

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT BİR YAPININ STATİK İTME ANALİZİ
(PUSHOVER) YÖNTEMİ İLE GÜÇLENDİRME
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Hakan ÇELİK

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Necati MERT

Eylül 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR YAPININ STATİK İTME ANALİZİ
(PUSHOVER) YÖNTEMİ İLE GÜÇLENDİRME
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Hakan ÇELİK

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 09/ 09 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Necati MERT
Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr.Naci CAĞLAR

Yrd.Doç.Dr.Muhammet CERİT

Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmalarım süresi boyunca bana her türlü desteği veren danıőman hocam Sayın Yrd .Doç. Dr. Necati MERT 'e minnet ve őükranlarımı sunarım.

Çalıőmalarım esnasında bana yardımcı olmaya çalışan bütün arkadaşlarıma, teőekkürü bir borç bilirim. Verdikleri maddi ve manevi destekten dolayı saygıdeğer aileme de teşekkür ederim.

Hakan ÇELİK

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konu İle İlgili Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	4
BÖLÜM 2	
YAPILAR ÜZERİNDE DEPREM ETKİSİ.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Temel İlkeler.....	5
2.3. Deprem Etkisi Altında Davranış.....	6
2.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri.....	8
2.4.1. Geometri.....	8
2.4.2. Süreklilik.....	8
2.4.3. Süneklik.....	8
2.4.4. Rijitlik.....	9

BÖLÜM 3.

PERFORMANSA DAYALI YAPI TASARIMI.....	10
3.1. Giriş.....	10
3.2. Performans Amaçları.....	10
3.3. Taşıyıcı Eleman Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	11
3.3.1. Hemen kullanım hasar sınırı (fully operational).....	12
3.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety).....	12
3.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (near collapse).....	13
3.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse).....	14
3.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri.....	15
3.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi.....	16
3.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi.....	16
3.4.2. Orta bilgi düzeyi.....	16
3.5. Deprem Hareketi.....	16
3.5.1. Servis (kullanım) depremi.....	16
3.5.2. Tasarım deprem.....	17
3.5.3. En Büyük Deprem depremi.....	17
3.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri.....	18
3.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması.....	19

BÖLÜM 4.

MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ.....	21
4.1. Giriş.....	21
4.2. Kesitin Eğriliği.....	22
4.3. Moment-Eğrilik İlişkisinin Teorik Olarak Açıklanması.....	24
4.4. Bilgisayar Kullanılarak Moment-Eğrilik İlişkilerinin Hesaplanması	29
4.4.1. Malzeme modelleri.....	30
4.4.1.1 Beton modeli.....	30
4.4.1.2 Çelik modeli.....	32
4.4.2 Moment-eğrilik ilişkilerinin çıkarılması.....	33

BÖLÜM 5.

DEPREM PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	34
5.1. Giriş.....	34
5.2. Doğrusal Elastik Yöntemleri.....	35
5.2.1. Yeni binaların doğrusal elastik yöntemle performans belirlenmesi.....	35
5.2.2. Mevcut binaların doğrusal elastik yöntemle performans belirlenmesi.....	36
5.2.3. Yapı elemanlarının performans değerlendirilmesi.....	37
5.3. Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler.....	39
5.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol.....	40
5.3.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	41
5.3.3. Hedef tepe yer değiştirmesinin bulunması.....	43
5.4. Performans Noktasının Hesabı (FEMA356 – Lineer Olmayan Statik Prosedür).....	47
5.5. Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Bulunması.....	51
5.6. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri.....	51
5.6.1. Kesit minimum hasar sınırı.....	51
5.6.2. Kesit göçme hasar sınırı.....	52
5.6.3. Kesit güvenlik hasar sınırı.....	52

BÖLÜM 6

SAYISAL UYGULAMA.....	53
6.1. Giriş.....	53
6.1.1. Yapı ile ilgili genel bilgiler.....	54
6.1.2. Sayısal çözümler.....	58
6.2. Güçlendirme Modellemeleri.....	71
6.2.1. Güçlendirme modellemeleri ile ilgili genel bilgiler.....	72
6.2.2. Güçlendirme modellemelerine ait sayısal çözümler.....	73

BÖLÜM 7.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	101

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

I	:Bina önem katsayısı
μ	: Süneklik oranı
R	: Yapı davranış katsayısı
ZEN	: Deprem katsayısı
T	: Periyod
T_0	: Elastik spektrumun bir karakteristik periyodu
Sa	: Spektral ivme
Sd	: Spektral yer değiştirme
$\Delta_{\text{çatı}}$: Çatı deplasmanı
g	: Yer çekim ivmesi
L_p	: Plastik mafsal boyu
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{i1}	: i. seviyedeki modun şekli
α_1	: Birinci doğal mod için modal kütle katsayısı
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
S(T)	: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
r	: Etki / kapasite oranı
f_{ctm}	: Betonun çekme dayanımı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
A_c	: Brüt beton alanı

f_c	: Beton basınç dayanımı
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş ve perde kesitinin kesme dayanımı
M_n	: n. doğal titreşim moduna ait modal kütle
V_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait taban kesme kuvveti
U_{xN1}	: Binanın tepesinde x doğrultusunda birinci moda ait yer değiştirme
\emptyset_{xN1}	: Binanın tepesinde x doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ	: Katkı çarpanı
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
S_{de1}	: İtme analizinde birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{ae1}	: İtme analizinde birinci moda ait doğrusal elastik spektral ivme
w	: Açısal ivme
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
GM1	: Güçlendirme modeli 1
GM2	: Güçlendirme modeli 2
GM3	: Güçlendirme modeli 3
2007 TDY	: 2007 Türk deprem yönetmeliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Bina Performans Düzeyleri ve Hasar Bölgeleri.....	15
Şekil 3.2.	DBYBHY İvme Spektrumu.....	20
Şekil 4.1.	Eğilmeye çalışan bir elemanda şekil değiştirme (Park ve Paulay)	22
Şekil 4.2.	Çekme ve basınç göçme durumu için M- α ilişkileri.....	23
Şekil 4.3.	M- α ilişkisinin teorik olarak hesaplanması (Park ve Paulay,1975)	24
Şekil 4.4.	Betonarme kesit özellikleri,birim şekil değiştirme ve iç kuvvetler dağılımı.....	26
Şekil 4.5.	M- α İlişkisi.....	28
Şekil 4.6.	C16 kabuk betonu için oluşturulacak sargısız beton modeli.....	30
Şekil 4.7.	C16 göbek betonu için oluşturulacak sargısız beton modeli.....	31
Şekil 4.8.	S220 Çeliği için oluşturulan bilineer model.....	32
Şekil 4.9.	XTRACT programından elde edilen moment-eğrilik (M- α) bağıntısı.....	33
Şekil 5.1.	Taban Kesme Kuvvet – Çatı Deplasmanı (Pushover Eğrisi).....	41
Şekil 5.2.	Modal Kapasite Diyagramı.....	42
Şekil 5.3.	$T_1(1) \geq T_B$ durumunda nonlinear spektral yerdeğişmenin elde edilişi.....	44
Şekil 5.4.	$T_1(1) < T_B$ olması durumunda nonlinear spektral yerdeğişmenin elde edilişi.....	46
Şekil 5.5.	Performans noktasının hesabı.....	48
Şekil 6.1.	Mevcut yapıya ait normal kat planı.....	55
Şekil 6.2.	Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüşü.....	56
Şekil 6.3.	Mevcut Z+2 katlı yapının taban kesme kuvveti – yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	59

Şekil 6.4.	Mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve mevcut donatılı yapının 2007 TDY göre yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	63
Şekil 6.5.	Z+2 katlı yapının 2007 TDY'ne göre yeniden inşa edilmiş haline ait taban kesme kuvveti – yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	66
Şekil 6.6.	2007 TDY göre yeniden boyutlandırılan yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	69
Şekil 6.7.	2007 TDY'ne göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın kat planı (Model 1).....	73
Şekil 6.8.	Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre model 1 perdeler ile güçlendirilmiş yapının taban kesme kuvveti–yer değiştirme diyagram (Pushover Eğrisi).....	75
Şekil 6.9.	Z+2 Katlı yapının 2007 TDY'ne göre model 1 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	79
Şekil 6.10.	2007 TDY'ne göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın kat planı (Model 2).....	80
Şekil 6.11.	Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre model 2 perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti–Yer değiştirme diyagram (Pushover Eğrisi).....	82
Şekil 6.12.	Z+2 Katlı yapının 2007 TDY'ne göre model 2 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	87
Şekil 6.13.	2007 TDY'ne göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın kat planı .	88
Şekil 6.14.	Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre model 3 perdeler ile güçlendirilmiş yapının taban kesme kuvveti–yer değiştirme diyagram (Pushover Eğrisi).....	90
Şekil 6.15.	Z+2 Katlı yapının 2007 TDY'ne göre model 3 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	94
Şekil 7.1.	Taban Kesme Kuvvetindeki Değişim.....	96

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Binalar İçin Hedeflenen Minimum Performans Düzeyleri.....	18
Tablo 3.2.	Spektrum Karakteristik Periyotları.....	19
Tablo 3.3.	Etkin Yer İvme Katsayısı.....	19
Tablo 3.4	Bina nem Katsayısı.....	20
Tablo 5.1.	Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	37
Tablo 5.2.	Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	38
Tablo 5.3.	Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	38
Tablo 5.4.	FEMA356 C ₀ değerleri.....	49
Tablo 5.5.	FEMA356 C _m değerleri.....	49
Tablo 5.6.	FEMA356 C ₂ değerleri.....	50
Tablo 6.1.	Yapı Taşıyıcı Elemanlarına ait donatı çap ve adetleri	57
Tablo 6.2	Mevcut Durumda herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü.....	58
Tablo 6.3.	FEMA356 performans noktası raporundaki ifade aımları.....	60
Tablo 6.4.	Yapının Mevcut Durumuna ait +E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	61
Tablo 6.5.	Yapının Mevcut Durumuna ait -E(x) yönünde FEMA 356 raporu	61
Tablo 6.6.	Yapının Mevcut Durumuna ait +E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	62
Tablo 6.7.	Yapının Mevcut Durumuna ait -E(y) yönünde FEMA 356 raporu	62
Tablo 6.8.	2007 TDY'ne göre herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü.....	65
Tablo 6.9	2007 TDY'ne göre yeniden zmlenmiő haline ait +E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	62

Tablo 6.10	2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş haline ait -E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	62
Tablo 6.11	2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş haline ait +E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	65
Tablo 6.12	2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş haline ait -E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	68
Tablo 6.13	GM1'e ait herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü.....	74
Tablo 6.14	Model 1 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	76
Tablo 6.15	Model 1 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	76
Tablo 6.16	Model 1 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	77
Tablo 6.17	Model 1 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	77
Tablo 6.18	GM2'ye ait herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü.....	81
Tablo 6.19	Model 2 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	83
Tablo 6.20	Model 2 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	84
Tablo 6.21	Model 2 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	84
Tablo 6.22	Model 2 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	85
Tablo 6.23	GM3'e ait herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü.....	89
Tablo 6.24	Model 3 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	91
Tablo 6.25	Model 3 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(x) yönünde FEMA 356 raporu.....	91
Tablo 6.26	Model 3 Güçlendirme Uygulamasına ait +E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	92

Tablo 6.27	Model 3 Güçlendirme Uygulamasına ait -E(y) yönünde FEMA 356 raporu.....	95
Tablo 7.1.	Yapılmış Olan Çalışmalarla Karşılaştırma.....	97

ÖZET

Anahtar kelimeler: Pushover Analiz, Kapasite Eğrisi, Kapasite Spektrumu, Nonlinear Statik Analiz, Performans Metodu, Statik İtme Yöntemi

Bu çalışmada, betonarme yapı sistemlerinde gerçeğe daha yakın bir sonuç veren ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan statik-itme (Pushover) analizi anlatılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem güvenliğinin tahkiki ve deprem güvenliği yetersiz olan yapıların güçlendirilmesi konuları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca “Statik İtme Yöntemi” kullanılarak mevcut bir betonarme yapının deprem güvenliği tahkik edilmiştir.

Altı bölüm halinde sunulmuş olan bu çalışmanın, birinci bölümünde çalışmanın amacı, konunun tanıtılması ve konunun önemi vurgulanmıştır.

İkinci,üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümlerde yapıların üzerinde deprem etkisinin nasıl olduğu, performansa dayalı yapı tasarımının nasıl yapılabileceği, DBYBHY2007 yönetmeliğinde belirtilen deprem performansı hesaplama yöntemleri kısaca tanıtılmış ve depremde yapının performansının nasıl hesap edileceği hakkında bilgiler verilmiştir

Altıncı bölümde İdeCad 5 Enterprise 5.510 analiz programı yardımıyla zemin üstü 2 katlı mevcut bir yapının 2007 TDY göre ayrı ayrı analizi yapılmıştır.

Son bölümde analiz sonuçları için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

THE ANALYSES OF THE STRUCTURES WITH THE USE OF STATIC PUSHOVER METHOD

SUMMARY

Keywords : Pushover analyse, capacity curve, capacity spectrum, nonlinear staticanalyse, performance method, static pushover method

In this research, the pushover analyse, in the concrete structural systems resulting in more realistic analyses and in nonlinear analyse methods has been examined. By using this method, the behaviour of the buildings against the earthquake forces has been considered, the quake safety verification and the reinforcement of the buildings which show unsafety from the point of view of resistance against the quake forces has been explained. Although by using “static pushover analyse”, the verification of the resistance against the earthquake forces of the present building has been done and its reinforced situation’s performance results has been considered.

This research is represented in six chapters, the first chapter includes the aim of this research, introduction the issue and it’s emphasize

Chapter 2,3,4,5 includes In this study we look at earthquake effects on buildings and how to solve structural designs against performance. In DBYBHY-2007 regulations, earthquake performance evaluation methods explained in short and give information about how to evaluate structural performance of buildings during earthquakes.

In chapter 6, three storied present building is analysed by using the İdeCad 5 Enterprise 5.510 software according to the TDY respectively 2007 version and another analyse has been applicated to the reinforced type of the same building.

In the last chapter analyse outcomes are compared and general lookover has been done.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen büyük şiddetli 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Kocaeli-Düzce depremlerinin ardından yerinde yapılan incelemelerde mevcut yapıların büyük bir kısmında proje ve/veya imalat ve kullanım hatalarından dolayı hasar ve can kaybının çok yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkelerde depremden sonra bir yapının hemen kullanılıp kullanılmayacağı veya güçlendirilip güçlendirilmeyeceğinin belirlenmesi önemlidir. Bunun yanı sıra öngörülen bir deprem için bir yapının kapasitesinin tayin edilerek güvenlik düzeyinin belirlenmesi ve bu çalışmalarının sonucunda yapının kullanımı hakkında karar verilmesi olası bir depremde hasarın sınırlı kalmasını sağlayabilecektir.

Depremlerden elde edilen deneyimler sonucunda birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde deprem yönetmelikleri değiştirilmektedir. Yeni deprem yönetmeliklerinde yapıların güvenlik seviyeleri yükseltilmektedir. Ülkemizde bir çok yapının yürürlükteki deprem yönetmeliğinden daha önce inşa edildiği, inşa sırasında imalat hatalarının yapılma olasılığının yüksek olduğu ve çoğu zaman projesinde göz önüne alınan kullanım amacından farklı ve itinasız kullanıldığı göz önüne alındığında bir program çerçevesinde riskli bölgelerdeki önemli yapılardan başlamak üzere tüm yapıların deprem performanslarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bir yapının deprem performansı yapının talep edilen sismik yer hareketini karşılayabilme kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Statik itme (pushover) analizi olarak bilinen nonlineer (doğrusal elastik olmayan)statik yöntemin kullanılışı 1970'li yıllara dayanmaktadır. Fakat özellikle son 10-15 yılda önem kazanmaya başladığını, bu konuda yapılan yayınların yoğunluğundan anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda öncelikle bu konunun uygulanabilirliği üzerinde tartışmalar başlamış, avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Yöntem hali

hazırda kullanılan doğrusal elastik yöntemlerle ve doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

Statik itme (pushover) analizinin amacı, yapının dayanım ve deformasyon (şekil değiştirme) kapasitelerini belirleyerek ilgili performans düzeylerindeki deprem sistemi ile karşılaştırmak suretiyle, yapının performansını değerlendirmektedir. Bu yöntemde ikinci mertebeye etkisi, malzemenin elastik ötesi davranışı ve iç kuvvetlerin yeniden dağılımı dikkate alınmaktadır.

“Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi şeklindedir.”

Doğrusal analiz yöntemleri, yukarıdaki bu şartı sağlamak için yönetmeliklerde belirtilmiş olan belli başlı katsayıları kullansa da, deprem sonrası yapıda oluşabilecek hasar durumları için fikir yürütmekte yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, aynı yapının defalarca deprem etkisine maruz kalması sonucunda nasıl bir davranış biçimi sergileyeceği konusu da tam bir belirsizlik arz etmektedir. Buradan hareketle, doğrusal hesap yöntemlerinin yapının deprem hesabında yetersiz kaldığı sonucuna varılabilir.

1.1. Konu İle İlgili Çalışmalar

Doğrusal analizle yapının elastik kapasitesi belirlenirken, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde yapının elastik ötesi kapasitesi de göz önünde bulundurulmaktadır.

Yapılar için, sabit düşey yükler altında, yatay yüklerin kademeli artırılmasıyla yapılan doğrusal olmayan hesap yöntemine “Statik İtme Yöntemi” denir. Bu yöntem, binanın deprem esnasındaki davranışını daha gerçekçi olarak temsil ettiği için, hesaplamaların daha doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Statik itme yönteminde binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır. Bu

hesaplama yönteminde malzemenin elastiklik sınırları dışında kalan plastiklik kapasitesinden de yararlanılmaktadır.

Performansa dayalı doğrusal analiz aşağıdaki şu sorulara rahatlıkla çok yaklaşık cevap verebilecek nitelikte bir yöntemdir:

- a) Hangi taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hasar oluşacaktır?
- b) Taşıyıcı sistem içinde hasar dağılımı nasıldır?
- c) Bu hasarların miktarı nedir?
- d) Muhtemel göçme mekanizmaları nelerdir?

Bu soruların cevaplandırılması için;

- 1- Binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır,
- 2- Yapının artan yatay yükler altında ne şekilde davrandığı, elastik ötesi davranış da dikkate alınarak oluşturulan kuvvet-deplasman eğrisiyle belirlenir (pushover eğrisi)
- 3- Belirli bir deprem altında yapının talep ettiği spektral deplasman belirlenir.
- 4- Belirlenen deplasman talebine ulaşmış yapının performans düzeyi belirlenir.

Sonuç olarak, Statik-İtme Yöntemi deprem kuvvetlerinin binadan talep ettiği ile binanın o depreme verebileceği cevabın (kapasite, kuvvet-deplasman (pushover eğrisi) kesiştiği noktadaki, diğer bir deyişle performans noktasındaki durumunun incelenmesidir. Bu performans noktasındaki bina özellikleri, binanın kullanım amacına ve mal sahibinin yapıdan ne beklediği ile alakalı olarak önceden tespit edilir. Bu noktada ana amaç, ekonomik durumlar ne olursa olsun en az can güvenliği seviyesinin sağlanması olmalıdır.

Günümüzde performansa dayalı tasarımda ATC-40 ve FEMA-356 (FEMA 273/274) olmak üzere birbirine yakın iki yaklaşım mevcuttur.

