde simetrik BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen en büyük kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

4.3.2.4.3 BY2-4 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri. Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri ve yapının en büyük tepe noktası yatay yer değiştirmesinin tespit edildiği akstaki (6-6) değerler Tablo 4.59’de sunulmuştur.



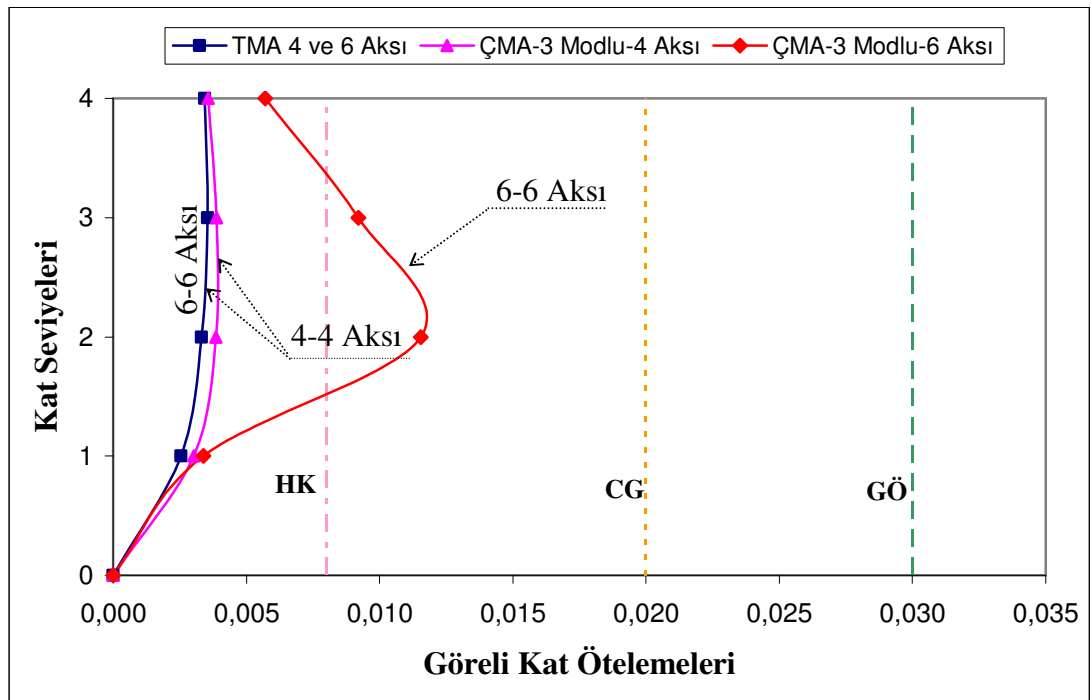
Şekil 4.59 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen tepe nokta yatay kat yer değiştirmesi talepleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (C-C aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri ve yapının en büyük tepe noktası yatay yer değiştirmesinin tespit edildiği akstaki (A-A) değerler Tablo 4.60'de sunulmuştur.



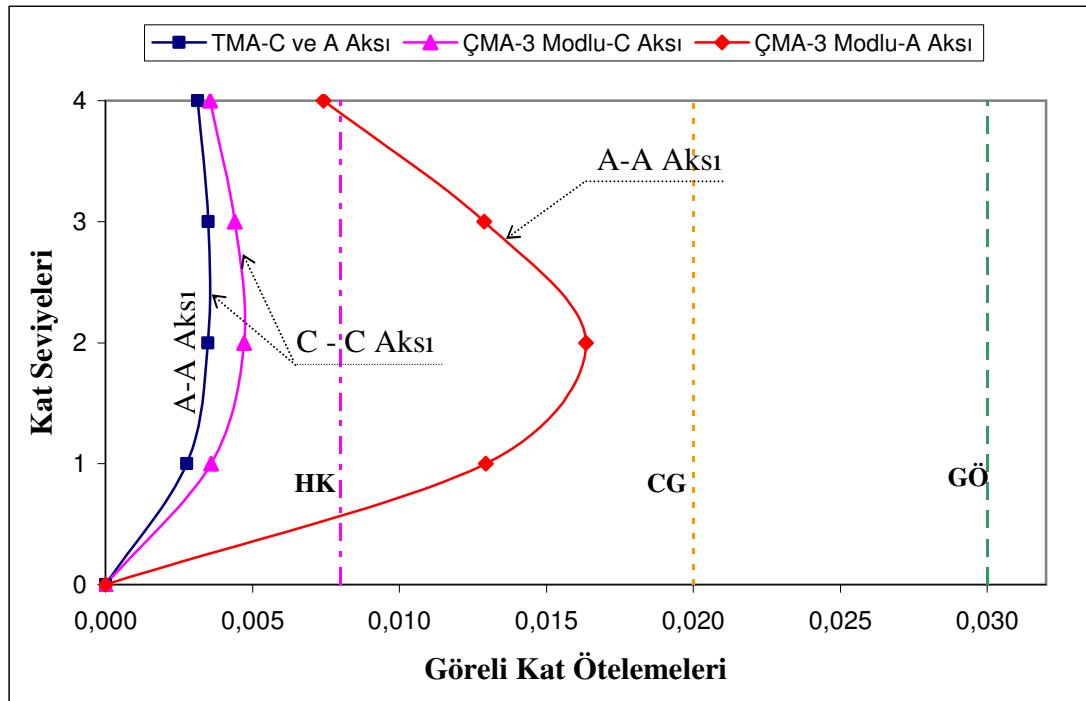
Şekil 4.60 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen tepe noktası yatay kat yer değiştirmesi talepleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri ve yapıda en büyük görelî kat ötelemesinin tespit edildiği akstaki (6-6) değerler Tablo 4.61’de sunulmuştur.



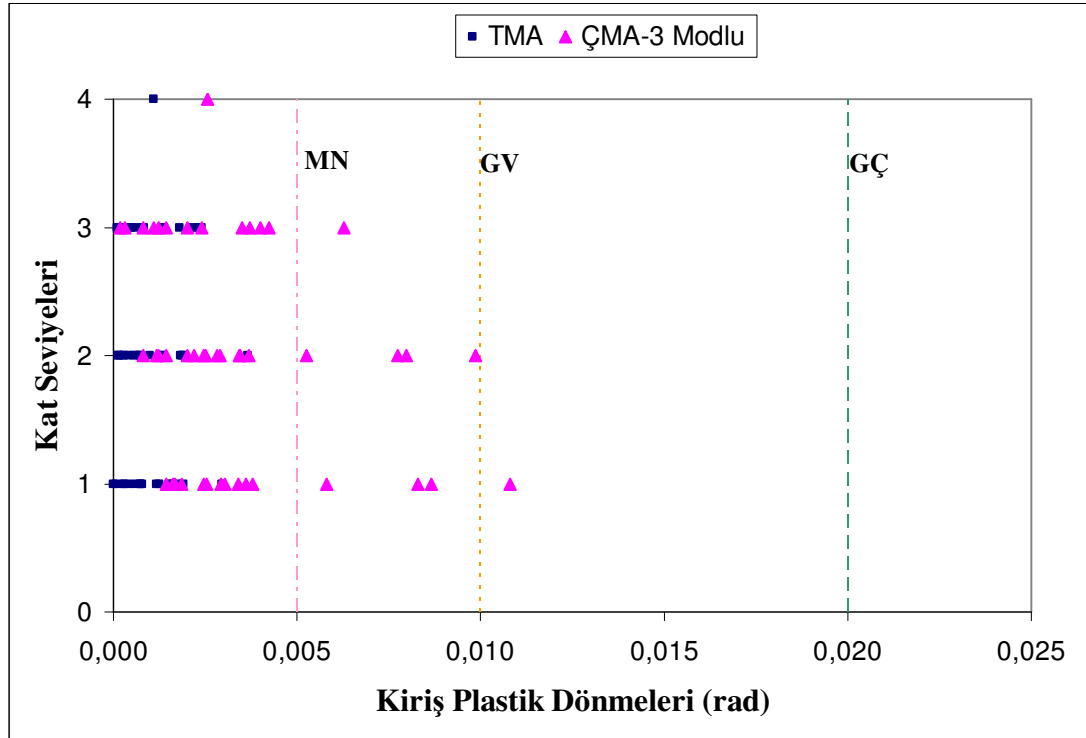
Şekil 4.61 Planda iki yönde simetrik BY2-4 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (C-C aksı) için elde edilen görel kat öteleme talepleri ve yapıda en büyük görel kat ötelemesinin tespit edildiği akstaki (A-A) değerler Tablo 4.62’de sunulmuştur.



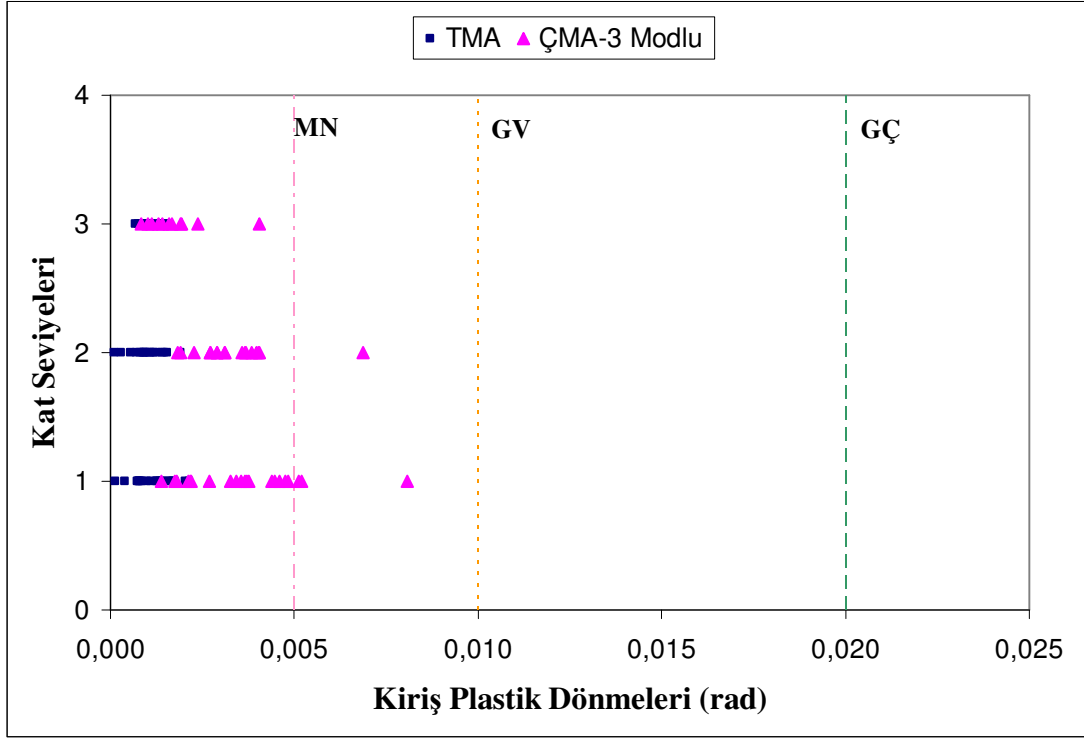
Şekil 4.62 Planda iki yönde simetrik BY2-4 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen görel kat ötelemeleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.63’de sunulmuştur.



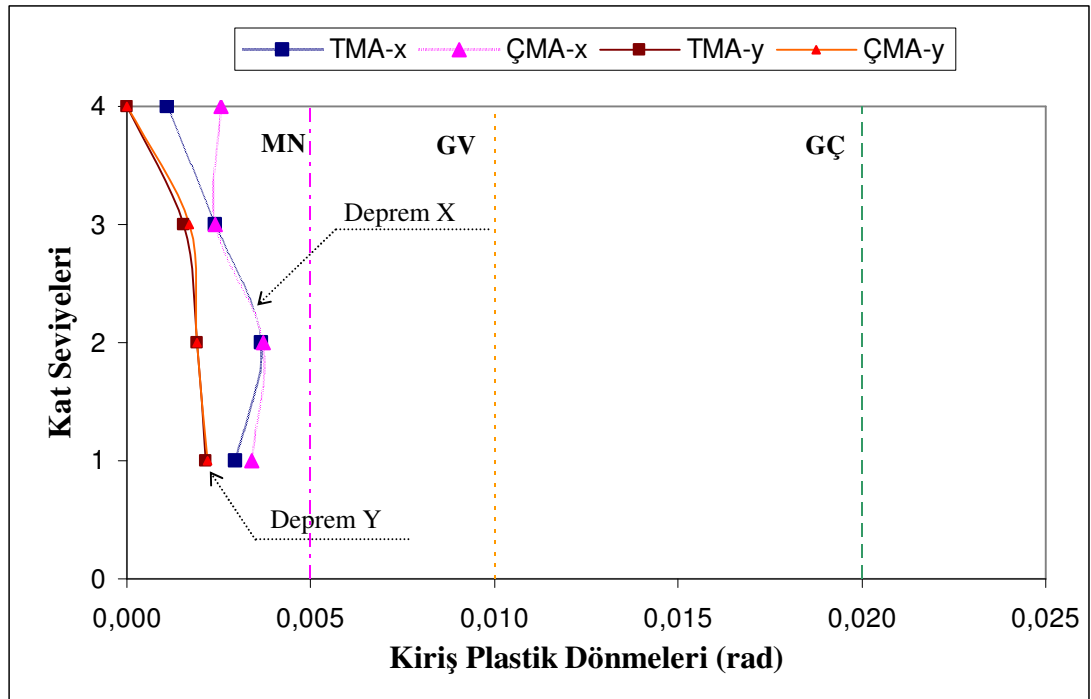
Şekil 4.63 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle, x yönü için elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve ortalama FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.64’de sunulmuştur.



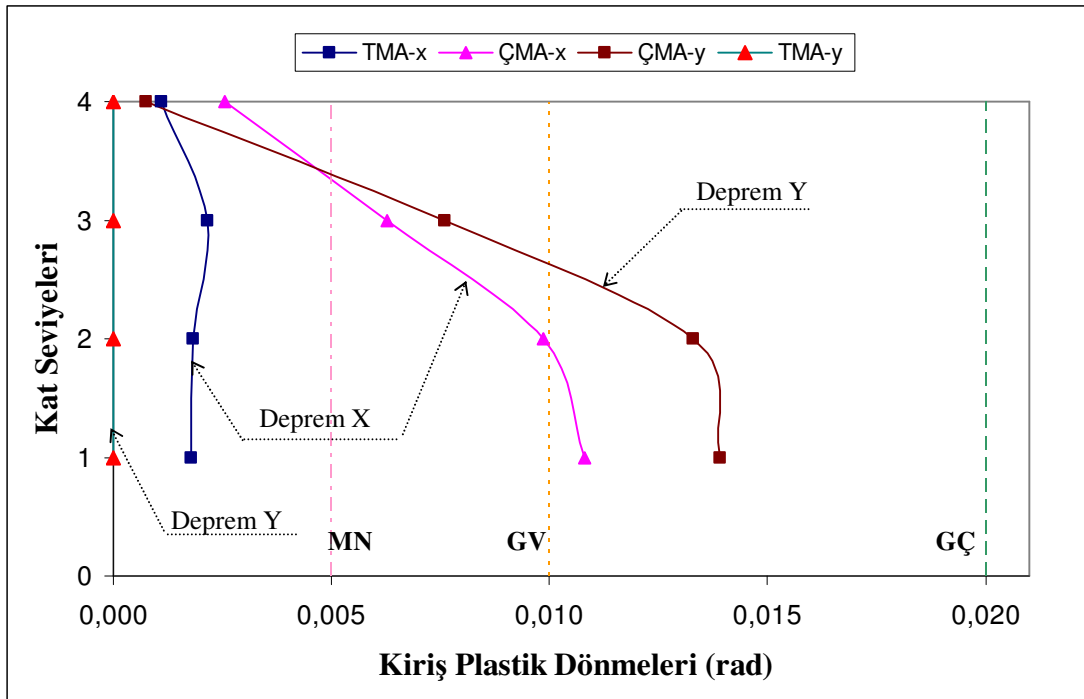
Şekil 4.64 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle y yönü için elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen en büyük kiriş plastik dönme talepleriyle, bu taleplerin olduğu kirişlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) hesaplanan kiriş plastik dönme taleplerinin kat seviyelerine göre değişimi Şekil 4.65’de sunulmuştur.



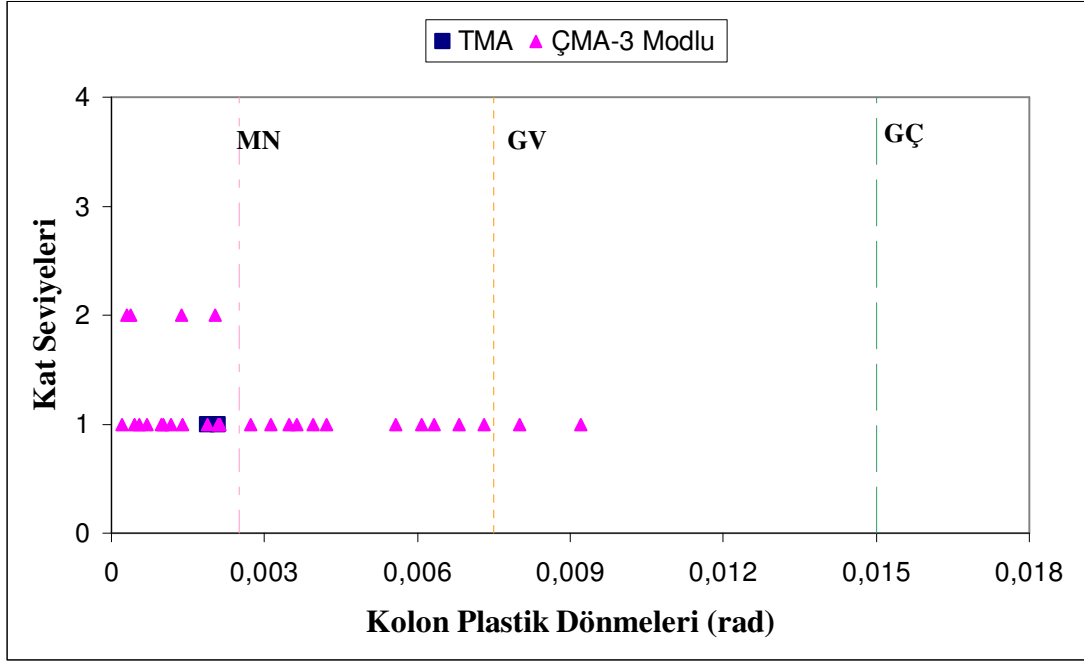
Şekil 4.65 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında x ve y yönleri için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan en büyük kiriş plastik dönmeleriyle, aynı kesitlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) en büyük kiriş plastik dönme değerlerinin belirlendiği kirişlerde, (x yönü için K130, 230, 330, 430 ve y yönü için K164, 264, 265, 265), doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemi ile elde edilen kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.66’da sunulmuştur.



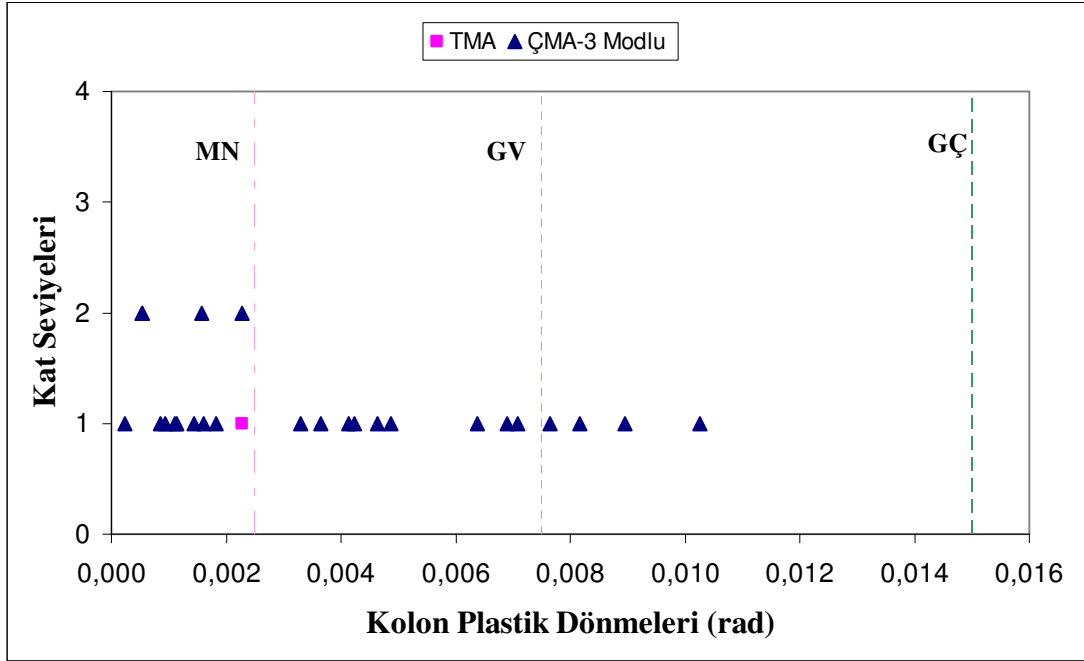
Şekil 4.66 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası x ve y yönleri için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle en büyük kiriş plastik dönme taleplerinin belirlendiği kirişler için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.67’de sunulmuştur.



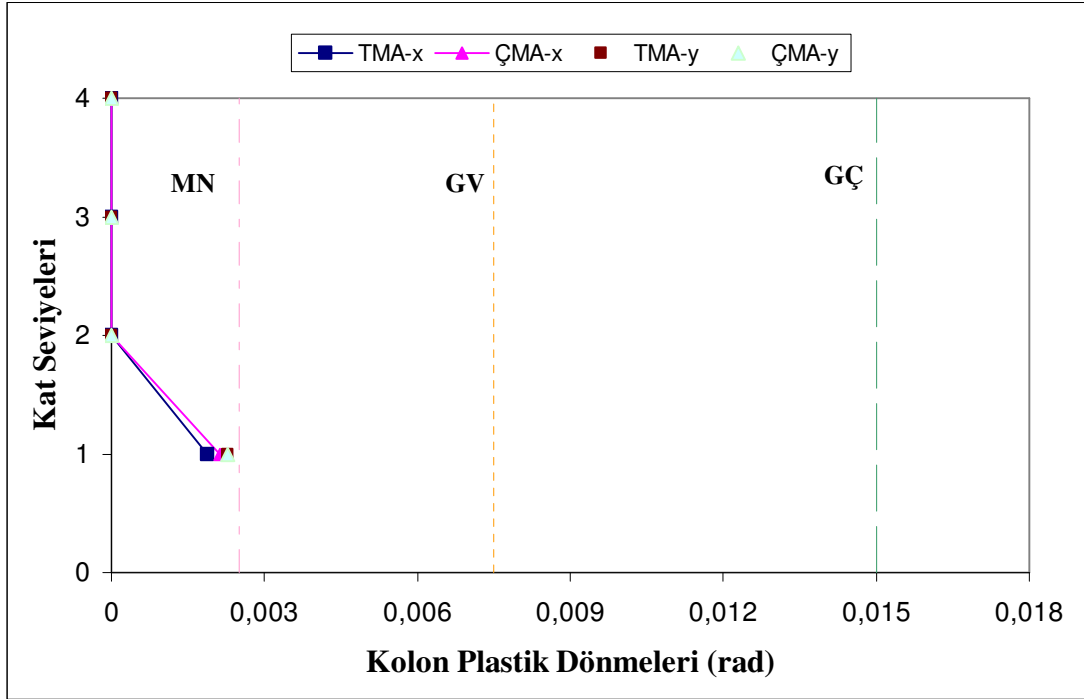
Şekil 4.67 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.68’de sunulmuştur.



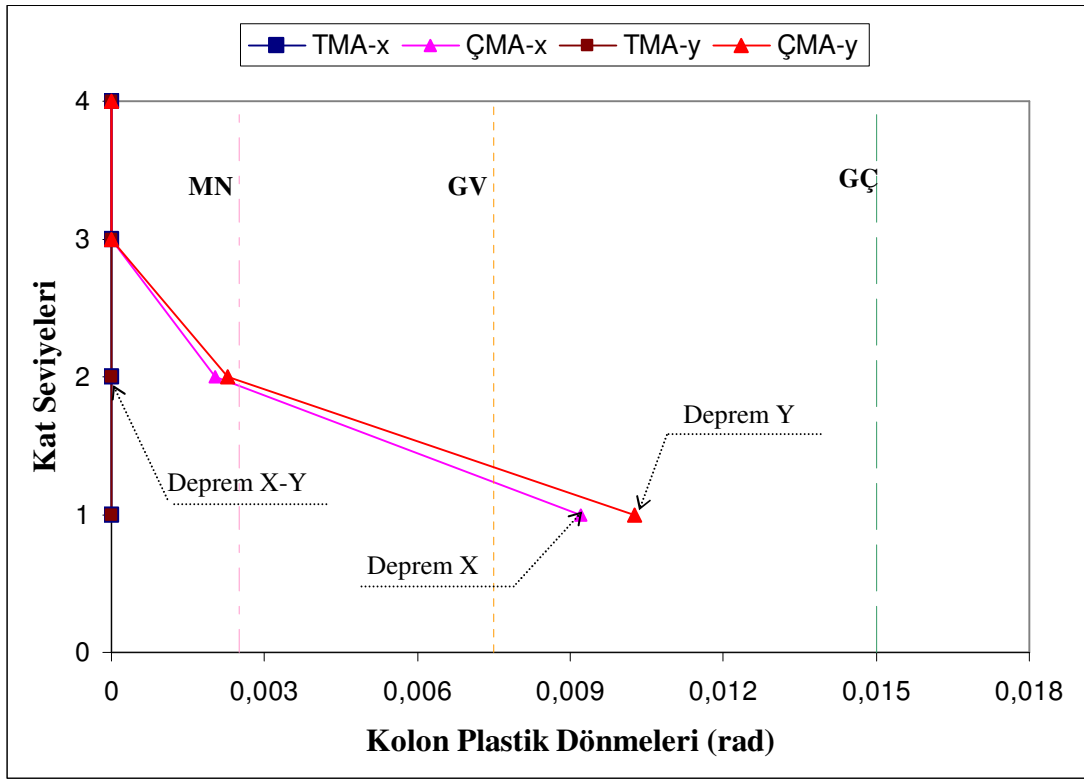
Şekil 4.68 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen en büyük kolon plastik dönme talepleriyle, bu taleplerin oluştuğu elemanlarda (x yönü için P1, y yönü için P3 perdesi) doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) hesaplanan plastik dönme taleplerinin kat seviyelerine göre değişimi Şekil 4.69’da sunulmuştur.



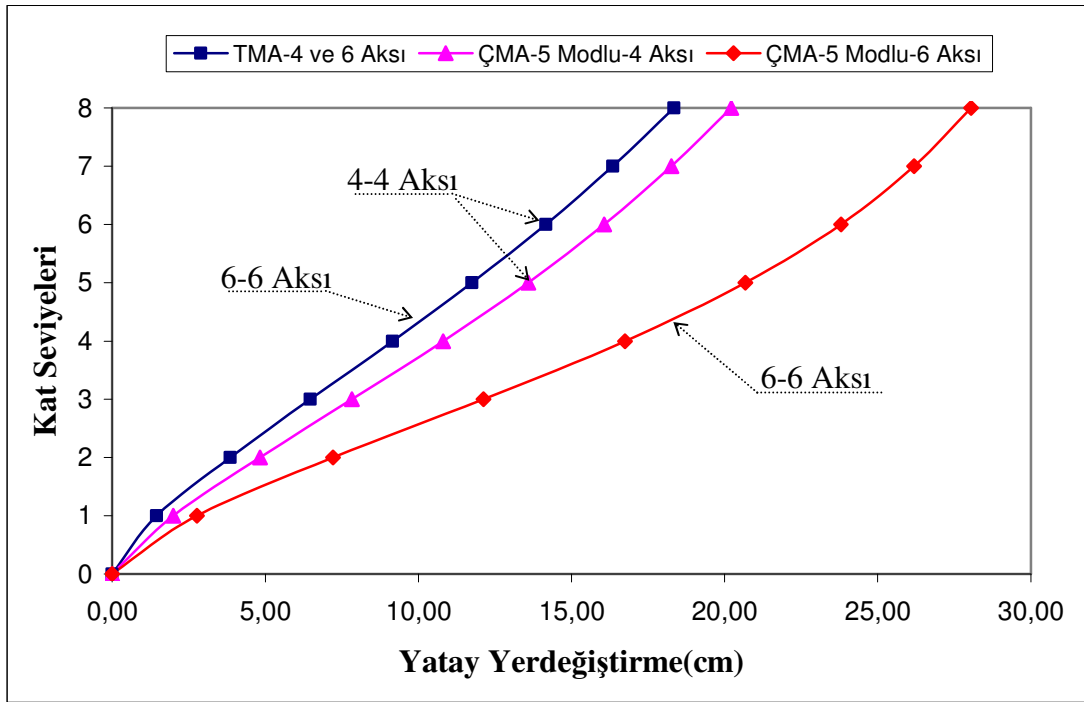
Şekil 4.69 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında x ve y yönleri için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan en büyük kolon plastik dönmeleriyle, aynı kesitlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen en büyük kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) en büyük kolon plastik dönme değerlerinin belirlendiği kolonlarda (her iki yön için de S18) , doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.70’de sunulmuştur.



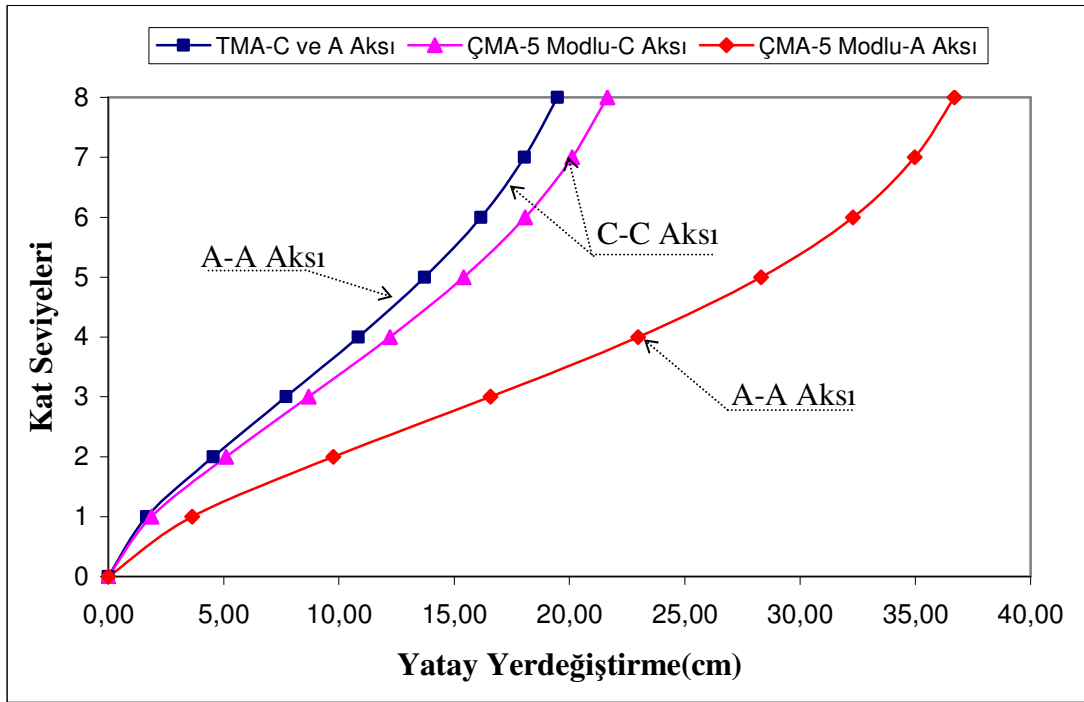
Şekil 4.70 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası x ve y yönleri için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle en büyük kolon plastik dönme taleplerinin belirlendiği kolonlar için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle elde edilen kolon plastik dönme miktarlarının katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

4.3.2.4.4 BY2-8 Binası Performans Noktasına Ait, Doğrusal Olmayan Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü (TMA) ve Doğrusal Olmayan Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle (ÇMA) Elde Edilen Deprem Talepleri. Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri ve yapının en büyük tepe noktası yatay yer değiştirmesini yaptığı akstaki (6-6) değerler Tablo 4.71’de sunulmuştur.



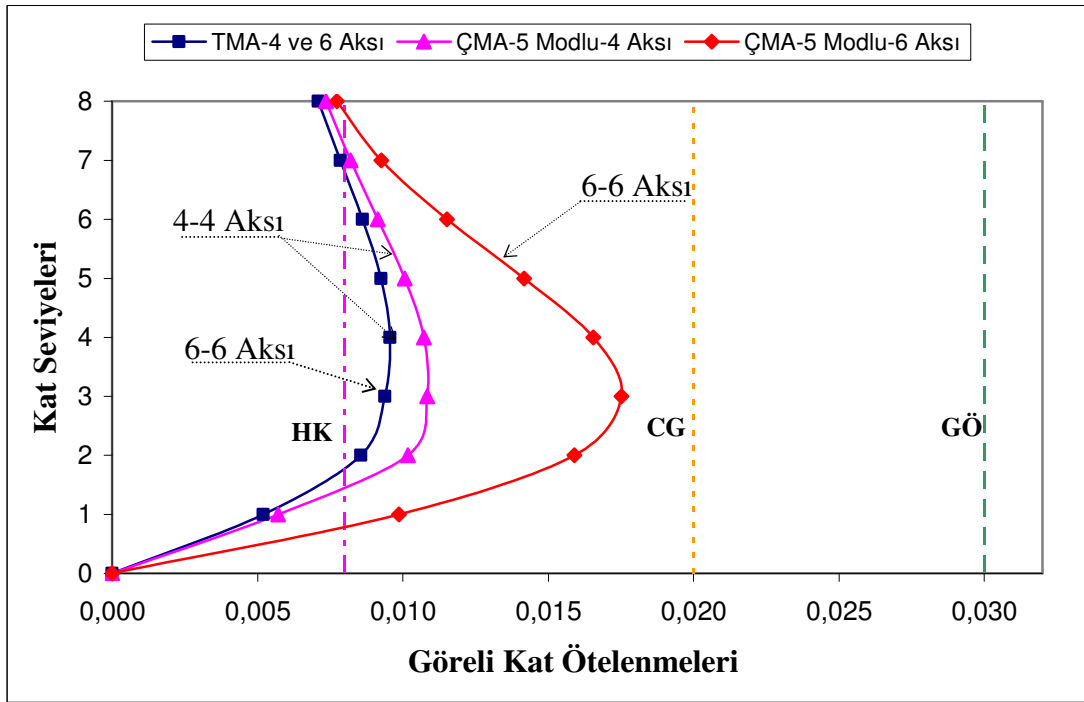
Şekil 4.71 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen tepe nokta yatay kat yer değiştirmesi talepleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (C-C aksı) için elde edilen tepe noktası yatay yer değiştirme talepleri ve yapının en büyük tepe noktası yatay yer değiştirmesini yaptığı akstaki (A-A) değerler Tablo 4.72’de sunulmuştur.



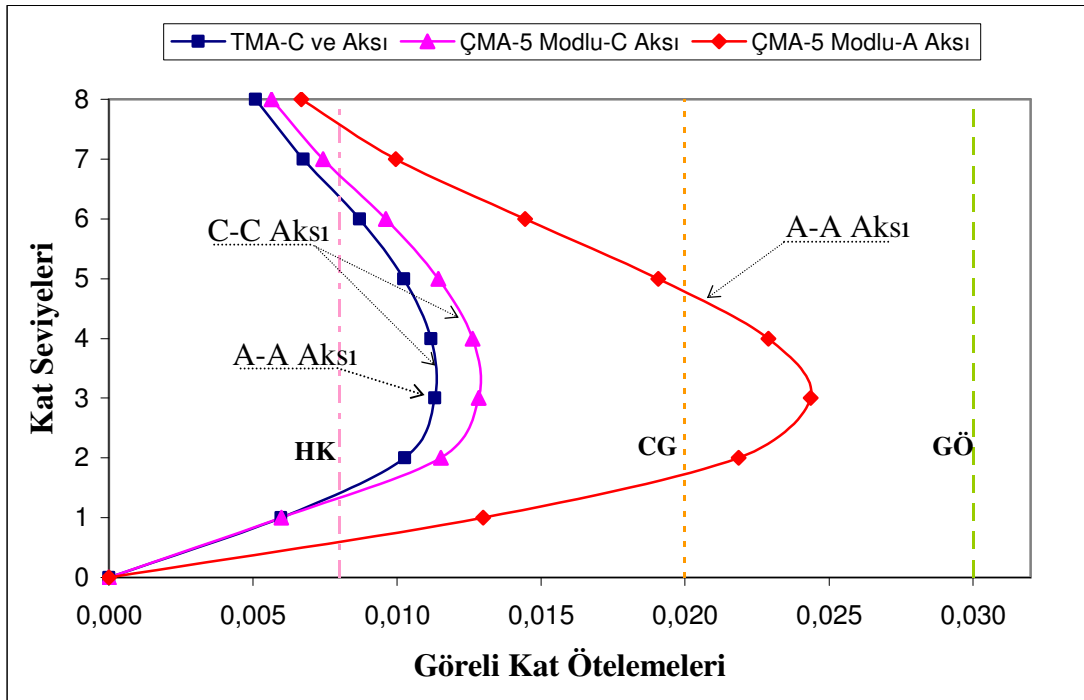
Şekil 4.72 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen yatay kat yer değiştirmeleri talepleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (4-4 aksı) için elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri ve yapıda en büyük görelî kat ötelemesinin ortaya çıktığı akstaki (6-6) değerler Tablo 4.73’de sunulmuştur.



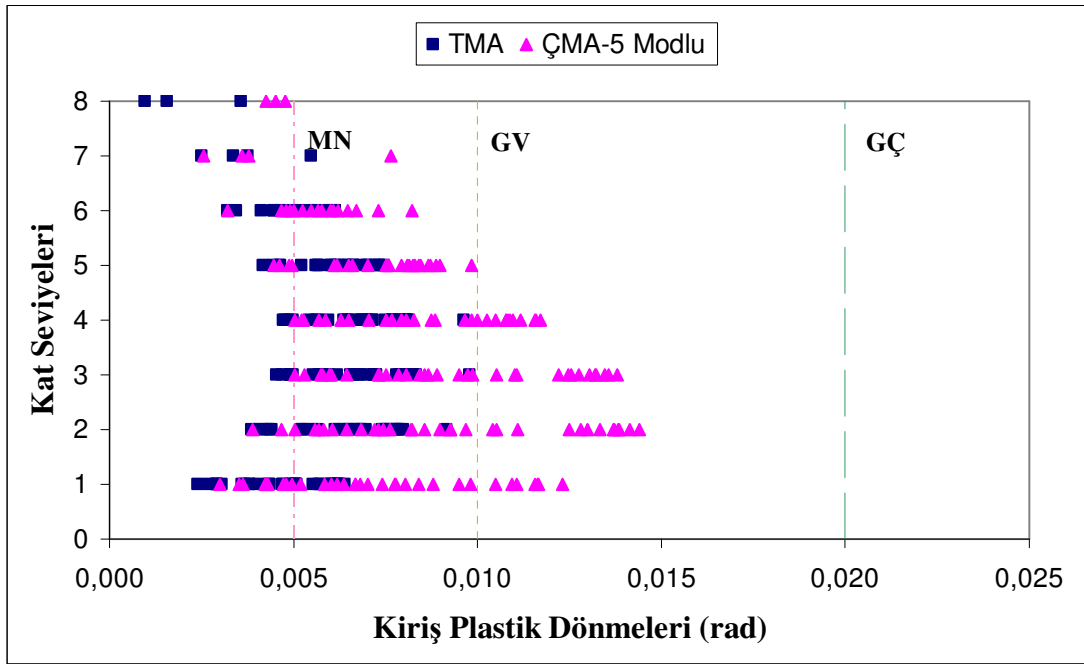
Şekil 4.73 Planda iki yönde simetrik BY2-8 binasına ait x yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA), yapının kütle merkezine en yakın aks (C-C aksı) için elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri ve yapıda en büyük görelî kat ötelemesinin ortaya çıktığı akstaki (A-A) değerler Tablo 4.74’de sunulmuştur.



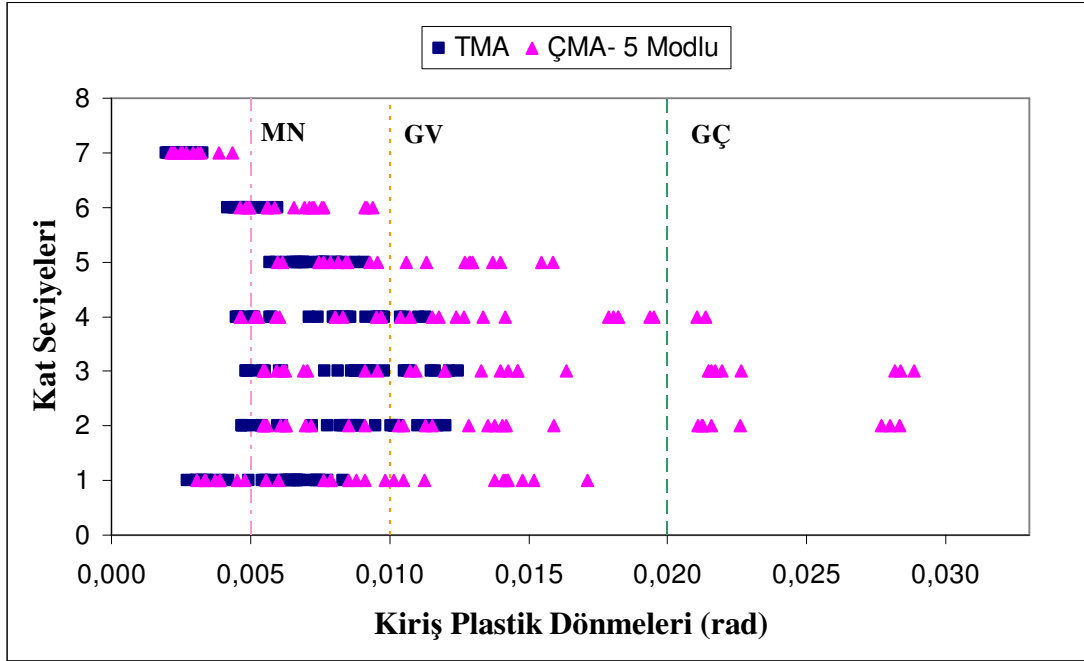
Şekil 4.74 Planda iki yönde simetrik BY2-8 binasına ait y yönünde doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri ve DBYBHY-2006 hasar sınırları

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.75’de sunulmuştur.



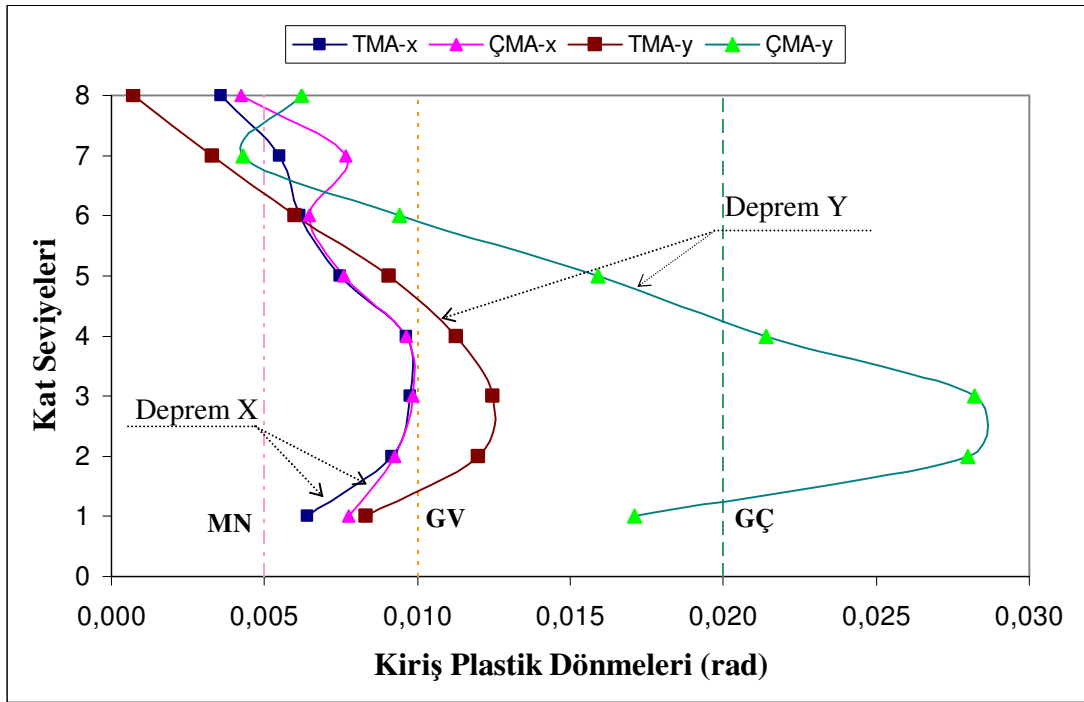
Şekil 4.75 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.76’de sunulmuştur.



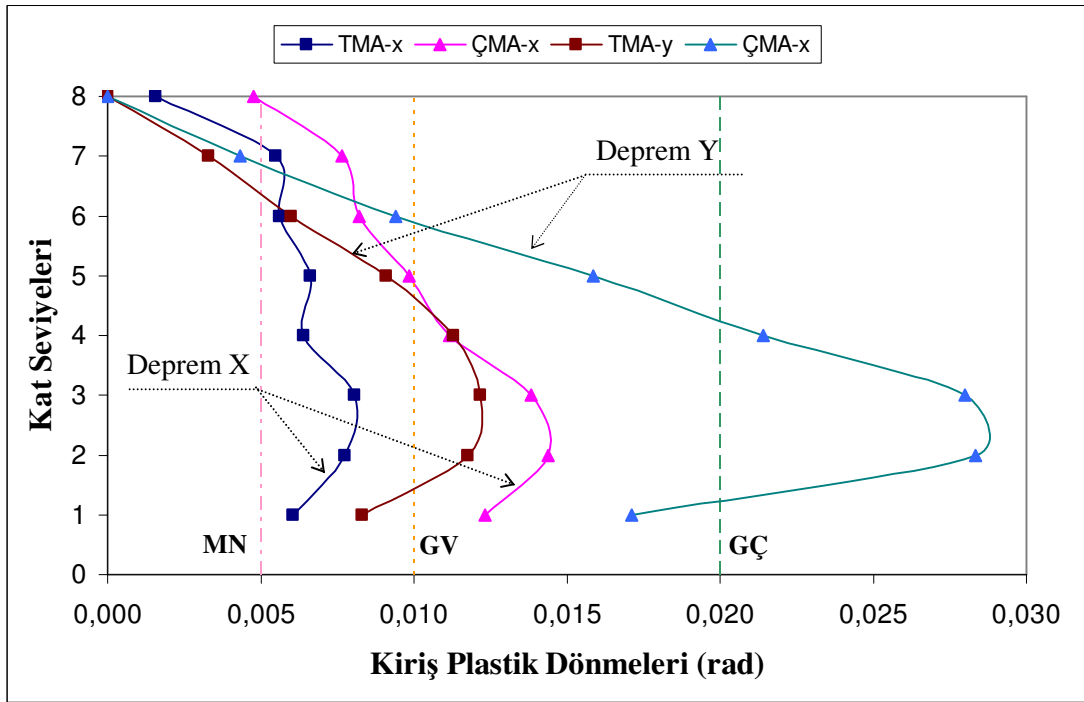
Şekil 4.76 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen giriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen en büyük giriş plastik dönme talepleriyle, bu taleplerin oluştuğu girişlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) hesaplanan giriş plastik dönme taleplerinin kat seviyelerine göre değişimi Şekil 4.77’de sunulmuştur.



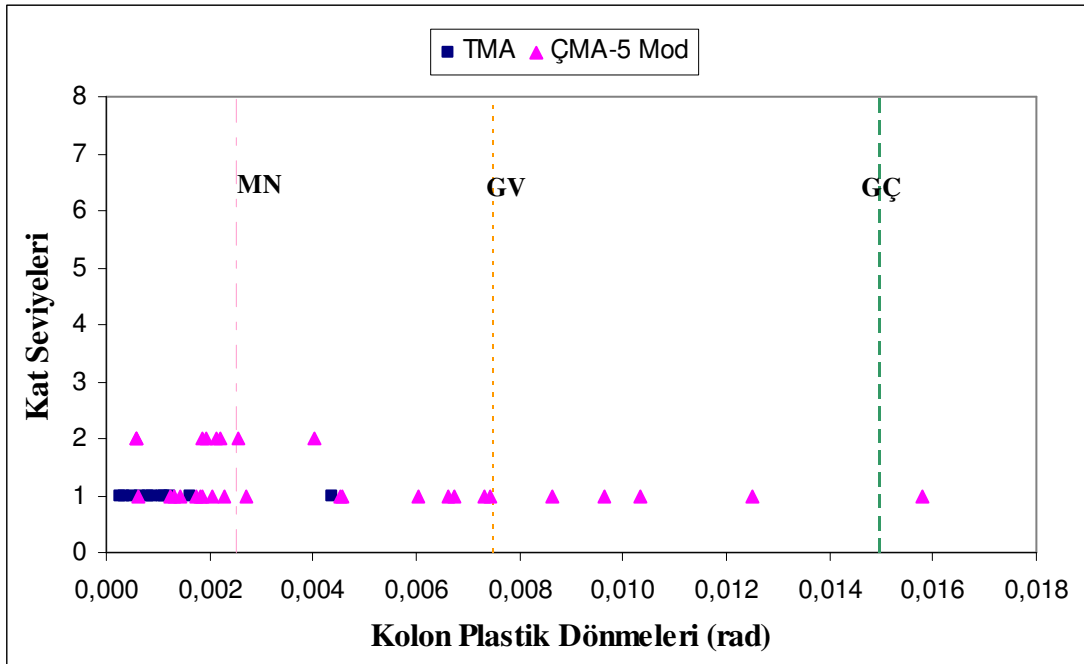
Şekil 4.77 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında x ve y yönleri için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan en büyük kiriş plastik dönmeleriyle, aynı kesitlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) en büyük kiriş plastik dönme değerlerinin belirlendiği kirişlerde, (x yönü için K119,219,..vb ve y yönü için K164, 264,..vb), doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen kiriş plastik dönme talepleri Şekil 4.78’de sunulmuştur.



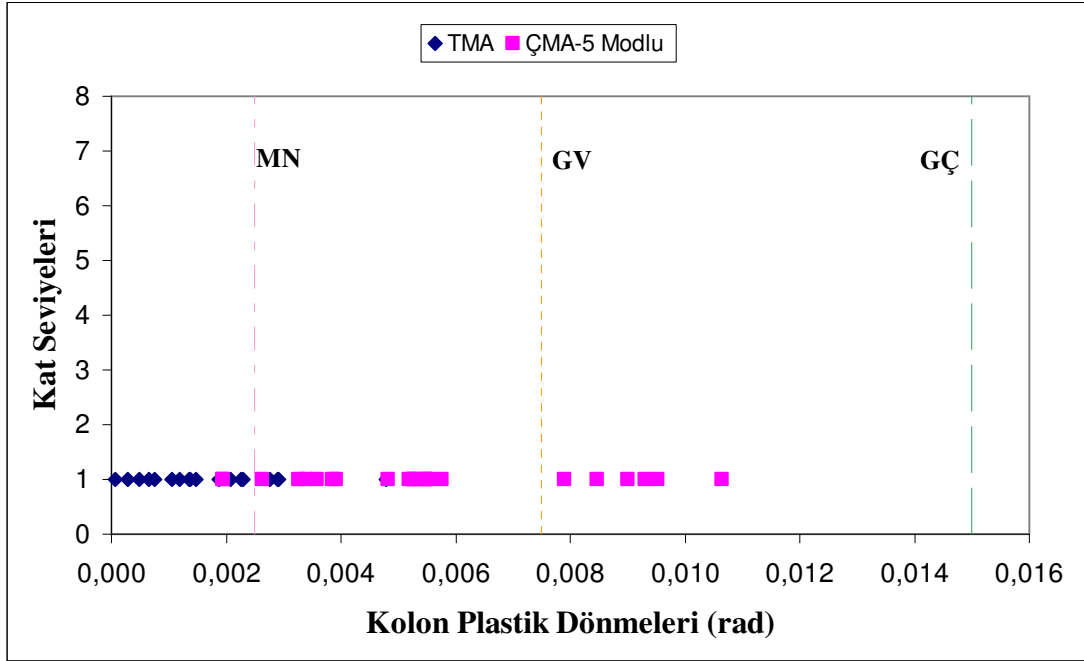
Şekil 4.78 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 binası x ve y yönleri için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle en büyük giriş plastik dönme taleplerinin belirlendiği kirişler için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle elde edilen giriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.79’de sunulmuştur.



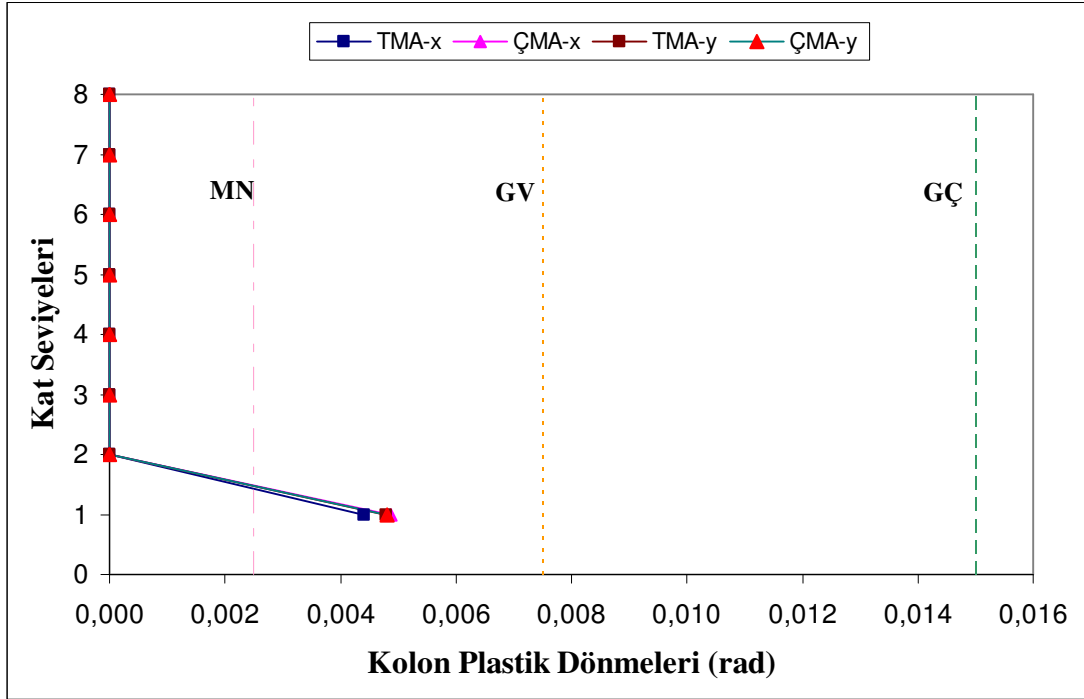
Şekil 4.79 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle x yönü için elde edilen kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “y” deprem doğrultusunda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (ÇMA) hesaplanan kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.80’de sunulmuştur.



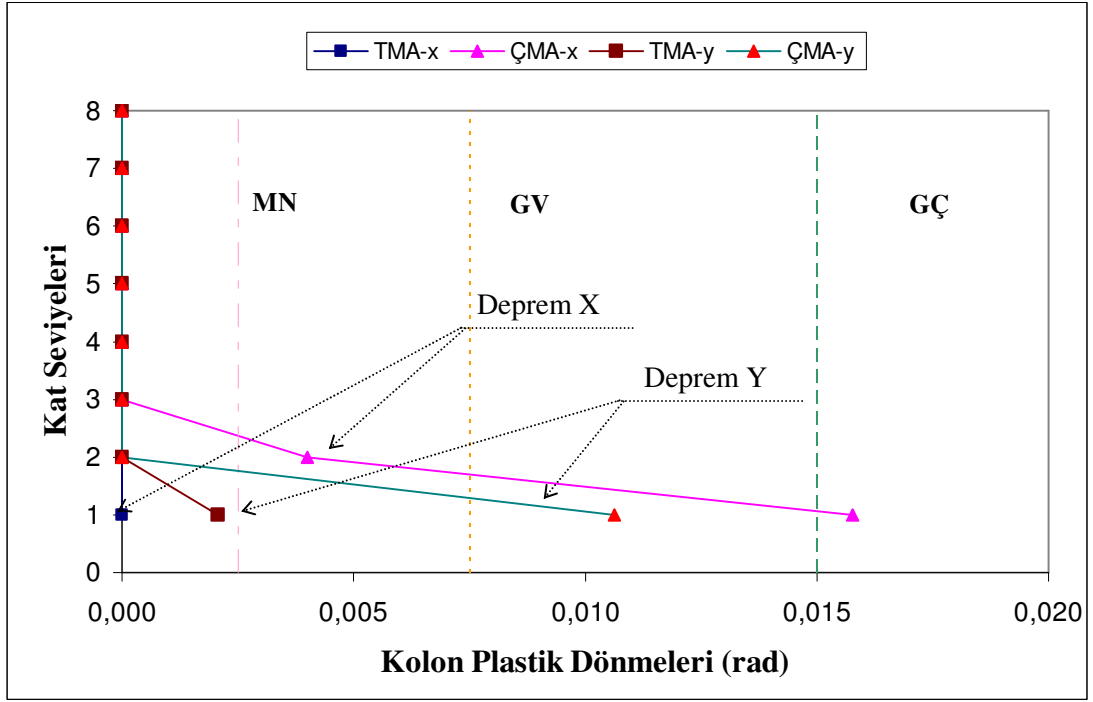
Şekil 4.80 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle y yönü için elde edilen kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen en büyük kolon plastik dönme talepleriyle, bu taleplerin olduğu kolonlarda (x yönü için P2, y yönü için P3 perdeleri), doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) hesaplanan giriş plastik dönme taleplerinin kat seviyelerine göre değişimi Şekil 4.81’de sunulmuştur.