ATC-40 sadece betonarme binaların incelenmesi, değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için olmasına karşılık, FEMA-356 diğer tüm binalar için de kullanılabilir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Deprem mühendisliği uygulamalarında mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesinde ve yeni yapıların deprem tasarımında şekil değiştirmeye göre tasarlanması ilkesinin benimsenmesi ile önemli bir gelişme gerçekleşmiştir. Bu nedenle mart 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin içeriği bu ihtiyacı karşılamayı hedeflemektedir. Yönetmeliğin ilk 6 bölümü dayanım esaslı olarak düzenlenmiş olup 7. bölümü performansa dayalı olarak düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, DBYBHY- 2007 de yer alan performans yöntemlerinden bahsedilmiş ve 17 Ağustos 1999 Marmara Depremine maruz kalan zemin üstü 2 katlı betonarme bir yapının performans seviyelerindeki farklılığı görmek için, 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre performansı hesaplanmış, 2007 TDY göre yeniden yapılması halinde performans seviyesi incelenmiş ve 2007 TDY göre güçlendirme yapılması halindeki performans seviyeleri ayrı, ayrı incelenmeye çalışılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yedi bölümden oluşan çalışmanın;

İkinci Bölümünde yapıların üzerinde deprem etkisi, üçüncü bölümde performansa dayalı yapı tasarımının nasıl yapılabileceği, dördüncü bölümde moment-eğrilik ilişkileri ve beşinci bölümde ise DBYBHY de yer alan performans yöntemleri üzerinde bilgi verilmiştir.

Altıncı Bölümde ise, mevcut zemin üzeri + 2 katlı yapı modelinin performansları üzerindeki karşılaştırmalar yapılmış ayrıca Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sayısal uygulamalar bilgisayar paket programı olan İdeCad 5 Enterprise 5.510 versiyonunda yapılmıştır.

BÖLÜM 2. YAPILAR ÜZERİNDE DEPREM ETKİSİ

2.1. Giriş

Betonarme yapıların, düşey yükler yanında yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Betonarme yapılarda sabit yükler sınıfında sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları ile hareketli yükler, düşey yükleri oluştururlar. Deprem ve rüzgâr etkileri ise en önemli yatay yükleri meydana getirirler. Bu yükler düşey yüklerden farklı bir özellikte olduğu için, yapının güvenliğini sağlarken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması ve ilgili konstrüktif kurallara uyulması gerekir [2].

2.2. Temel İlkeler

Yurdumuzda, yerleşim yerlerinin büyük bir kısmı yüksek deprem riski taşıyan deprem kuşağı üzerinde bulunması, depreme karşı yeteri kadar güvenli ve bunun yanında ekonomik koşullar da göz ardı etmeyen yapı tasarımının mühendislik açısından önemli kılmaktadır. Depreme dayanıklı ve ekonomik yapı tasarımının gerçekçi bir yaklaşımla sağlanabilmesi için;

Yapıların ömürleri süresince maruz kalabilecekleri depremlerin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesi;

Bu deprem etkileri altında yapılardan beklenen davranışın güvenlik ve ekonomi koşullarını bir arada optimum düzeyde sağlayacak şekilde belirlenmesi;

Boyutlandırılan yapı sistemlerinin deprem etkileri altında gerçek davranışlarının izlenerek göçme güvenliklerinin bulunmasına olanak sağlayan ileri hesap yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekir [3].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması hasarların sınıflandırılması ve yapı içerisindeki hayatlara zararlarının kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma ilkeleri söz konusudur [3].

2.3. Deprem Etkisi Altında Davranış

Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşey faydalı yükler de benzer türden özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi, ani değil belli bir süre içerisinde gerçekleşir. Yükleme ve bu yüklemenin değeri bir zaman içerisinde meydana geldiği için, taşıyıcı sistemde kusurlar ortaya çıktığında, hemen yük boşaltılarak tedbir alma yönüne gidilir. Rüzgar ve deprem yükleri çok kısa zamanda etkiler ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda ortaya çıktığı için, herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye etkili olmak mümkün olmaz [4].

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Büyük depremler şiddetli hasarlar meydana getirirler ve seyrek meydana gelirler. Yani, dönüşüm periyotları uzun olur. Buna karşılık sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve dönüşüm periyotları küçüktür. Deprem yönetmeliğinde yapının amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ila 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı binanın dayanımı söz konusu edilir. Ancak bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistem elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Buna karşılık bu değerlerin % 15 - % 20 gibi oldukça küçük bir oranın elastik davranış içinde karşılanması esas alınır ve daha küçük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Bu durumda deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine yıllık ihtimali % 1 - % 3 gibi yüksek bir oran olarak ortaya çıkar Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise % 0,01 gibi

oldukça düşük bir oran civarında bulunur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksiklerin ne derece sorun meydana getirdiği anlaşılır [2].

Yapıların boyutlandırılmasında depreme karşı dayanımının da önemli olduğu düşüncesi 1920 yıllarına dayanmaktadır. Sayısal ölçümlerinin eksikliğinin de sonucu olarak, deprem etkisi yapının ağırlığının yaklaşık % 10 u yatay yük olarak kabul edilmiştir. Yakın zamanda bilgisayarlardaki gelişmelerde, taşıyıcı sistemin çözümlenmesini daha ayrıntılı biçimde yapma imkânı vermiştir. Bu arada depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte eğilme momenti dayanımı bulunmasının, taşıyıcı sistem bütünlüğü bozulmamak koşulu ile her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, orta ve yüksek katlı yapıların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlemenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yer değiştirmenin meydana geldiği göstermiştir [2].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi şeklindedir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen önemle vurgulanır. Ayrıca taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli bir husustur. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 de tanımlanan tasarım depremi, yapı önem katsayısı birim olan binalar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içinde aşılması olasılığı % 10 olan yer hareketine karşı gelmektedir [2].

2.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri

2.4.1. Geometri

Yapılan gözlemlerden yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının o derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunu, çeşitli nedenleri göz önüne alarak açıklamak mümkündür. Basit ve düzenli yapıların yapımı da kolaydır ve yapımında hata yapma olasılığı azdır. Bu tür yapıların depremdeki davranışını tahmin etmek ve buna göre bir çözümleme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini göz önüne almak daha uzun işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları ile burulma etkisi hesaba katılabilir de ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmek, onu göz önüne almaktan her bakımdan daha mantıklıdır [4].

2.4.2. Süreklilik

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi davranışı olumlu yönde etkiler. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım emesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılmış olur. Ayrıca, bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulmuş kısmı da büyütülmüş olur [4].

2.4.3. Süneklilik

Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının sünekliliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında taşıyıcı elemanların yardımlaşmasını sağlamak yanında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altında projelendirme daha çok dinamik deprem yüklerinin karşılanmasında önem kazanır[4].

Bir kesitin, elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekildeğiştirme, yer değiştirme yapma ölçüsü süneklik, göçme sırasındaki toplam şekil değiştirmelerin lineer şekil değiştirmelere oranı ise; sistem süneklik oranı olarak tanımlanmaktadır. Göçmeden önce yapı yeterli düzeyde lineer olmayan şekil değiştirme yapabilmeli, yani sistem süneklik oranı büyük değerler almalıdır [5].

2.4.4. Rijitlik

Yatay yükler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik, yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay yüklerin büyümesiyle donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hâkim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür [4].

BÖLÜM 3. PERFORMANSA DAYALI YAPI TASARIMI

3.1. Giriş

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde amaç, sismik performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesini sağlamaktır. Performans kavramı, deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavramdır. Öncelikle mevcut yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin hesaplanması ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Zaman geçtikçe yeni yapıların tasarımında da performans kavramı önemini kazanmıştır.

Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılır. Performans seviyesi, depremden sonra yapıda meydana gelebilecek hasar durumu ile alakalıdır. Performansa dayalı yapı tasarımında belirli bir deprem etkisinde yapıda birden fazla hasar seviyesinin ortaya çıkması öngörülür [6].

3.2. Performans Amaçları

Performansa dayalı tasarımın amacı, yapıların meydana gelmesi beklenen depreme karşı göstereceği davranışı yani sismik performansı belirlemektir. Belirli bir deprem etkisi altında kabul edilebilir maksimum hasar durumlarının belirlenmesi şeklinde tanımlanan sismik performansın amacı, büyüklüğü verilen deprem yer hareketi için tahmin edilen bina performansının seçilmesi için saptanır. Bir performans amacının çeşitli deprem durumlarını içermesi durumunda bu performans amacı çoklu performans amacı olarak isimlendirilir. Depreme dayanıklı genel yapı tasarımı ilkelerinden özellikle can güvenliği ve yapının göçmemesi, deprem yönetmelikleriyle açık bir şekilde önlenmiştir.

Performansa dayalı tasarım bir tasarım depreminin ardından hemen kullanım can güvenliği ve yanal stabilite gibi performans seviyelerini yapıda belirlemek için kullanılmaktadır. Bu amaç performansa dayalı depreme dayanıklı yapı tasarımının esas anlayışını göstermektedir. Deprem güvenliği belirlenecek veya güçlendirilecek binalarda taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranması durumu taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve ona bağlı olan deprem yükü azaltma katsayısı ile göz önüne alınır. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının tek bir katsayı ile göz önüne alınması, buna bağlı olarak depremde meydana gelen kuvvetlerin ve oluşacak olan yer değiştirmelerin belirlenmesi bakımından yetersiz görülebilir. Mevcut binaların deprem güvenliğinin yetersiz bir yöntemle incelenmesi, gerçekçi güç tükenmesi mekanizmasının belirlenmesinde ve yeterli güvenliğin elde edilmesindeki belirsizlikleri beraberinde getirir. Sonuç olarak, binada maliyeti yüksek ve aşırı güvenli güçlendirmenin yapılması veya bunların bina sahibinin istekleri doğrultusunda oluşmaması gibi durumlar ortaya çıkar. Performans kavramı bu eksikliklere cevap vermek üzere oluşturulmuştur. Performansa dayalı incelemede ilk adım bina için Deprem Performans Amacı tanımıdır.

3.3. Taşıyıcı Eleman Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün teknotik yapısının incelenmesinde deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek oldukça kolay olmasına karşılık, yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması, hasarın sınıflandırılması ve yapı içerisindeki hayatının kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde koruma söz konusudur. Bu seviyelerin belirlenmesi toplumun bu konuda yapacağı fedakârlığa ve ekonomik duruma bağlıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Deprem

dayanıklı yapı tasarımında, depremden hemen sonra yapının işlevine devam edebilmesi, meydana gelen deprem hasarının sınırlı ve onarılabilir olması, yapı içerisindeki can güvenliğinin sağlanması ve göçmenin önlenmesi şeklinde olmak üzere, değişik sınır durumlara karşı belirli düzeylerle güvenlik sağlanması amaçlanmaktadır. Öngörülen güvenlik düzeyi, yapının önemine, kullanım amacına ve yapıdan beklenen performansa bağlı olarak değişmektedir.

3.3.1. Hemen kullanım sınır durumu (fully operational)

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. Varsa gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu durumdaki bina hemen kullanım durumunda kabul edilir [1].

Hemen kullanım durumunda binada küçük elektro-plastik şekil değiştirmelere izin verilmektedir. Taşıyıcı sistemin ana elemanı olarak kabul edilen kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörülmüşken, kirişlerde belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada oldukça zor bir şart olarak ortaya çıkmaktadır [11].

3.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety)

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir [7].

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, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Bu durumda bina Can Güvenliği durumunda 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 kuvvetinin toplamının, o kattaki tüm kattaki kolonların kesme kuvvetinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içerisindeki dağılıma göre karar verilir [1].

Hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmesi, önemli ve daha çok önemli kolonların ayrılabilmesi bakımından dikkat çekicidir. En üst katın, taşıyıcı sistem kararlılığındaki daha az etkili duruma da dile getirildiği görülmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun de hasar bölgesine erişmesi anlamlı bir durum olarak kabul edilmektedir. Benzer güçlü kolon kavramının olumlu yanının ortaya çıkarıldığı görülmektedir [11].

3.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (near collapse)

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir kısmı yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur [7].

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 Bölgesindedir. Bu durumda bina Göçmenin Önlenmesi Durumunda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunda 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 ulaşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetinin toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmesi gereklidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir [1].

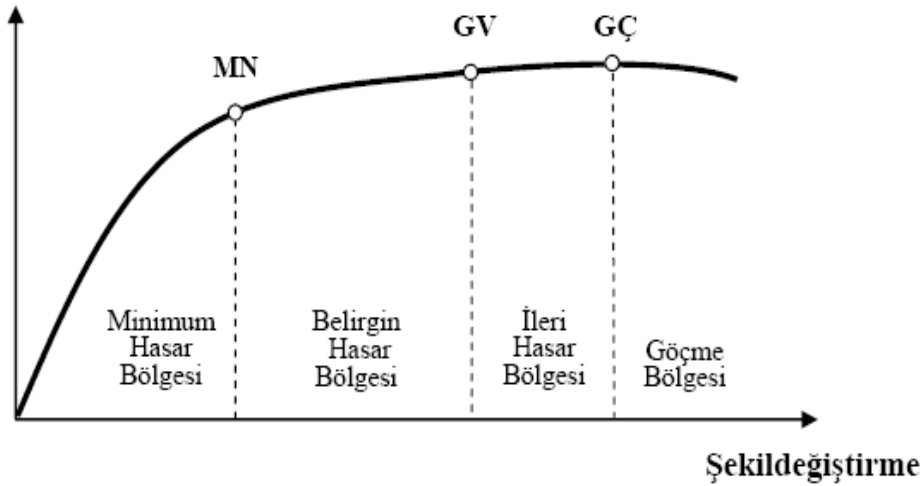
Sünek elemanlar için çeşitli hasar durumları tanımlanırken, gevrek elemanların taşıma güçlerine eriştikten sonra doğrudan göçme durumuna geldiği kabul edilmektedir. Burada da hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi olumsuz ve güçlü kolon kavramı olumlu bir durum olarak kabul edilmektedir [11].

3.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse)

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler olmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşliğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddetteki bir yer hareketi altında yıkılma olasılığı yüksektir [7].

Bina göçmenin önlenmesi durumunu sağlamıyorsa Göçme Durumundadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [1].

İç Kuvvet



Şekil 3.1. Bina Performans Düzeyleri ve Hasar Bölgeleri [1].

3.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Binanın deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının belirlenmesi için binanın taşıyıcı sistemi konusunda bilgi toplanması gerekir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binanın projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilir [11].

Binadan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın belirlenmesi, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [11].

Bilgi düzeyleri sırayla sınırlı, orta, kapsamlı olarak sınıflandırılır.

3.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi ‘Deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar’ ile ‘İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar’ için uygulanamaz. Bilgi düzeyi katsayısı 0,70’dir [11].

3.4.2. Orta bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcutsa sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri kontrol edilir. Bilgi düzeyi katsayısı 0,90’dır [11].

3.4.2. Kapsamlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve projede bilgilerinin kontrol edilmesi için yeterli düzeyde ölçümler yapılır. Bilgi düzeyi katsayısı 1,00’dir [11].

3.5. Deprem Hareketi

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık süreç içerisinde aşılma olasılıklarına göre ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilir.

3.5.1. Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Dönüş periyotları incelendiğinde kullanım depreminin binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği bir deprem olarak kabul edilebilir [10]. Bu deprem etkisi, aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.

3.5.2. Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 474 yıldır. Bu deprem 1998 deprem yönetmeliğinde esas alınmaktadır.[7]. Bina önem katsayısı 1 olan yeni konut yapıları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Binanın ömrü boyunca maruz kalma ihtimali düşük bir etkidedir.[10]. DBYBHY-2007’de tasarım depreminde, binanın taşıyıcı sisteminde yapısal elemanlarda oluşacak hasarı kabul eder ve sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalmasını öngörür. Bu kabul, yani sınırlı hasarın kabul edilmesi taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının kullanılmasına karşılık gelir [10].

3.5.3. En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık 1,5 katı kadardır [7].

En büyük depremin yeni projelendirilen toplumsal önemli binalar için göz önüne alınan deprem etkilerine belirli bir yaklaşıklıkla karşı geldiği söylenebilir. Yeni binalarda bu deprem etkisi bu deprem etkisi yeni bina katsayısının 1 den büyük seçilmesi ile oluşur [10].

3.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bir bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapısal performans, bir yapıyı oluşturan taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyesi (düzeyleri) ile tanımlanır. Bir yapı için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

Aşağıdaki tabloda, deprem yönetmeliğinde öngörülen çok seviyeli performans hedefi için bir örnek verilmiştir. Bu tablo yeni tasarımı yapılacak binalar için söz konusu olan bina önem tablosu katsayısını benzerdir. Yeni binalar için bina önem katsayısı ile karşılanması öngörülen deprem etkisi arttırılır. Mevcut binalarda ise binanın kullanım amacı ve türü, deprem etkisine göre binanın sağlaması gereken performans hedefini değiştirmektedir [10].

Tablo 3.1. Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri (DBYBHY–2007) [1].

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılıda %50	50 yılıda %10	50 yılıda %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	HK	CG	-
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	-

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

3.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı $A(T)$ ile gösterilmiştir. % 5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral İvme $S_{ae}(T)$, Spektral ivme katsayısı ile g nin çarpımına karşı gelmektedir [1].

$$A(T) = A_o \cdot I \cdot S(T)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (3.1.)$$

DBYBHY – 2007 yönetmeliğinde tasarıma esas yer hareketinin belirlenmesinde kullanılan, ivme spektrumlarının T_A ve T_B karakteristik değerlerinin zemin sınıfına göre dağılımı Tablo 3.2’de, deprem bölgelerine göre sınıflandırılan etkin yer ivme katsayısı Tablo 3.3’de, yapıların kullanım amacına göre belirtilen bina önem katsayısı Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) [1].

Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

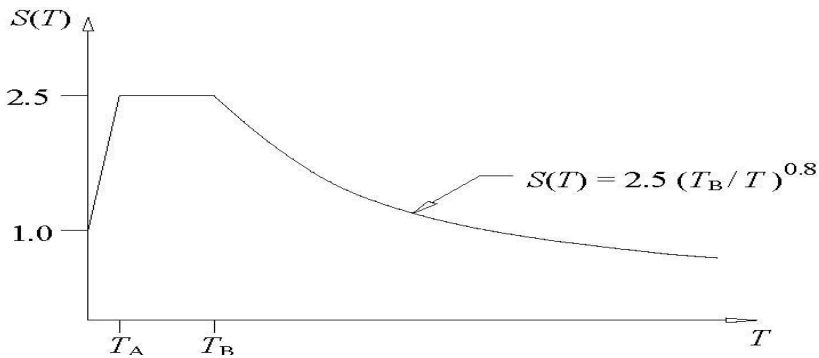
Tablo 3.3. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_o) [1].

Deprem Bölgesi	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 3.4. Bina Önem Katsayısı (I) [1].

Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu yerler	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Tablo 3.2 deki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak yukarıda belirtilen denklem 3.1.den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır [1].



Şekil 3.2. DBYBHY ivme spektrumu [1]

BÖLÜM 4. MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ

4.1. Giriş

Depreme maruz kalma ihtimali yüksek bölgelerdeki yapıların, deprem yükleri altında kalması durumunda sünek davranış gösterecek şekilde tasarlanması, dikkate alınması gereken çok önemli bir unsurdur. Yapı elemanlarında gevrek göçmeler oluşmamalı ve taşıyıcı elemanlar yük taşıma kapasitelerine ulaşana kadar büyük şekil değiştirmeler yapabilmelidirler. Günümüzde geçerli olan depreme dayanıklı yapı tasarım felsefesi yapı elemanlarının, büyük şiddetteki depremleri göçmeden atlatabilmesi için elastik ötesi davranış yaparak yapıya giren enerjinin sönümlenmesi üzerine kuruludur. Bu nedenle, yapı elemanlarının kritik kesitlerindeki eğilme momenti, kesme kuvveti ve normal kuvvetin, elemanın sünekliğine bağlı olarak yeniden dağılımına izin verecek şekilde tasarlanması gereklidir. Örneğin, bir yapı yük taşıma kapasitesine yaklaşıldığında bazı kesitler moment taşıma kapasitesine diğer elemanlardan daha önce ulaşabilir. Fakat, bu kesitlerde plastik dönmeler oluşur ise moment yeniden dağılımı gerçekleşir ve bu elemanlardaki moment değeri sabit kalırken diğer elemanlarda moment taşıma kapasitelerine ulaşana kadar daha fazla yükler taşınabilir.