Şekil 4.81 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında x ve y yönleri için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan en büyük kolon plastik dönmeleriyle, aynı kesitlerde doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kolon plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binasında, Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle hesaplanan performans noktasına ait, “x” ve “y” deprem doğrultularında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) en büyük kolon plastik dönme değerlerinin belirlendiği kolonlarda, (x yönü için 2.katta S10, 1.katta S18 ve y yönü 1.katta S18), doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile elde edilen kolon plastik dönme talepleri Şekil 4.82’de sunulmuştur.



Şekil 4.82 Plan simetrisine sahip olmayan BY2-8 binası x ve y yönleri için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle en büyük kolon plastik dönme taleplerinin belirlendiği kolonlar için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle elde edilen kiriş plastik dönmelerinin katlara göre değişimi ve FEMA 356 sınır değerleri

4.4 Seçilen Örnek Binaların Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Seçilen örnek yapıların 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemleri kullanarak elde edilen deprem talepleri esas alınarak, önce eleman kesit hasarları belirlenmiş, daha sonra bu değerler performans yaklaşımı ilkesiyle sınıflandırılıp, yapı genel deprem performans seviyesi tayin edilmiştir.

Konut türü binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında hedeflenen performans seviyesi Can Güvenliği düzeyidir. Bu deprem depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerinde şiddetli depreme karşı gelmektedir. Buna göre şiddetli deprem etkisi altında konut tipi yapılardan, can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlı kalması beklenmektedir.

Binalar için deprem performans düzeylerinin belirlenmesinde, mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Tablo 4.21’de sunulmuştur.

Tablo 4.21 Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri

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

4.4.1 Seçilen Örnek Binaların Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Seçilen örnek binaların kiriş, kolon ve perde elemanları için doğrusal elastik değerlendirme yöntemiyle bulunan etki / kapasite (r) oranlarının DBYBHY-2006'da verilen kesit hasar sınırları ile karşılaştırılması sonucu kesit hasar sınıflandırılması yapılmış ve bu sınıflandırmayı esas alan ve DBYBHY-2006'da verilen yapı deprem performansı belirleme ilkeleri dikkate alınarak tüm binaların deprem performans seviyesi belirlenmiştir.

Buna ek olarak aynı kat plan alanına sahip, planda simetrik dört ve sekiz katlı BY1-4 ve BY1-8 binalarında, sargı etkisinin mevcut olduğu ve olmadığı durum için, iki ayrı kesit hasar seviyesi belirlenmiştir. Sargı etkisinin olmadığı durumda, hasar sınır değerleri küçülmekte, bunun sonucunda kesit, daha ileri hasar bölgesine geçmektedir (Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5). Sargılı, sargısız kolon ve kiriş kesiti kabulleri altında saptanan kesit hasarları sınıflandırılarak, DBYBHY-2006'da tanımlanmış yapı performansı belirleme yöntemine tabi tutulmuştur.

4.4.1.1 BY1-4 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

DBYBHY-2006 Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5 'de verilen kesit hasar sınır değerleri esas alınarak binanın x ve y olmak üzere iki asal doğrultusu için yapılan deprem hesabı sonucu bulunan hasar dağılım yüzdeleri Tablo 4.22' de sunulmuştur. Kiriş ve kolon kesitlerinin önce sargısız, sonra da sargılı durumları için tayin edilen kesit hasarları ve bunun sonucunda yapı performans seviyeleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Tablo 4.22 BY1-4 binası doğrusal elastik hesap sonucu bulunan etki/kapasite oranları esas alınarak, kesitlerde sargı etkisinin mevcut olduğu ve olmadığı durumdaki hasar sınırlarına ait sayısal değerler kullanılarak belirlenen hasar dağılım yüzdeleri ve yapı performans seviyeleri

Eleman Tipi	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü	Y Yönü
		DBYBHY	DBYBHY
Kiriş (Sargısız)	<MN	%27	%43
	MN-GV	%31	%14
	GV-GÇ	%40	%30
	>GÇ	%2	%13
Kolon (Sargısız)	<MN	%68	%57
	MN-GV	%32	%43
	GV-GÇ	---	---
	>GÇ	---	---
Yapı Performansı		GÖ	GÖ
Kiriş (Sargılı)	<MN	%33	%48
	MN-GV	%67	%48
	GV-GÇ	---	%4
	>GÇ	---	---
Kolon (Sargılı)	<MN	%98	%100
	MN-GV	%2	---
	GV-GÇ	---	---
	>GÇ	---	---
Yapı Performansı		CG	CG

4.4.1.2 BY1-8 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5 'de verilen DBYBHY-2006 kesit hasar sınır değerleri esas alınarak binanın x ve y olmak üzere iki asal doğrultusu için yapılan deprem hesabı sonucu bulunan hasar dağılım yüzdeleri Tablo 4.23' de sunulmuştur. Kiriş ve kolon kesitlerinin önce sargısız, sonra da sargılı durumları için tayin edilen kesit hasarları ve bunun sonucunda yapı performans seviyeleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Tablo 4.23 BY1-8 binası doğrusal elastik hesap sonucu etki/kapasite oranları esas alınarak, kesitlerde sargı etkisinin mevcut olduğu ve olmadığı durumdaki hasar sınırlarına ait sayısal değerler kullanılarak belirlenen hasar dağılım yüzdeleri ve yapı performans seviyeleri

Eleman Tipi	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü	Y Yönü
		DBYBHY	DBYBHY
Kiriş (Sargısız)	<MN	%11	%34
	MN-GV	%26	%24
	GV-GÇ	%45	%36
	>GÇ	%18	%6
Kolon (Sargısız)	<MN	%92	%78
	MN-GV	%8	%20
	GV-GÇ	---	%2
	>GÇ	---	---
Yapı Performansı		GÖ	GÖ
Kiriş (Sargılı)	<MN	%17	%38
	MN-GV	%71	%59
	GV-GÇ	%3	%3
	>GÇ	%9	---
Kolon (Sargılı)	<MN	%100	%96
	MN-GV	---	%4
	GV-GÇ	---	---
	>GÇ	---	---
Yapı Performansı		GÖ	CG

4.4.1.3 BY2-4 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5 'de verilen DBYBHY-2006 sargılı kesit hasar sınır değerleri esas alınarak binanın x ve y olmak üzere iki asal doğrultusu için yapılan deprem hesabı sonucu bulunan hasar dağılım yüzdeleri Tablo 4.24' de sunulmuştur.

Tablo 4.24 BY2-4 binası doğrusal elastik hesap sonucu elde edilen hasar dağılım yüzdeleri

Yapı	Hasar Sınırlarına Göre Eleman Dağılımı							
	Kiriş				Kolon-Perde			
Sınır	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ
X Yönü								
BY2-4	%60	%36	%4	---	%100	---	---	---
Y Yönü								
BY2-4	%46	%48	%6	---	%100	---	---	---
Yapı Performansı				Can Güvenliği (CG)				

4.4.1.4 BY2-8 Binası Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemiyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5 'de verilen DBYBHY-2006 sargılı kesit hasar sınır değerleri esas alınarak binanın x ve y olmak üzere iki asal doğrultusu için yapılan deprem hesabı sonucu bulunan hasar dağılım yüzdeleri Tablo 4.25' de sunulmuştur.

Tablo 4.25 BY2-8 binası doğrusal elastik hesap sonucu elde edilen hasar dağılım yüzdeleri

Yapı	Hasar Sınırlarına Göre Eleman Dağılımı							
	Kiriş				Kolon-Perde			
Sınır	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ	<MN	MN-GV	GV-GÇ	>GÇ
X Yönü								
BY2-8	%35	%64,3	%0,5	---	%96,5	%3,5	---	---
Y Yönü								
BY2-8	%36,6	%61	%2,1	---	%96,8	%3,2	---	---
Yapı Performansı				Göçmenin Önlenmesi (GÖ)				

4.4.2 Seçilen Örnek Binaların Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Son itme adımı hedef yer değiştirme değeri, bir başka deyişle performans noktası olan artımsal itme analizinde, bu son itme adımında hesaplanan deprem etkileri (talepleri) yapının genel deprem performans seviyesinin tayininde belirleyici olmaktadır. Bu adımda elde edilen değerler ilgili yönetmeliklerde verilen kabul kriterleriyle kıyaslanarak önce kesit hasarı sonra da genel deprem performansı belirlenebilmektedir.

BY1-4 ve BY1-8 binalarında, iki kesit hasarı belirleme yaklaşımını kıyaslamak amacıyla, doğrusal elastik olmayan deprem talepleri artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen yapıların deprem performansı önce kesitteki donatı ve betonun birim şekil değiştirme değerlerini esas alan DBYBHY-2006 sonra da kesit plastik dönmelerini esas FEMA 356'da verilen kurallar gereğince yapılmıştır ve farklılıkları ortaya konmuştur.

DBYBHY-2006' ya göre yapılan değerlendirmede artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme değerlerinden, önce plastik eğriliklere daha sonra da, bu değere kesitin iki doğrulu moment-eğrilik analizinden elde edilen akma eğriliği eklenerek toplam eğrilik istemine geçilmiştir. Toplam eğrilik istemi değerinde beton ve donatı birim şekil değiştirme değerleri hesaplanarak, bu değerler DBYBHY-2006' da verilmiş olan sınır değerlerle kıyaslanmış ve kesit hasar bölgesi belirlenmiştir. Birim şekil değiştirmeyi esas alan değerlendirmede kesit hasarını, betonarmeyi oluşturan beton ve donatı bileşenlerinin en hasarlı kesiti belirlemiştir. FEMA-356'ya göre yapılan değerlendirmede ise plastik dönme değerleri yine FEMA-356'da verilen kabul kriterleriyle kıyaslanarak kesit hasar bölgesi saptanmıştır.

Her bir değerlendirme yöntemi ile ayrı ayrı eleman kesit hasarı saptanan yapının genel bina deprem performansı kararı DBYBHY-2006'da verilen kurallara göre verilmiştir.

Esasları DBYBHY-2006'da açıklanan kesitteki birim şekil değiştirme değerlerini esas alan değerlendirme yönteminde o kesitin zati ve deprem yükleri etkisinde oluşan aksel yükler altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kesit performansının belirlenmesinde önemli bir aşamadır. Bu aşamada kullanılan beton modeli elde edilen sonuçlar üzerinde etki yapmaktadır. Bu sebeplerden dolayı BY1-4 ve BY1-8 binalarında aksel yük düzeyi kirişlere göre çok daha fazla olan kolonların moment-eğrilik ilişkisi önce sargılı sonra da sargısız beton modeli kullanılarak çıkarılmıştır. Kirişler için ise sonuçları etkileyecek derecede önemli bir değişim gözlenmediği için sargısız beton modeli yeterli görülmüştür. Her iki beton modelinden ayrı ayrı elde edilen birim şekil değiştirme değerlerine göre kolon kesit hasarları yeniden hesaplanmıştır. FEMA 356'da plastik dönme cinsinden kesit hasar sınırlarını, kesit boyuna donatı oranı yüzdesi, sargı etkisinin varlığı ve elemandaki kesme kuvveti düzeyi belirlemektedir (Tablo 3.9). Buna göre FEMA 356'ya göre yapılan değerlendirmede, kiriş ve kolon elemanların hasar bölgeleri, önce sargı etkisinin mevcut olduğu ve mevcut olmadığı kabulleri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu esaslar doğrultusunda elde edilen sonuçlar Tablo 4.26'da sunulmuştur.

4.4.2.1 BY1-4 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi

İki farklı doğrusal olmayan hesap yöntemi ile, yapının “x” ve “y” yönleri için elde edilen deprem plastik dönme ve kesit birim şekil değiştirme istemleri esas alınarak, DBYBHY-2006 ve FEMA 356'ya göre kesitin önce sargısız sonra da sargılı durumu kabulüyle elde edilen kesit hasar dağılımları ve sonuç yapı deprem performansı Tablo 4.26'da sunulmuştur.

Kesit plastik dönme veya birim şekil değiştirme değerlerine ek olarak, yapıda her iki doğrusal olmayan hesap yöntemiyle hesaplanan en büyük görece kat ötelemesi talebi esas alınarak bina deprem performansı saptanmıştır.

Tablo 4.26 BY1-4 binası doğrusal elastik olmayan hesap sonucu elde edilen birim şekil değiştirme ve plastik dönme değerlerini esas alarak, sargı etkisinin varlığına göre, DBYBHY-2006 ve FEMA 356 ya göre belirlenen kesit hasar dağılımı ve DBYBHY-2006'ya göre yapı deprem performansları

Sargı Etkisi	Kesit Türü	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü		Y Yönü		
			DBYBHY 2006	FEMA 356	DBYBHY 2006	FEMA 356	
YOK	Kiriş	<MN	%23	%33	%41	%41	
		MN-GV	%77	%19	%59	%20	
		GV-GÇ	---	%48	---	%39	
		>GÇ	---	---	---	---	
	Kolon	<MN	%78	%72	%78	%78	
		MN-GV	---	---	---	---	
		GV-GÇ	---	---	---	---	
		>GÇ	%22	%28	%22	%22	
	Yapı Performansı			G	G	G	G
	VAR	Kiriş	<MN	%23	%53	%41	%61
MN-GV			%77	%47	%59	%39	
GV-GÇ			---	---	---	---	
>GÇ			---	---	---	---	
Kolon		<MN	%70	%72	%78	%78	
		MN-GV	%20	%27	%18	%22	
		GV-GÇ	%10	%1	%4	---	
		>GÇ	---	---	---	---	
Yapı Performansı			CG	CG	CG	CG	

Tablo 4.27 BY1-4 binası doğrusal olmayan tek ve çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (TMA ve ÇMA) elde edilen en büyük görelî kat ötelemeleri kullanılarak DBYBHY-2006 ya göre yapı deprem performansının tayini

Görelî Kat Ötelemesi	TMA	Yapı Performansı	ÇMA	Yapı Performansı
X yönü	0,015611	CG	0,015614	CG
Y yönü	0,018360	CG	0,018370	CG

4.4.2.2 BY1-8 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi

İki farklı doğrusal olmayan hesap yöntemi ile, yapının “x” ve “y” yönleri için elde edilen deprem plastik dönme ve kesit birim şekil değiştirme istemleri esas alınarak, DBYBHY-2006 ve FEMA 356’ ya göre kesitin önce sargısız sonra da sargılı durumu kabulüyle elde edilen kesit hasar dağılımları ve sonuç yapı deprem performansı Tablo 4.28’da sunulmuştur

Tablo 4.28 BY1-8 binası doğrusal elastik olmayan hesap sonucu elde edilen birim şekil değiştirme ve plastik dönme değerlerini esas alarak, sargı etkisinin varlığına göre, DBYBHY-2006 ve FEMA 356 ya göre belirlenen eleman hasar dağılımı ve DBYBHY-2006’ya göre yapı deprem performansları

Sargı Etkisi	Kesit Türü	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü		Y Yönü		
			DBYBHY 2006	FEMA 356	DBYBHY 2006	FEMA 356	
YOK	Kiriş	<MN	%36	%46	%44	%53	
		MN-GV	%60	%44	%56	%34	
		GV-GÇ	%4	%8	---	%13	
		>GÇ	---	%2	---	---	
	Kolon-Perde	<MN	%93	%98	%90	%93	
		MN-GV	---	---	---	---	
		GV-GÇ	---	---	---	%3	
		>GÇ	%7	%2	%10	%4	
	Yapı Performansı			G	GÖ	G	G
	VAR	Kiriş	<MN	%36	%90	%44	%86
MN-GV			%60	%8	%56	%14	
GV-GÇ			%4	%2	---	---	
>GÇ			---	---	---	---	
Kolon-Perde		<MN	%93	%100	%91	%98	
		MN-GV	%7	---	%9	%2	
		GV-GÇ	---	---	---	---	
		>GÇ	---	---	---	---	
Yapı Performansı			CG	CG	CG	CG	

Tablo 4.29 BY1-8 binası tek ve çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (TMA ve ÇMA) elde edilen en büyük görelî kat ötelemeleri kullanılarak DBYBHY-2006 ya göre yapı deprem performansının tayini

Görelî Kat Ötelemesi	TMA	Yapı Performansı	ÇMA	Yapı Performansı
X yönü	0,01243	CG	0,01285	CG
Y yönü	0,01467	CG	0,01472	CG

4.4.2.3 BY2-4 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi

BY2-4 binasının statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden ayrı ayrı elde edilen plastik dönme değerleri, FEMA-356'da verilen ilgili sargılı eleman sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmayı takiben yapı genel deprem performansı DBYBHY-2006'da açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

Tablo 4.30 BY2-4 binası statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik dönme değerleri esas alınarak FEMA-356 sınır değerlerine göre belirlenen eleman hasar dağılımı ve DBYBHY-2006' ya göre yapı deprem performansları

Kesit Türü	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü		Y Yönü	
		TMA	ÇMA	TMA	ÇMA
Kiriş	<MN	%95	%89	%100	%95
	MN-GV	%5	%10	---	%5
	GV-GÇ	---	%2	---	---
	>GÇ	---	---	---	---
Kolon	<MN	%100	%82	%100	%87
	MN-GV	---	%11	---	%9
	GV-GÇ	---	%2	---	%4
	>GÇ	---	---	---	---
Yapı Performansı		HK	CG	HK	CG

Tablo 4.31 BY2-4 binası tek ve çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (TMA ve ÇMA) elde edilen en büyük görelî kat ötelemeleri kullanılarak DBYBHY-2006 ya göre yapı deprem performansının tayini

Görelî Kat Ötelemesi	TMA	Yapı Performansı	ÇMA	Yapı Performansı
X yönü	0,003542	HK	0,01154	CG
Y yönü	0,003485	HK	0,01635	CG

4.4.2.4 BY2-8 Binasının Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Yöntemleriyle Deprem Performans Seviyesinin Belirlenmesi

BY2-8 binasının doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden ayrı ayrı elde edilen plastik dönme değerleri FEMA-356'da verilen ilgili eleman sınır değerlerine göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmayı takiben yapı genel deprem performansı DBYBHY-2006'da açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

Tablo 4.32 BY2-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik dönme değerleri esas alınarak FEMA 356 'ya göre belirlenen eleman hasar dağılımı ve DBYBHY-2006' ya göre yapı deprem performansları

Kesit Türü	Kesit Hasar Bölgesi	X Yönü		Y Yönü	
		TMA	ÇMA	TMA	ÇMA
Kiriş	<MN	%33	%20	%44	%39
	MN-GV	%67	%58	%46	%30
	GV-GÇ	---	%22	%10	%23
	>GÇ	---	---	---	%8
Kolon	<MN	%99	%90	%98	%90
	MN-GV	%1	%7	%2	%7
	GV-GÇ	---	%2,5	---	%3
	>GÇ	---	%0,5	---	---
Yapı Performansı		CG	GÖ	CG	GÖ

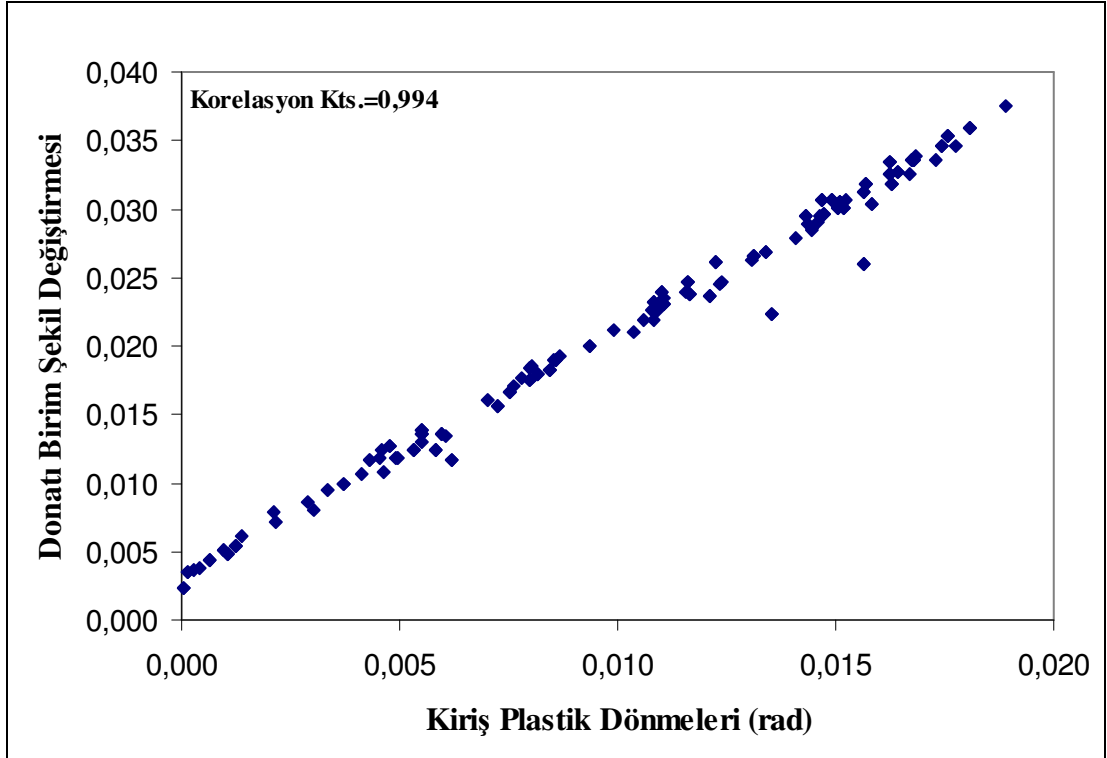
Tablo 4.33 BY2-8 binası tek ve çok modlu artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle (TMA ve ÇMA) elde edilen en büyük görelî kat ötelemeleri kullanılarak DBYBHY-2006' ya göre yapı deprem performansının tayini

Görelî Kat Ötelemesi	TMA	Yapı Performansı	ÇMA	Yapı Performansı
X yönü	0,009558	<i>CG</i>	0,01752	<i>CG</i>
Y yönü	0,011310	<i>CG</i>	0,02436	<i>GÖ</i>

4.4.3 Kesit Birim Şekil Değişirme – Plastik Dönme İlişkileri

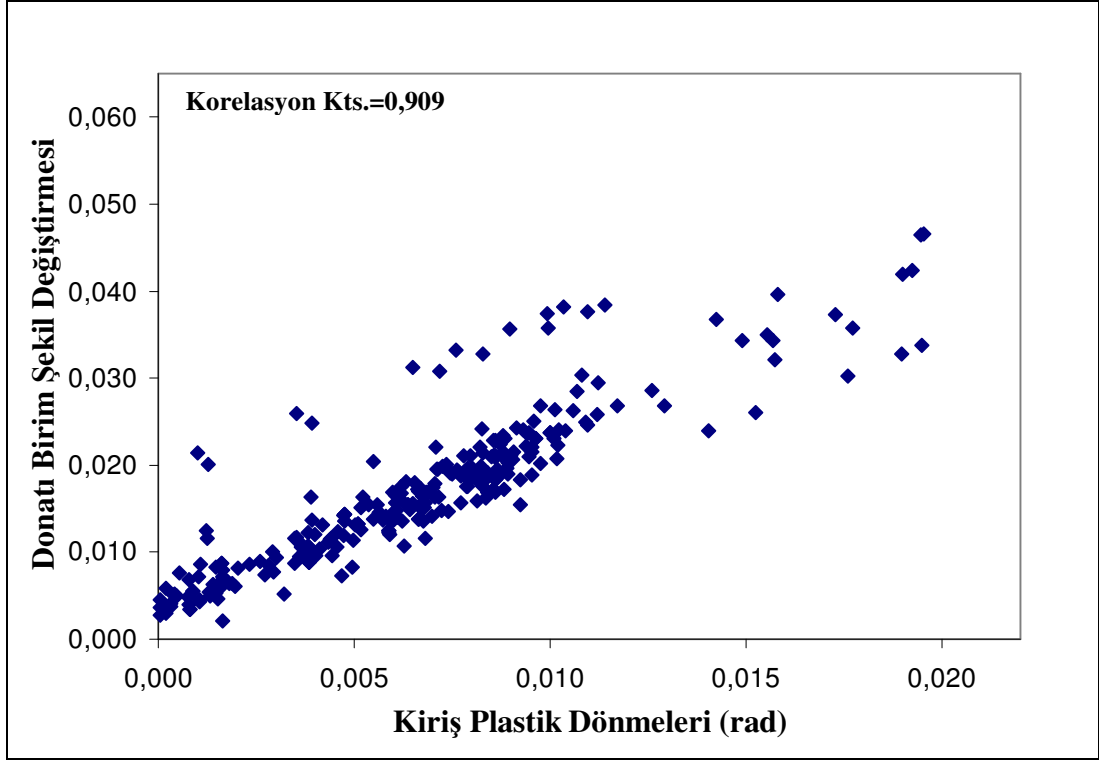
DBYYHY-2006'ya göre yapılan kesit hasarı belirleme yönteminde yapıyı oluşturan tüm taşıyıcı elemanlara ait moment-eğrilik ilişkileri elde edilirken beton basınç bölgesi davranışını tanımlama aşamasında kullanılan sargılı ve sargısız beton modelinden elde edilen birim şekil değiştirmelerle kesit plastik mafsal dönmeleri, kesit hasarına hangi betonarme malzeme bileşeninin hakim olduğunu görmek amacıyla incelenmiştir.

BY1-4 binası kirişleri için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için moment-eğrilik analiziyle elde edilen donatı birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.83' de sunulmuştur.



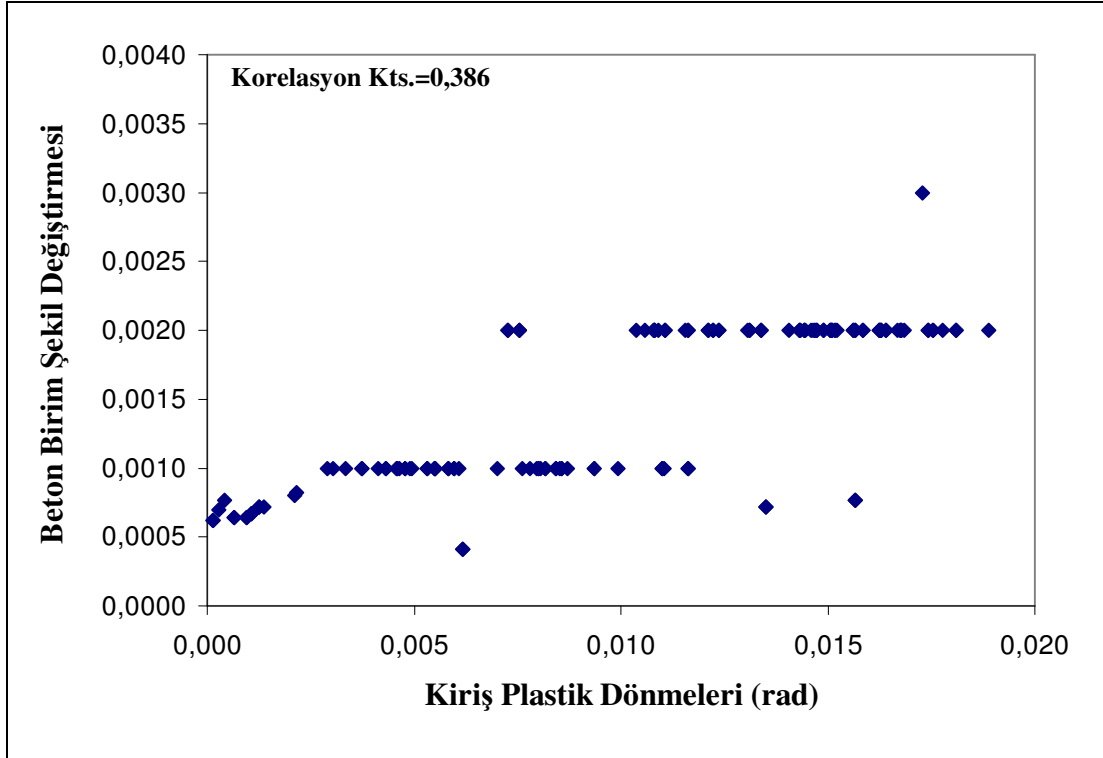
Şekil 4.83 BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen plastik mafsal kesit dönmeleriyle, o kesitteki donatı birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-8 binası kirişleri için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için moment – eğrilik analiziyle elde edilen donatı birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.84’ de sunulmuştur.