Ayrıca yapı elemanlarının kesme ve burulmaya bağlı ilişkileri de yapının daha fazla yük taşımasını sağlamaktadır. Ancak, bu bölümde yapı elemanlarının sadece moment-eğrilik ilişkileri açıklanacak, kesme ve burulmadan dolayı oluşabilecek göçmelere karşı kesitlerin güvenli olduğu kabul edilecektir.

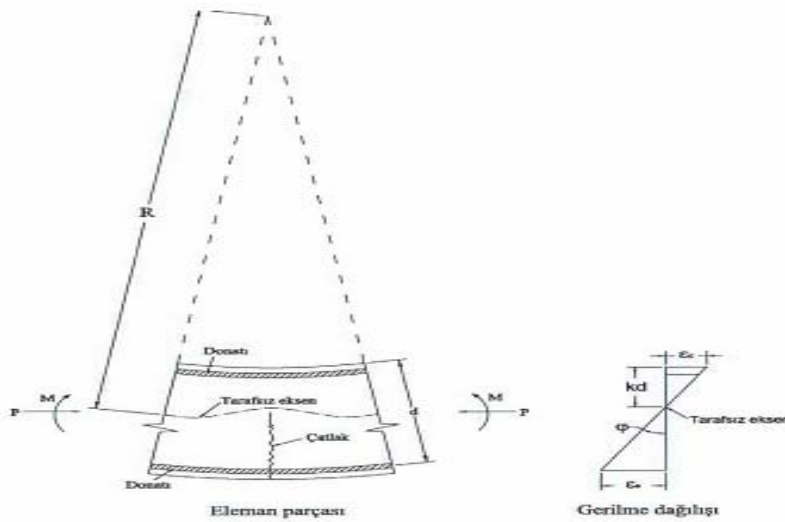
4.2. Kesitin Eğriliği

Şekil 4.1’ de betonarme bir elemanın başlangıçta düz olan bir kesitinin iki ucunda eşit moment ve aksenal yük altındaki davranışı gösterilmiştir. Eğrilik yarıçapı R , tarafsız eksen denilen mesafe olarak tanımlanır. Eğrilik yarıçapı R , tarafsız eksen derinliği k_d , en üst beton basınç lifi birim şekil değiştirmesi ε_{cm} ve çekmeye çalışan donatıdaki birim şekil değiştirme ε_s , oluşan çatlakların arasındaki betonun da çekme yükü taşıması nedeni ile eleman boyunca değişecektir. (Park ve Paulay, 1975). Şekil 4.1’de verilen değişkenlere bağlı olarak elemanın dx gibi küçük bir uzunluğu dikkate alınır, bu elemanın iki ucu arasındaki dönme;

$$\frac{dx}{R} = \frac{\varepsilon_{cm} dx}{kd} = \frac{\varepsilon_s dx}{d(1-k)} \quad \therefore \quad \frac{1}{R} = \frac{\varepsilon_{cm}}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} \quad (4.1)$$

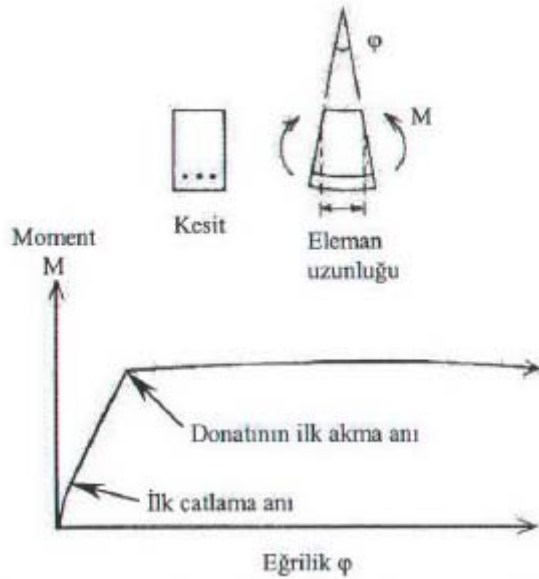
bağıntısı ile bulunabilir. Böylece $\frac{1}{R}$, eleman eğriliği olarak tanımlanır ve φ ile gösterilir.

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{cm}}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} = \frac{\varepsilon_{cm} + \varepsilon_s}{d} \quad (4.2)$$



Şekil 4.1 Eğilmeye Çalışan bir elemanda şekil değiştirme (Park ve Paulay, 1975)

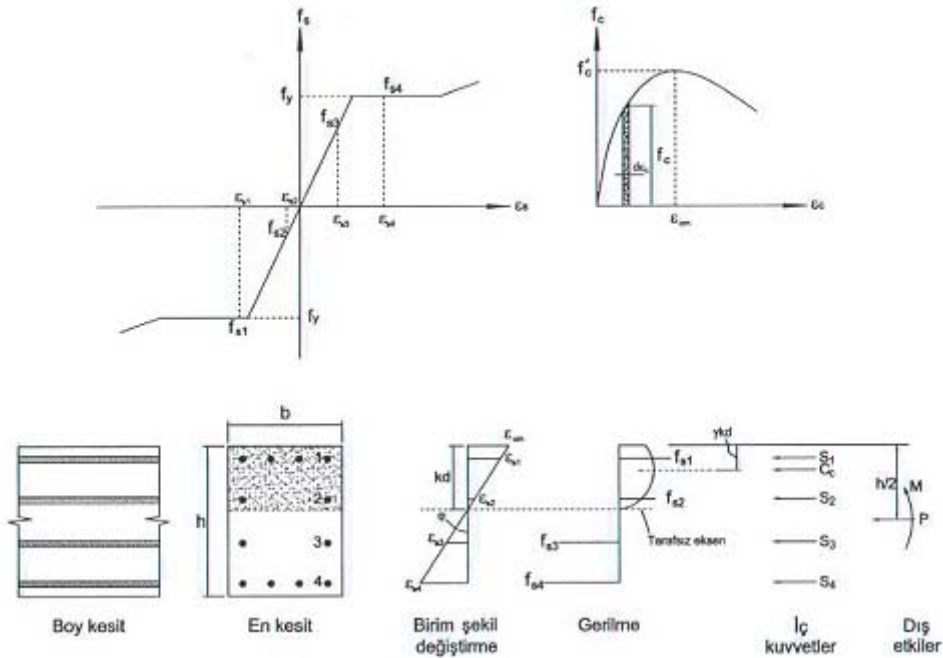
Gerçekte eğrilik, tarafsız eksen derinliğinin ve oluşan çatlaklar arasındaki birim şekil değiştirmelerin eleman boyunca sürekli farklılaşması nedeni ile değişmektedir. Eğer çatlak üzerindeki eleman uzunluğu küçük ise ϵ_c ve ϵ_s çatlama kesitteki birim şekil değiştirme değerleri olmak üzere eğrilik bağıntı (4.2) ile hesaplanır (Park ve Paulay,1975). Eğer bir elemanın kritik kesitindeki birim şekil değiştirmeler, eleman eğilme momenti taşıma kapasitesine kadar yüklenirken ölçülebilir ise bağıntı (4.2) ile her moment değerine karşılık gelen eğrilikler hesaplanıp söz konusu elemanın $M- \varphi$ ilişkisi elde edilmiş olur. Şekil 4.2’de tek donatı sırasına sahip basit bir kiriş elemanın çekme ve basınç göçmesi durumu için $M- \varphi$ ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Çekme ve Basınç göçmesi durumu için $M- \varphi$ ilişkileri (Park ve Paulay,1975)

4.3 Moment-Eğrilik İlişkisinin Teorik Olarak Hesaplanması

Eğilme ve aksenal yük altındaki betonarme kesitlerin teorik $M-\varphi$ ilişkileri, eğilmeden önce düzlem olan kesitin eğilmeden sonra da düzlem kaldığı ve donatı çeliği ile betona ait gerilme birim şekil değiştirme ilişkilerinin bilindiği kabullerine dayanarak hesaplanabilir. Belirli bir eğilmeye ve aksenal yüke karşılık gelen eğrilik değeri, beton ve donatıdaki birim şekil değiştirmelerin üçgen benzerliğinden yararlanılarak bulunması ile iç kuvvetlerin dengesinden hesaplanır.



Şekil 4.3 $M-\varphi$ ilişkisinin teorik olarak hesaplanması (Park ve Paulay,1975)

Şekil 4.3'te donatı çeliği ve beton için bilinen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri ve belirli bir eğilme ve eksenel yüke sahip bir betonarme kesit gösterilmiştir. Şekil 4.3'te f_y boyuna donatı akma dayanımı, f'_c beton dayanımıdır. Verilen bir en üst beton basınç lifindeki birim şekil değiştirme ϵ_{cm} ve kd tarafsız eksen derinliği için her donatı sırasındaki $\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}, \epsilon_{s4}, \dots, \epsilon_{si}$ birim şekil değiştirmeler, benzer üçgenlerden i . Donatı sırasının d_i derinliğine bağlı olarak,

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cm} \frac{kd - d_i}{kd} \quad (4.3)$$

hesaplanabilir. Böylece donatı çeliğinin gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisine bağlı olarak $\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}, \epsilon_{s4}, \dots, \epsilon_{si}$ birim şekil değiştirmelerine karşılık gelen $f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, f_{s4}, \dots, f_{si}$ gerilmeleri bulunmuş olur. Sonra da donatılarda oluşacak $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_i$ kuvvetleri herbir donatı sırası toplam donatı alanı A_{si} 'ye bağlı olarak

$$S_i = f_{si} A_{si} \quad (4.4)$$

şeklinde hesaplanır.

Şekil 4.3.'teki beton basınç bloğu üzerinde oluşacak gerilme dağılışı da, birim şekil değiştirme dağılım eğrisine bağlı olarak, betonun gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi yardımı ile bulunabilir. verilen bir ϵ_{cm} değeri için C_c beton basınç kuvveti ve bu kuvvet yeri, dikdörtgen kesitler için α ve γ belirleyici değişkenlerine bağlı olarak

$$C_c = \alpha f'_c b kd \quad (4.5)$$

Şeklinde en büyük beton basınç lifindeki γkd kadar uzaktan etkidiği hesaplanabilir. En büyük beton basınç lifindeki herhangi bir ϵ_{cm} değeri için toplam gerilme çarpanı α ;

$$\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c d\epsilon_c = \alpha f'_c \epsilon_{cm} \quad \therefore \quad \alpha = \frac{\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c d\epsilon_c}{f'_c \epsilon_{cm}} \quad (4.6)$$

Ve ağırlık merkezi γ ;

$$\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c \epsilon_c d\epsilon_c = (1-\gamma)\epsilon_{cm} \int_0^{\epsilon_{cm}} f_c d\epsilon_c \quad \therefore \quad \gamma = 1 - \frac{\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c \epsilon_c d\epsilon_c}{\epsilon_{cm} \int_0^{\epsilon_{cm}} f_c d\epsilon_c} \quad (4.7)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir.

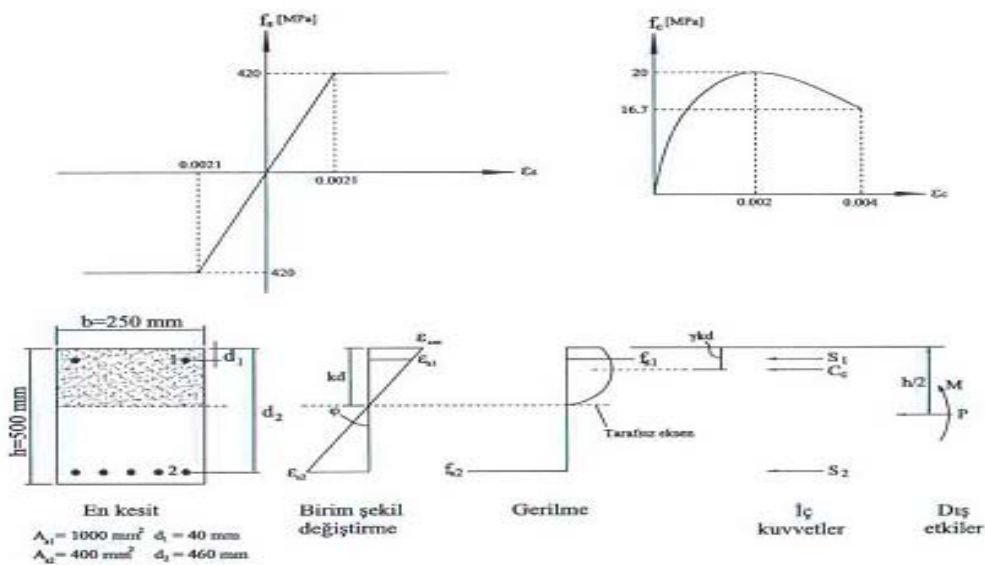
Böylece kuvvet denge eşitlikleri ;

$$P = \alpha f_c' b k d + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \quad (4.8)$$

$$M = \alpha f_c' b k d \left(\frac{h}{2} - \gamma k d \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \quad (4.9)$$

olarak yazılabilir. Sonuç olarak verilen bir eksenel yük altında, her biri ϵ_{cm} değerine bağlı olarak tarafsız eksen derinliği kd ,yi kuvvet dengesini sağlayacak şekilde ayarlayarak eğrilikler bağıntı (4.2) ile hesaplanabilir.

Örnek olarak, geometrik ve malzeme özellikleri Şekil 4.4'te verilen betonarme kesit için eksenel yük $P=0$ kN için $M-\varphi$ ilişkisi belirlenecektir.



Şekil 4.4 Betonarme kesit özellikleri, birim şekil değiştirme ve iç kuvvetlerin dağılımı

Şekil 4.4'teki betonarme kesit için $M - \varphi$ ilişkisini gösteren eğri önceden özetlenen işlemler sırası takip edilerek, yeterli sayıda betondaki birim kısalma ε_{cmi} değerlerine karşılık gelecek moment M_i ve eğrilik φ_i 'lerin oluşturacakları noktaların birleştirilmesi ile elde edilecektir.

$\varepsilon_{cm} = 0.001$ seçilir.

Tarafsız eksen derinliği seçilir. ($kd = 153$ mm seçilecektir.)

Bağıntı (4.3)'ten her donatı sırasındaki birim şekil değiştirmeler hesaplanır.

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{cm} \frac{kd - d_1}{kd} = 0.001 \frac{153 - 40}{200} = 0.000739$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cm} \frac{kd - d_2}{kd} = 0.001 \frac{153 - 460}{200} = -0.00201$$

Bağıntı (4.4)'ten her donatı sırasındaki toplam kuvvetler hesaplanır.

$$S_1 = f_{s1} A_{s1} = \varepsilon_{s1} E_s A_{s1} = 0.000739 \times 200000 \times 400 \times 10^{-3} = 59 \text{ kN}$$

$$S_2 = f_{s2} A_{s2} = \varepsilon_{s2} E_s A_{s2} = -0.00201 \times 200000 \times 1000 \times 10^{-3} = -401 \text{ kN}$$

Bağıntı (4.6)'dan toplam gerilme çarpanı α hesaplanarak bağıntı (4.5) ile betonda meydana gelecek kuvvetler hesaplanır.

$$\alpha = \frac{\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c}{f_c' \varepsilon_{cm}} = \frac{\int_0^{0.001} f_c d\varepsilon_c}{20 \times 0.001} = 0.448$$

$$C_c = \alpha f_c' b kd = 0.448 \times 20 \times 250 \times 200 \times 10^{-3} = 342 \text{ kN}$$

Bağıntı (4.8) ile kuvvet dengesi kontrol edilir (Toplam kuvvet $P=0$ kN'u sağlamalı)

$$P = \alpha f_c' b kd + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} = C_c + S_{s1} + S_{s2} = 342 + 59 - 401 = 0 \text{ (} P = 0 \text{ kN sağlandı.)}$$

Bağıntı (4.7) kullanılarak ağırlık merkezi çarpanı γ hesaplanır.

$$\gamma = 1 - \left(\frac{\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c}{\varepsilon_{cm} \int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c} \right) = 1 - \left(\frac{\int_0^{0.001} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c}{0.001 \times \int_0^{0.001} f_c d\varepsilon_c} \right) = 0.348$$

Bağıntı (4.9) ve (4.2) kullanılarak seçilen $\varepsilon_{cm} = 0.001$ 'e karşılık gelen M ve φ değerleri hesaplanır.

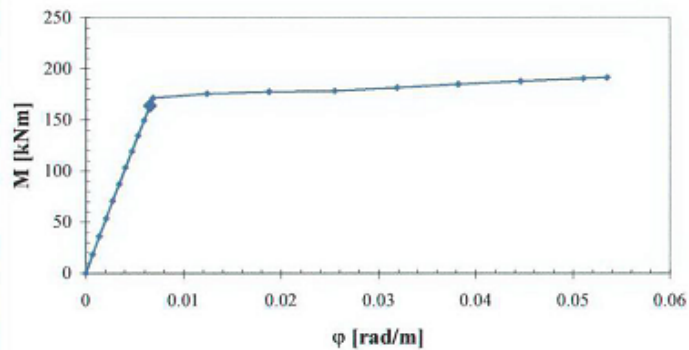
$$M = \alpha f_c' b k d \left(\frac{h}{2} - \gamma k d \right) + \sum_{i=1}^n f_{st} A_{st} \left(\frac{h}{2} - d_i \right)$$

$$M = 342 \times \left(\frac{0.5}{2} - 0.348 \times 0.153 \right) + 59 \times \left(\frac{0.5}{2} - 0.04 \right) - 401 \times \left(\frac{0.5}{2} - 0.46 \right) = 163.75 \text{ kN.m}$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{cm}}{k d} = \frac{0.001}{0.153} = 0.00654 \text{ rad/m}$$

Yukarıda ifade edildiği şekilde ε_{cm} 'in, Şekil 4.4'te verilen sınırlar içinde istenilen her değeri için $M - \varphi$ ilişkisi Şekil 4.5'te görüleceği gibi elde edilebilir.

ε_{cm}	M [kN.m]	φ [rad/m]
0	0	0
0.0001	18.27	0.00070
0.0002	36.13	0.00139
0.0003	53.58	0.00206
0.0004	70.62	0.00273
0.0005	87.23	0.00339
0.0006	103.41	0.00404
0.0007	119.16	0.00468
0.0008	134.49	0.00531
0.0009	149.34	0.00592
0.0010	163.75	0.00654
0.0011	171.34	0.00686
0.0015	175.51	0.01238
0.0019	177.41	0.01875
0.0023	178.15	0.02550
0.0027	181.48	0.03187
0.0031	184.90	0.03818
0.0035	187.86	0.04457
0.0039	190.48	0.05105
0.0040	191.30	0.05348



Şekil 4.5 $M - \varphi$ ilişkisi

4.4 Bilgisayar Kullanılarak Moment-Eğrilik İlişkilerinin Hesaplanması

Kesit ve Malzeme özellikleri belirli bir $M-\phi$ ilişkisinin el ile hesap edilmesi mümkündür. Ancak, bu ilişkinin çekme donatısının akma anına ve en büyük beton basınç birim şekil değiştirmesine karşılık gelecek şekilde kabaca ifade edilmesi bile, kuvvet dengesinin kurulması için gereken tarafsız eksen yerinin tespitinde yapılacak birçok deneme-yanılma nedeni ile çok vakit alıcı ve hata yapmaya elverişli bir yol olmaktadır.

$M-\phi$ ilişkisi hesaplanırken, belirlenen sınırlar içerisinde, herhangi bir ϵ_{cm} birim deformasyonunda betonda oluşacak basınç kuvveti beton için Kabul edilen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisini tanımlayan eğrinin altında kalan alana eşittir. Bu alanın, toplam gerilme çarpanı α ve ağırlık merkezi çarpanı γ 'nın hesabı beton modelini ifade eden bağıntının integralini gerektirir. Kuşatılmamış betonarme kesitler için belirtilen bu işlemler mümkündür. Fakat kuşatılmış kesitlerin hesaplarında kuşatılmış betona ait modeli ifade eden bağıntıların üstsel ifadeler içermesi nedeniyle bu integrallerin alınması çok zordur. Bu nedenle, betonarme kesit yeterli sayıda dilimlere bölünerek beton davranış eğrisinin altında kalan alan yaklaşık olarak hesap edilecektir.

Bu nedenle, önceden bahsedilen $M-\phi$ ilişkisinin, bilgisayar program yardımı ile çıkartılışı hatasız ve istenildiği kadar hassas bir şekilde elde edilmesi mümkündür. Bu amaçla, Hognestad (1951), Kent ve Park (1971), Geliştirilmiş Kent ve Park (1982), Mander vd. (1988) ve Saatçioğlu ve Razvi (1992) beton modelleri için $M-\phi$ ilişkisini verebilen, XTRACT program kullanılmıştır.

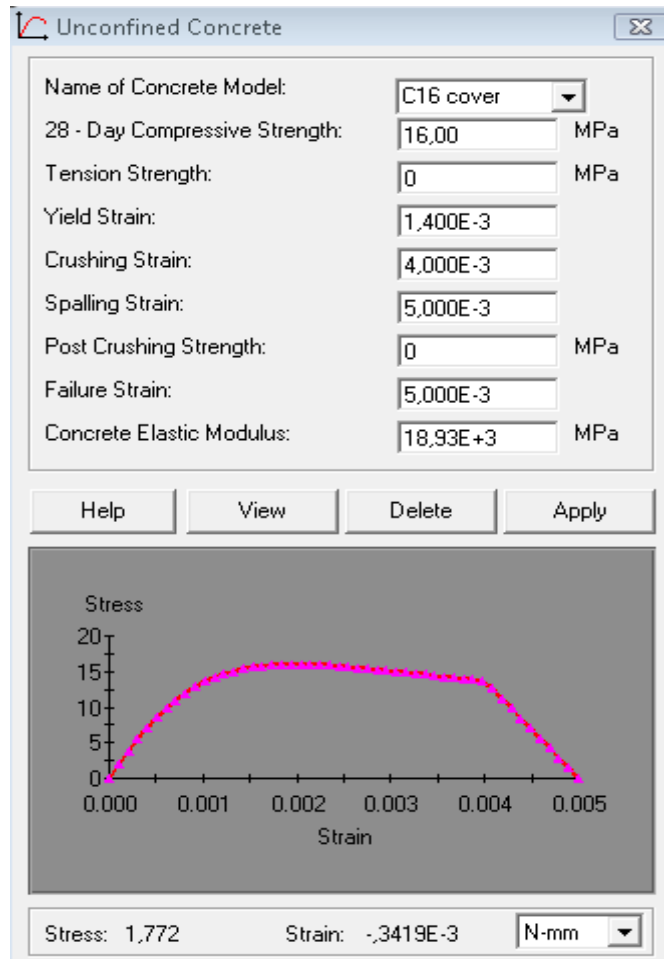
4.4.1. Malzeme modelleri

4.4.1.1. Beton modeli

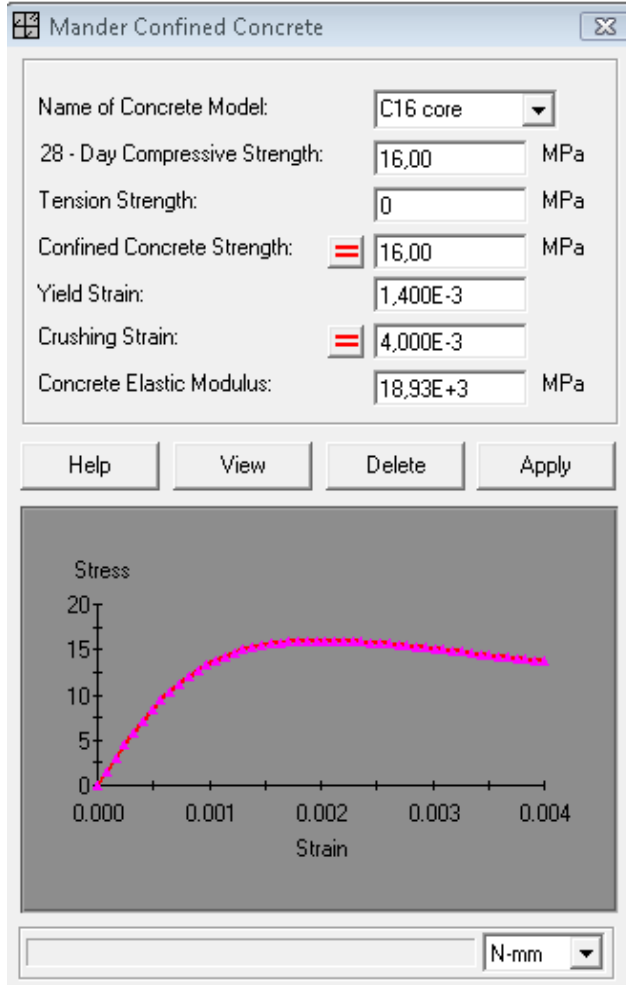
Beton modeli için XTRACT programında hazır olarak bulunan Mander beton modeli seçilmiştir. Sargılı ve sargısız kesitler için iki ayrı model programda mevcuttur. Kesitin modellenmesinde göbek betonu ve kabuk betonu için iki ayrı model kullanılmıştır. Mevcut binanın modellenmesinde kullanılan beton modelleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan modellerde ayrıca ATC40 ta belirtilen uzama sınır durumlarına da dikkat edilmiştir.

Beton için maksimum birim kısalma değerleri → Sargılı betonda $\epsilon_{cu} = 0.02$

→ Sargısız betonda $\epsilon_{cu} = 0.005$



Şekil 4.6 C16 kabuk betonu için oluşturulacak sargısız beton model

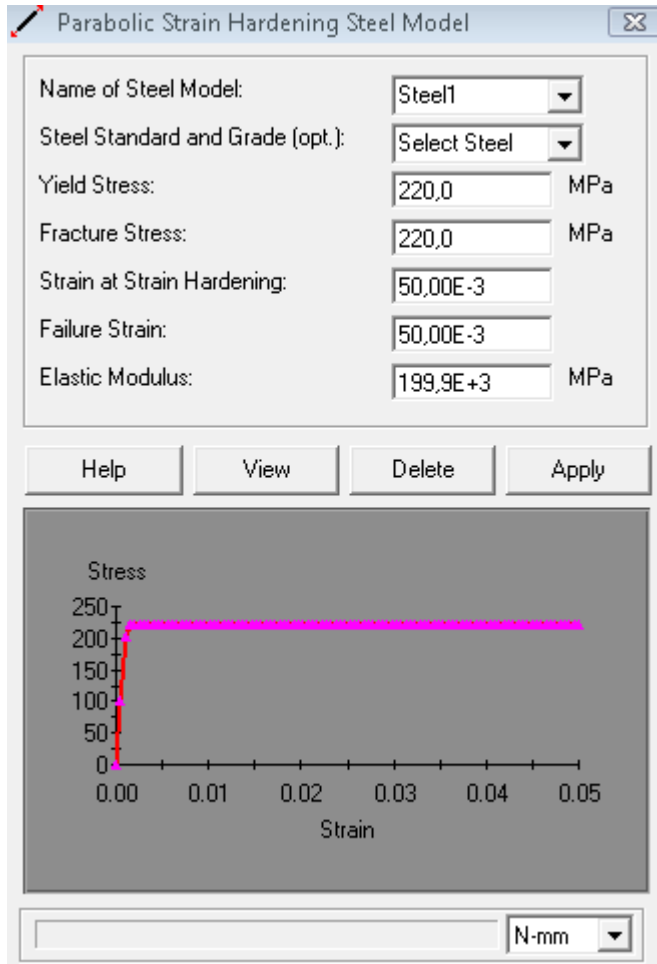


Şekil 4.7 C16 çekirdek betonu için oluşturulacak beton modeli

Şekil 4.6'da yapımızda mevcut C16 kabuk betonu için moment-eğrilik ilişkisi gösterilmiştir. 1,400E-3 uzaması için betonda akma sınırı olarak tarif edilmiştir. Şekil 4.7'de aynı şekilde C16 göbek betonu için moment-eğrilik ilişkisi gösterilmiştir. 1,400E-3 akma sınırı olarak tanıtılmıştır.

4.4.1.2. Çelik modeli

Çelik için çeşitli modeller program içinde mevcuttur. Eğriliklerin çıkarılmasında pekleşmesiz bilineer çelik modeli kullanılmıştır. Model Şekil 4.8 de gösterildiği gibidir. Maksimum birim uzama $\epsilon_{su} = 0.05$ değeriyle sınırlandırılmıştır.

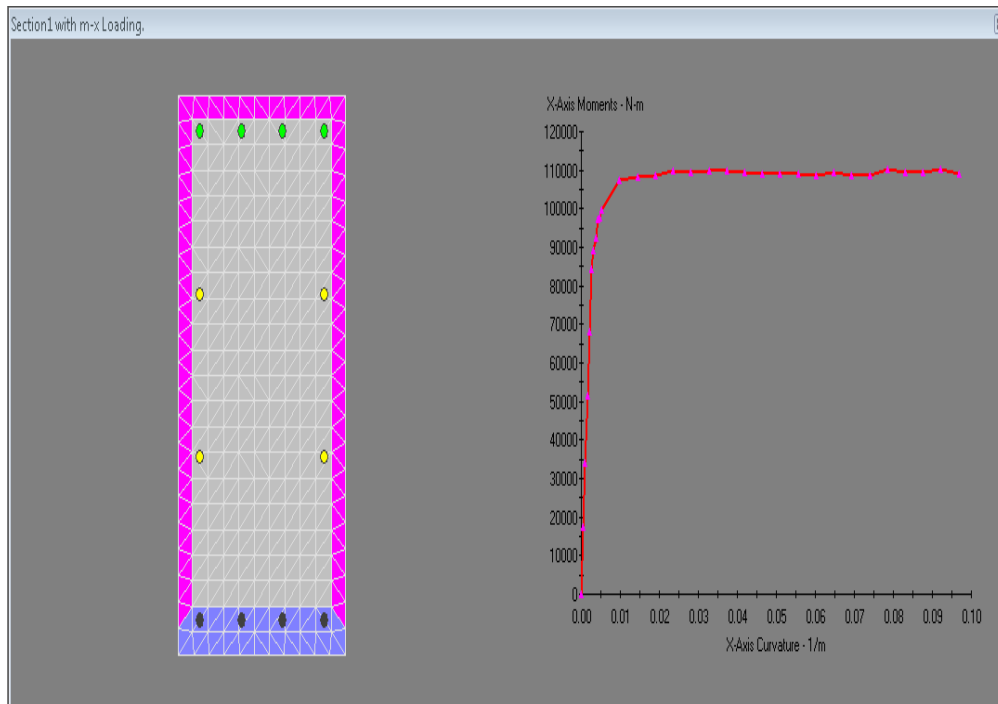


Şekil 4.8. S220 çeliği için oluşturulan bilineer model

S220 (St I) çeliğine ait moment-eğrilik ilişkisi Şekil4.8. de gösterildiği gibidir. Akma sınırı olarak 50,00E-3 olarak programa tanıtılmıştır.

4.4.2 Moment eğrilik ilişkilerinin çıkarılması

Uygun malzeme modelleri belirlendikten sonra kesitler XTRACT programında modellenmiştir. Kesitlerde kabuk betonu ve göbek betonu olarak iki ayrı beton modeli kullanılmıştır. Sargı donatısının uygun olmadığı kabul edilerek beton modelleri oluşturulmuştur. Modelleme donatılarının kesitlere yerleştirilmesinden sonra tamamlanır ve analiz yapılarak moment eğrilik ilişkileri belirlenir. Şekil 4.9 bina kolonlarından birine ait moment eğrilik ilişkisi göstermektedir.



Şekil 4.9. XTRACT programından elde edilen M-x moment-eğrilik bağıntısı

Şekil 4.9'da Mevcut yapımızda 30/60 kolona ait X doğrultusundan etkiyen Moment-Eğrilik ilişkisi gösterilmektedir. Mor ile gösterilen alan aşırı zorlanmanın olduğu bölgedir.

BÖLÜM 5. DEPREM PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

5.1. Giriş

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu için tasarlanmıştır. Gerçekte deprem etkilerine maruz kalmış binaların belirlenmesi için de aynı performans tanımları kullanılabilir.

Seçilen performans seviyesi esas alınarak taşıyıcı sistemde kuvvet dağılımının ve yer değiştirmenin yapılması için gereken işlemlerin tümü bu bölümde yer almaktadır. Binalar için deprem performansı hesaplama yöntemleri, doğrusal elastik yöntemler (lineer elastik), doğrusal olmayan yöntemler (nonlinear, inelastik) gibi analiz metotları kullanılmaktadır.

Doğrusal elastik yöntemlerde; yapı davranışı doğrusal olarak kabul edilir. Yapının elastik kapasitesini ve ilk akmanın nerede olacağını iyi bir şekilde göstermesine karşın mekanizma durumlarının ve akma sırasında kuvvet durumunu tahmin edemez. Bulunacak etkiler binanın doğrusal elastik davranması durumunda oldukça gerçekçi kabul edilir. Ancak, taşıyıcı sistemde akma durumunda iç kuvvetler daha düşük ortaya çıkar. Aradaki fark davranış değiştirme katsayısı ile giderilir.

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem etkisi altında sünek eğilme davranışına ait plastik şekil değiştirmelerin ve gevrek davranış modlarındaki iç kuvvetlerin hesaplanmasıdır. Bu yöntemlerde, yapının göçme anına kadar davranışını ve yıkılma durumundaki mod şeklinin gerçekte nasıl olacağını çok büyük bir yaklaşımla gösterir, mühendise binanın deprem anındaki davranışı hakkında fikirler verir, esnek yorum imkânı sağlar.

Deprem performansı hesaplama yöntemleri:

1. Doğrusal Elastik Yöntemler
 - a. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - b. Mod Birleştirme Yöntemi
 - c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi
2. Doğrusal Olmayan (Nonlinear)Yöntemler
 - a. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme - Pushover Analizi)
 - b. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
 - c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

5.2. Doğrusal Elastik Yöntemler

Yapının tamamen elastik davrandığı kabul edilir ve sistem tamamen elastik olarak çözülür. Ardından eleman bazında kapasiteler hesaplanır. Son olarak eşlenik deplasman kuralına benzer şekilde kapasite oranları elde edilir. Bu kapasite oranları ilgili kesitlere ait kapasite sınır oranları ile kıyaslanarak elemanın hasar durumu hakkında fikir edinilmiş olur.

DBYBHY – 2007’de Eşdeğer deprem yüğü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8 ‘i aşmayan, ayrıca ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ sınır şartlarını sağlaması gerektiği belirtilmektedir. Aksi takdirde mod birleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

5.2.1. Yeni binaların doğrusal elastik yöntemle performans değerlendirmesi

Yeni binaların tasarımında doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri, tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen deprem yüğü azaltma katsayısına (R_a) bölünmesi ile azaltılır. Bu azaltma, binanın kapasite tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı ve tüm elemanların benzer süneklik ve fazla dayanım özelliklerine sahip olacağı varsayımına dayanır. Azaltılmış deprem

kuvvetleri altında hesaplanan iç kuvvetler, düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek elemanların tasarım kuvvetleri belirlenir.

Depremden kaynaklanan tüm iç kuvvetlerin aynı yük azaltma faktörü ile azaltılmasının gerekçesi, binanın deprem sırasında tek dereceli bir sistem gibi davranacağı varsayımdır. Özellikle birden fazla titreşim modunun hesaba katıldığı mod birleştirme yönteminde bu kabul doğru değildir, sadece pratik bir yaklaşıklık sağlar. Esasında bu durumda her mod için ayrı bir R_a katsayısı tanımlamak gereklidir. Kapasite tasarımı ilkelerine göre tasarlanan bir binanın deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını, yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına yakın olduğunu kabul edebiliriz [11].

5.2.2. Mevcut binaların doğrusal elastik yöntemle performansının değerlendirilmesi

DBYBHY–2007 koşullarını sağlamayan mevcut bir binada tek bir R katsayısı kullanarak deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasitelerini azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmek doğru değildir. Zira elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmayan bir binada tek bir R katsayısı tanımı geçerli değildir. Bu nedenle doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanmıştır.

Doğrusal elastik olarak modellenen bir binanın elemanlarının performans kontrolü, kritik kesitlerde azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç kuvvetlerin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda yapılabilir. Kesit kapasitesinin aşılmasına, ancak kesit yeterli sünekliğe sahipse izin verilebilir. Dolayısıyla eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen etki / kapasite oranları kesitten talep edilen sünekliğin bir göstergesi olmaktadır [11].

5.2.3. Yapı elemanlarının performans değerlendirilmesi

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise 'sünek', kesme ise gevrek olarak sınıflandırılırlar.

Betonarme yapı elemanlarında oluşacak hasarların belirlenmesinde kullanılacak eleman hasar sınırlarının sayısal değerleri burada tanımlanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır [1].

Tablo 5.1. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{-\rho b}$	Sargılama	$\frac{V}{bw.d.fctm}$	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 5.2. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w \cdot d \cdot f_{ctm}}$	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	≥ 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 5.3. Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

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

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 sınırında sayılırlar [1].

Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kesit kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır [1].

Kırılma türü kesme olan 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 [1].

Hesaplanan kiriş kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları Tablo 5.1, Tablo 5.2 ve Tablo 5.3 de verilen hasar sınır değerleri ile karşılaştırılarak Şekil 3.1. e göre elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir.

5.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler (Nonlinear Yöntemler)

Belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak sunulan Doğrusal Elastik Olmayan Statik Yöntem geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik pratiğince hemen kabul görmüştür [9]. Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı doğrudan çözümlenmeye katılarak modellenir. Sistemin artan yükler altında, öngörülen hedef yer değiştirme (performans noktası), tasarım depreminde ortaya çıkması beklenen yer değiştirme olarak kabul edilir.

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, 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 yapılacaktır [1].

5.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol

Yapı performansının belirlenmesi için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden hangisinin kullanılacağı tespit edilmelidir. Bu sebeple artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Şartların sağlamaması durumunda Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılabilir.

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları dikkate alınacaktır.

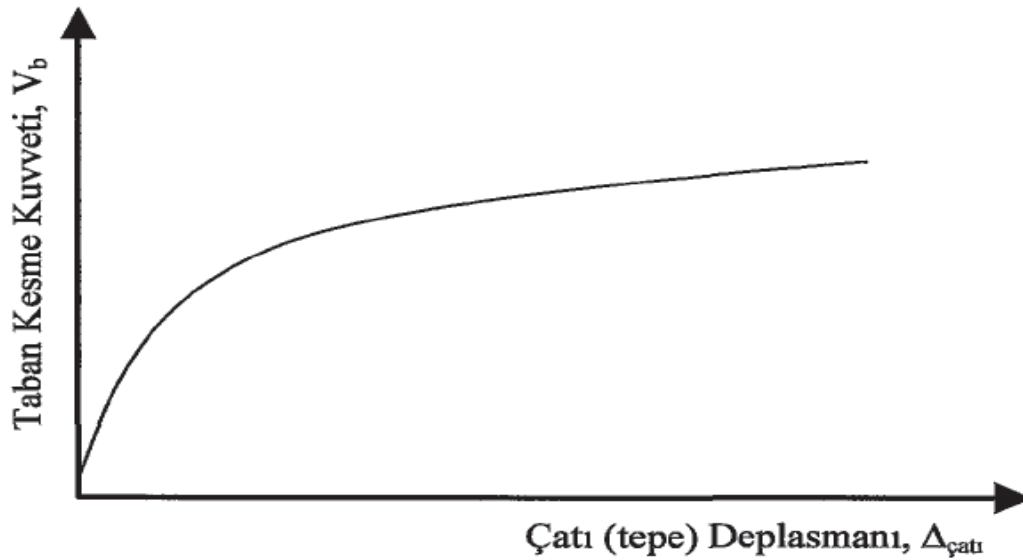
Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yöntemi ile yapılması durumunda yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme -modal ivme”olarak tanımlanan birinci (hâkim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte deprem yönetmeliğinde tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYYHY – 2007 nin 7.8.maddesinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak,birinci (hâkim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada,modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve DBYYHY – 2007'nin 7.6.8. maddesine göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırlar için

DBYYHY – 2007'nin 7.6.9. maddesinde tanımlanan ilgili birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görelî kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekil değiştirme istemleri DBYYHY – 2007'nin 7.6.10. maddesinde tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, DBYYHY – 2007'nin 7.6.11. maddesinde tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

5.3.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bu bölümde DBYYHY-2007 yönetmeliğinde adı geçen modal kapasite diyagramının elde edilmesi hakkında bilgiler verilecektir. Modal kapasite diyagramının elde edilmesinde yapılacak ilk işlem, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi (pushover eğrisi-Şekil 5.1) elde edilecektir.