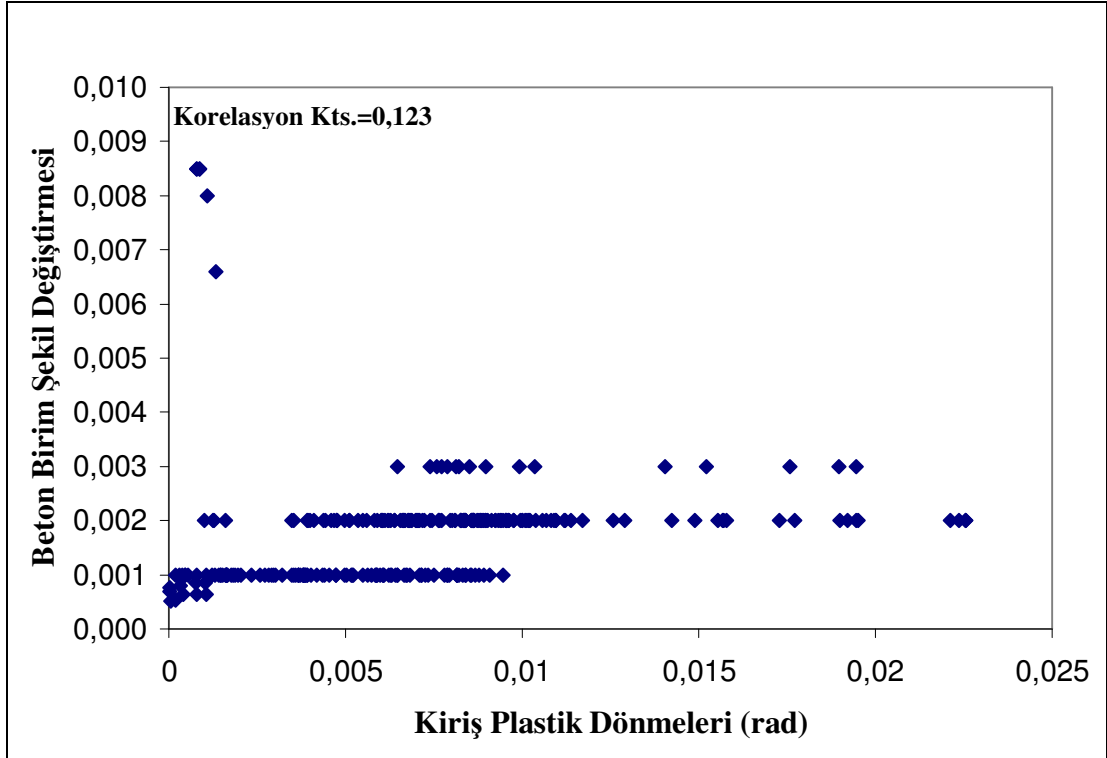
Şekil 4.84 BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen plastik mafsalsal kesit dönmeleriyle o kesitteki donatı birim şekil değışirme ilişkisi

BY1-4 binası kirişleri için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değeriyle, o kesit için moment – eğrilik analiziyle elde edilen beton birim şekil değışirme değeri arasındaki ilişki Şekil 4.85’ de sunulmuştur.



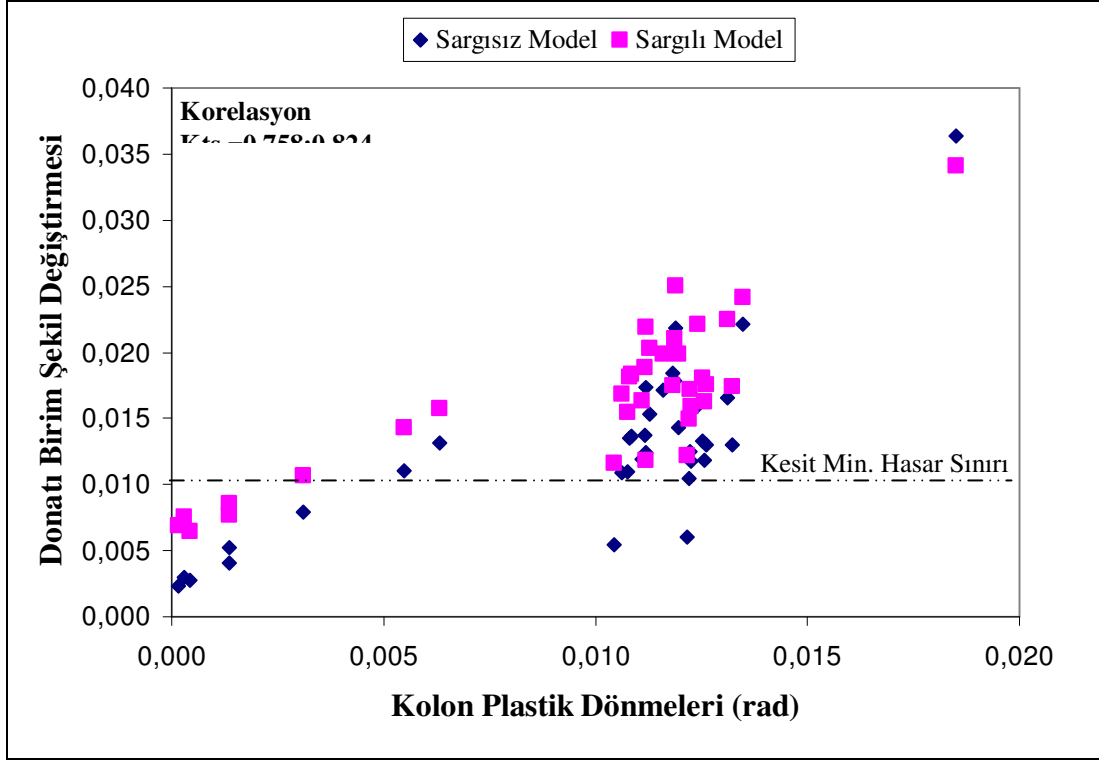
Şekil 4.85 BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen plastik mafsal kesit dönmeleriyle o kesitteki beton birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-8 binası kirişleri için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için moment – eğrilik analiziyle elde edilen beton birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.86' de sunulmuştur.



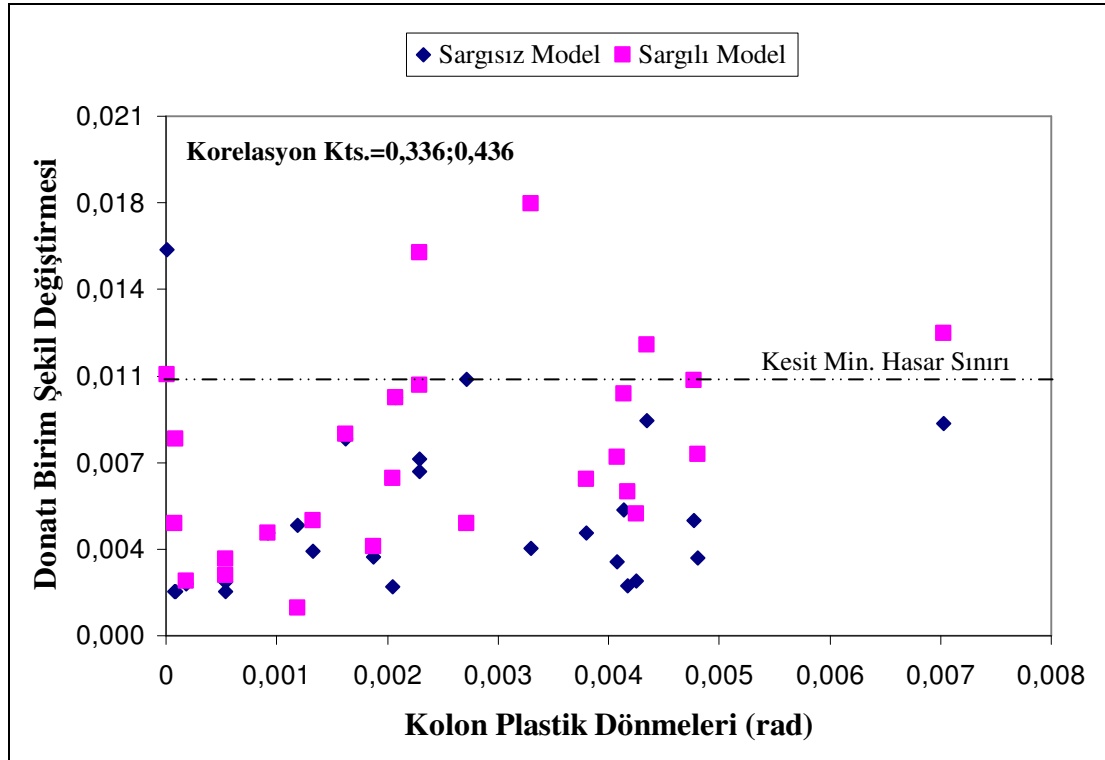
Şekil 4.86 BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen plastik mafsalsal kesit dönmeleriyle o kesitteki beton birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-4 binası kolonları için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için sargılı ve sargısız beton modeli kullanılarak, moment – eğrilik analiziyle elde edilen donatı birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.87’ de sunulmuştur.



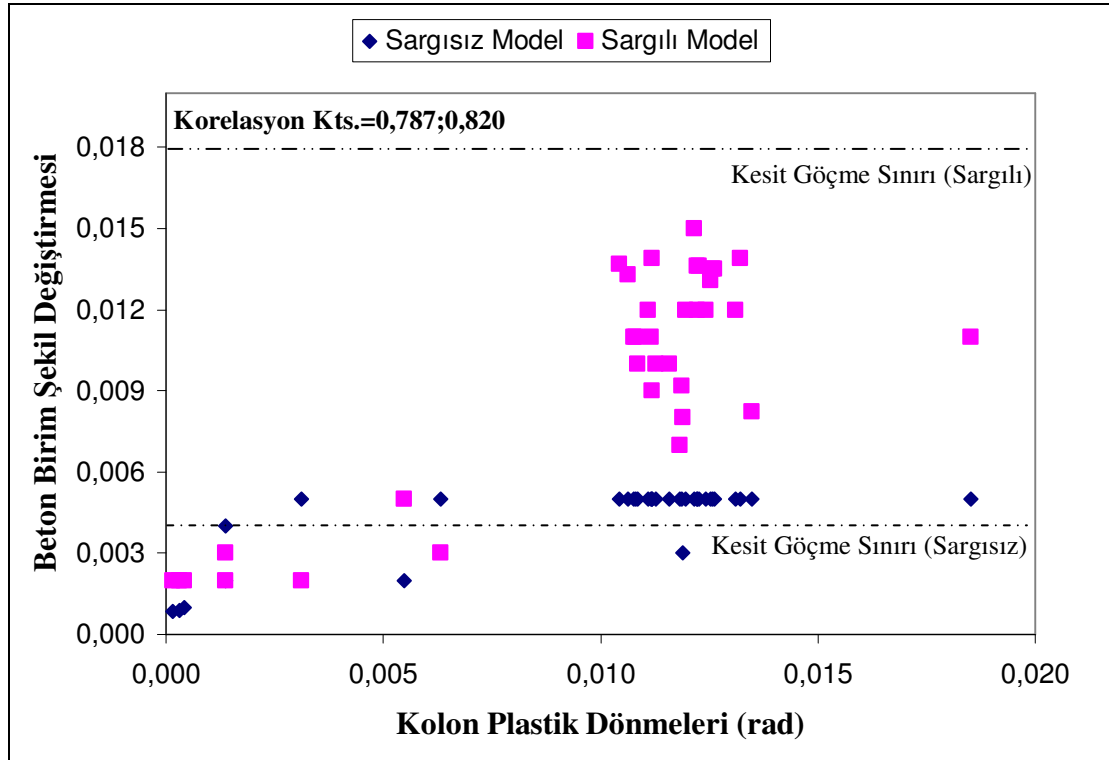
Şekil 4.87 BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kolon plastik mafsal kesit dönmeleriyle o kesitte sargılı ve sargısız beton modelleriyle hesaplanan donatı birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-8 binası kolonları için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için sargılı ve sargısız beton modeli kullanılarak moment – eğrilik analiziyle elde edilen donatı birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.88’ de sunulmuştur.



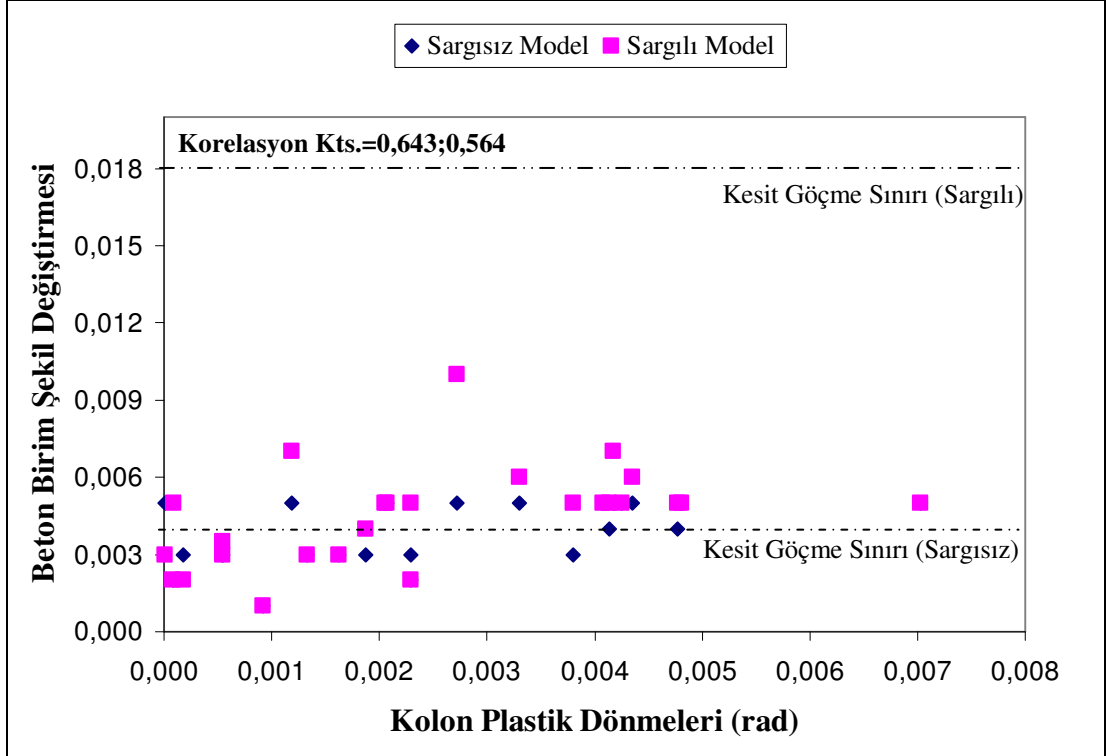
Şekil 4.88 BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kolon plastik mafsal kesit dönmeleriyle o kesitte sargılı ve sargısız beton modelleriyle hesaplanan beton birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-4 binası kolonları için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için sargılı ve sargısız beton modeli kullanılarak moment – eğrilik analiziyle elde edilen beton birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.89' de sunulmuştur.



Şekil 4.89 BY1-4 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kolon plastik mafsal kesit dönmeleriyle o kesitte sargılı ve sargısız beton modelleriyle hesaplanan beton birim şekil değiştirme ilişkisi

BY1-8 binası kolonları için performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen plastik dönme değerleriyle, o kesit için sargılı ve sargısız beton modeli kullanılarak moment – eğrilik analiziyle elde edilen beton birim şekil değiştirme değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.90' de sunulmuştur.



Şekil 4.90 BY1-8 binası doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kolon plastik mafsal kesit dönmeleriyle o kesitte sargılı ve sargısız beton modelleriyle hesaplanan beton birim şekil değiştirme ilişkisi

4.5 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında seçilen örnek betonarme taşıyıcı sistemli yapılar için (BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8) doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden elde edilen yapı kapasite eğrisini esas alan Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle belirlenen performans noktasına ait yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, plastik dönme, birim şekil değiştirme cinsinden deprem talepleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Örnek olarak seçilen yapılar için doğrusal elastik hesap, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden elde edilen plastik kesit dağılımları, her iki asal yönde ve tüm akslar için şekil olarak sunulmuştur.

Seçilen örnek yapıların aynı deprem etki seviyesi için ilk ikisi DBYBHY-2006'da yer alan doğrusal elastik hesap, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile elde edilen deprem talepleri kullanılarak tayin edilen yapı performans seviyeleri kıyaslanmıştır.

Seçilen örnek yapılardan BY1-4 ve BY1-8 binaları için yapılan analizlerde, beton ve donatı birim şekil değiştirmelerini esas alan kesit hasarı belirleme yöntemiyle, FEMA-356'da yer alan kesit plastik dönmelerini esas alan yöntem birbirleriyle kıyaslanmış ve bu yaklaşımların genel yapı performans seviyesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca beton modelinde sargı etkisini dikkate almanın beton ve donatıdaki birim şekil değiştirme değerleri, bunun sonucunda da kesit hasarı ve genel yapı performansı üzerindeki etkisi araştırılmış elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle sunulmuştur.

4.5.1 Deprem Talep Hesabı Sonuçlarının Karşılaştırılması

Örnek olarak seçilen, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı (BY1-4, BY1-8) ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina (BY2-4, BY2-8) olmak üzere toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle ayrı ayrı elde edilen tepe nokta yatay yer değiştirmesi, görelî kat ötelemesi, kiriş ve kolon, perde plastik dönmesi cinsinden deprem talepleri ve fark miktarı sırayla Tablo 4.34, Tablo 4.35, Tablo 4.36 ve Tablo 4.37’de sunulmuştur.

Göz önünde bulundurulanan binaların kütle merkezleri (KM) için belirlenen tepe noktası yatay yer değiştirmesi değeri, her iki doğrusal olmayan hesap yöntemiyle ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar ve sonuçlar arasındaki fark miktarı Tablo 4.34’ de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.34 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle, yapıların kütle merkezi (KM) için elde edilen deprem yatay yer değiştirme talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Yatay Yer Değiştirme (cm)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA-(KM)	15,412	23,780	3,623	19,422
ÇMA-(KM)	15,414	23,916	4,531	21,650
Fark (%)	0,01	0,57	25,06	11,47

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle yapıların kütle merkezi için elde edilen deprem yer değiştirme talepleri karşılaştırıldığında, planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binalarında fark miktarı sırasıyla %0,01 ve %0,57 mertebesindeyken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında bu fark sırasıyla %25,06 ve %11,47 olmaktadır.

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 ve BY2-8 binalarında, her bir doğrusal olmayan analiz yönteminde elde edilen en büyük yatay yer değiştirme değerleri ve değerler arasındaki fark miktarı Tablo 4.35' de sunulmuştur.

Tablo 4.35 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle, BY2-4 ve BY2-8 binalarında elde edilen en büyük yatay yer değiştirme talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Yatay Yer Değiştirme (cm)	
	Bina No.	
	BY2-4	BY2-8
TMA-(KM)	3,623	19,422
ÇMA-A Aksı	13,842	36,703
<i>Fark (%)</i>	<i>282,06</i>	<i>88,98</i>

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle yapılarda belirlenen en büyük yatay yer değiştirmesi talepleri karşılaştırıldığında, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında fark miktarı %282,06 ve %88,98 olmaktadır.

Göz önünde bulundurulanan binaların kütle merkezleri (KM) için belirlenen görelî kat ötelemesi değeri, her iki doğrusal olmayan hesap yöntemiyle ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar ve sonuçlar arasındaki fark miktarı Tablo 4.36' de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.36 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle elde edilen en büyük deprem görelî kat ötelemesi talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Görelî Kat Ötelemesi (%)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA- (KM)	1,836	1,467	0,348	1,131
ÇMA- (KM)	1,836	1,472	0,471	1,283
<i>Fark (%)</i>	<i>0,00</i>	<i>0,34</i>	<i>35,34</i>	<i>13,44</i>

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen deprem görelî kat ötelemesi talepleri karşılaştırıldığında planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binaların fark miktarı sırasıyla %0,00 ve %0,34 mertebesindeyken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında bu fark sırasıyla %35,34 ve %13,44 olmaktadır.

Plan simetrisine sahip olmayan BY2-4 ve BY2-8 binalarında, her iki doğrusal olmayan analiz yönteminde elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi değerleri ve değerler arasındaki fark miktarı Tablo 4.37' de sunulmuştur.

Tablo 4.37 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemleriyle, BY2-4 ve BY2-8 binalarında elde edilen en büyük deprem görelî kat ötelemesi talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Görelî Kat Ötelemesi (%)	
	Bina No.	
	BY2-4	BY2-8
TMA- (KM)	0,348	0,956
ÇMA- A Aksı	1,635	2,436
<i>Fark (%)</i>	<i>369,83</i>	<i>154,81</i>

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen en büyük deprem görelî kat ötelemesi talepleri karşılaştırıldığında, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında fark miktarı sırasıyla %369,83 ve %154,81 olmaktadır.

Göz önünde bulundurulmuş binalar için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile kat içinde en büyük plastik dönme değerinin belirlendiği kiriş elemanı için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) ile hesaplanan plastik dönme değerleri Tablo 4.38' de sunulmuştur.

Tablo 4.38 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kiriş elemanı için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle hesaplanan kiriş plastik dönmesi deprem talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Kiriş Plastik Dönmesi (rad)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA	0,01889	0,02255	0,00110	0,01245
ÇMA	0,01889	0,02255	0,00256	0,02820
<i>Fark (%)</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>132,72</i>	<i>126,51</i>

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği kiriş için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen plastik dönmesi deprem talepleri karşılaştırıldığında planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binalarında, yapılar depremle uyumlu hakim modlarının dışında elastik ötesi bölgeye geçemediğinden dolayı her iki yöntemle elde edilen değerler arasında bir fark bulunmazken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında bu fark sırasıyla %132,72 ve %126,51 olmaktadır.

Göz önünde bulundurulmuş binalarda, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği kiriş elemanında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan plastik dönme değeri ve değerler aralarındaki fark miktarı Tablo 4.39' de verilmiştir.

Tablo 4.39 Doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kiriş elemanı için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan kiriş plastik dönmesi deprem talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Kiriş Plastik Dönmesi (rad)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA	0,01889	0,02255	0,00178	---
ÇMA	0,01889	0,02255	0,01081	0,01391
Fark (%)	0,000	0,000	507,30	---

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen en büyük kiriş plastik dönmesi deprem talepleri karşılaştırıldığında planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binalarında, yapılar depremle uyumlu hakim modlarının dışında elastik ötesi bölgeye geçemediğinden dolayı her iki yöntemle elde edilen değerler arasında bir fark bulunmazken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 binasında %507,30 fark saptanmıştır. BY2-8 binasında ise TMA yöntemi, ÇMA yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kirişte herhangi bir elastik ötesi şekil değiştirme belirlememiştir.

Göz önünde bulundurulan binalar için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ile kat içinde en büyük plastik dönme değerinin belirlendiği kolon elemanı için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) ile hesaplanan plastik dönme değerleri Tablo 4.40' da sunulmuştur.

Tablo 4.40 Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kolon elemanı için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle hesaplanan kolon plastik dönmesi deprem talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Kolon Plastik Dönmesi (rad)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA	0,01851	0,00703	0,00189	0,00440
ÇMA	0,01851	0,00703	0,00212	0,00487
<i>Fark (%)</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>12,17</i>	<i>10,68</i>

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin (TMA) en büyük plastik dönme değerini belirlediği kolon elemanı için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) elde edilen kolon plastik dönmesi deprem talepleri karşılaştırıldığında, planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binalarında, yapılar depremle uyumlu hakim modlarının dışında elastik ötesi bölgeye geçemediğinden dolayı her iki yöntemle elde edilen değerler arasında bir fark bulunmazken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında bu fark sırasıyla %12,17 ve %10,68 düzeyinde olmaktadır.

Göz önünde bulundurulmuş binalarda, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kolon elemanında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan plastik dönme değeri ve değerler arasındaki fark miktarı Tablo 4.41' de verilmiştir.

Tablo 4.41 Doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kolon elemanı için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle hesaplanan kolon plastik dönmesi deprem talepleri ve değerler arasındaki fark miktarı

Hesap Yöntemi	Kolon Plastik Dönmesi (rad)			
	Bina No.			
	BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA	0,01851	0,00703	---	---
ÇMA	0,01851	0,00703	0,01026	0,01580
<i>Fark (%)</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	---	---

Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin (ÇMA) en büyük plastik dönme değerini belirlediği kolon elemanı için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (TMA) elde edilen kolon plastik dönmesi deprem talepleri karşılaştırıldığında, planda simetrik BY1-4 ve BY1-8 binalarında, yapılar depremle uyumlu hakim modlarının dışında elastik ötesi bölgeye geçemediğinden dolayı her iki yöntemle elde edilen değerler arasında bir fark bulunmazken, planda simetrik olmayan ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 ÇMA yönteminin en büyük plastik dönmeleri belirlediği kolonlar, TMA yönteminde elastik davranış göstermişlerdir.

4.5.2 Yapı Performans Seviyelerinin Karşılaştırılması

Seçilen dört adet örnek binanın performans seviyeleri doğrusal elastik hesap yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yönteminden elde edilen deprem talepleri esas alınarak belirlenmiştir. Tüm yapıların deprem hesapları ve bunun sonucunda yapı performansları x ve y olmak üzere iki asal yönde belirlenmiş, hesaplanan performans seviyelerinden daha ileri hasarı ifade eden, yapı performansına esas alınmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.38’de sunulmuştur.

Yapı performans değerlendirmesi, doğrusal elastik hesap yönteminde eleman etki / kapasite oranları, doğrusal elastik olmayan yöntemlerde ise eleman bazında plastik dönme veya şekil değiştirme, yapı bazında ise görelî kat ötelemeleri esas alınarak yapılmıştır. Hasar düzeyleri belirlenen ve eleman hasar bölgeleri arasında sayısal dağılımı yapılan binalar, DBYBHY-2006’da verilmiş olan bina deprem performansı belirleme ilkelerine göre değerlendirilmiştir.

Ayrıca BY1-4 ve BY1-8 binalarında, iki kesit hasar düzeyi belirleme yöntemini kıyaslamak amacıyla, doğrusal elastik olmayan deprem talepleri doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen yapıların deprem performansı, önce kesitteki donatı ve betonun birim şekil değiştirme değerlerini esas alan DBYBHY-2006, sonra da kesit plastik dönmelerini esas FEMA 356’da verilen kurallar gereğince yapılmıştır ve farklılıklar Tablo 4.42’de ortaya konmuştur. Buna ek olarak kesit davranışına olumlu etki yaptığı bilinen enine donatı sargılama etkisinin, kesit hasar düzeyi üzerindeki belirleyiciliği araştırılmıştır. Bu doğrultuda, kesit hasar seviyeleri, sargı etkisinin olduğu ve olmadığı durumları için ayrı ayrı belirlenmiştir. DBYBHY-2006 yaklaşımı gereğince, her bir taşıyıcı eleman için elde edilmesi gereken moment-eğrilik ilişkisinde sargılı beton modeli kullanılmış ve elde edilen şekil değiştirmeler ilgili sınır değerlerle kıyaslanmıştır. Sargılamanın olmadığı durumdaysa, moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesinde sargısız beton modeli kullanılmış ve hesaplanan değerler sargısız birim şekil değiştirme kapasiteleriyle karşılaştırılmıştır. İki değerlendirme yöntemi arasında karşılaştırma yapılabilmesi

amacıyla da, FEMA 356’da sargı etkisinin olduğu ve olmadığı, eleman hasar seviyesi sınır değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4.42’de seçilen örnek binalardan BY2-4 ve BY2-8 içinse sabit bir kesit hasarı değerlendirme yöntemi (FEMA 356) için üç farklı deprem talep hesabı yöntemiyle belirlenen performans seviyeleri karşılaştırılmıştır. Kesitler sargılı kabul edilmiş, bundan dolayı plastik mafsalların yük-şekil değiştirme ilişkilerinin tanımlanmasında bu kabulde uyumlu Tablo 3.9 ve 3.10’ da verilen, FEMA 356 modelleme parametreleri kullanılmıştır. Tüm yapılarda eleman kesit hasarını, sünek davranışın hakim olduğu eğilme etkilerinin belirlediği kabul edilmiştir. Eleman kesme kapasitelerinin aşılma kontrolleri ayrıca tahkik edilmiştir.