Şekil 5.1 Taban Kesme Kuvveti, Çatı Deplasmanı (Pushover Eğrisi)

Pushover eğrisi, bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya arttırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesi ile elde edilen diyagramdır. (Şekil 5.1)

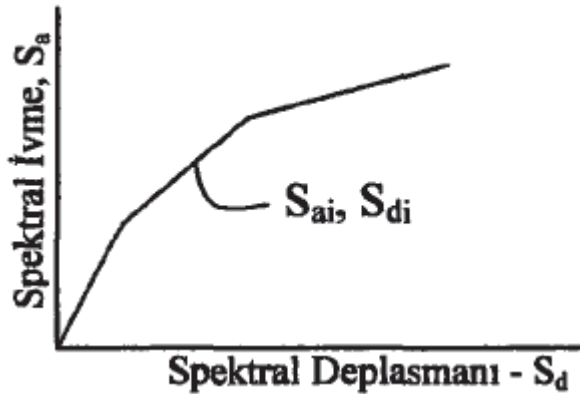
Pushover eğrilerinin anlamlı olabilmesi için modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yer değiştirme kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir [12].

İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yer değiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki formüllerden yararlanılarak elde edilir.

$$S_a = \frac{V_{x1}}{M_{x1}} \quad (5.1)$$

$$S_d = \frac{u_x}{\phi_{iN1} \Gamma} \quad (5.2)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (5.3)$$



Şekil 5.2 Modal Kapasite Diyagramı [8]

5.3.3. Hedef tepe yer değiştirmenin bulunması

Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır.

Doğrusal elastik olmayan yöntemin en önemli adımı olan hedef tepe yer değiştirmenin (performans noktası) bulunma aşaması DBYBHY–2007’de bilgilendirme eki 7C’ de verilmiştir. Burada çözüm aşamasındaki en önemli kriter olarak yapının birinci (hakim) doğal titreşim periyodunun karakteristik periyot olan T_B ’ ye göre değer olarak durumu irdelenmiştir.

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait T_1 ’1 başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yer değiştirme S_{de1} ’ e bağlı olarak Denk 5.4. ile elde edilir [1]:

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (5.4.)$$

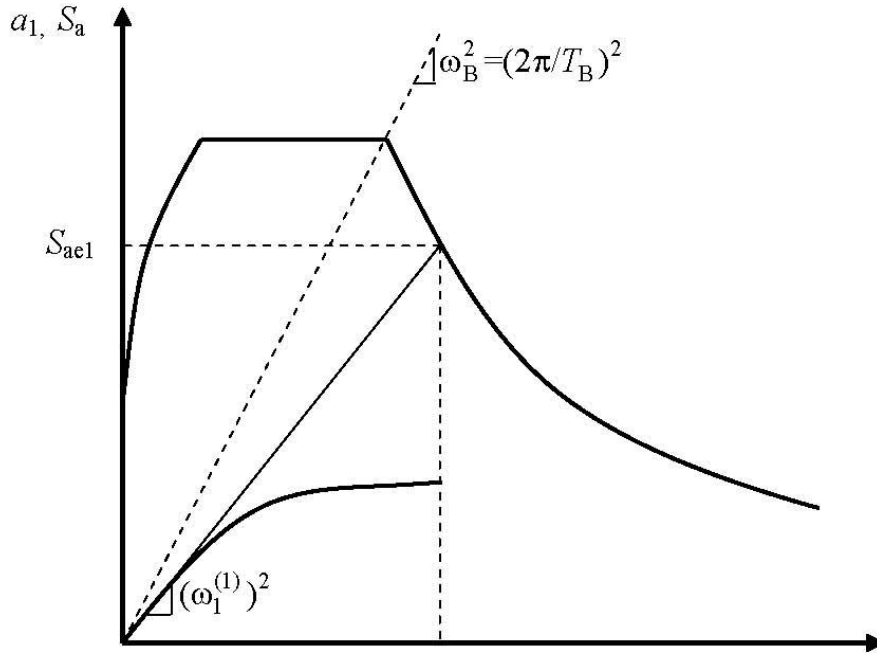
Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} ’den hesaplanır [1]:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1)^2} \quad (5.5.)$$

Birinci hakim periyodun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B ’ ye eşit veya daha uzun olması durumunda doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine T_1 ’1 olan eşlenik doğrusal sisteme ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e eşit alınacaktır [1].

Yapı sistemlerinin performanslarının belirlenmesinde kullanılan talep spektrumu (deprem istemi) bir yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir. Nonlinear Statik Yöntemlerin temel dayanağı veya dayandığı temel varsayım, eğer bina tamamen elastik davranıyorsa, yapacağı spektral deplasman, binanın nonlinear davranması durumunda yapacağı inelastik spektral deplasmana eşit olmasını öngören eşit yerdeğiştirme kuralıdır. Diğer bir ifade ile bir degerden daha yüksek periyoda sahip elastoplastik sistemlerin maksimum deplasmanının, aynı periyod ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması ‘eşit deplasman kuralı’ prensibi olarak bilinmektedir [9].

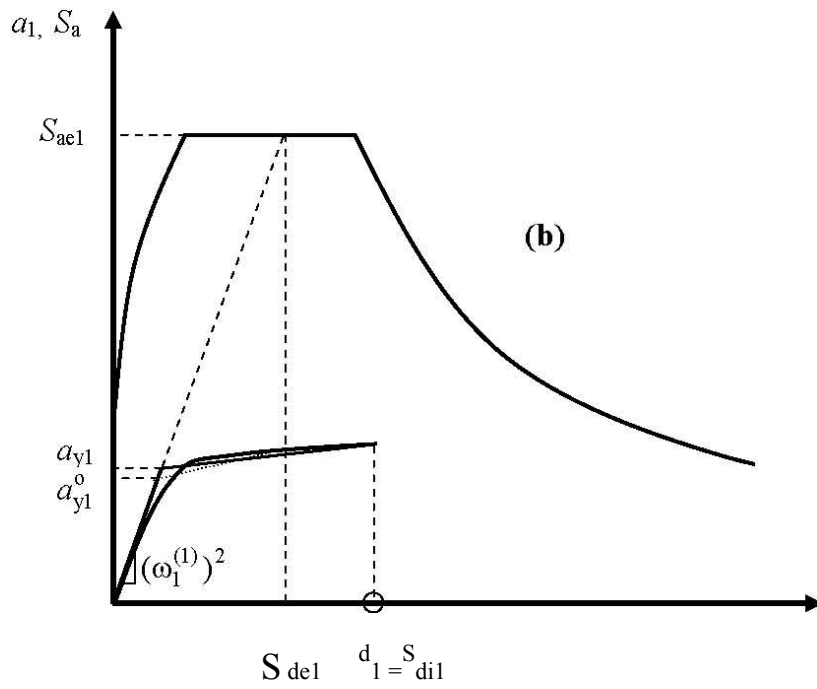
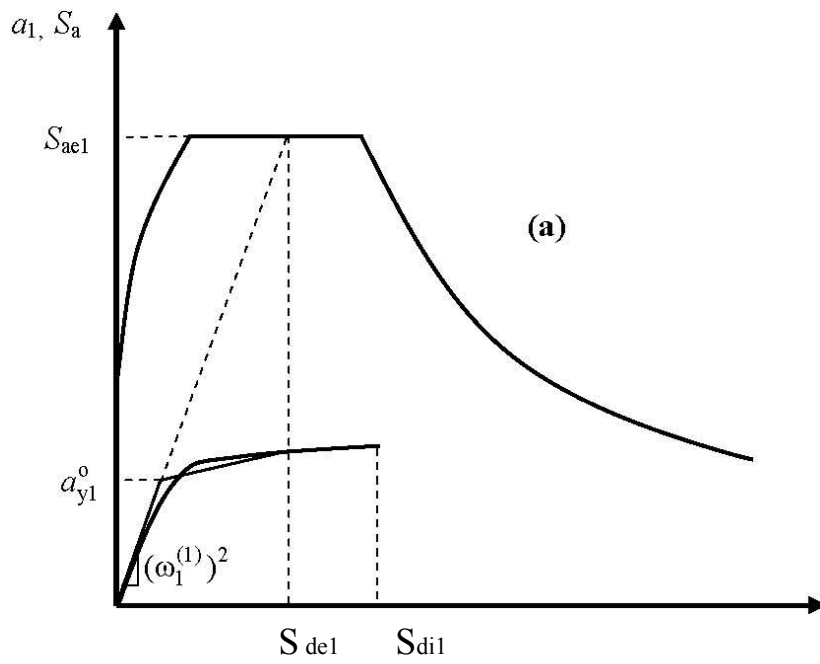
Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{d1} ’in bu durumdaki elde edilmesini gösteren birinci doğal moda ait ve koordinatları (d_1, a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme (S_d)– spektral ivme (S_a) diyagramları aşağıdaki gibi bir arada çizilmiştir.



Şekil 5.3. $T_1 \geq T_B$ olması durumunda nonlinear spektral yerdeğiştirmenin elde edilmesi [6].

T_1 başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu T_b den daha kısa olması durumunda spektral yerdeğiştirme S_{di1} bir ardışık yaklaşım yöntemiyle hesaplanacaktır.

DBYBHY–2007 yönetmeliğinin 7C.3-7C.4-7C.5 denklemleri kullanılarak spektral yer değıştirme S_{di1} 'in bulunması gerekmektedir. Spektral yer değışmenin ikinci durum olan $T_1 < T_a$ olması durumunda elde edilişi Şekil 5.4'deki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 5.4. $T_1 < T_b$ olması durumunda nonlineer spektral yerdeğişmenin elde edilişi [6].

Yapılan itme analizinin son adımında hesaplanan spektral yerdeğiştirme (S_{di1}) aşağıda belirtilen 5.6 ve 5.7 denklemlerinde yerine konularak ilgili deprem doğrultusundaki hedef tepe yer değiştirmesi elde edilmiş olur.

$$d_1 = S_{di1} \quad (5.6)$$

$$u_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1 \quad (5.7)$$

Statik itme analizinin adımlarında elemanların güç tükenmesi durumlarının kontrolü gerekir. Eğer bu güç tükenmesi gevrek ise, örneğin elde edilen kesme kuvveti mevcut donatı ile karşılanmıyorsa, sistemin bu itme adımına ulaşmadan gücünün tükeneyeğine karar verilir. Geri dönölerek kesit etkilerinin karşı gelen mevcut kapasite ile karşılaştırılmasıyla, ulaşılabilecek en büyük itme adımı bulunur. Bu adım eğer depremin talep yer değiştirmesinden küçük kalıyorsa, deprem etkisi karşılanamıyor demektir. İstenirse gevrek güç tükenmesi güçlendirme ile önlenerek daha ileri itme adımlarına geçilebilir [12].

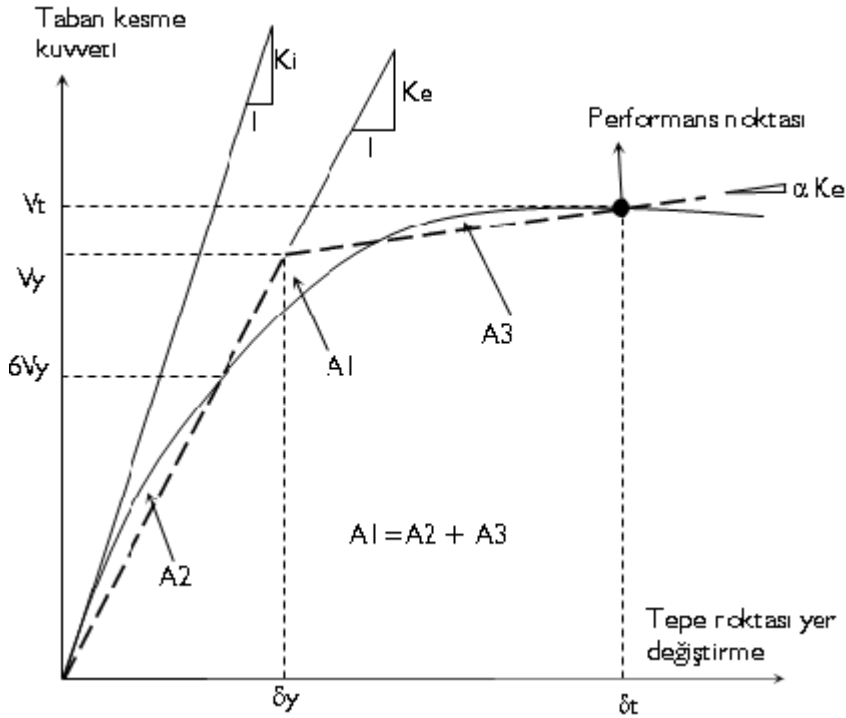
5.4 Performans Noktasının Hesabı (FEMA356-Lineer Olmayan Statik Prosedür)

Hedef tepe yer değiştirmesi (talep deplasmanı) FEMA yöntemi de kullanılabilir. FEMA yöntemi deplasman talebinin karşılanması için direkt numerik çözüm sağlar. Bu yöntemde kapasite eğrisinin spektral koordinatlara dönüşmesi gerekmez. Kapasite spektrum yöntemiyle terimonolojik farklılıklar vardır. Performans noktası yerine hedef deplasman ve performans hedeflerinden yapısal stabilite yerine göçme önlenmesi terimleri kullanılır.[18,19]

Perfromans noktasının hesabında, kapasite eğrisi iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilir. Bu doğrulardan birincisinin eğimi elastik rijitliği (K_e), ikincisinin eğimi ise elastoplastik (K_s) rijitliği temsil eder. [16]

İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite diyagramlarının altında kalan alanların eşit olmasına dikkat edilir. Ayrıca K_e eğimli doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğruların kesiştiği noktanın ordinatının 0.60 katı olması koşulu sağlanır.[16]

Bu durum Şekil 5.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Performans noktasının hesabı

Göz önüne alınan doğrultuda yatay kuvvet - yer değiştirme eğrisi kullanılarak yapının etkin periyodu T_e aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (5.8)$$

T_i : Göz önüne alınan doğrultuda ki yapının 1. Mod periyodu

K_i : Kapasite eğrisinin başlangıç noktasının eğimi

K_e : İdealleştirilen kapasite eğrisinde ki birinci doğrunun eğimi

Ön görülen hedef yer değiştirme aşağıda ki gibi hesaplanır:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (5.9)$$

C_0 : En üst katın 1. Mod kütle katılım oranı. Dinamik analizden alınır veya FEMA356 tablosundan alınabilir. FEMA356 değerleri Tablo 5.4.'deki gibidir.[16]

Tablo 5.4. Fema356 C_0 değerleri

Kat Adedi	C_0
1	1
2	1,20
3	1,3
5	1,4
10 ve üzeri	1,50

C_1 : Lineer elastik yerdeğiştirmeyi, beklenen maksimum elastik yerdeğiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısı

$$T_e \geq T_s \text{ ise } C_1 = 1$$

$$T_e \leq T_s \text{ ise } C_1 = [1 + (R-1)T_s/T_e]/R$$

$$R = S_a \cdot C_m / (V_y/W)$$

W = Yapı Ağırlığı

S_a = Spektral ivme (Etkin periyoda ve sönüm oranına bağlı olarak hesaplanır)

$$T_i > 1 \text{ sn. ise } C_m = 1$$

$T_i \leq 1 \text{ sn. ise}$ Tablo 5.5. deki gibidir.[16]

Tablo 5.5. FEMA356 C_m değerleri

Kat Adedi	C_m	
	Çerçeve	Perde
1-2	1	1
3 ve üstü	0.9	0.8

C2= Histeresiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısı. Lineer olmayan analiz için 1 alınabilir veya FEMA356 tablosundan alınabilir.

Tablo 5.6.’daki gibidir.[16]

Tablo 5.6. FEMA356 C2 değerleri

Performans Seviyesi	T ≤ 0.1		T ≥ Tb	
	Çerçeve 1	Çerçeve 2	Çerçeve 1	Çerçeve 2
Akma Sınırı	1,00	1,00	1,00	1,00
Hasar Sınırı	1,30	1,00	1,10	1,00
Göçme Sınırı	1,50	1,00	1,20	1,00

Kat kesme kuvvetinin %30’dan fazlasını karşılayan elemanların rijitlik ve dayanımlarında deprem etkisinde azalma meydana geliyorsa “Çerçeve 1” Kabul edilir.

Çerçeve1 = Normal süneklikteki çerçeveler ; birleşim yerleri yarı rijit olan çerçeveler; donatısız yığma yapılar ; sadece çekme taşıyan rijitleştirme çerçeveleri.

Çerçeve 2 = Bunların dışındakiler

C3= ikinci mertebe etkileriyle artan yerdeğiştirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısı.

Akmadan sonra pozitif eğimli davranış için C3:1 ; akmadan sonra negatif eğimli davranış için ;

$$C3 = 1 + \frac{|\alpha|}{T_e} (R-1)^{\frac{3}{2}} \quad (5.10)$$

Olarak hesaplanır.[16]

5.5. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Bulunması

Performans noktasının belirlenmesinden sonra, depremin talebine karşı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsalları yerleri, θ_p plastik mafsalları dönmeleri ve dolayısıyla θ_p plastik eğrilikler bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı θ_y akma elastik eğriliği de eklenerek kesitin θ_t toplam eğriliği bulunabilir [12]:

$$\theta_p = \theta_p / L_p \quad (5.11)$$

$$\theta_t = \theta_y + \theta_p \quad (5.12)$$

Kesitte bulunan normal kuvvet ve eğilme momenti belirli olduğuna göre bu değerler kullanılarak kesitteki şekil değiştirme durumu hesap edilebilir

5.6. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Beton ve çeliğin birim şekil değiştirmeleri cinsinden hesaplanan deprem istemleri, birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları aşağıda tanımlanmıştır [1].

5.6.1. Kesit minimum hasar sınırı (MN)

Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.004 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (5.13.)$$

5.6.2. Kesit güvenlik sınırı (GV)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.004 + 0.0095 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.040 \quad (5.14)$$

5.6.3. Kesit göçme sınırı (GÇ)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.013 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (5.15)$$

BÖLÜM 6. SAYISAL UYGULAMALAR

6.1. Giriş

Statik itme analizi (Pushover) hakkındaki teorik bilgiler daha önceki bölümlerde detaylı olarak verilmiştir. Bu bölümde, bu bilgilerin daha iyi anlaşılabilmesi için yapılacak sayısal uygulamalarda 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilen Türkiyenin muhtelif yerlerinde uygulanmış zemin üstü 2 katlı mevcut bir okul binası ele alınmıştır. Yapı ile ilgili mevcut kalıp planı üzerindeki analizler bu bölümde incelenmiştir. Mevcut yapıya aşağıdaki analizler sırasıyla uygulanmıştır.

- a) Yapının mevcut malzeme özellikleri, mevcut kesit ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre performans seviyesi incelenmiştir.
- b) Yapının şayet 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden yapılması halinde, performans seviyesindeki değişimi incelenmiştir.
- c) Yapının mevcut haline güçlendirme perdeleri ilave edilerek yapının performans seviyesinde ki değişim, çeşitli modellemeler ile güçlendirme Modelleri başlığı altında incelenecektir.

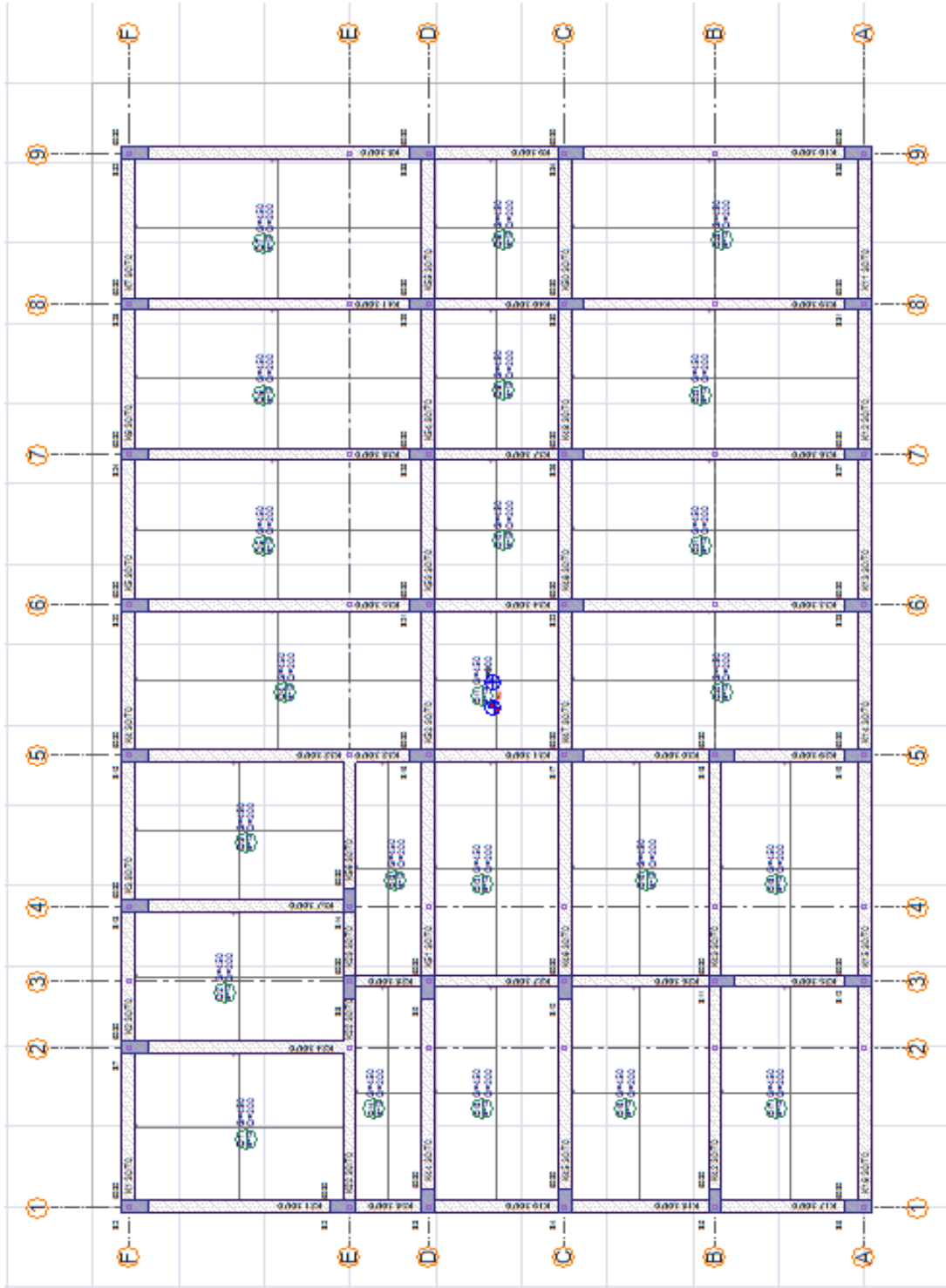
Yapının modellenmesi ve analiz uygulamaları bilgisayar paket programı olan İdeCad 5 Enterprise 5.510 versiyonuna göre yapılmıştır.

6.1.1. Yapı ile ilgili genel bilgiler

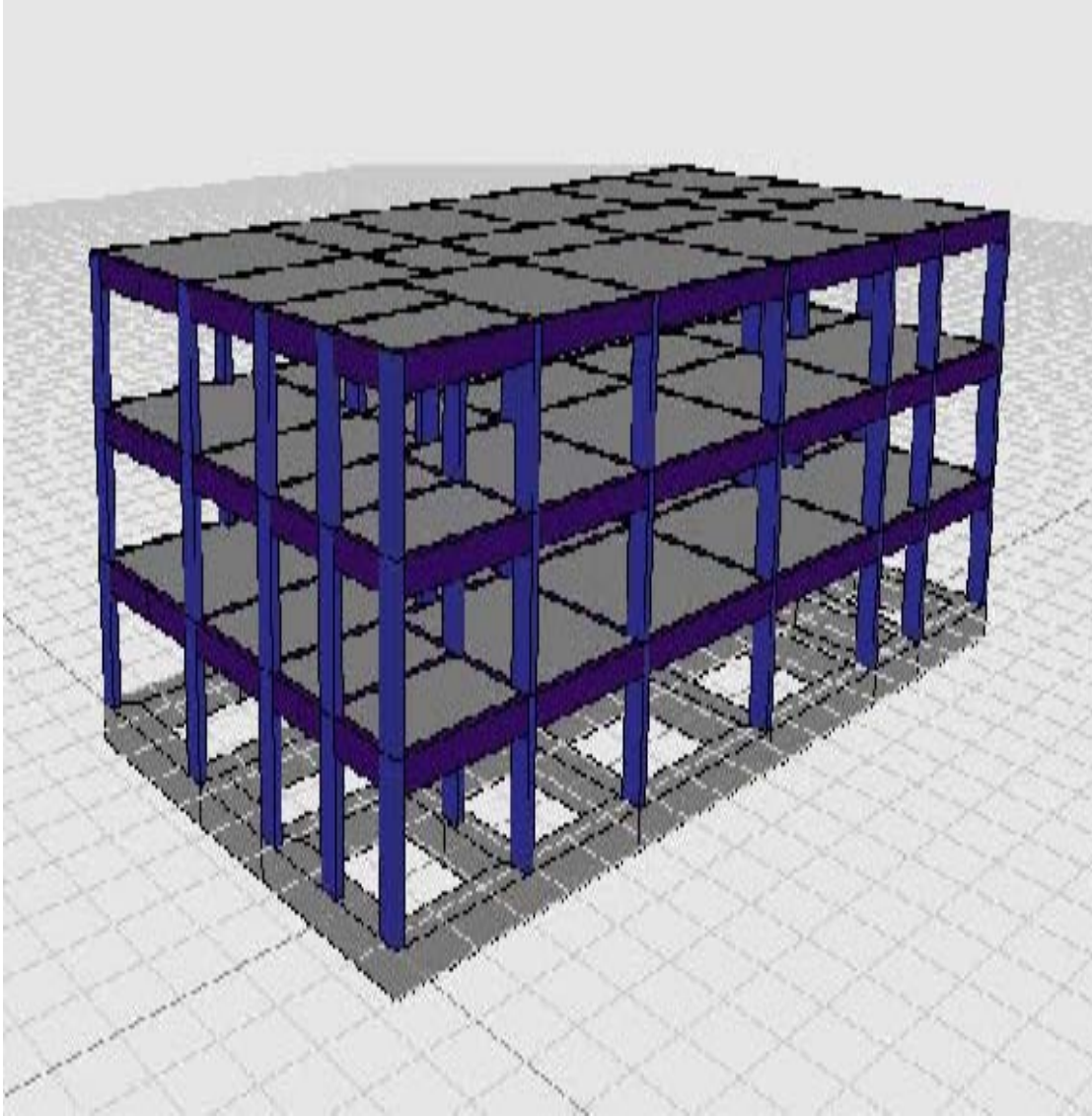
Mevcut yapının analizinde kullanılan genel bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

- a) Yapı kat sayısı = Zemin Katı + 2 Normal kat
- b) Kat yüksekliği (h) : 3,0 m (normal kat)
- c) Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu = 35,81m
- d) Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu = 18,51m
- e) Deprem bölgesi = 1. Bölge
- f) Etkin yer ivmesi (A_0) = 0.40
- g) Hesaplarda göz önüne alınacak deprem türü = Tasarım depremi
- h) Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.60
- i) Bina önem katsayısı (I) = 1.4
- j) Yerel zemin sınıfı = Z4
- k) Zemin emniyet gerilmesi = $8,5 \text{ t/m}^2$
- l) Zemin yatak katsayısı = 2000 t/m^3
- m) Spektrum karakteristik periyotları : $T_A = 0.20 \text{ sn}$, $T_B = 0.90 \text{ sn}$
- n) Mevcut yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı : $R = 1$
- o) Mevcut yapıda kullanılan beton sınıfı = BS 16
- p) Mevcut yapıda kullanılan çelik sınıfı = BÇ I
- q) Döşeme türü = Plak
- r) Döşeme kalınlığı = 0.12m-0.15m

Yapının tanıtılması açısından yapıya ait kat kalıp planı Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Mevcut yapıya ait Normal kat Planı



Şekil 6.2. Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüşü

Yapı taşıyıcı elemanları tek tip kolon, tek ölçüde kiriş, aynı kalınlıkta döşeme ve her doğrultuda aynı ebatlarda sürekli temelden oluşmaktadır. Bu nedenle yapı taşıyıcı elemanlarına ait donatı şekli ve adedi birbirine çok yakındır. Yapıyı tanıtmaya adına taşıyıcı elemanlara ait donatı adedi en genel şekli ile aşağıda ki tabloda ki gibidir.

Tablo 6.1. Yapı taşıyıcı elemanlarına ait donatı çap ve adetleri

	Köşe	Kenar	Sol Alt	Sol üst	Sağ alt	Sağ üst	Göv. Mntj.	Düz Pilye	Etriye
30*60 Kolon	8Φ12	4Φ12							Φ8/10/15
60*30 Kolon	8Φ12	4Φ12							Φ8/10/15
30*70 Kiriş			1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12 2Φ14	4Φ18	Φ8/9/18
80*90 Sürekli Temel			2Φ18				2Φ12 7Φ16	7Φ16	Φ10/10
Döşem 12 cm.				Φ8/18		Φ8/18		Φ8/36 Φ8/36	

6.1.2. Sayısal çözümler

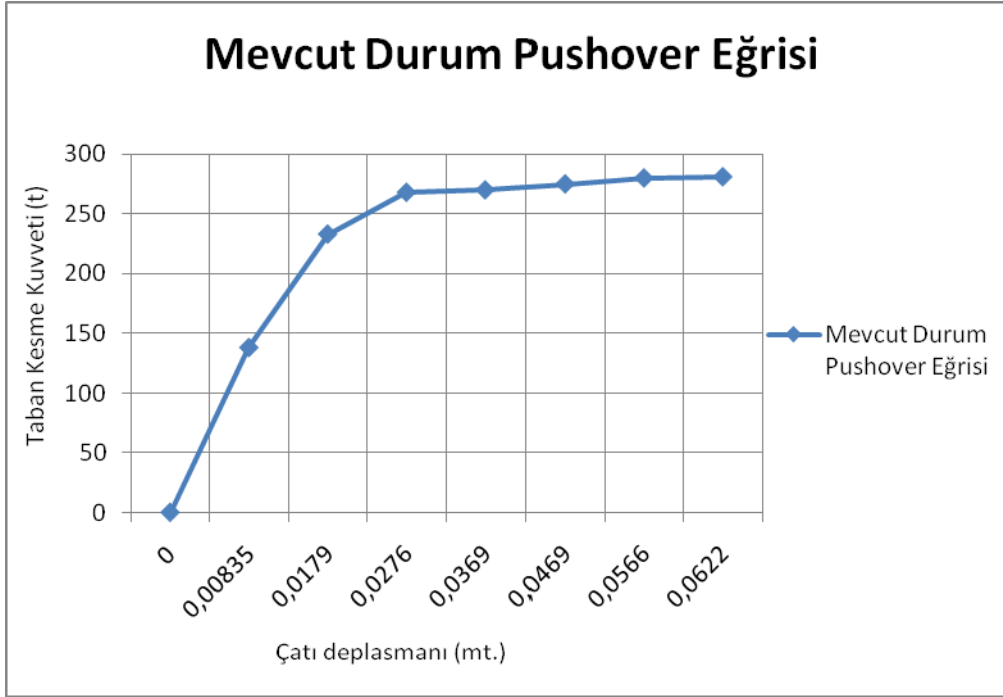
Zemin + 2 katlı binanın ilk olarak mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 TDY'ne göre performans seviyesi belirlenecek, ikinci olarak yapı mimari özelliklerini koruyarak, beton sınıfı ve çelik sınıfının değiştirmesi ile birlikte 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden çözümlenmesi halindeki performans seviyesi belirlenecek, 2 durum arasındaki fark değerlendirilecektir.

- a) Yapı, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre performans seviyesi, yapının +E(x), -E(x), +E(y), -E(y) yönleri için performans analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının performans durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.3'de gösterilmiştir.

Mevcut durumda X doğrultusunda yapıya ait modal analiz sonuçlarından yapı periyodu, yapı toplam ağırlığı ve herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü Tablo 6.2. de gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Mevcut Durumda Herbir kata etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü

Mevcut Duruma Ait Modal Analiz Sonuçları	
X Yönü	
Doğal Titreşim Periyodu (Tr) sn.	0.36
Yapı Toplam Ağırlığı (W) t.	1311.04
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2.5
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	1.4
Deprem Yükü Azal.Katsayısı Ra(tr)	6.99
Katlara Etkiyen Eş Değer Deprem Yükü (t)	
2.Kat	117.297
1.Kat	74.756
Zemin Kat	37.378
Toplam	229.431



Şekil 6.3. Z+2 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

Yapının performans yükü $V_{\text{performans}} = 281$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{\text{çatı}} = 0.0622$ m'dir. Yapı taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranının %21.43 olduğu görülmektedir. Yapının performans seviyesi >G göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Çünkü 2007 deprem yönetmeliğine göre bina deprem performansı belirlemesi kısmında, göçme durumunda yapı göçme öncesi performans durumuna sağlamıyorsa göçme durumundadır denilmektedir. Aşağıdaki sonuçlardan +E(x) yönünde zemin kat kolonlarının %1.43'ü, -E(x) yönünde zemin kat kolonlarının %1.43'ü, +E(y) yönünde zemin kat kolonlarının %1.43'ü -E(y) yönünde zemin kat kolonlarının %1.43'ünün göçme sınır durumunu aştığı aşağıdaki tablolardan görülmektedir.

Aşağıda performans noktası raporunu veren tablolarda ki değerlere göre yapı durumuna, performans sınıfına karar verilmektedir. Tablolarda geçen FEMA ve buna ilave olarak ATC ifadeleri amerikan standartları olup, yapıların doğrusal olmayan analizleri ile ilgili standartları içermektedir.

Tablolarda geçen Fema356 Performans noktası raporu, yukarıda 5.4. kısımda anlatılan FEMA356'ya göre belirlenen performans noktasına göre yapının durumunu belirtir. Birinci satırda Pushover Analiz raporunun adı, sırasıyla tepe deplasman değeri, taban kesme kuvveti ve performans noktasının kaçınıcı adımda hesaplandığı bilgileri yazılır. Daha sonraki satırlarda ise performans noktasına göre, kolonların ve kirişlerin kat bazında sınır durumlarını belirten yüzde değerleri basılır.

Sınır Yüzdeleri=100*Belirtilen sınır içinde kalan mesnet sayısı/Toplam mesnet sayısı

Tablo 6.3. FEMA356 performans noktası raporundaki ifade açılımları

A-B	Elastik Bölgede Kalan Mesnet Sayısı
B-AS	Plastik Mafsal oluşmuş, akma sınırına henüz ulaşmamış mesnet sayısıdır.
AS-HS	Akma sınırına ulaşmış, hasar sınırına henüz ulaşmamış mesnet sayısıdır.
HS-GS	Hasar sınırına ulaşmış, göçme sınırına henüz ulaşmamış mesnet sayısıdır.
GS-G	Göçme sınırına ulaşmış, henüz göçmemiş mesnet sayısıdır
> G	Göçme durumuna ulaşmış mesnet sayısıdır.

Yapının mevcut durumuna ait herbir doğrultu için Fema 356 Performans Noktası Raporları aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.4. Yapının mevcut durumuna ait +E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(x) Depl.:0.0622 F:281 t. Ad.:238						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	91.53%	8.47%	-	-	-	-
1.Kat	55.93%	27.12%	16.95%	-	-	-
Zemin K.	42.37%	9.32%	48.31%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	62.86%	37.14%	-	-	-	-
1.Kat	38.57%	54.29%	7.14%	-	-	-
Zemin K.	45.71%	42.86%	10.00%	-	-	1.43%

Mevcut duruma ait yapının Tablo 6.4'den +E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %1.43'ü > G göçme durumunda çıkmıştır. Zemin kat kolonlarının %10'u 1.kat kolonlarının ise %7.14'ü zemin katta kirişlerin %48.31'ü 1. kat kirişlerinin %16.95'i belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir.

Tablo 6.5. Yapının mevcut durumuna ait -E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(x) Depl.:0.0623 F:281 t. Ad.:237						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	91.53%	8.47%	-	-	-	-
1.Kat	56.78%	27.97%	15.25%	-	-	-
Zemin K.	42.37%	9.32%	48.31%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	61.43%	38.57%	-	-	-	-
1.Kat	40.00%	54.29%	5.71%	-	-	-
Zemin K.	45.71%	42.86%	10.00%	-	-	1.43%

Mevcut duruma ait Yapının Tablo 6.5'den -E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %1.43'ü > G göçme durumunda çıkmıştır. Zemin kat kolonlarının %10'u 1. kat kolonlarının ise %5.71'i zemin katta kirişlerin %48.31'ü 1. kat kirişlerinin %15.25'i belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise

minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Burada 1.kat kolon ve kirişlerinin belirgin hasar bölgesindeki oranının arttığı görülmektedir.