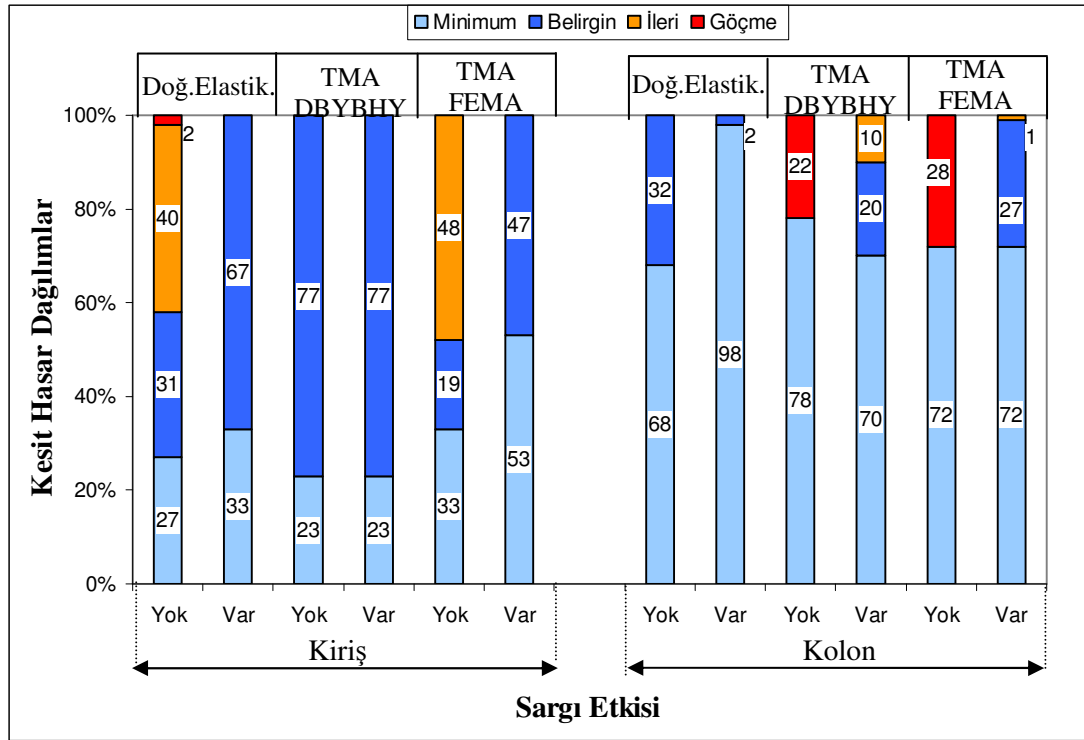
Tablo 4.42 Seçilen örnek binaların, doğrusal elastik hesap yönteminde etki /kapasite oranları, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemlerinde ise deprem plastik kesit dönmesi ve birim şekil değiştirme taleplerini esas alarak elde edilen yapısal performans seviyeleri

Deprem Talep Hesabı Yöntemi	Kesit Hasarı Belirleme Yöntemi		Yapı Perf. Belirleme Yöntemi	Yapısal Performans Seviyeleri			
	Yönetmelik	Sargı Etkisi		Bina No.			
				BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
Doğ. Elas. Yöntem	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>GÖ</i>	<i>GÖ</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>CG</i>	<i>GÖ</i>	<i>CG</i>	<i>GÖ</i>
TMA	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>G</i>	<i>G</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>CG</i>	<i>CG</i>	---	---
	FEMA 356	Yok	DBYBHY 2006Y	<i>G</i>	<i>G</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>CG</i>	<i>CG</i>	<i>HK</i>	<i>CG</i>
ÇMA	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>G</i>	<i>G</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>CG</i>	<i>CG</i>	---	---
	FEMA 356	Yok	DBYBHY 2006	<i>G</i>	<i>G</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>CG</i>	<i>CG</i>	<i>CG</i>	<i>GÖ</i>

Sonuçlar incelendiğinde, BY1-4 ve BY1-8 binalarında sargısız durumda DBYBHY-2006 kesit hasarı belirleme yöntemiyle Göçme (G) olan yapı performansları, FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemiyle de benzer şekilde Göçme (G) olarak belirlenmiştir. Sargılama etkisinin hesaba katıldığı durumda ise her iki yapının yapı performans seviyesi Can Güvenliği (CG) seviyesine çıkmaktadır. BY1-4 ve BY1-8 binalarında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle belirlenen yapısal performans seviyeleri arasında fark elde edilmemiştir. Her iki bina için doğrusal elastik hesap yöntemiyle BY1-4 binası için Can Güvenliği (CG) olarak belirlenen yapı performansı, BY1-8 binası için Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olarak belirlenmiştir.

BY2-4 ve BY2-8 binaları için doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemiyle aynı yapısal performans seviyeleri belirlenmiştir ve bunlar sırasıyla Can Güvenliği (CG) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) seviyeleridir. Doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) yöntemiyle ise belirlenen performans seviyeleri sırasıyla Hemen Kullanım (HK) ve Can Güvenliği (CG) olmaktadır.

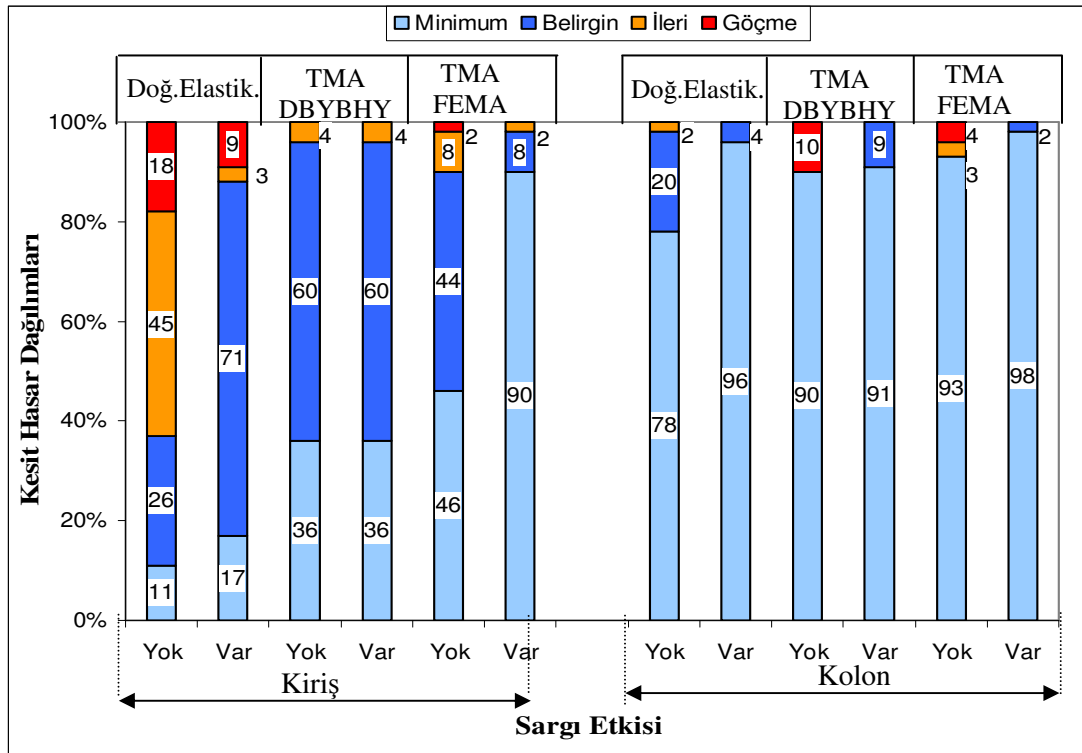
BY1-4 ve BY1-8 binalarında, Tablo 4.42’de verilen yapı performans seviyelerini belirleyen doğrusal elastik hesapta etki/kapasite oranları ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde (TMA) birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri esas alınarak, sargı etkisinin varlığına göre DBYBHY-2006 ve FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemleriyle elde edilen kiriş, kolon kesit hasar dağılımları Şekil 4.91 ve Şekil 4.92’de verilmiştir. Bu binalar için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi (ÇMA) ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi (TMA) aynı sonuçları verdiği için, şekillerde doğrusal olmayan hesap yöntemi olarak yalnızca TMA yöntemi sonuçları sunulmuştur.



Şekil 4.91 BY1-4 binası , doğrusal elastik hesapta etki/kapasite oranları ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde (TMA) birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri esas alınarak, sargı etkisinin varlığına göre DBYBHY-2006 ve FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemleriyle elde edilen kiriş, kolon kesit hasar dağılımları

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, sargılama etkisinin olmadığı durumda, gerek kolon gerekse de kiriş elemanlarında hasar seviyesinin arttığı gözlenmektedir. Sargılı kesitlerde, DBYBHY-2006 birim şekil değiştirme esaslı kesit hasarı belirleme yönteminin, FEMA 356 plastik dönme esaslı kesit hasarı belirleme yöntemine göre daha ileri hasara işaret ettiği görülmüştür. Sargısız kesitlerde durum tersine dönmektedir. Sargısız kesitlerde, yapının sargılı duruma göre daha ağır hasarı ifade eden üst hasar seviyesine geçme eğilimi, doğrusal elastik yöntemle de tespit edilmiştir (Tablo 4.42). Ancak doğrusal olmayan analiz sonuçlarını esas alan değerlendirme yöntemlerinde üst hasar seviyelerine geçme sebebi, kolon hasarı olarak saptanırken, doğrusal elastik yöntemde sebep, kiriş hasarlarıdır. Bu da her iki yöntemde yapı için farklı göçme mekanizmaları tespit edildiğini gösterir. Örneğin sargısız durumda, doğrusal elastik hesapla, kolonlarda göçme düzeyinde eleman bulunmazken, doğrusal olmayan hesabı esas alan her iki kesit hasarı belirleme yöntemlerinde, kolonların sırasıyla %22 ve %28'si göçme bölgesindedir.

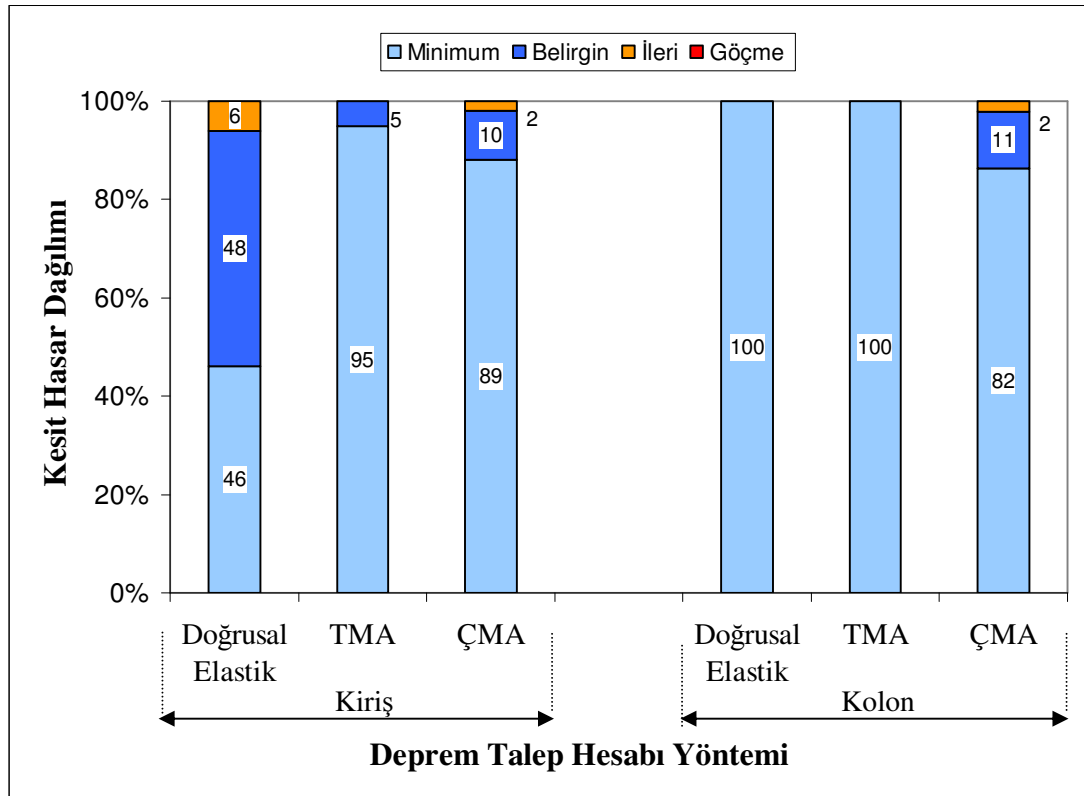
DBYBHY-2006'da açıklanan kesit hasarı belirleme yönteminde kullanılmak üzere, kiriş kesitlerinin moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesinde, beton basınç bölgesi için sargılı beton modeli kullanmanın, ihmal edilecek mertebede değişim yarattığı görülmüştür. Bununla birlikte kesit hasarını donatı birim şekil değiştirme seviyesi belirlemektedir. Bu sebeple DBYBHY-2006 esas alınarak yapılan kiriş kesit hasarı belirleme çalışmasında, sargılı ve sargısız durum için bir fark elde edilememiştir. Ancak FEMA 356'da verilen plastik dönme esaslı kiriş kesit hasarı belirleme yaklaşımında, sargılı ve sargısız durum için plastik dönme cinsinden hasar bölgelerinin sınır değerleri önemli oranda değişmektedir (Tablo 3.9). Bundan dolayı gerek BY1-4, gerekse de BY1-8 binası kirişleri için FEMA 356'ya göre yapılan kesit hasarı belirleme çalışmasında, sargılı ve sargısız durum için belirlenen kesit hasar seviyeleri dağılımında önemli derecede fark belirlenmiştir.



Şekil 4.92 BY1-8 binası , doğrusal elastik hesapta etki/kapasite oranları ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde (TMA) birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri esas alınarak, sargı etkisinin varlığına göre DBYBHY-2006 ve FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemleriyle elde edilen kiriş, kolon kesit hasar dağılımları

BY1-4 binasında gözlenen durum BY1-8 binasında da geçerliliğini korumaktadır. Yapı için doğrusal elastik yöntemle yapılan çözümlerde kirişler, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan çözümlerde ise kolonlar yapı performansını belirleyici elemanlar olmaktadır. BY1-4 binası kolonlarında (sargılı durum) kolonlarda daha yaygın hasar saptanmıştır. BY1-8 binasında ise kolonların büyük bir yüzdesi (%91 ve %98) minimum hasar seviyesinde kalmış, geri kalan elemanlar belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Perde-çerçeve sistemli, BY1-8 binasında bu durum, çalışan doğrultularında, deprem kesme kuvveti ve momentinin büyük bir kısmını karşılayan rijit perdelerin etkisiyle ortaya çıkmıştır. Bu elemanlar, maruz kaldıkları büyük zorlamaların (kuvvet, plastik dönme, ...vb) etkisinde belirgin hasar bölgesine geçmiş, bununla beraber diğer kolonların hasar seviyelerinin küçük değerlerde kalmasını sağlamışlardır. Çerçeve sistemli BY1-4 binası kolonları, benzer yatay rijitliklere sahip olduğundan, ilgili deprem etkisi, elemanlar arasında dağılmış, bu da daha yaygın bir hasar dağılımının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

DBYBHY-2006'ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 binasında, ilk ikisi DBYBHY-2006'da yer alan doğrusal elastik hesap yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kiriş ve kolon elemanlarına ait kesit hasar dağılımları Şekil 4.93'da sunulmuştur. Binalar tasarlandıkları, enine kesme donatısı oranında, sargılı kesit kabulüyle ele alınmıştır.

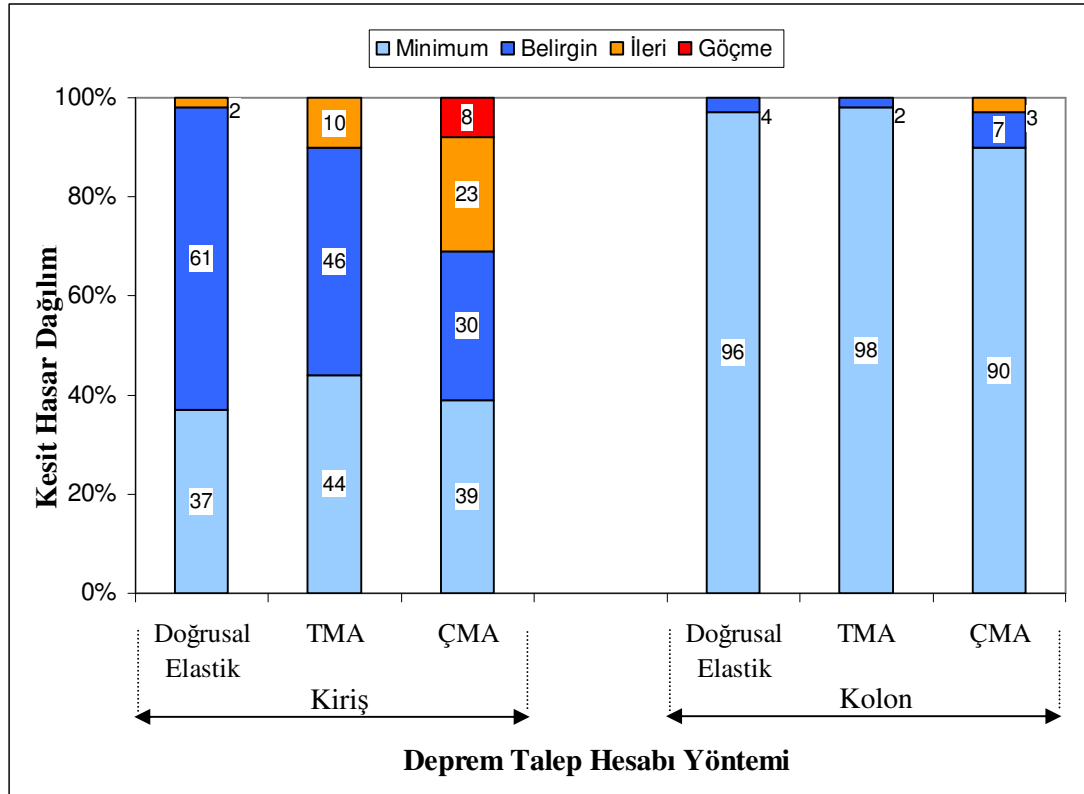


Şekil 4.93 BY2-4 binası , doğrusal elastik hesapta etki/kapasite oranları ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinde (ÇMA), birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri esas alınarak, sargılı kesit durumunda, DBYBHY-2006 ve FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemleriyle elde edilen kiriş, kolon kesit hasar dağılımları

BY2-4 binası için üç farklı deprem hesap yöntemiyle elde edilen kesit hasar dağılımları incelendiğinde, kirişlerde en fazla hasarı doğrusal elastik hesap yönteminin saptadığını, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin ise (TMA) en az hasara işaret eden yöntem olduğu görülmektedir. Kolonlarda doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) aynı hasar seviyesini verirken, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemi daha büyük kolon hasarları belirlemiştir.

DBYBHY-2006'ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-8 binasında, ilk ikisi DBYBHY-2006'da yer alan doğrusal elastik hesap yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen kiriş ve kolon elemanlarına ait kesit

hasar dağılımları Şekil 4.94’de sunulmuştur. Binalar tasarlandıkları, enine kesme donatısı oranında, sargılı kesit kabulüyle ele alınmıştır.



Şekil 4.94 BY2-8 binası , doğrusal elastik hesapta etki/kapasite oranları ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinde (ÇMA), birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri esas alınarak, sargılı kesit durumunda, DBYBHY-2006 ve FEMA 356 kesit hasarı belirleme yöntemleriyle elde edilen kiriş, kolon kesit hasar dağılımları

BY2-8 binasında gerek kiriş, gerekse de kolonlarda en fazla hasar doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilmiştir. Bu yöntem sonuçlarıyla, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi arasında, yapı performansını değiştirecek mertebede fark ortaya çıkmıştır. Doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen genel yapı performansı aynı seviyededir (Göçmenin Önlenmesi). Ancak Şekil 4.94’de görüldüğü gibi, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yapı performansını belirleyen öncelikle kiriş hasarıyken, doğrusal elastik yöntemde performansı alt ve

üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşması belirlemiştir.

Şekil 4.91, 4.92, 4.93 ve 4.94'de verilen kesit hasar dağılımları incelenerek, yapıyı daha ileri hasarı ifade eden üst performans seviyesine çıkararak, yada bulunduğu performans seviyesinde bir değişim yaratmayan ancak diğer eleman tipine göre daha fazla hasar gören eleman hasarı, kullanılan deprem talep hesabı, kesit hasarı belirleme ve yapı performansı belirleme yöntemlerine göre dört adet yapı için Tablo 4.43'da sunulmuştur.

Tablo 4.43 Seçilen örnek binaların, doğrusal elastik hesap yönteminde etki /kapasite oranları, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemlerinde ise deprem plastik kesit dönmesi ve birim şekil değiştirme taleplerini esas alarak elde edilen yapısal performans seviyelerinin elde edilmesinde belirleyici olan eleman hasarı

Deprem Talep Hesabı Yöntemi	Kesit Hasarı Belirleme Yöntemi		Yapı Perf. Belirleme Yöntemi	Performansı Belirleyici Eleman Hasarı			
	Yönetmelik	Sargı Etkisi		Bina No.			
				BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
Doğ. Elas. Yöntem	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>Kiriş</i>	<i>Kiriş</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>Kiriş</i>	<i>Kiriş</i>	<i>Kiriş</i>	<i>Kolon</i>
TMA	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	---	---
	FEMA 356	Yok	DBYBHY 2006Y	<i>Kolon</i>	<i>Kiriş-Kolon</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	<i>Kiriş</i>	<i>Kiriş</i>
ÇMA	DBYBHY 2006	Yok	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	---	---
	FEMA 356	Yok	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	---	---
		Var	DBYBHY 2006	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	<i>Kolon</i>	<i>Kiriş - Kolon</i>

Örnek olarak seçilen tüm binalar için Yer Değiştirme Katsayıları yönteminden elde edilen performans noktasına ait, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yönteminden elde edilen en büyük deprem görelî kat ötelemesi talepleri hesaplanmıştır. Tüm yapılarda deprem hesapları x ve y olmak üzere iki asal yönde yapılmış, hesaplanan değerlerin en olumsuz olanları yapı performansına esas alınmış, elde edilen sonuçlar Tablo 4.44’de sunulmuştur. Yapı modelinde plastik mafsalların yük – şekil değiştirme ilişkilerinin tanımlanmasında sargılama etkisinin var olduğu kabulüyle uyumlu, Tablo 3.9 ve 3.10’ da verilen, FEMA 356 modelleme parametreleri kullanılmıştır.

Tablo 4.44 Seçilen örnek binaların, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü (TMA) ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü (ÇMA) yöntemlerinde en büyük deprem görelî kat ötelemesi taleplerini esas alarak elde edilen yapısal performans seviyeleri

Deprem Talep Hesabı Yöntemi	Yapı Perf. Belirleme Yöntemi	Yapısal Performans Seviyeleri			
		Bina No.			
		BY1-4	BY1-8	BY2-4	BY2-8
TMA	DBYBHY 2006	CG	CG	HK	CG
	ATC 40	CG	CG	HK	CG
ÇMA	DBYBHY 2006	CG	CG	CG	GÖ
	ATC 40	CG	CG	CG	GÖ

Seçilen örnek binalarda Yer Değiştirme Katsayıları yöntemine göre belirlenen performans noktaları için her iki doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen deprem görelî kat ötelemesi talepleri DBYBHY-2006 ve ATC 40’ da verilen performans seviyesi sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre her iki yönetmeliğe göre, plan simetrisine sahip olmayan dört katlı BY2-4 binası dışında tüm binalarda aynı performans seviyeleri belirlenmiştir. Bu performans seviyeleri BY1-4, BY1-8, BY2-8 binaları için can güvenliğidir (CG). BY2-4 binası içinse doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (TMA) hemen kullanım (HK) olarak belirlenen performans seviyesi, çok doğrusal olmayan

statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle (ÇMA) can güvenliği (CG) olarak tayin edilmiştir.

4.5.3 Örnek Olarak Seçilen Binaların Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması

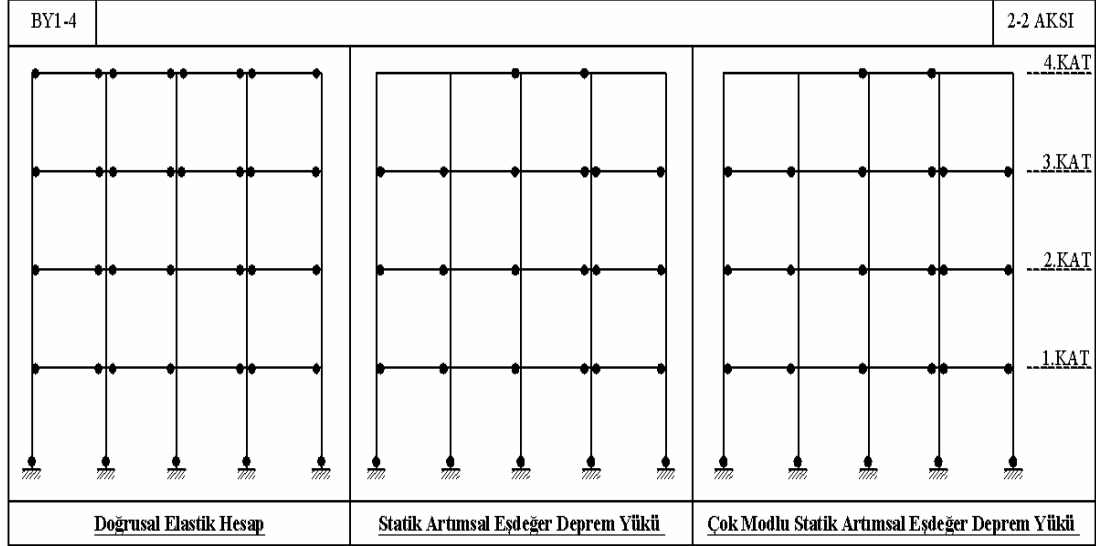
Deprem etkisine maruz bir yapıda, hangi taşıyıcı elemanların kapasitelerine hangi etkiler altında ulaşacağı ve bu olayın hangi sırayla gerçekleşeceği yeni nesil değerlendirme yöntemleriyle saptanabilmektedir. Doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme kabiliyetine sahip ve deprem etkisi altında kapasitesine ulaşan bir başka deyişle plastikleşen kesitlerin dağılımını görmek, yapının deprem davranışını ve taşıyıcı elemanların birbirleri arasındaki etkileşimi net biçimde ortaya koymaktadır.

Doğrusal elastik olmayan yöntemlerde hedef deplasman (performans noktası) seviyesinde moment kapasitesine ulaşan elemanların plastikleşme düzeyine plastik dönme değerlerinin sınır değerlerle karşılaştırılması sonucu karar verilmektedir. Doğrusal elastik yöntemde ise etki / kapasite oranı ve düğüm noktasının KKO değerinin değerlendirilmesi sonucu plastikleşme durumu belirlenmektedir.

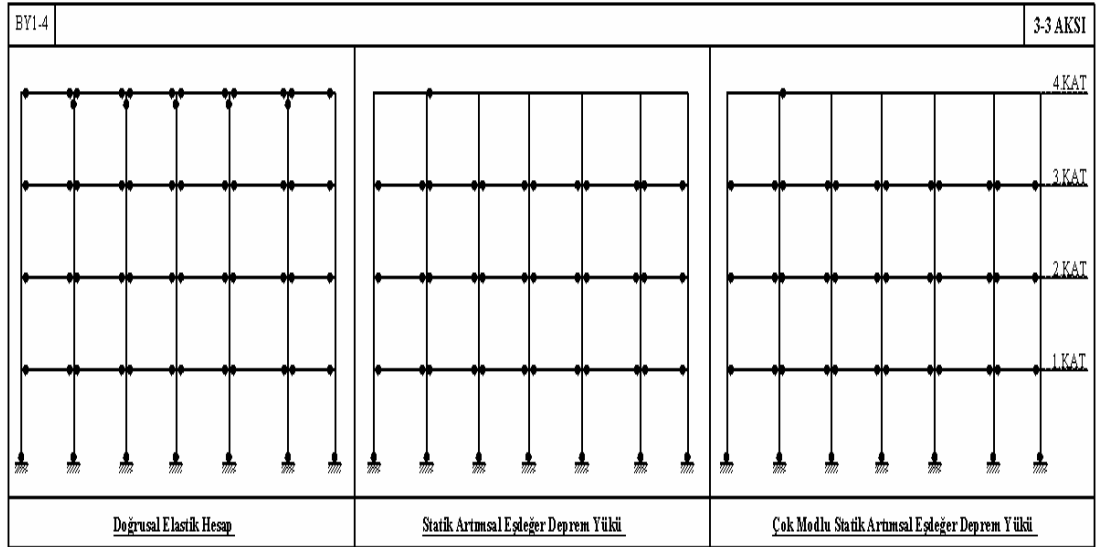
Bölüm 4.5.3.1, 4.5.3.2, 4.5.3.3 ve 4.5.3.4' de BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8 binalarına ait her üç yöntemle üç boyutlu analizlerden elde edilen plastik kesit dağılımları iki boyutlu x ve y doğrultularına paralel akslar üzerinde sunulmuştur.