Tablo 6.6. Yapının mevcut durumuna ait +E(y) yönünde Fema 356 raporu

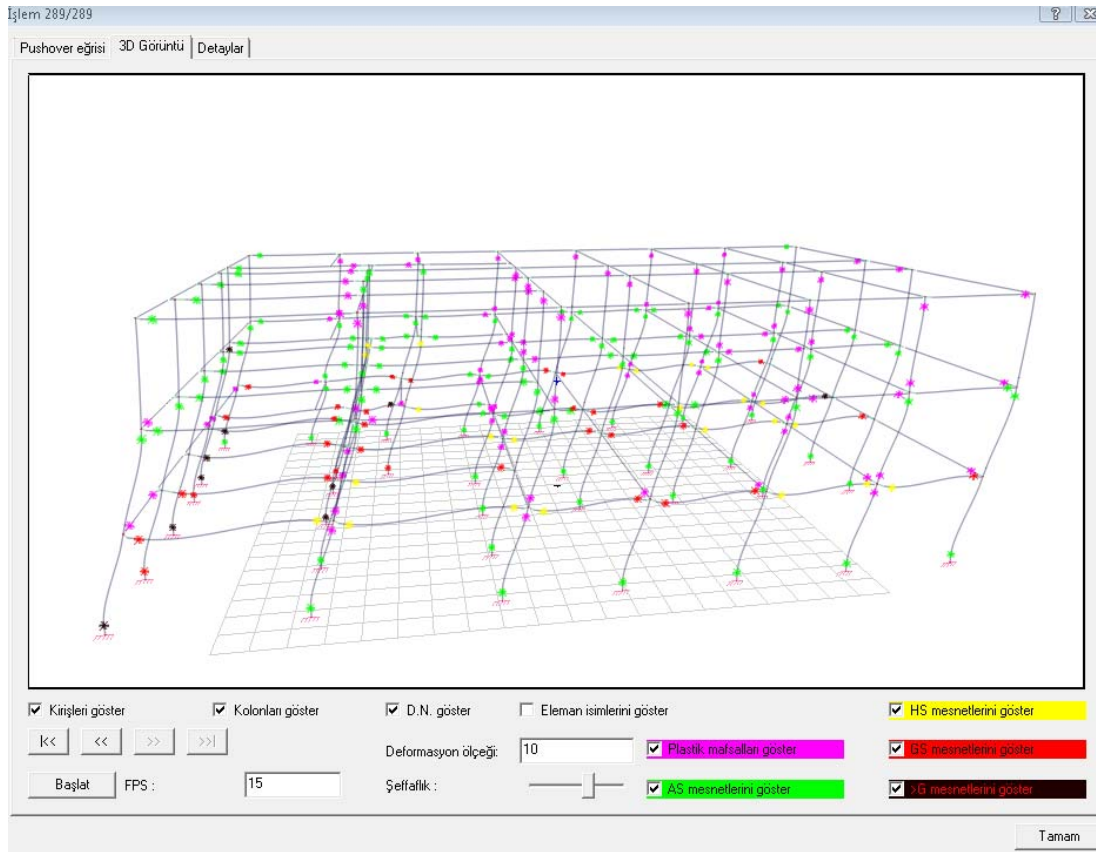
Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(y) Depl.:0.111 F:367 t. Ad.:232							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	66.95%	18.64%	14.41%	-	-	-	
1.Kat	55.08%	2.54%	42.37%	-	-	-	
Zemin K.	51.69%	4.24%	44.07%	-	-	-	
Kolonlar							
2.Kat	61.43%	14.29%	6.29%	-	-	-	
1.Kat	75.71%	17.14%	7.14%	-	-	-	
Zemin K.	45.71%	8.57%	44.29%	-	-	1.43%	

Mevcut duruma ait yapının Tablo 6.6'den +E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %1.43'ü >G göçme durumunda çıkmıştır. Zemin kat kolonlarının %44.29'u 1.kat kolonlarının ise %7.14'ü, 2.kat kolonlarının %6.29'u zemin katta kirişlerin %44.07'si, 1. Kat kirişlerinin %42.37'si, 2. Kat kirişlerinin %14.41'i belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Bu doğrultuda ise 2.kat elemanlarının hasar gördüğü görülmektedir.

Tablo 6.7. Yapının mevcut durumuna ait -E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(y) Depl.:0.112 F:366 t. Ad.:271							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	66.10%	19.49%	14.41%	-	-	-	
1.Kat	42.37%	14.41%	43.22%	-	-	-	
Zemin K.	33.90%	21.19%	44.92%	-	-	-	
Kolonlar							
2.Kat	60.00%	8.57%	7.43%	-	-	-	
1.Kat	74.29%	17.14%	8.57%	-	-	-	
Zemin K.	45.71%	2.86%	50.00%	-	-	1.43%	

Mevcut duruma ait yapının Tablo 6.7'den - E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %1.43'ü > G göçme durumunda çıkmıştır. Zemin kat kolonlarının %50'si 1.kat kolonlarının ise %8.57'si, 2.kat kolonlarının %7.43'ü zemin katta kirişlerin %44.92'si, 1. kat kirişlerinin %43.22'si, 2. Kat kirişlerinin %14.41'i belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Bu doğrultuda ise 2.kat elemanlarının hasar gördüğü görülmektedir.



Şekil 6.4. Mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve mevcut donatılı yapının 2007 TDY göre yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Mevcut yapıya ait oluşan plastik mafsalları gösteren Şekil 6.4.'de pembe renkli olan kısımlar plastik mafsal oluşan yerleri, yeşil renkte olan yerler akma sınırına ulaşmış kesitleri, sarı renkte olan yerler hasar sınırına ulaşmış kesitleri, kırmızı renkte olan yerler göçme sınırına ulaşmış kesitleri siyah renkte olan yerler ise göçme durumunda olan kesitleri göstermektedir.

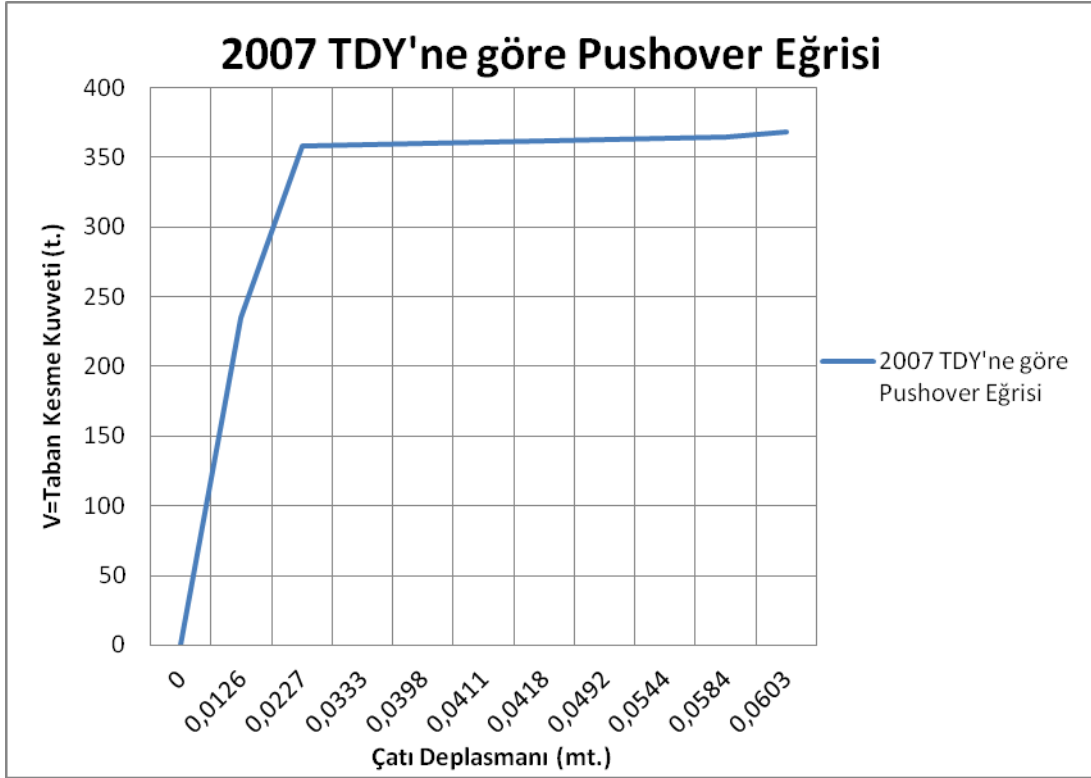
Şekilden de görüldüğü gibi, kesit uç bölgelerinin, kolon kiriş kesişim bölgelerinin zorlandığı ve buralarda plastik mafsalların oluştuğu görülmektedir. Özellikle zemin kat kolon alt bölgelerinin göçme durumuna ulaştığı dikkat çekmektedir.

b) Yapının mimari özelliklerini koruyarak, BS20 betonu ve BÇIII donatı çeliği kullanılarak 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden yapılması ve buna göre çözümlenmesi halindeki performans seviyesi, yapının +E(x), -E(x), +E(y), -E(y) yönleri için performans analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının performans durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.5’de gösterilmiştir.

2007 TDY’ne göre yeniden çözümlenmiş halinde X doğrultusunda yapıya ait modal analiz sonuçlarından yapı periyodu, yapı toplam ağırlığı ve herbir kata etkileyen eşdeğer deprem yükü Tablo 6.8. de gösterilmiştir.

Tablo 6.8. 2007 TDY’ne göre Herbir kata etkileyen Eşdeğer Deprem Yükü

2007 TDY’ne göre Ait Modal Analiz Sonuçları	
X Yönü	
Doğal Titreşim Periyodu (Tr) sn.	0.35
Yapı Toplam Ağırlığı (w) t.	1311.04
Spektrum Katsayısı S(tr)	2.5
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	1.4
Deprem Yükü azal.katsayısı Ra (Tr)	6.99
Katlara Etkiyen Eş Değer Deprem Yükü (t)	
2.Kat	134.245
1.Kat	85.558
Zemin Kat	42.779
Toplam	262.582



Şekil 6.5. Z+2 katlı yapının 2007 TDY'ne göre yeniden inşa edilmiş haline ait Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

Yapının performans yükü $V_{\text{performans}} = 368$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{\text{çatı}} = 0,0603$ mt.'dir. Yapının performans geçme durumu performans seviyesinde çıkmıştır.

2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş yapıya ait herbir doğrultu için Fema 356 Performans Noktası Raporları aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.9. 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş yapıya ait +E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(x) Depl.:0.0584 F:368 t. Ad.:155							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	99.15%	0.85%	-	-	-	-	-
1.Kat	98.31%	1.69%	-	-	-	-	-
Zemin K.	88.14%	11.86%	-	-	-	-	-
Kolonlar							
2.Kat	92.86%	7.14%	-	-	-	-	-
1.Kat	0.00%	1.43%	7.29%	-	-	-	-
Zemin K.	14.29%	74.29%	10.00%	-	-	-	1.43%

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre çözümlenmesi halinde ait yapının Tablo 6.9'dan +E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %1.43'ü > G göçme durumunda çıkmıştır. Zemin kat kolonlarının %10'u 1.kat kolonlarının ise %7.29'u belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Mevcut durumdan farklı olarak giriş bölgesi belirgin hasar bölgesine geçmemiştir.

Tablo 6.10. 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş yapıya ait -E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(x) Depl.:0.0584 F:368 t. Ad.:163							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-	-
1.Kat	95.76%	4.24%	-	-	-	-	-
Zemin K.	88.14%	5.93%	-	-	-	-	-
Kolonlar							
2.Kat	87.14%	12.86%	-	-	-	-	-
1.Kat	0.00%	0.00%	5.71%	-	-	-	-
Zemin K.	12.86%	74.29%	12.86%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre çözümlenmesi halinde ait yapının Tablo 6.10'dan -E(x) yönündeki raporuna göre ; Zemin kat kolonlarının %12.86'sı 1.kat kolonlarının ise %5.71'i belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Mevcut durumdan

farklı olarak kiriş bölgesi belirgin hasar bölgesine geçmemiştir. Yine mevcut durumun aynı doğrultusuna bağlı olarak kolonlarda göçme meydana gelmemiştir.

Tablo 6.11. 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş yapıya ait +E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(y) Depl.:0.0562 F:516 t. Ad.:192						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	83.05%	16.95%	-	-	-	-
Zemin K.	66.10%	11.02%	22.88%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	68.57%	31.43%	-	-	-	-
1.Kat	18.57%	27.14%	1.43%	-	-	-
Zemin K.	27.14%	20.00%	2.86%	-	-	-

Mevcut duruma ait yapının 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş halinde Tablo 6.11'den +E(y) yönündeki raporuna göre ; Zemin kat kolonlarının %2.86'sı 1.kat kolonlarının ise %1.43'ü, zemin katta kirişlerin %22.88'i, belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi aralığına düşmüşlerdir. Bu doğrultu mevcut durumun aynı doğrultusuna göre kolonlarda göçme meydana gelmemiştir. Belirgin hasar bölgesine geçen kolon ve kiriş oranlarında azalma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 6.12. 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş yapıya ait - E(y) yönünde Fema 356 raporu

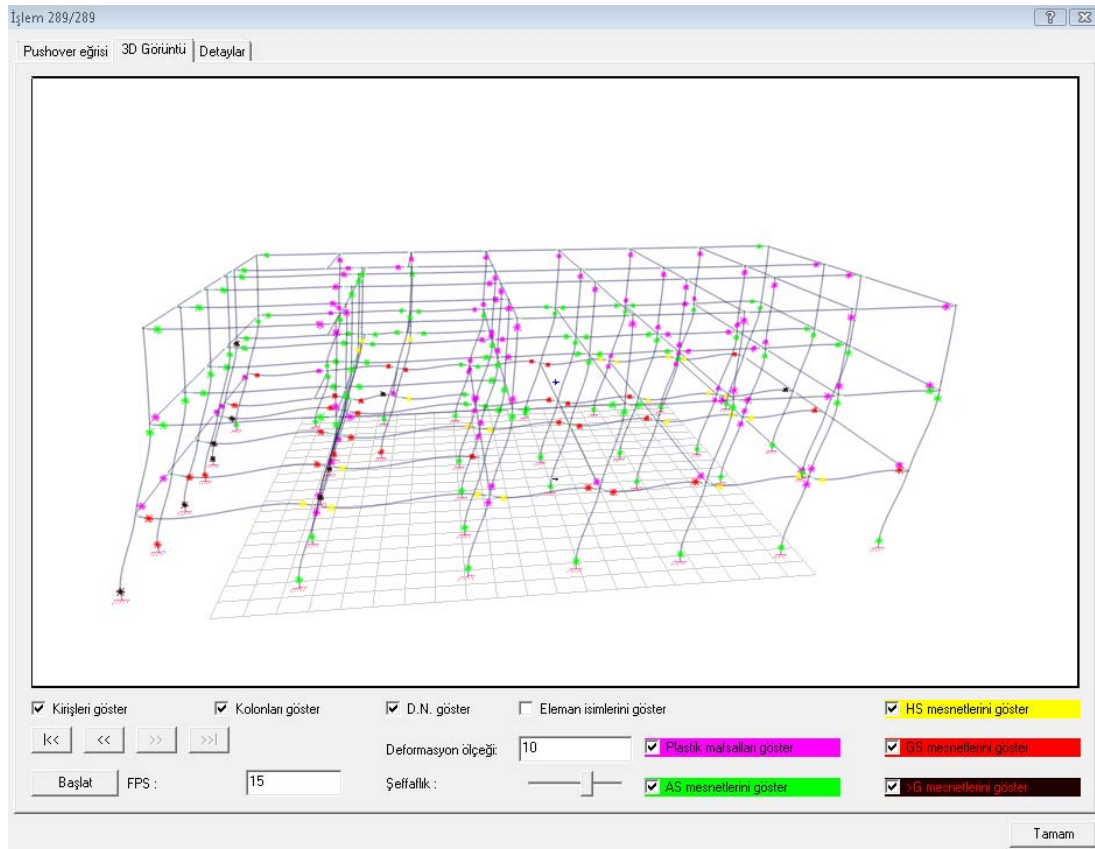
Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(y) Depl.:0.0567 F:515 t. Ad.:239						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	81.36%	18.64%	-	-	-	-
Zemin K.	66.10%	11.02%	22.88%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	45.71%	54.29%	-	-	-	-
1.Kat	10.00%	32.86%	4.29%	-	-	-
Zemin K.	18.57%	28.57%	5.00%	-	-	-

Mevcut duruma ait yapının Tablo 6.12'den - E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin kat kolonlarının %5'i 1.kat kolonlarının ise %4.29'u, zemin katta kirişlerin %22.88'i, belirgin hasar bölgesinde çıkmıştır. Diğer yapı elemanları ise minimum hasar bölgesi

aralığına düşmüşlerdir. Bu doğrultuda ise 2.kat elemanlarının hasar gördüğü görülmektedir.

Yapının performans seviyesi $> G$ göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Çünkü 2007 deprem yönetmeliğine göre bina deprem performansı belirlemesi kısmında, göçme durumunda yapı göçme öncesi performans durumuna sağlamıyorsa göçme durumundadır denilmektedir.

Yukarıdaki sonuçlardan, $+E(x)$ yönünde 1.kat kolonlarının %1.43'ünün göçme durumuna ulaştığı görülmektedir. Bu durum deprem yönetmeliğinde belirtilmiş olan yukarıdaki paragrafta da vurgusu yapılan göçme durumu performans düzeyine geçtiğini gösterir.



Şekil 6.6. 2007 TDY göre yeniden boyutlandırılan yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Mevcut yapıya ait oluşan plastik mafsalları gösteren Şekil 6.6.'da pembe renkli olan kısımlar plastik mafsal oluşan yerleri,yeşil renkte olan yerler akma sınırına ulaşmış kesitleri, sarı renkte olan yerler hasar sınırına ulaşmış kesitleri, kırmızı renkte olan yerler göçme sınırına ulaşmış kesitleri siyah renkte olan yerler ise göçme durumunda olan kesitleri göstermektedir.

Yukarıdaki sayısal çözümlmeleri ile ilgili olarak yapının mevcut hali ile mimari projesinde herhangi bir değişikli yapılmadan 2007 TDY'ne göre çözümlenen hali arasında performans düzeyinde farklılık olmadığı, yapının mevcut durumda performans seviyesi, göçme durumu performans seviyesindeyken mimari projesi değiştirilmeden 2007 TDY'ne göre yeniden çözümlenmiş haline ait performans seviyesinin ise yine göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Bu durumda bize yapı ile ilgili güçlendirilme yapılması gereğinin ortaya çıktığını göstermektedir.

6.2. Güçlendirme Modellemeleri

Bu bölümde, yapılacak sayısal uygulamalarda 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilen zemin üstü 2 katlı mevcut bir yapıya güçlendirme perdeleri uygulanarak yapının performans seviyesindeki değişim incelenmiştir. Güçlendirme perdeleri 3 farklı model şeklinde uygulanmıştır. Bu modellemeler statik itme analizi (pushover) yönteminin daha iyi anlaşılması ve sonuçlarının karşılaştırılması bakımından faydalı olacaktır. Ayrıca çözüm içinde alternatifler içinde en ideal çözüme ulaşılmasını sağlayacaktır.

- a) Yapı 2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre Model 1 ile güçlendirilerek yapının performans seviyesi incelenmiştir.
- b) Yapı 2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre Model 2 ile güçlendirilerek yapının performans seviyesi incelenmiştir.
- c) Yapı 2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre Model 3 ile güçlendirilerek yapının performans seviyesi incelenmiştir.

6.2.1. Güçlendirme modellemeleri ile ilgili genel bilgiler:

Güçlendirme Modellerinin analizinde kullanılan genel bilgiler aşağıda sıralanmıştır. Yapı ile ilgili genel bilgilere ek olarak güçlendirmede kullanılan beton ve demir sınıfı ilave edilmiştir.