Yapı modelinde plastik mafsalların yük – şekil değiştirme ilişkilerinin tanımlanmasında sargılama etkisinin var olduğu kabulüyle uyumlu Tablo 3.9 ve 3.10' da verilen, FEMA 356 modelleme parametreleri kullanılmıştır.

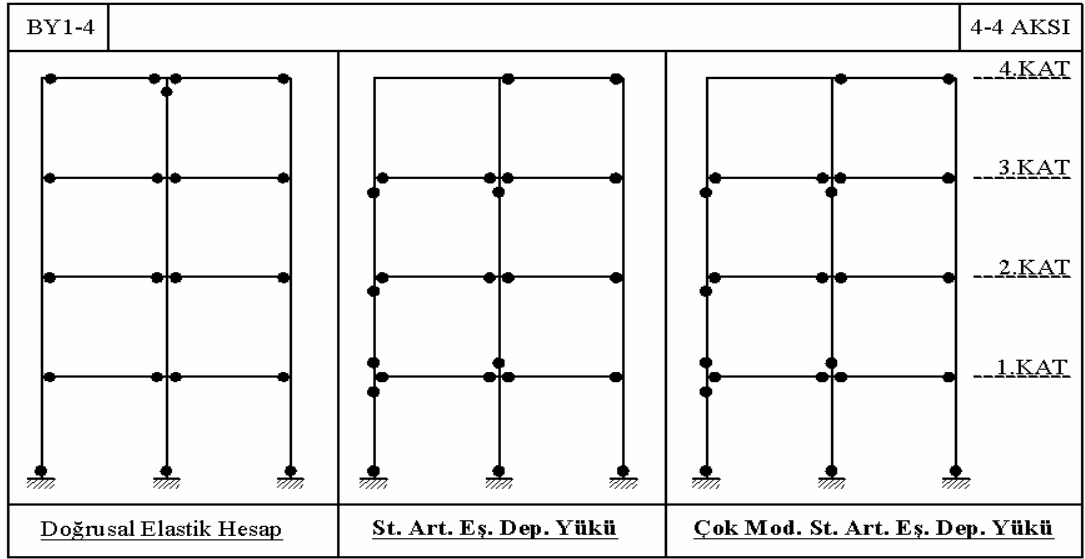
4.5.3.1 Örnek Olarak Seçilen BY1-4 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması



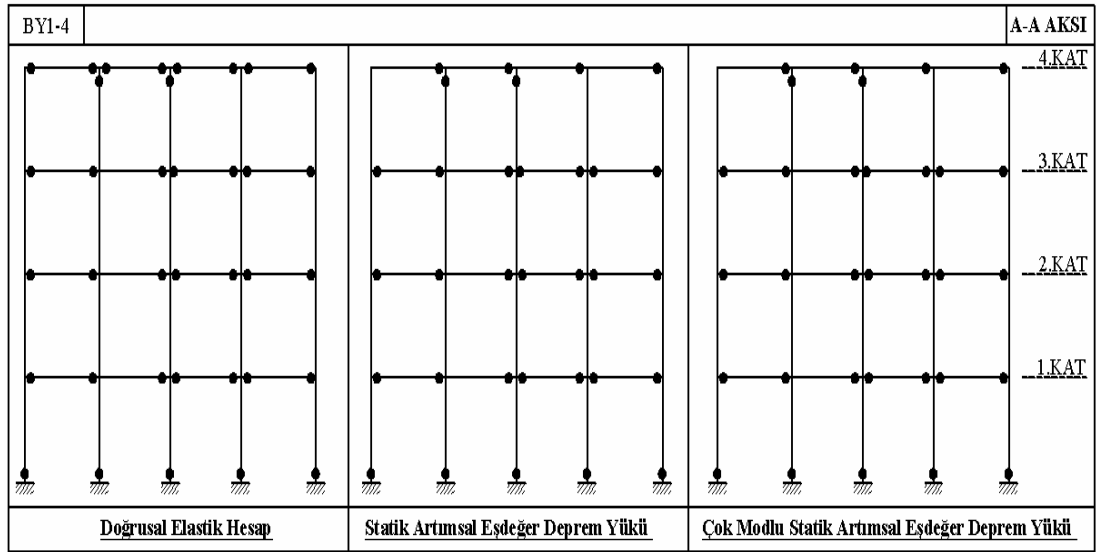
Şekil 4.95 BY1-4 binası 2-2 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



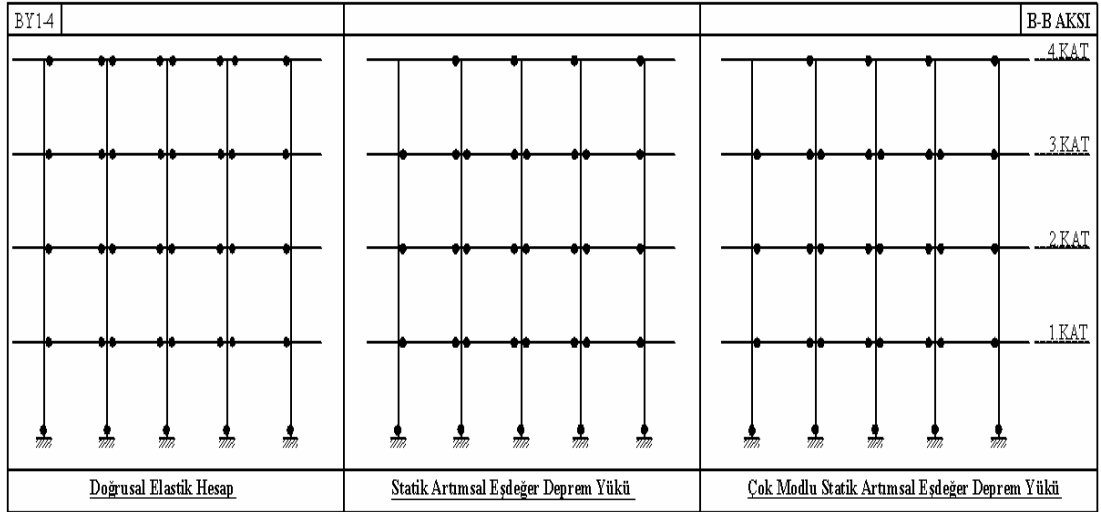
Şekil 4.96 BY1-4 binası 3-3 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



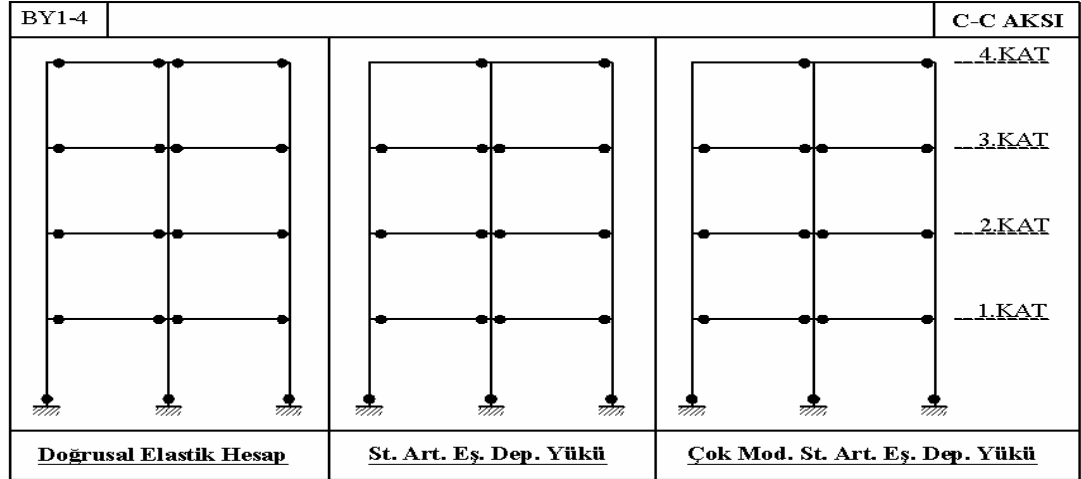
Şekil 4.97 BY1-4 binası 4-4 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



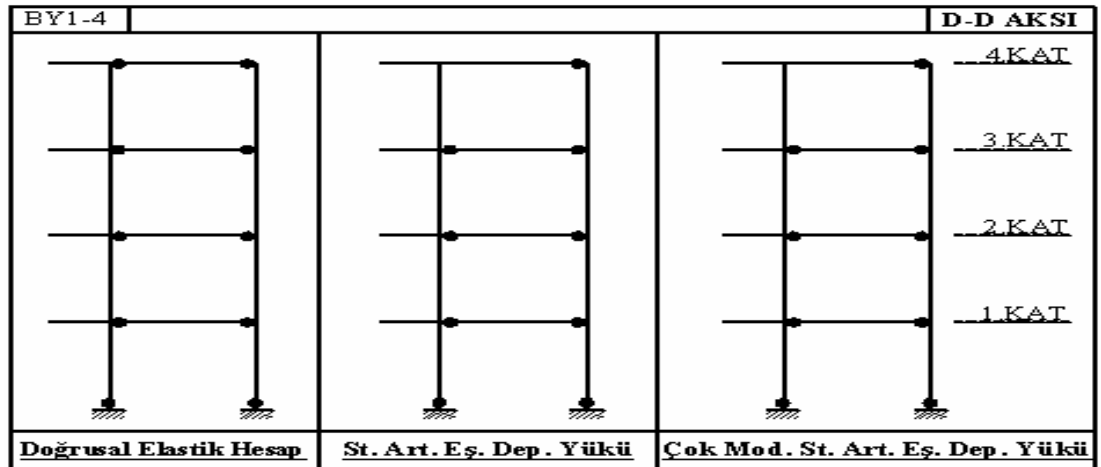
Şekil 4.98 BY1-4 binası A-A aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.99 BY1-4 binası B-B aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

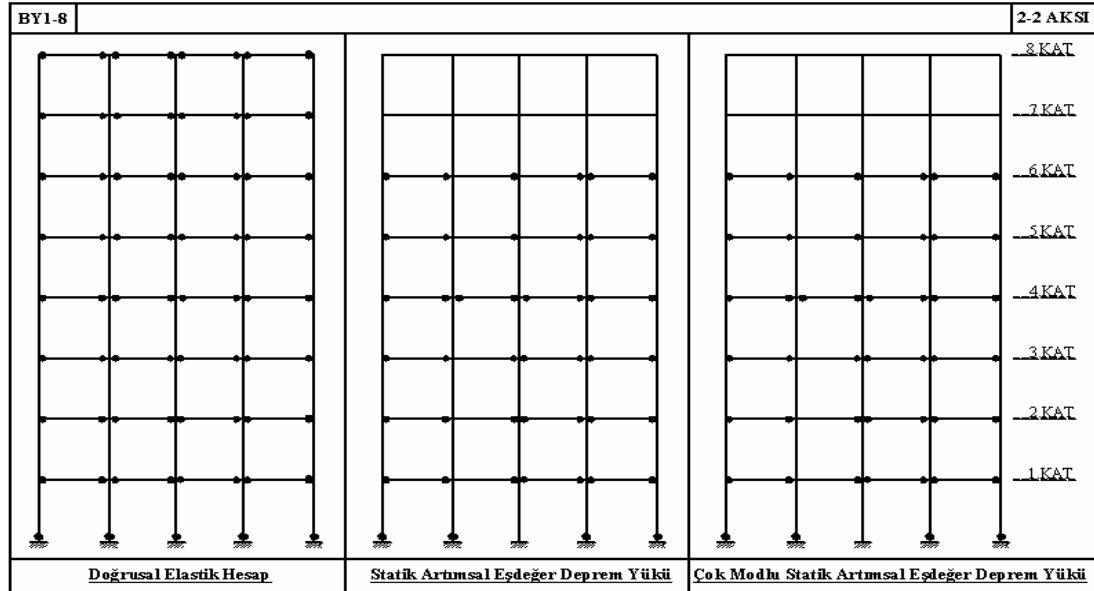


Şekil 4.100 BY1-4 binası C-C aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

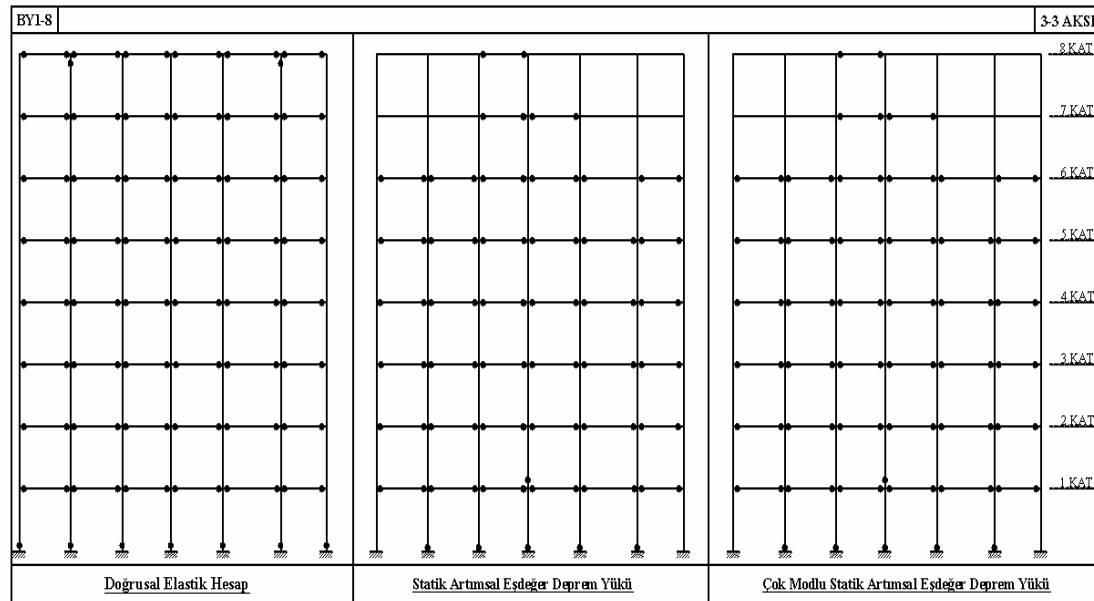


Şekil 4.101 BY1-4 binası C-C aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

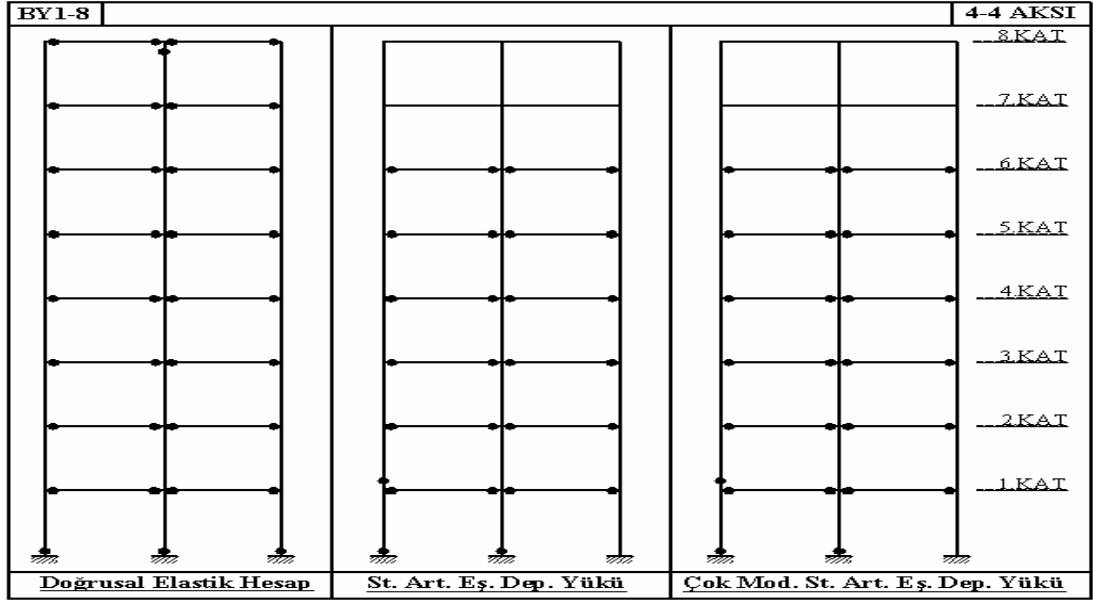
4.5.3.2 Örnek Olarak Seçilen BY1-8 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması



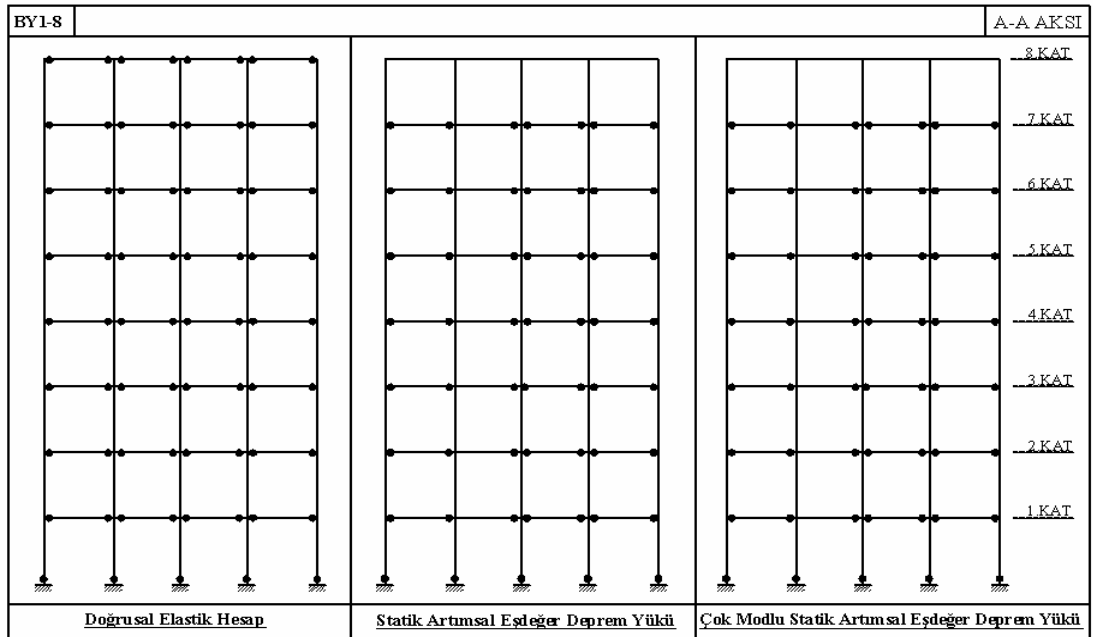
Şekil 4.102 BY1-8 binası 2-2 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



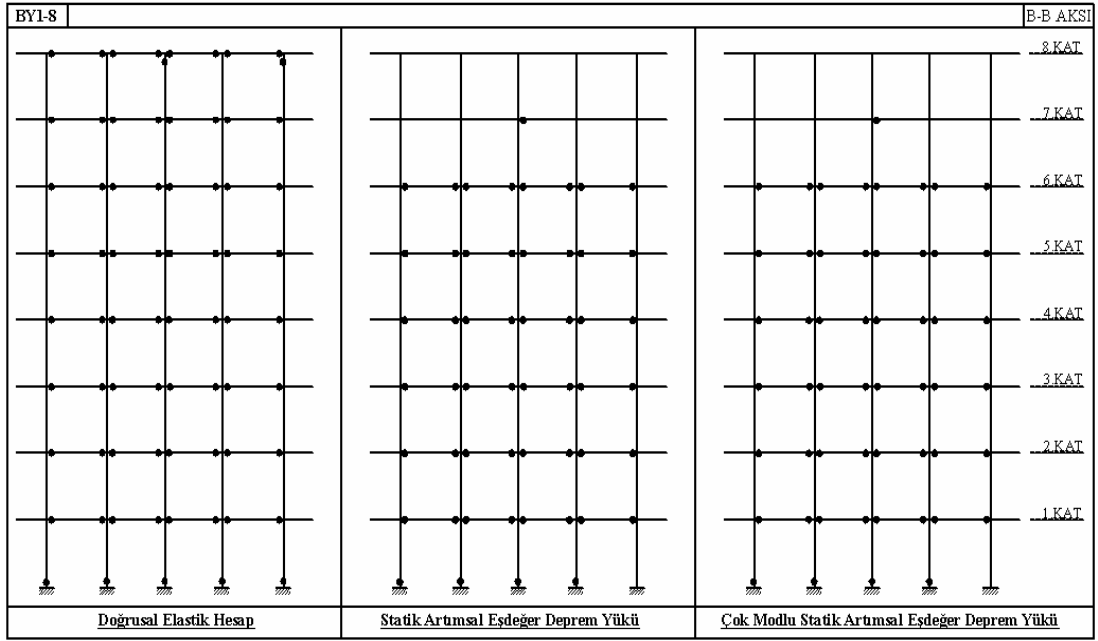
Şekil 4.103 BY1-8 binası 3-3 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



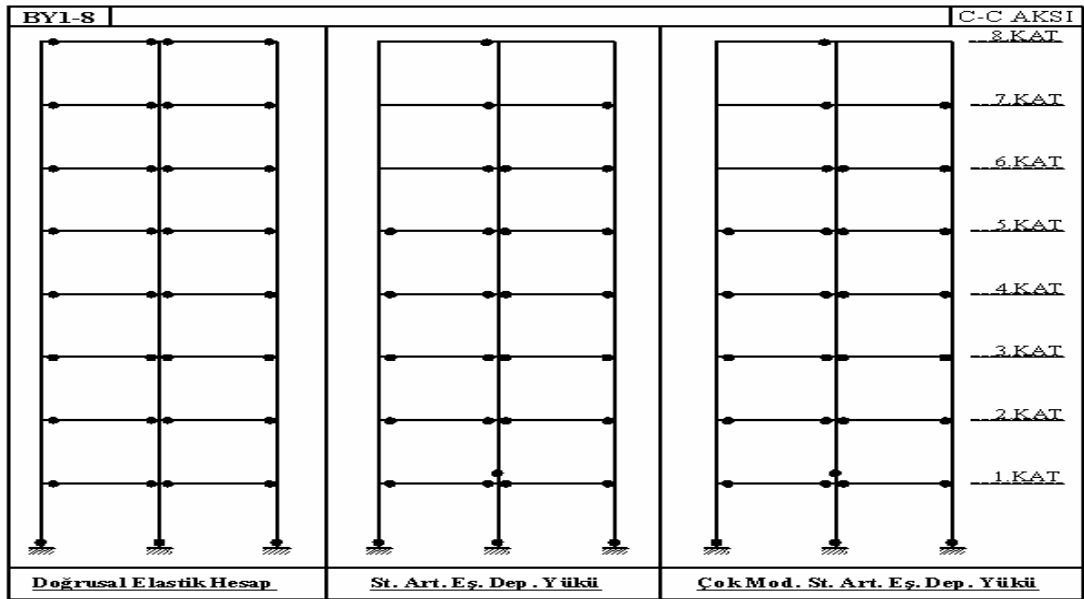
Şekil 4.104 BY1-8 binası 4-4 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



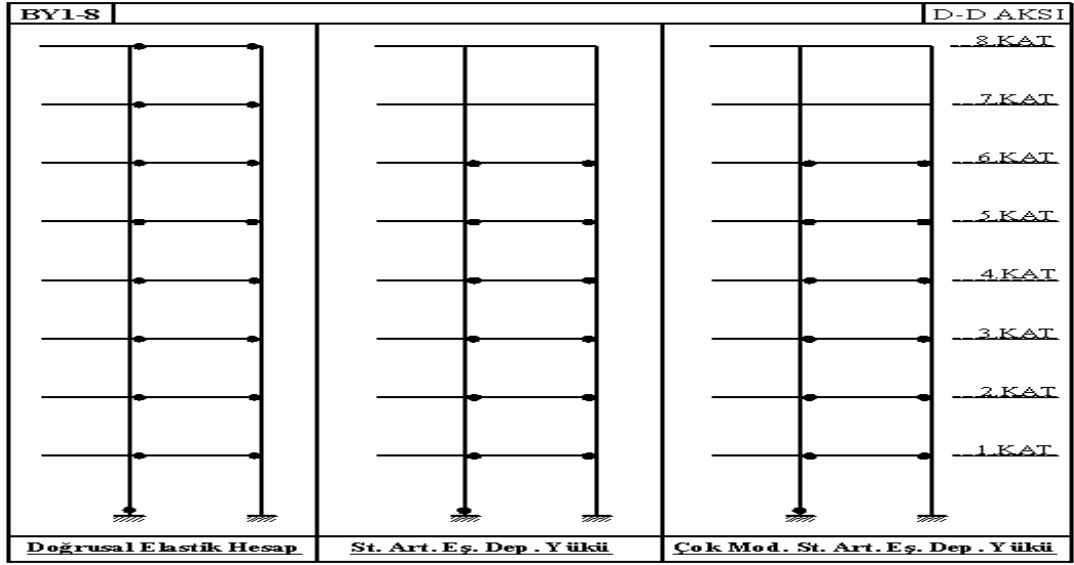
Şekil 4.105 BY1-8 binası A-A aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.106 BY1-8 binası B-B aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

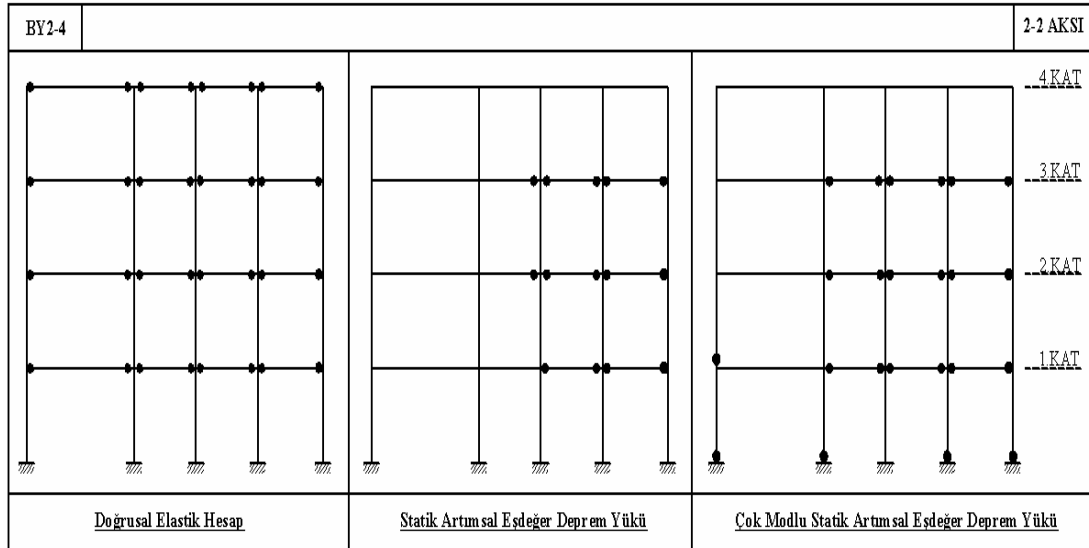


Şekil 4.107 BY1-8 binası C-C aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.108 BY1-8 binası D-D aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

4.5.3.3 Örnek Olarak Seçilen BY2-4 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması



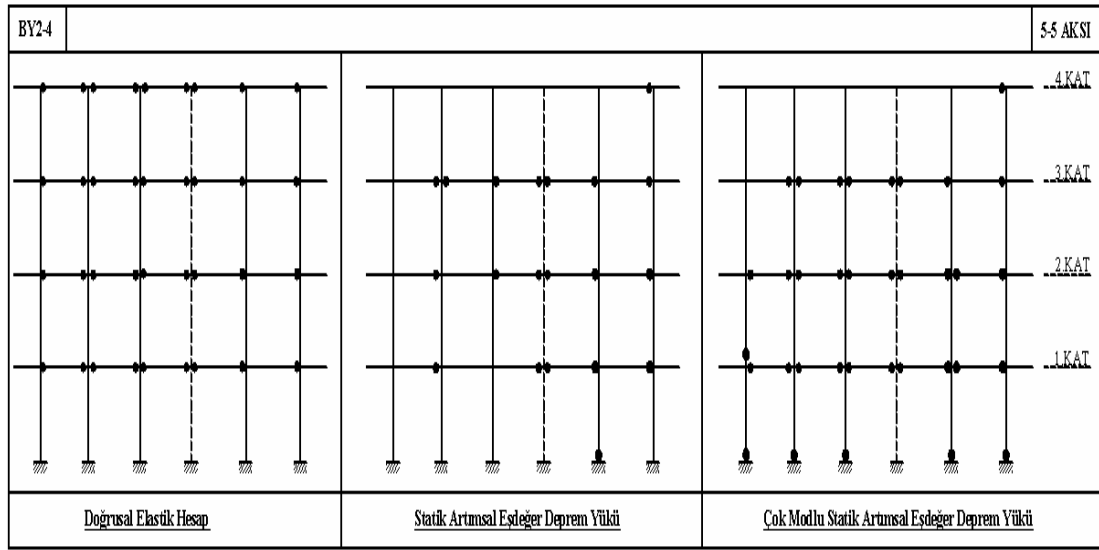
Şekil 4.109 BY2-4 binası 2-2 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

BY2-4			3-3 AKSI
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

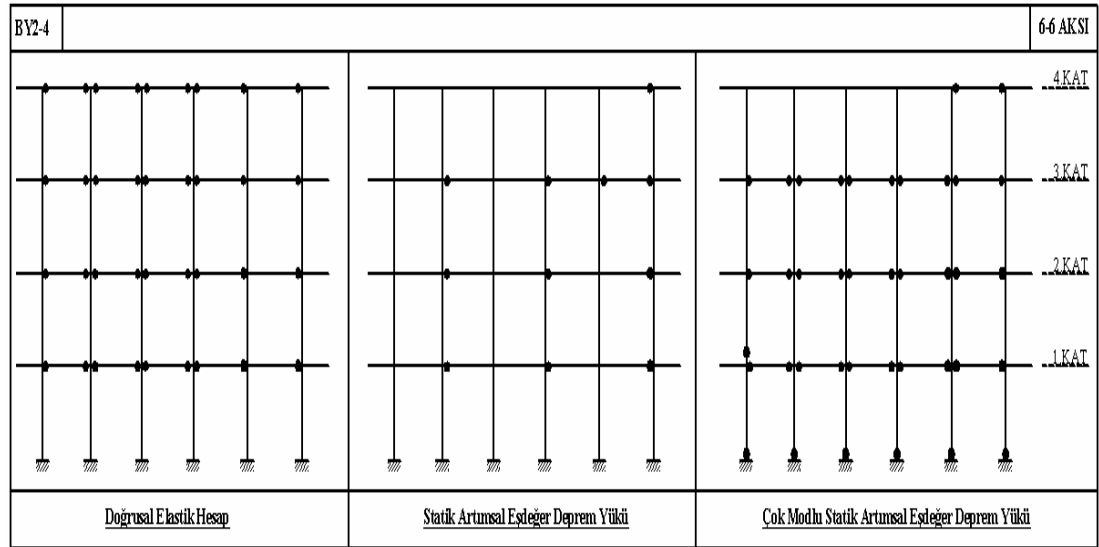
Şekil 4.110 BY2-4 binası 3-3 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

BY2-4			4-4 AKSI
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

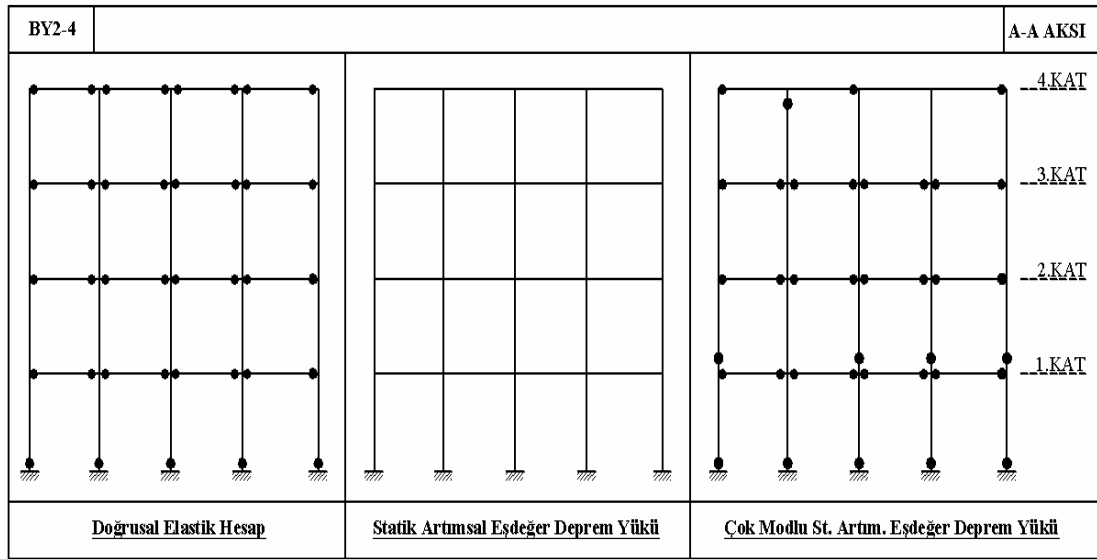
Şekil 4.111 BY2-4 binası 4-4 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



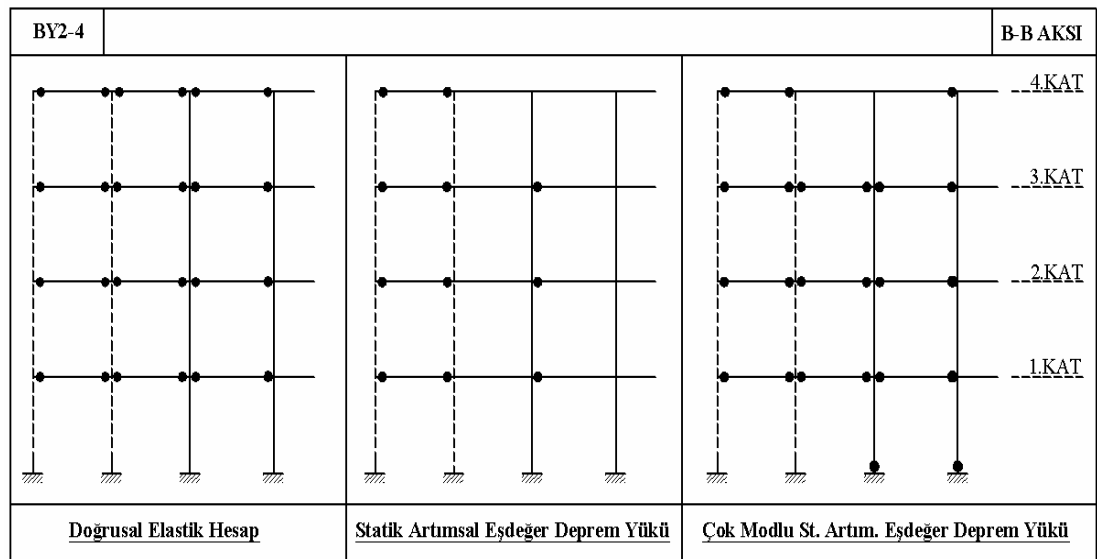
Şekil 4.112 BY2-4 binası 5-5 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



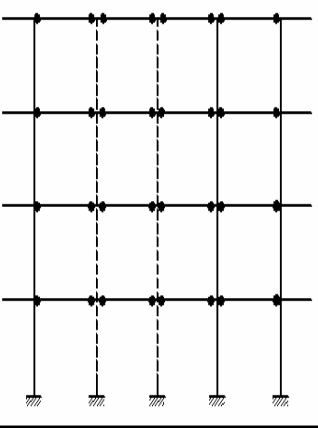
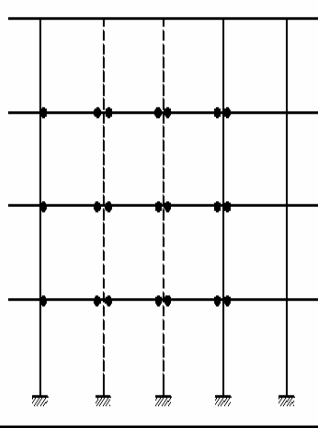
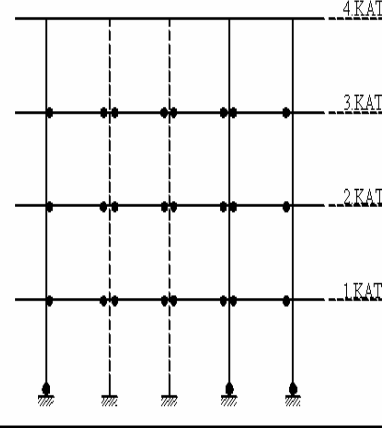
Şekil 4.113 BY2-4 binası 6-6 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



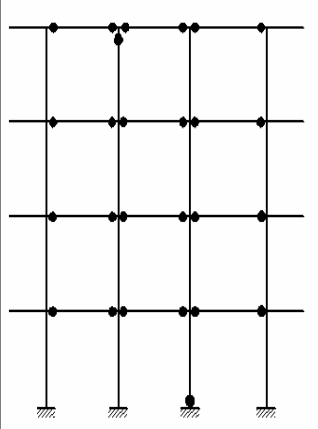
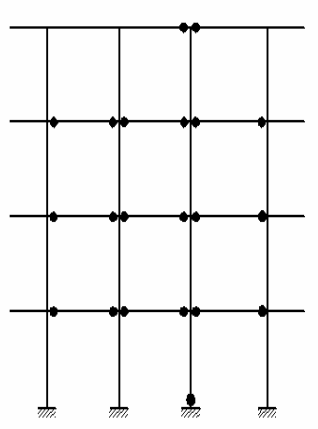
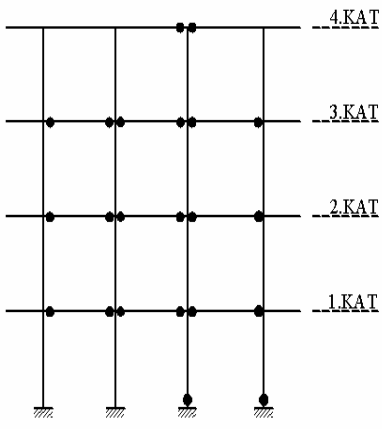
Şekil 4.114 BY2-4 binası A-A aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.115 BY2-4 binası B-B aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

BY2-4			C-C AKSI
			
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

Şekil 4.116 BY2-4 binası C-C aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

BY2-4			D-D AKSI
			
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

Şekil 4.117 BY2-4 binası D-D aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

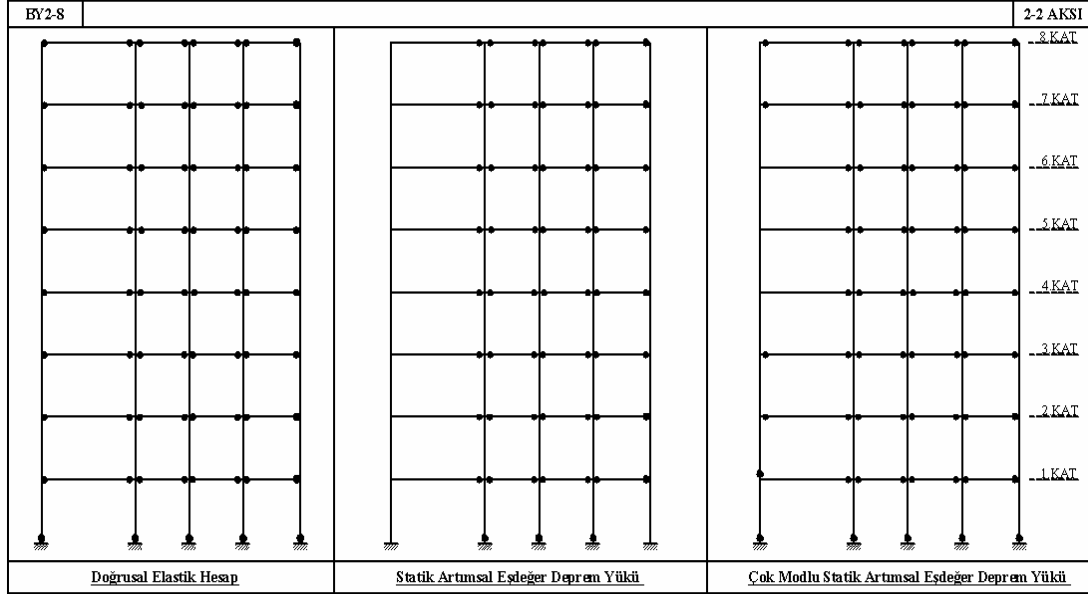
BY2-4			E-E AKSI
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

Şekil 4.118 BY2-4 binası E-E aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

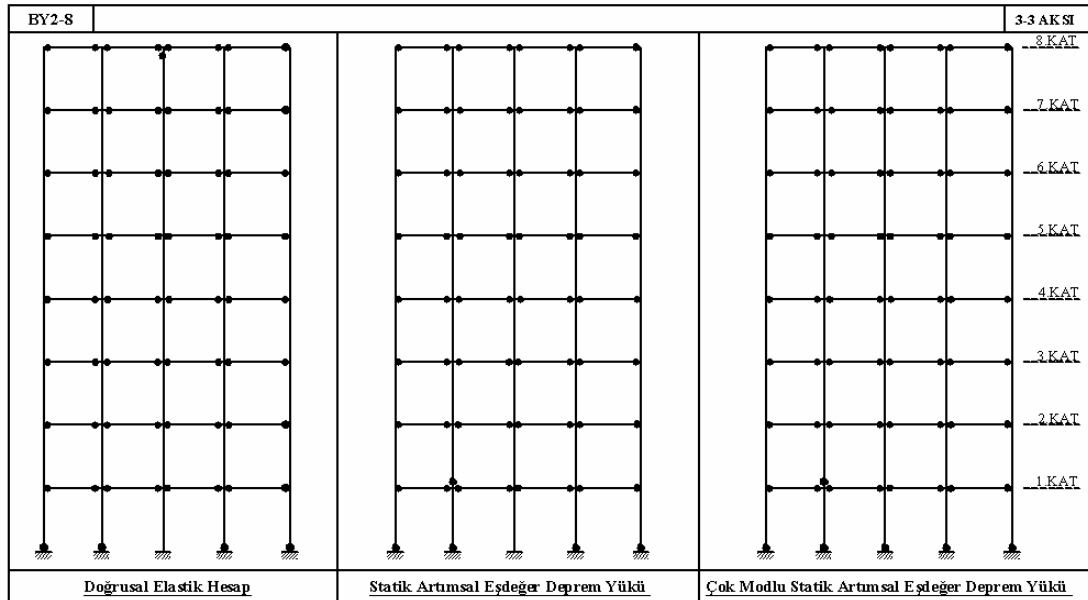
BY2-4			F-F AKSI
<u>Doğrusal Elastik Hesap</u>	<u>Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	<u>Çok Modlu Statik Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü</u>	

Şekil 4.119 BY2-4 binası F-F aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

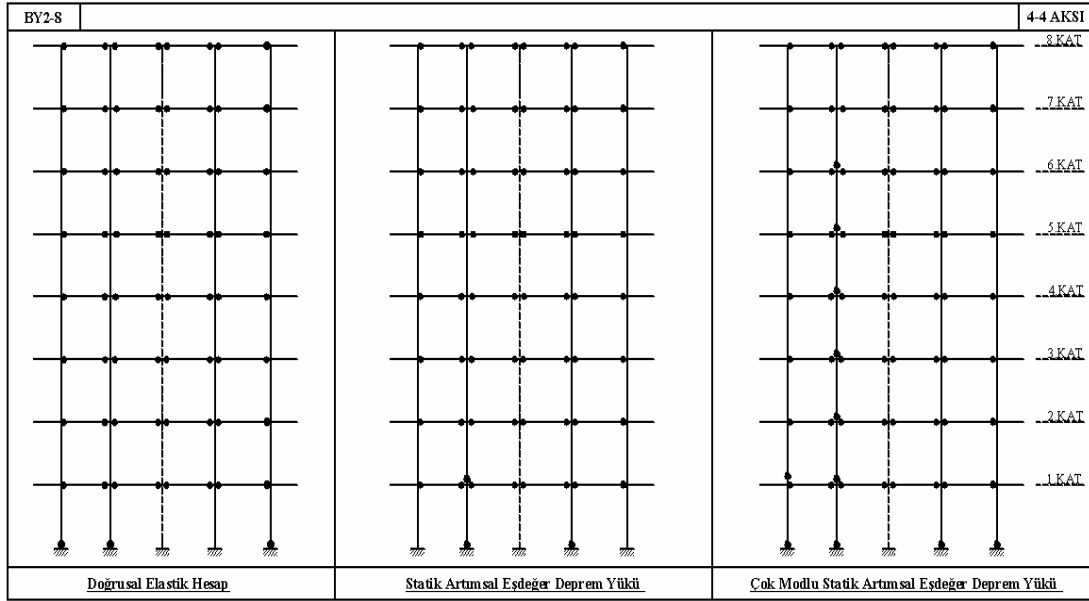
4.5.3.4 Örnek Olarak Seçilen BY2-8 Binasına Ait Plastik Kesit Dağılımlarının Karşılaştırılması



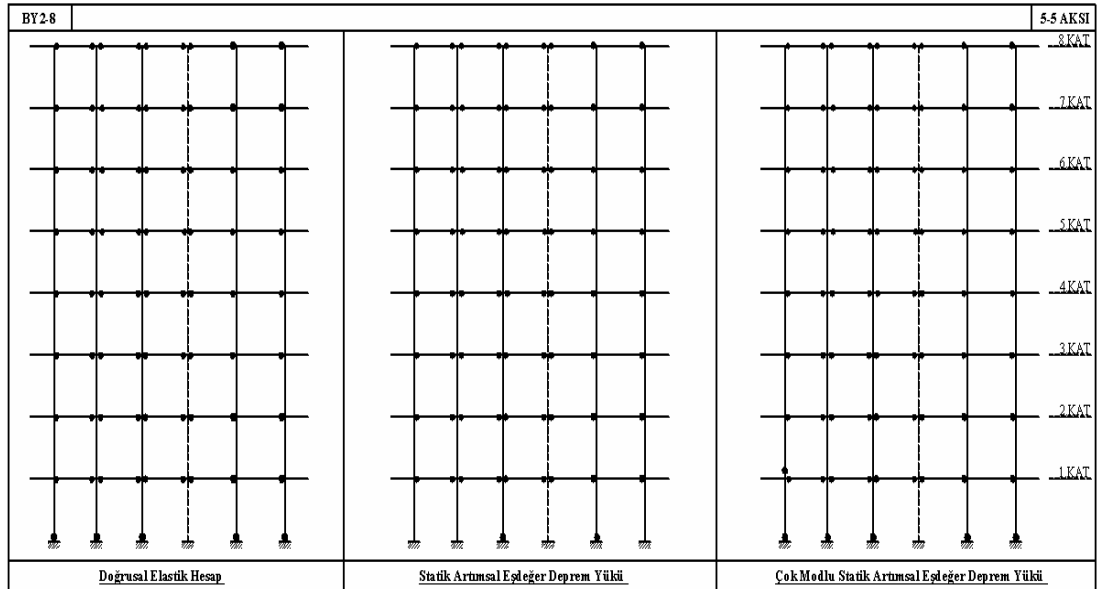
Şekil 4.120 BY2-8 binası 2-2 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



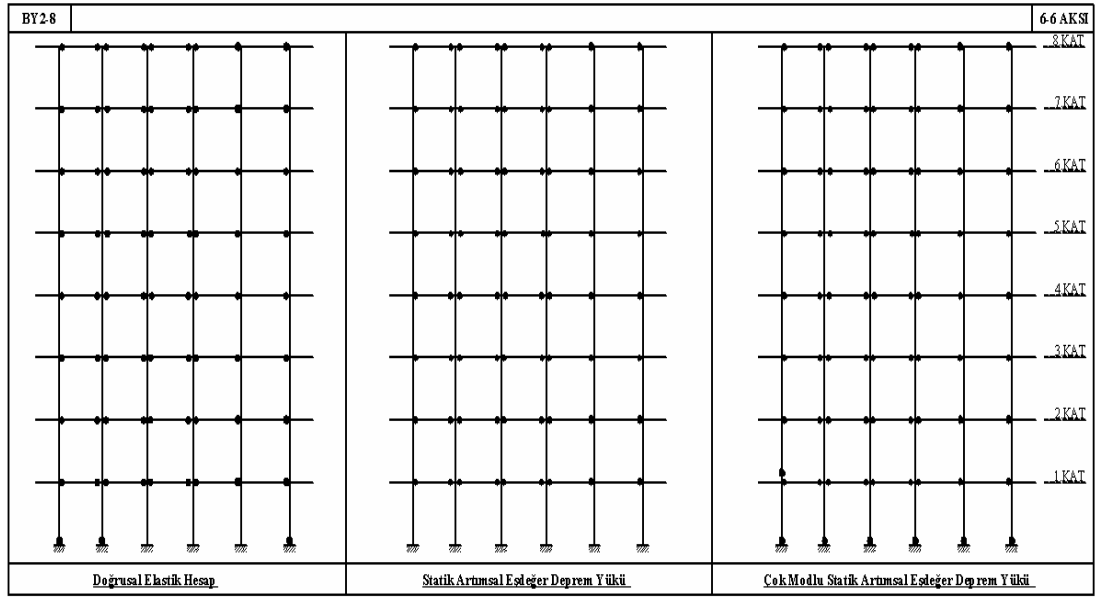
Şekil 4.121 BY2-8 binası 3-3 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



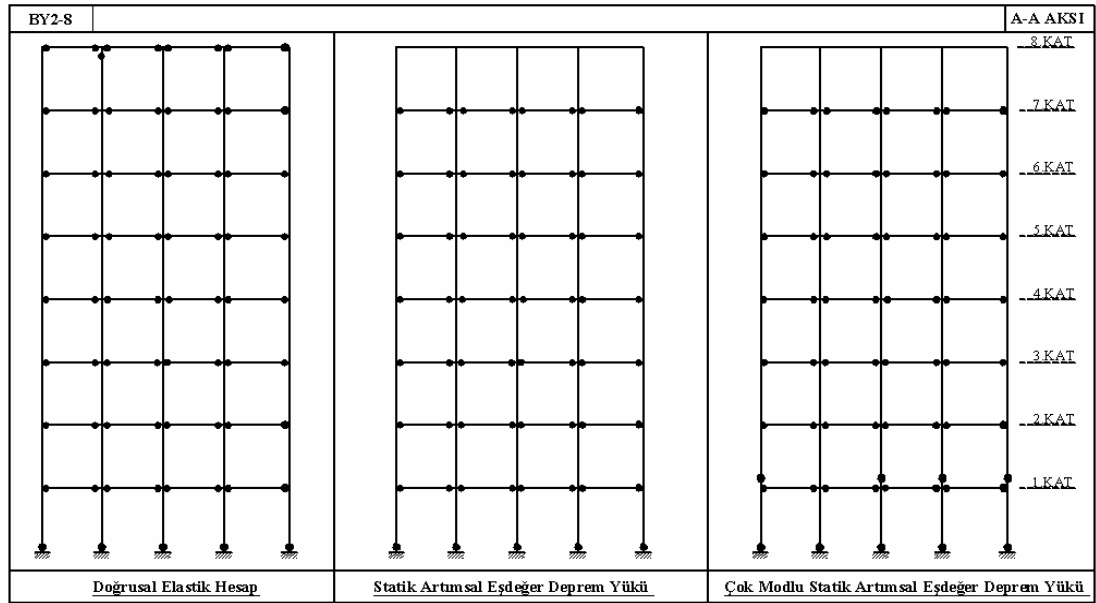
Şekil 4.122 BY2-8 binası 4-4 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



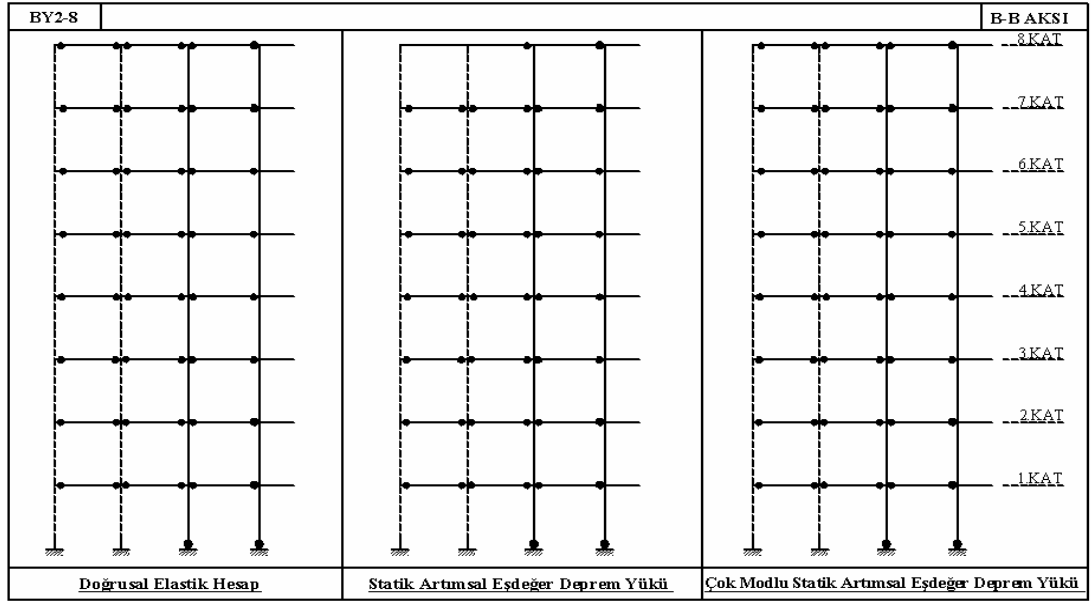
Şekil 4.123 BY2-8 binası 5-5 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



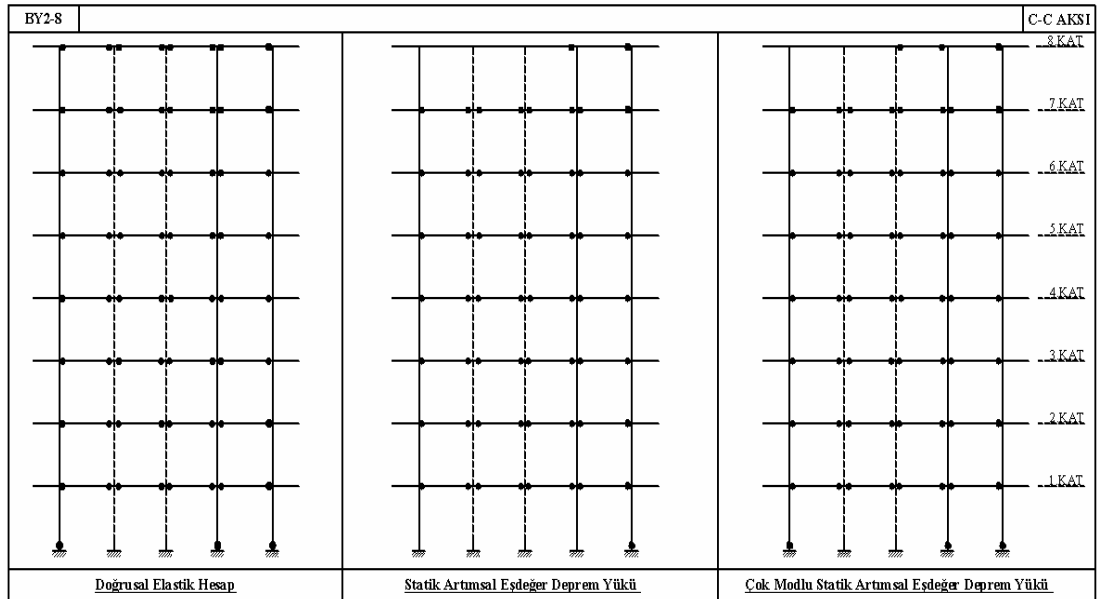
Şekil 4.124 BY2-8 binası 6-6 aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



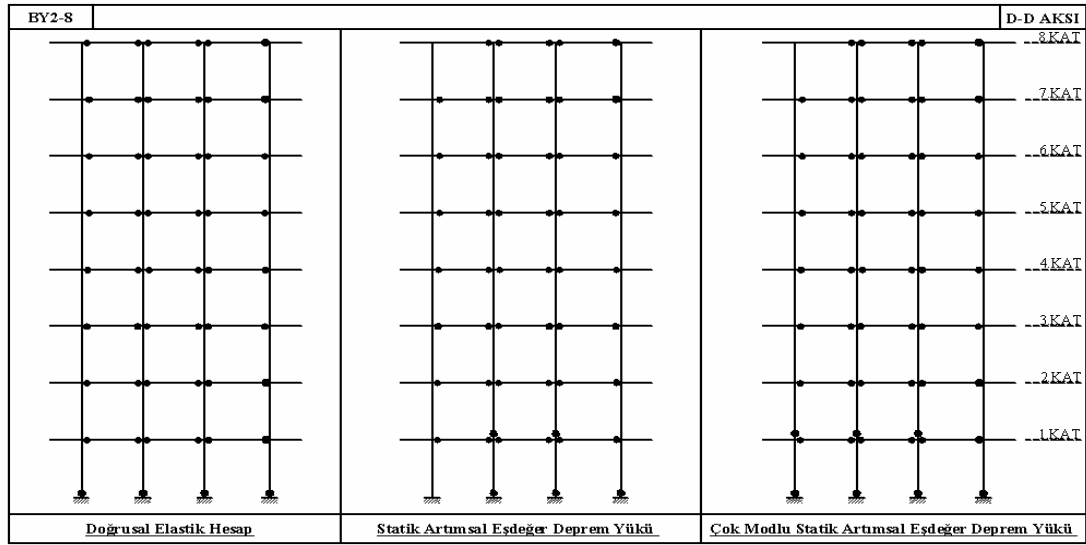
Şekil 4.125 BY2-8 binası A-A aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



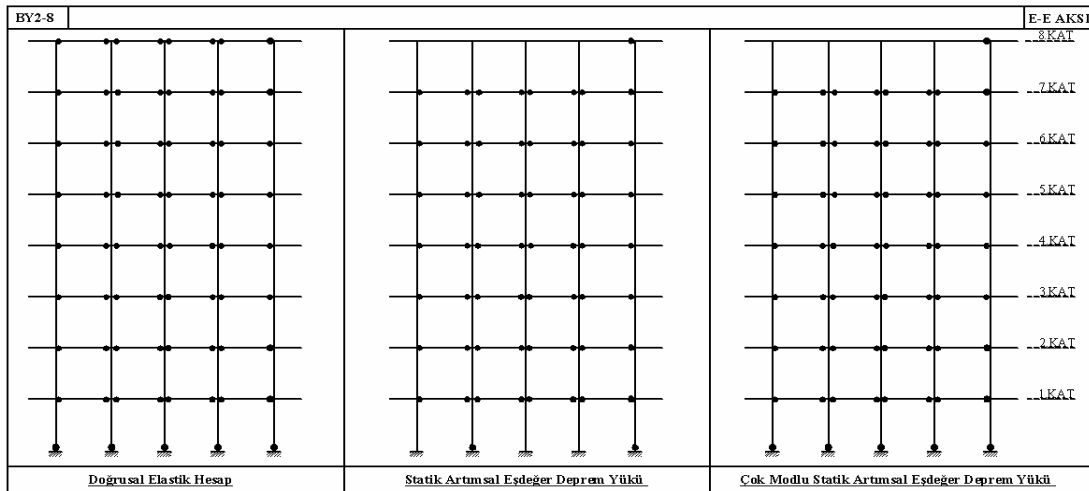
Şekil 4.126 BY2-8 binası B-B aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



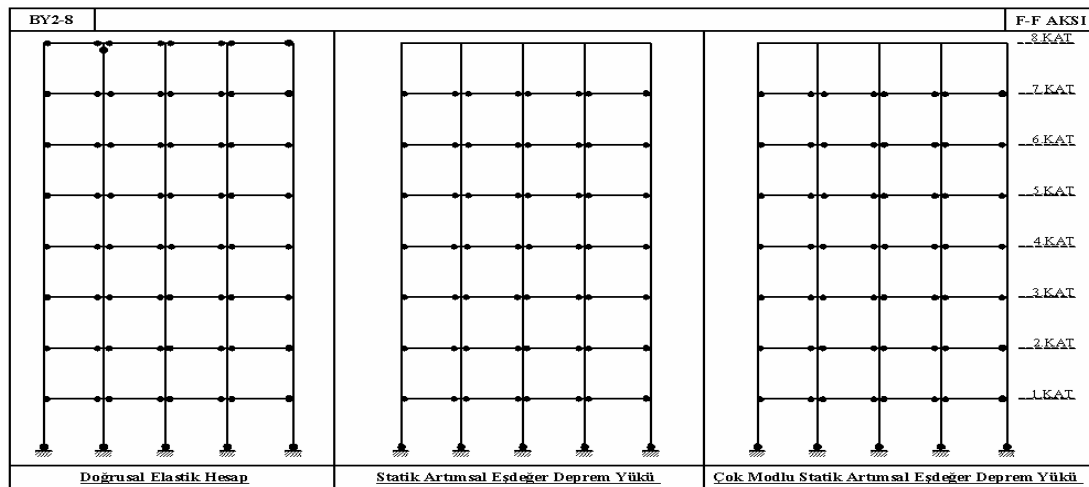
Şekil 4.127 BY2-8 binası C-C aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.128 BY2-8 binası D-D aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.129 BY2-8 binası E-E aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları



Şekil 4.130 BY2-8 binası F-F aksında doğrusal elastik hesap, statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, depremin yapı elemanlarında meydana getireceği etkileri ve bunun sonucunda belirlenecek yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları incelemek üzere, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere, toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina, ilk ikisi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' te (DBYBHY-2006) yer alan doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve deprem mühendisliği literatüründe yer alan, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir.

Seçilen dört adet betonarme yapı, yüksek süneklik koşullarını sağlayacak şekilde TS-500 ve DBYBHY-2006'da ilgili bölümlerde verilen tasarım kuralları çerçevesinde boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan bu binalar tasarımda ön görülen değerlere uygun olarak mevcut en kesit boyutu, beton cinsi, donatı çap ve sayısı dikkate alınarak, doğrusal elastik değerlendirme yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve deprem mühendisliği literatüründeki doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılarak çözümlenmiştir. Bir sonraki adımda, doğrusal olmayan statik itme analizlerinden elde edilen yapı kapasite eğrilerini esas alan Yer Değiştirme Katsayıları yöntemiyle belirlenen performans noktası için, her iki yöntemle bulunan yatay yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, kiriş plastik dönmesi, kolon-perde plastik dönmesi ve plastik kesit dağılımları cinsinden deprem talepleri birbiriyle karşılaştırılmış ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında, bu deprem taleplerini esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleriyle, doğrusal elastik değerlendirme yönteminde eleman etki/kapasite oranlarını esas alarak belirlenen yapı performans seviyeleri kıyaslanmıştır.

Planda simetrik dört ve sekiz katlı yapıların betonarme eleman kesitlerinin hasar düzeylerinin belirlenmesi aşamasında, DBYBHY-2006' da donatı ve betondaki birim şekil değiştirme taleplerini (istemlerini) esas alan kesit hasarı belirleme yaklaşımıyla, FEMA-356'da yer alan, kesit plastik dönme taleplerini esas alan yaklaşım birbiriyle karşılaştırılmıştır. Tüm kesitler için elde edilen beton ve donatı birim şekil değiştirme istemleriyle, o kesit için doğrusal olmayan artımsal itme analizlerinden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme istemleri karşılaştırılarak, kesit hasarını, hangi tip betonarme taşıyıcı elemanda hangi betonarme malzeme bileşenin belirlediği saptanmıştır.

Çalışmada enine kesme donatısının kesiti sargılama etkisinin, kesit ve daha sonra yapı genelinde performans seviyesini belirleyiciliği araştırılmıştır. Buradan hareketle DBYBHY-2006' ya göre yapılan kesit hasarı belirleme çalışmasında, yapıya ait tüm elemanlarda elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinde, sargısız ve sargılı beton modelleri kullanılarak elde edilen toplam plastik birim şekil değiştirme istemleri , DBYBHY-2006' da verilen ilgili sınır birim şekil değiştirme değerleriyle karşılaştırılarak kesit hasar düzeyi belirlenmiştir. FEMA 356' ya göre yapılan değerlendirmedeyse, doğrusal olmayan analizlerden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme talepleri, FEMA 356'da sargısız ve sargılı kesitler için tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak, kesit hasar düzeyleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

- Hesaplanan performans noktası için doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen yatay yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, kiriş-kolon plastik dönmesi, cinsinden deprem talepleri, bina ve yöntem bazında karşılaştırılmıştır. Planda simetrik ve ilgili ötelenme yönünde yüksek kütle katılım oranına sahip, BY1-4 ve BY1-8 binaları için her iki doğrusal olmayan analiz yöntemiyle elde edilen sonuçlar arasındaki değişim ihmal edilecek kadar küçük mertebededir. Planda burulma düzensizliğine sahip

BY2-4 ve BY2-8 binalarında ise iki aşamalı karşılaştırma yapılmıştır. Bunlardan birinci aşama, yapı kütle merkezinde meydana gelen deprem talepleri açısından yapılan kıyaslama, ikincisi ise en büyük taleplerin olduğu akslar arası yapılan kıyaslamadır. Buna göre, performans noktası (hedef yer değiştirme) değerinin ait olduğu yapı kütle merkezinde hesaplanan yer değiştirme cinsinden deprem talepleri incelendiğinde, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen değerler, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilenlere göre BY1-4, BY1-8, BY2-4 ve BY2-8 için sırasıyla %0,01, %0,57, %25,06, %11,47 aralığında değişen miktarlarda daha büyük sonuçlara ulaşmıştır. Bununla beraber değerlendirme en büyük deprem taleplerinin olduğu aks bazında yapıldığında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan değerler, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan değerlere oranlara BY2-4 binasında %282,06, BY2-8 binasında ise %88,98 mertebesinde daha büyüktür. Kütle merkezinde oluşan görelî kat ötelemesi talepleri için yapılan kıyaslamada iki yöntem arasındaki fark miktarı %0,00, %0,34, %35,34, %13,44 olarak belirlenmiştir. Görelî kat ötelemelerinde, yer değiştirmelere kıyasla daha büyük bir değişim gözlenmiştir. En büyük yer değiştirme ve görelî kat ötelemeleri, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde C-C aksında belirlenirken, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde ise, A-A aksında saptanmıştır. Her iki yöntemle hesaplanan görelî kat ötelemeleri arasında BY1-4 binası için %369,83, BY2-8 binası içinse %154,81 fark bulunmaktadır. Eleman bazında, plastik dönme talepleri açısından yapılan karşılaştırma ise yine iki aşamalı yapılmıştır. Bunlardan ilk aşama, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği eleman için, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan plastik dönme değerlerinin karşılaştırılmasıdır. İkinci aşamada ise, birinci aşamanın tersi bir yaklaşımla, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği eleman için, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer

deprem yükü yöntemiyle hesaplanan plastik dönme değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre, BY2-4 ve BY2-8 binalarında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönme değerini belirlediği kirişlerde, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, BY2-4 binasında %132,72, BY2-8 binasında ise %126,51 oranında daha büyük değerler belirlemiştir. Bu fark kolon elemanlarında her iki bina için sırasıyla %12,17 ve %10,68 mertebesinde kalmıştır. Ancak iki yöntem arasındaki esas fark ikinci aşama değerlendirmesinde saptanmıştır. Buna göre BY2-4 binasında, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği elemandaki değerle, aynı elemanda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin belirlediği değer arasındaki fark %507 mertebesinde dir. BY2-8 binasında ise, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği elemanda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi herhangi bir plastik şekil değiştirme belirleyememiştir. Benzer durumla kolon elemanlarında yapılan değerlendirmede de karşılaşılmıştır. Bir başka deyişle doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin en büyük plastik dönmeyi belirlediği kolonda, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi herhangi bir plastik şekil değiştirme belirleyememiştir. Elde edilen sonuçlar, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenenden farklı bölge ve elemanlarda zorlamalar tespit ettiğini göstermiştir. Bu da sistemin yalnızca deprem yönüyle uyumlu hakim moddaki davranışıyla değerlendirilmeyip, incelenen binalar için özellikle birinci modlardaki burulma davranışının göz önüne alınmasından kaynaklanmaktadır. Yapı performans kararı, kesit hasarının yapı içindeki genel dağılımı belirlenerek yapıldığından, iki yöntem arasındaki bu temel fark yapı performans seviyesine de etki yapmaktadır.

- DBYBHY-2006 kuralları gereğince boyutlandırılan betonarme binaların 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında Can Güvenliği (CG) performans seviyesini sağlaması beklenmektedir. Ancak elde edilen sonuçlar, aynı yapı ve deprem etki seviyesi için elde edilen yapı performansının, kullanılan deprem talep hesabı yöntemi ve kesit hasarı belirleme yaklaşımına göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Deprem talep hesabı yöntemleri açısından yapılan karşılaştırmada, deprem yönüyle uyumlu yönde yaklaşık %84 modal kütle katılım oranına sahip BY1-4 binasının performans seviyesi doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile benzer olarak Can Güvenliği (CG) olarak belirlenmiştir. Deprem yönüyle uyumlu yönde %77 değerlerinde modal kütle katılım oranına BY1-8 binasında ise doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile elde edilen yapı performans seviyeleri (CG) arasında bir fark ortaya çıkmamıştır. Ancak doğrusal elastik değerlendirme yöntemi ise yapı için daha kötü bir performans seviyesi (Göçmenin Önlenmesi (GÖ)) belirlemiştir.

İlgili deprem yönüyle uyumlu ötelenme yönlerinde sırasıyla %66 ve %59 modal kütle katılım oranına sahip ve DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binalarında yapının sadece deprem yönüyle uyumlu yönünde tek bir titreşim modundaki yatay yük dağılımının dikkate alındığı doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen yapı performansı sırasıyla Hemen Kullanım (HK) ve Can Güvenliği olurken (CG), aynı binalar için, gerek elastik tepki spektrumu analizinin yapıldığı doğrusal elastik hesap, gerekse de çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle belirlenen yapı performans seviyeleri sırasıyla Can Güvenliği (CG) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ)' dir. Bu sonuç ötelenme yönlerinde düşük modal kütle katılım oranına sahip yapılarda, doğrusal elastik analizle de olsa, yüksek mod etkilerinin hesaplarda dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Bu binalarda

doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle daha az hasarı ifade eden performans seviyelerinin saptanmasının nedeni, eleman kesitlerinde hesaplanan deprem taleplerinin, diğer yöntemlere kıyasla küçük kalmasından kaynaklanmıştır.

- BY1-4 ve BY1-8 binaları için yapı performanslarının belirlenmesinde, kesit hasarı belirleme yöntemleri açısından yapılan karşılaştırmada, yapı elemanlarında DBYBHY-2006'ya göre hesaplanan kesme donatısı oranı için, bir başka deyişle sargılama etkisinin mevcut olduğu durumda, BY1-4 ve BY1-8 binaları için gerek doğrusal gerekse de doğrusal olmayan yöntemlerle, Can Güvenliği (CG) olarak tespit edilen yapı performansı, kesitlerde sargı etkisinin olmadığı kabulüyle, her iki doğrusal olmayan hesap yöntemiyle Göçme (G) olarak belirlenirken, doğrusal elastik yöntemle Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olarak belirlenmiştir. Sargısız durumda yapıyı göçmeye götüren nedenin, yüksek eksenel yük düzeyli kolonlarda beton birim şekil değiştirme değerlerinin, sargısız durumda azalan, göçme hasar sınırını aşması olduğu belirlenmiştir. Ancak doğrusal elastik değerlendirme yönteminde yapı farklı bir mekanizmayla göçme durumuna ulaşmaktadır. Bu da doğrusal olmayan yöntemlerin aksine kolon değil, kiriş hasarlarının sınır değerleri aşmasından kaynaklanmıştır. Sargılı durum için kesit düzeyinde her iki kesit hasarı değerlendirme yöntemi ile elde edilen sonuçların tutarlılığı kıyaslandığında, DBYBHY-2006 birim şekil değiştirmeleri esas alan yöntemin, FEMA 356'da plastik dönmelerin esas alındığı yöntemle kıyasla, kolon ve kiriş kesitlerinde genel yapı deprem performansını değiştirecek mertebede olmasa da daha ağır hasar saptadığı gözlenmiştir. Bu eğilim her iki yapıda da gözlenmiştir. Bu durumun, DBYBHY-2006'ya göre yapı hakkında karar verecek mühendisi güvenli yönde bırakacağı ifade edilebilir.
- Yapılan kesit hasarı belirleme çalışmalarında, sargısız kesitlerden oluşan yapılarda, sistemin sargılı duruma göre daha ağır hasarı ifade eden üst hasar seviyesine geçme eğilimi, her üç deprem hesap yönteminde de belirlenmiştir. Ancak doğrusal olmayan analiz sonuçlarını esas alan değerlendirme

yöntemlerinde üst hasar seviyelerine geçme sebebi, kolon hasarlarıyken, doğrusal elastik yöntemde sebep, kiriş hasarlarıdır. Bu da her iki yöntemde, yapı için farklı göçme mekanizmaları tespit edildiğini gösterir.

- DBYBHY-2006 yaklaşımında, kesit hasarını elemandaki elastik ötesi şekil değiştirme kaynaklı beton veya donatı birim şekil değiştirme değerlerinin belirlendiği kabul edilmektedir. Ancak elemanda beton veya donatı ayrı hasar seviyelerinde olabilmektedir. Genel kesit hasarını, en ileri hasar düzeyindeki bileşen belirlemektedir. Bu çalışmada kesit hasarını, hangi eleman tipinde hangi betonarme malzeme bileşenin belirlendiğini gözlemlemek amacıyla, kiriş, kolon ve perde elemanlarında kesit hasarını belirleyen beton veya donatının birim şekil değiştirme değeriyle, aynı kesitte doğrusal olmayan analizden çıkış verisi olarak alınan plastik dönme istemi değerleri arasındaki, doğrusal ilişkinin varlığı araştırılmıştır. Buna göre BY1-4 ve BY1-8 binalarında kiriş donatı birim şekil değiştirmeleriyle, kiriş plastik dönmeleri arasında sırasıyla 0,994 ve 0,909 değerlerinde korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Aynı korelasyon kiriş beton birim şekil değiştirmeleriyle, kiriş plastik dönmeleri arasında sırasıyla 0,386 ve 0,123 olmaktadır. Yine BY1-4 ve BY1-8 binalarında kolon donatı birim şekil değiştirmeleriyle, kolon plastik dönmeleri arasında korelasyon katsayısı, sırasıyla 0,758 ve 0,336 değerlerindeyken, kolon beton birim şekil değiştirmeleriyle, kolon plastik dönmeleri arasında sırasıyla 0,787 ve 0,643 mertebesindedir. Bu doğrusal korelasyon katsayıları kiriş elemanlarında kesit hasarını donatı birim şekil değiştirmesinin, kolon ve perdelerde ise hasarı, kirişlerdeki donatı etkisi kadar belirgin olmamakla birlikte, beton hasarının belirlendiğini işaret etmektedir. Buna ek olarak sargılı beton modeli kullanıldığında sargısız beton modeline göre daha büyük beton birim şekil değiştirme istemleri ortaya çıkmıştır. Ancak sargı etkisinin şekil değiştirme kapasitesini arttırması sonucu, bu değişim kesiti göçme hasar seviyesine götürmemektedir.

- Seçilen örnek binalarda Yer Değiştirme Katsayıları yöntemine göre belirlenen performans noktaları için her iki doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen deprem görelî kat ötelemesi talepleri DBYBHY-2006 ve ATC 40' da verilen performans seviyesi sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre her iki yönetmelik sınır değerleri kullanılarak aynı performans seviyeleri belirlenmiştir. Bu performans seviyeleri BY1-4, BY1-8, BY2-4, BY2-8 binaları için sırasıyla can güvenliği (CG), can güvenliği (CG), hemen kullanım (HK) ve can güvenliğidir (CG). Bununla beraber BY1-4, BY1-8 binalarında, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri kullanılarak tayin edilen yapı performanslarında bir değişme olmazken (Can Güvenliği), BY2-4 ve BY2-8 binalarında doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri kullanılarak tayin edilen yapı performansı, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen görelî kat ötelemeleri kullanılarak tayin edilen yapı performansından, yapı için daha ileri bir yapısal hasarı ifade eden bir üst seviyeye işaret etmiştir.
- Bu tez çalışmasında, yapı performans değerlendirmesine esas kabul edilen, doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle elde edilen kesit plastik şekil değiştirmeleri ve görelî kat ötelemeleri kullanılarak elde edilen yapı performans seviyeleri karşılaştırıldığında, tüm binalar için her iki deprem talebi türü kullanılarak belirlenen yapı performans seviyelerinin uyum içinde olduğu gözlenmektedir. DBYBHY-2006'ya göre, doğrusal elastik hesap yönteminde, görelî kat ötelemeleri kullanılarak herhangi bir performans değerlendirilmesi yapılmamaktadır. Bundan dolayı bu yöntemle bir kıyaslama yapılamamıştır.
- Göz önünde bulundurulan yapıların x ve y yönlerinde doğrusal elastik hesap, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri kullanılarak elde edilen plastik kesit dağılımları incelenmiştir. Buna göre ilgili ötelenme

yönlerinde yüksek modal kütle katılım oranına sahip BY1-4 binasında doğrusal elastik hesap ve doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle elde edilen plastik kesit dağılımları 4-4 aksı dışında yaklaşık olarak çakışmaktadır. Doğrusal elastik yöntemde en üst kattaki bazı düğüm noktalarında kolon-kiriş kapasite oranı 0,80 değerinden küçük olduğu için kolon üst uçlarında plastikleşme ön görülmüş, ancak bu plastikleşme A-A aksı dışında doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde belirlenememiştir. BY1-8 binasında ise bazı alt kat kenar kolon alt uçları ve altıncı kattan başlamak üzere üst kat kiriş uçları dışında önemli bir benzerlik göstermektedir. Doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaba katılan diğer modlarda yapı elastik ötesi sınırı geçemediğinden, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre fark oluşturacak bir plastikleşme dağılımı elde edilememiştir. DBYBHY-2006' ya göre burulma düzensizliğine sahip BY2-4 ve BY2-8 binaları için her bir üç yöntemle elde edilen plastik kesit dağılımları değerlendirildiğinde, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan plastik kesit dağılımları arasında özellikle dış akslardaki kolon alt ucu plastikleşme noktalarında önemli farklar vardır. Bu akslarda çoğu kez doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde plastikleşme belirlenemezken, çok modlu doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde belirlenmiştir. Doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü ile doğrusal elastik hesap yöntemi, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre daha iyi bir yakınsama göstermiştir. Ancak doğrusal elastik yöntemde akma belirleyemediği ancak doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde akan alt kat kolon alt uçları mevcut olmaktadır. Üst kat kirişlerindeki plastikleşme doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde daha iyi gözlemlenebilmektedir. Her bir üç yöntemle elde edilen plastik kesit dağılımları genel olarak, DBYBHY-2006' ya göre tasarlanmış binalardan beklenen bir deprem davranışı olan güçlü kolon – zayıf kiriş mekanizmasını tutarlı bir şekilde ortaya çıkarmaktadır.

- Tez çalışması kapsamında incelenen, dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, DBYBHY-2006' da verilen koşullar çerçevesinde boyutlandırılmış binaların, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında hedeflenen performans seviyesi olan Can Güvenliği performans seviyesini sağladığı görülmüştür.
- Genel olarak, tez çalışmasında göz önünde bulundurulan yapılarda, burulma düzensizliğine sahip, deprem yönüyle uyumlu ötelenme yönlerinde düşük kütle katılım oranlı binalarda doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerinden elde edilen yer değiştirme, görelî kat ötelemesi, plastik kesit dönmeleri cinsinden deprem taleplerinde yapı performans seviyesini etkileyecek düzeyde farklar elde edilmiştir. Bu sonuç yapı deprem davranışının tek bir titreşim modu ile tanımlanamadığı yapılarda doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin yetersiz kalabileceği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. DBYBHY 2006'da yer alan doğrusal elastik değerlendirme yönteminin, yapılan performans değerlendirme çalışmaları incelendiğinde tatmin edici sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

Applied Technology Council. (1996). *ATC 40 Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (V.1)*. Washington DC.

Aydinoğlu M.N. (2003). Yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi için artımsal spektrum (arsa) yöntemi. *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye

Celep Z. ve Kumbasar N. (2004). Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı. (3. Baskı). İstanbul: Beta Dağıtım.

Chintanapakdee C. ve Chopra A.K. (2003). Evaluation of modal pushover analysis using generic frames. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.32, 417-442.

Chopra A.K. (2000). *Dynamics of structures* (2nd ed.). NJ: Prentice Hall

Chopra A.K. ve Goel R.K. (2001). A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.31, 561-582.

Chopra A.K. ve Goel R.K. (2001). A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings: theory and preliminary evaluation. PEER Report

Chopra A.K. ve Goel R.K. (2004). A modal pushover analysis procedure for estimate seismic demands for unsymmetric-plan buildings. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.33, 903-927.

Chopra A.K. ve Goel R.K. (2001). Capacity demand diagram methods based on inelastic design spectrum, *Earthquake Spectra*, Vol.15, No.4, 637-656

- Goel R.K. ve Chopra A.K. (2004). Evaluation of modal and fema pushover analysis: sac buildings. *Earthquake Spectra*, Vol.20, No.1, 225-254.
- Çakıroğlu A. ve Özer E. (1980). *Malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan sistemler*. Ankara: Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
- Dolsek M. ve Fajfar P. (2005). Simplified non-linear seismic analysis of infilled reinforced concrete frames. . *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.34, 49-66.
- Fajfar P. (2000). A nonlinear analysis method for performance based seismic design. *Earthquake Spectra*, Vol.16., No.3, 573-592.
- Federal Emergency Management Agency. (1997). *FEMA 273 NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*. Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356 prestandart and commentary for the seismic rehabilitation Of buildings*. Washington DC.
- Federal Emergency Management Agency. (2004). *FEMA 440 Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Washington DC.
- Gülkan P. ve Sözen M.A. (1974). Inelastic response of reinforced concrete structures on earthquake ground motions. *Journal Of The American Concrete Institute*, Vol 71., 601-609.
- Günay M.S. ve Sucuoğlu H. (2006). Capacity control method for seismic assesment of low-to-medium rise reinforced concrete buildings. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, Switzerland.

- Günay M.S. ve Sucuoğlu H. (2003). Orta yükseklikteki betonarme binalar için basitleştirilmiş deprem dayanımı değerlendirme yöntemleri. *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul.
- İrtem E. ve Türker K. (2000). Pushover yönteminin hesap adımları, *SAP 2000 Havuzu Bilgi Bankası*,
http://www.comp-engineering.com/downloads/technical_papers/SAP2000/Erdal-Kaan-Umut-ACE2004-bildiri.pdf
- İrtem E. ve Türker K. (2002). Yapıların deprem yükleri altındaki lineer olmayan davranışının belirlenmesinde kullanılan statik yöntemlerin karşılaştırılması. *Balıkesir Üniversitesi IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu*, 425-436.
- İrtem E. ve Türker K. ve Hasgöl U. (2004). Türk deprem yönetmeliğinin performans hedeflerinin lineer olmayan statik analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi.
- Kilar V. ve Fajfar P. (2001). On the applicability of pushover analysis to the seismic performance evaluation of the asymmetric buildings. *European Earthquake Engineering*, Vol. XV., No.1, 20-31.
- Kilar V. ve Fajfar P. (1997). Simple push-over analysis of asymmetric buildings. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.26, 233-249.
- Krawinkler H. ve Seneviranta G.D.P.K. (1998). Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation. *Engineering Structures*, Vol.20, 452-464.
- Miranda E. (2000). Inelastic displacement ratios for structures on firm sites, *Journal of Structural Engineering*, Vol.126, 10, 1150-1159.
- Miranda E. ve Garcia J.R. (2002). Evaluation of approximate methods to estimate maximum inelastic displacement demands. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.31, 536-560.

- Mwafy A.M. ve Elnashai A.S. (2001). Static pushover versus dynamic analysis of R/C buildings. *Engineering Structures*, Vol.23, 407-424.
- Orbay A. (2002). Örneklerle betonarme I. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Özer E. (2004). *Yapı sistemlerinin lineer olmayan analizi ders notları*. 19 Aralık 2004, <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/ysloa.htm>
- Rosenblueth E. ve Herrera L. (1964). On a kind of hysteretic damping. *Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE*, Vol.90, 37-48.
- Shibata A. ve Sözen M.A. (1976). Substitute structure method for seismic design in R/C. *Journal of Structural Divisions, ASCE*, Vol.102, 1-17.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2006). *Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik*. Ankara: Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Türk Standartları. (2000). *TS 500 betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Kurumu.