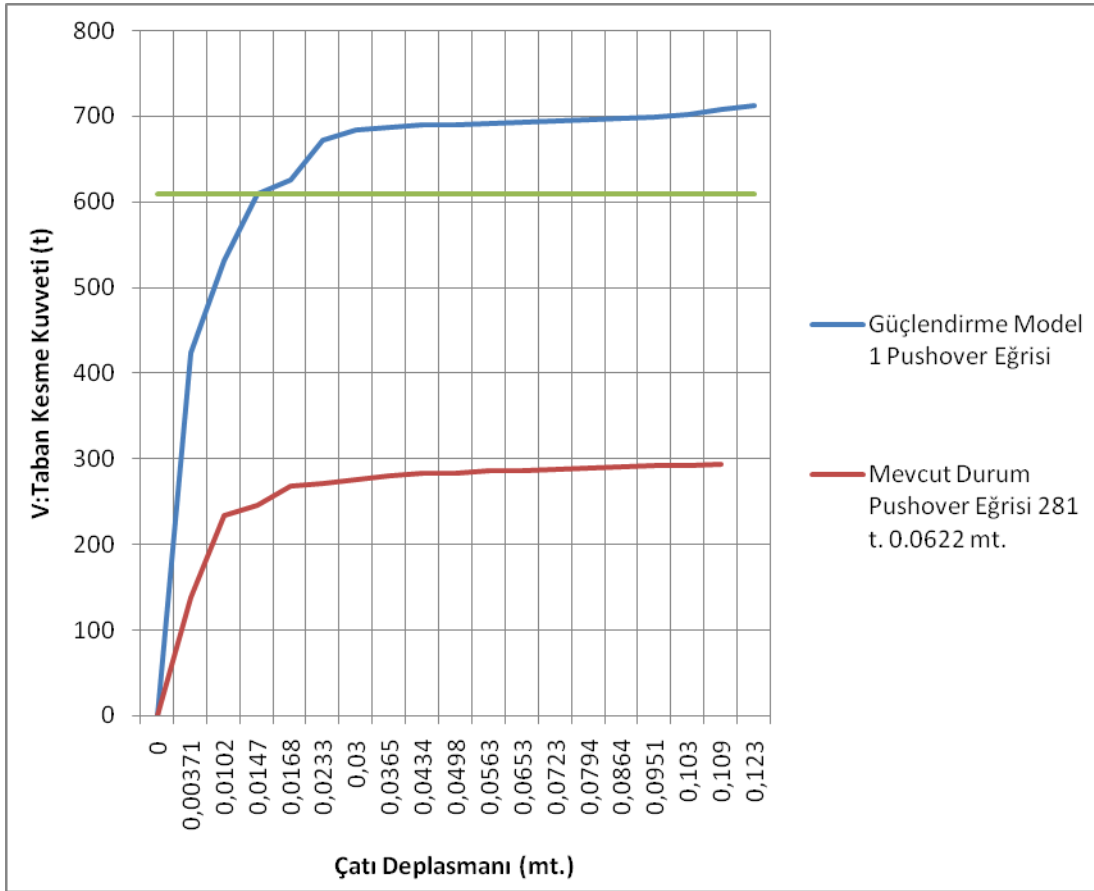
- a) Yapı kat sayısı = Zemin Katı + 2 Normal kat
- b) Kat yüksekliği (h) : 3,0 m (normal kat)
- c) Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu = 35,81m
- d) Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu = 18,51m
- e) Deprem bölgesi = 1. Bölge
- f) Etkin yer ivmesi (A_0) = 0.40
- g) Hesaplarda göz önüne alınacak deprem türü = Tasarım depremi
- h) Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.60
- i) Bina önem katsayısı (I) = 1.4
- j) Yerel zemin sınıfı = Z4
- k) Zemin emniyet gerilmesi = $8,5 \text{ t/m}^2$
- l) Zemin yatak katsayısı = 2000 t/m^3
- m) Spektrum karakteristik periyotları : $T_A = 0.20 \text{ sn}$, $T_B = 0.90 \text{ sn}$
- n) Mevcut yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı : $R = 1$
- o) Mevcut yapıda kullanılan beton sınıfı=BS16
- p) Güçlendirme perdelerinde kullanılan beton sınıfı = BS20
- q) Mevcut yapıda kullanılan çelik sınıfı = BÇI
- r) Güçlendirme perdelerinde kullanılan çelik sınıfı= BÇIII
- s) Döşeme türü = Plak
- t) Döşeme kalınlığı = 0.12m-0.15m

Güçlendirme Modeli 1'de X doğrultusunda yapıya ait modal analiz sonuçlarından yapı periyodu, yapı toplam ağırlığı ve herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü Tablo 6.13. de gösterilmiştir.

Tablo 6.13.GM1'e ait Herbir kata etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü

GM1'e Ait Modal Analiz Sonuçları	
X Yönü	
Doğal Titreşim Periyodu (Tr) sn.	0.12
Yapı Toplam Ağırlığı (w) t.	1655.31
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1.867
Spektral İvme Katsayısı S(Tr)	1.045
Deprem Yükü Azal.Katsayısı Ra(Tr)	4.093
Katlara Etkiyen Eş Değer Deprem Yükü (t)	
2.Kat	220.372
1.Kat	140.573
Zemin Kat	61.837
Toplam	422.782

Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.8’de gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre Model 1 perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

Yapının performans yükü $V_{\text{performans}} = 610$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{\text{çatı}} = 0,0147$ m’dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde çıkmıştır. Yapının mevcut durumuna ait $V_{\text{performans}} = 281$ ton, bu göçme sonucu oluşan deplasman ise 0,0622 olarak yukarıda elde edilmiştir.

Güçlendirme modeli 1 ile mevcut duruma ait pushover eğrileri, taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri, arasındaki fark Şekil 6.8.’deki gibidir. Buna göre taban kesme kuvvetinin güçlendirme modeli 1’de belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı %36.85 olduğu görülmektedir. Yani mevcut taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı %21.43’ten %36.85’e yükseldiği görülmektedir. Çatı deplasmanında ise yine belirgin bir şekilde azalmanın olduğu görülmektedir.

Model 1, güçlendirme uygulamasında her bir doğrultu için Fema 356 Performans Noktası Raporları aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.14. Model 1 güçlendirmesine ait +E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(x) Depl.:0.0147 F:610 t. Ad.:84						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	89.93%	10.17%	-	-	-	-
1.Kat	75.42%	24.58%	-	-	-	-
Zemin K.	74.58%	25.42%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	97.18%	2.82%	-	-	-	-
Zemin K.	91.51%	8.49%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.14'den +E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elastik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir.

Tablo 6.15. Model 1 güçlendirmesine ait -E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(x) Depl.:0.00931 F:545 t. Ad.:55						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	95.76%	4.24%	-	-	-	-
1.Kat	84.75%	15.25%	-	-	-	-
Zemin K.	83.90%	16.10%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	97.18%	2.82%	-	-	-	-
Zemin K.	91.51%	8.49%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.15'den -E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elastik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aşmadığı görülmektedir.

Tablo 6.16. Model 1 güçlendirmesine ait +E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(y) Depl.:0.012 F:757 t. Ad.:100						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	83.05%	16.95%	-	-	-	-
1.Kat	75.42%	24.58%	-	-	-	--
Zemin K.	67.80%	32.20%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	99.30%	0.70%	-	-	-	-
1.Kat	97.89%	2.11%	-	-	-	-
Zemin K.	91.51%	8.49%	-	--	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.16'dan +E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir.

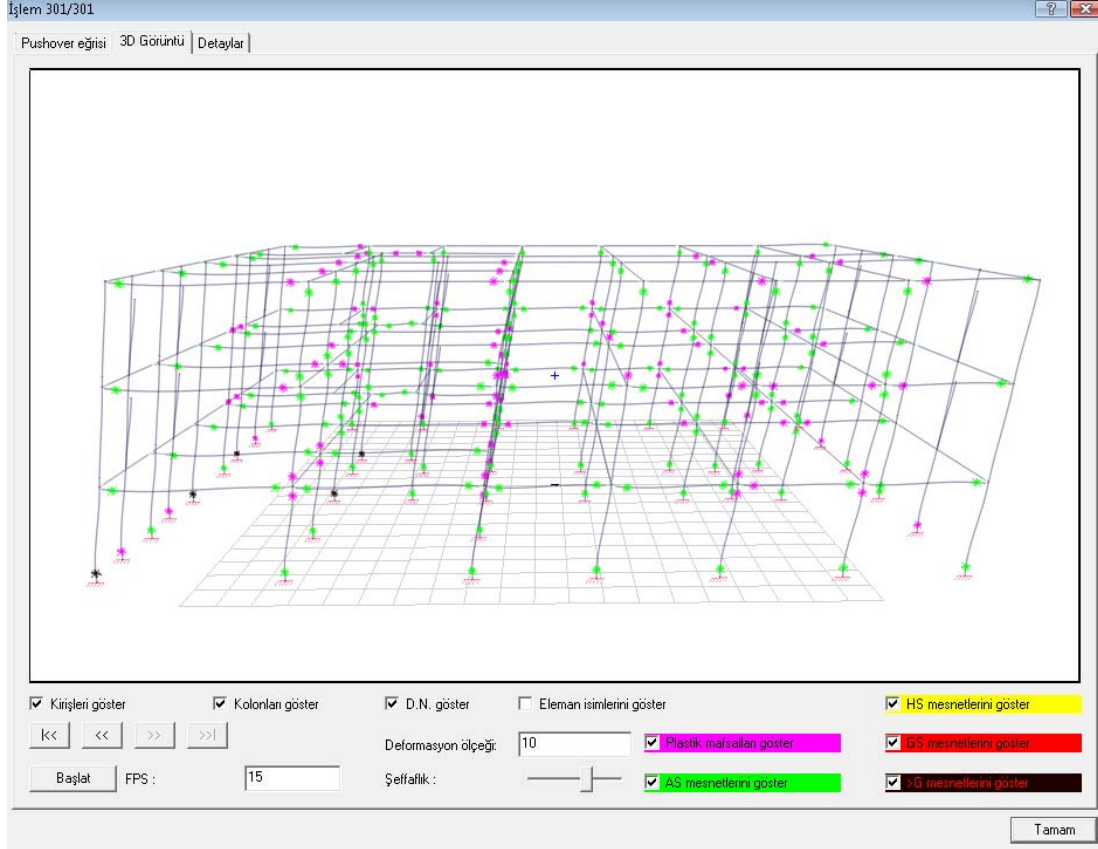
Tablo 6.17. Model 1 güçlendirmesine ait -E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(y) Depl.:0.0116 F:754 t. Ad.:101						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	83.05%	16.95%	-	--	-	-
1.Kat	75.42%	24.58%	--	-	-	-
Zemin K.	68.64%	31.36%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	98.59%	1.41%	-	-	-	-
1.Kat	97.89%	2.11%	-	-	-	-
Zemin K.	90.57%	9.43%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.17'den -E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir.

Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans düzeyi olarak belirlenmiştir. 2007 deprem yönetmeliğine göre herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u *Belirgin Hasar Bölgesi*'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir. Bu durumda yapı Hemen Kullanım performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

Yukarıdaki sonuçlardan, Bütün doğrultularda kiriş ve kolonların minimum hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Belirgin Hasar bölgesinde kirişlerin %10'un altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle yapı Hemen Kullanım Performans Seviyesindedir.

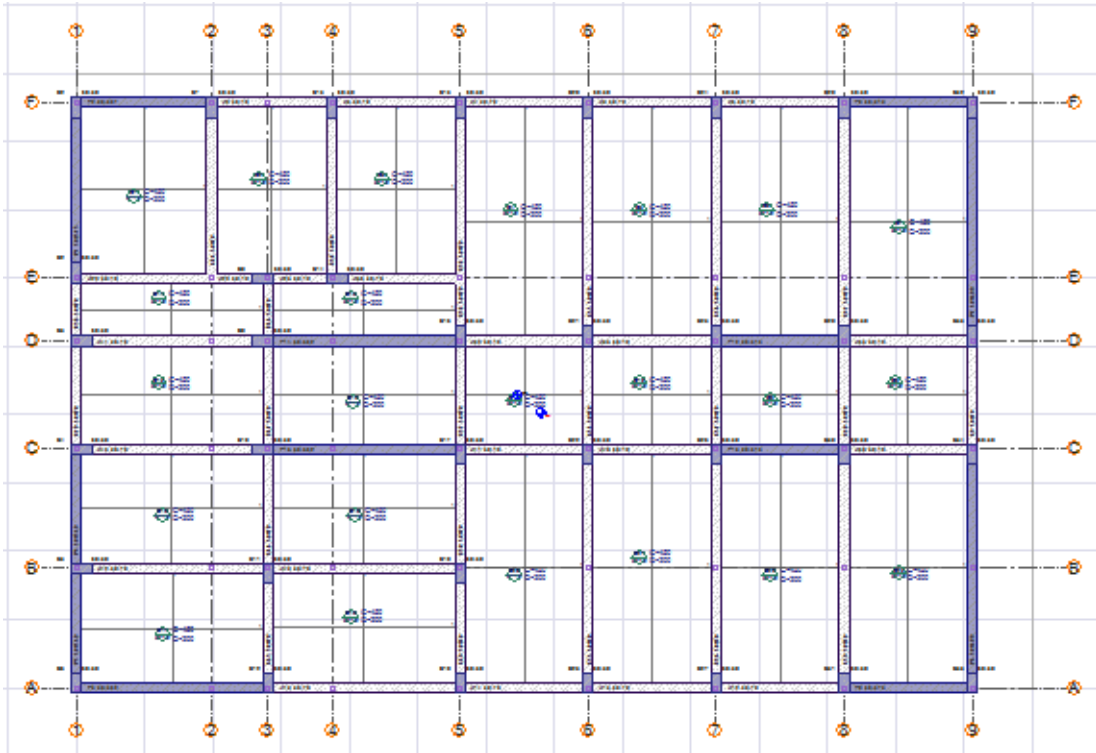


Şekil 6.9. Z+2 Katlı 2007 TDY göre Model 1 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Mevcut yapıya ilave perdelerle oluşan model 1'e ait plastik mafsalları gösteren şekil 6.9.'da pembe renkli olan kısımlar plastik mafsalları oluşan yerleri, yeşil renkte olan yerler akma sınırına ulaşmış kesitleri, sarı renkte olan yerler hasar sınırına ulaşmış kesitleri, kırmızı renkte olan yerler göçme sınırına ulaşmış kesitleri siyah renkte olan yerler ise göçme durumunda olan kesitleri göstermektedir. Tablolardan ve şekil 6.9.'dan anlaşılacağı gibi zemin kat kolon ve kiriş birleşim bölgelerinin daha zorlandığı ve bu zorlanmaların üst katlara çıkıldıkça azalarak arttığı görülmektedir. Özellikle şekil 6.9.'dan görüldüğü gibi kolon alt uçlarında siyah renkle gösterilen yerlerin aşırı zorlandığı görülmektedir.

b) Yapının, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre ikinci bir model ile ilave perdeler ile güçlendirme yapılarak, performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için performans analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının performans durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.10'de gösterilmiştir.

Güçlendirme çalışmasında yapının kat alanının %1 kadar X ve Y yönlerine konulan perdelerin kalıp planındaki yerleri Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



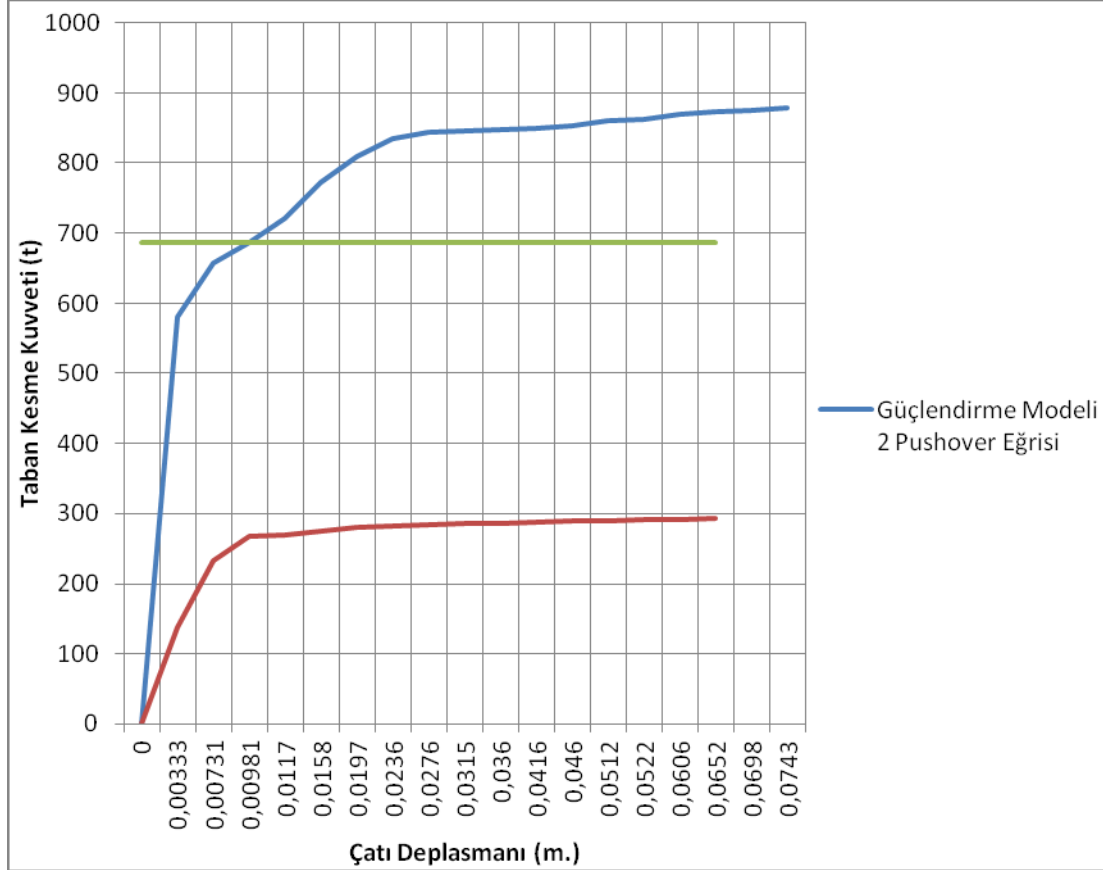
Şekil 6.10. 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın planı (MODEL 2)

Güçlendirme Modeli 2’de X doğrultusunda yapıya ait modal analiz sonuçlarından yapı periyodu, yapı toplam ağırlığı ve herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü Tablo 6.18. de gösterilmiştir.

Tablo 6.18. GM2’ye ait Herbir kata ait Eşdeğer Deprem Yükü

GM2’ye Ait Modal Analiz Sonuçları	
X Yönü	
Doğal Titreşim Periyodu (Tr) sn.	0.09
Spektrum Katsayısı S(Tr)	1.69
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	0.946
Deprem Yükü Azalt.Katsayısı Ra (Tr)	4.025
Yapı Toplam Ağırlığı (w) t.	1599.17
Katlara Etkiyen Eş Değer Deprem Yükü (t)	
2.Kat	192.217
1.Kat	122.505
Zemin Kat	61.253
Toplam	375.975

Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre Model 2 perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

Yapının performans yükü $V_{\text{performans}} = 686$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{\text{çat1}} = 0,00981$ m’dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde çıkmıştır. Yapının mevcut durumuna ait $V_{\text{performans}} = 281$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan deplasman ise 0,0622 olarak yukarıda elde edilmişti.

Güçlendirme modeli 2 ile mevcut duruma ait pushover eğrileri, taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri, arasındaki fark Şekil 6.11.'deki gibidir. Buna göre Taban kesme kuvvetinin güçlendirme modeli 2'de belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı %42.90 olarak çıkmıştır. Mevcut duruma göre taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı %21.43'ten % 42.90'a yükselmiştir.

Model 2 Güçlendirme uygulamasında herbir doğrultu için Fema 356 Performans Noktası Raporları aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.19. Model 2 güçlendirmesine ait +E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(x) Depl.:0.00981 F:686 t. Ad.:53							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	93.22%	6.78%	-	-	-	-	-
1.Kat	85.59%	14.41%	-	-	-	-	-
Zemin K.	87.29%	12.71%	-	-	-	-	-
Kolonlar							
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-	-
1.Kat	100.00%	-	-	-	-	-	-
Zemin K.	89.34%	10.66%	-	--	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.19'dan +E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aşmadığı görülmektedir. Model 2 güçlendirmesinde Model 1 güçlendirmesini aynı doğrultusunda ki raporuna göre 1 ve 2 . katlarda kolon bölgesinde elastiklik boyutunun daha da azaldığı görülmektedir.aynı durum kirişlerde de görülmektedir. Kiriş oranlarında B-AS oranının aynı doğrultuda ki Model 1'e nazaran azaldığı görülmektedir.

Tablo 6.20. Model 2 güçlendirmesine ait -E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(x) Depl.:0.00985 F:685 t. Ad.:54						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	94.07%	5.93%	-	-	-	-
1.Kat	85.59%	14.41%	-	-	-	-
Zemin K.	85.59%	14.41%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	100.00%	-	-	-	-	-
Zemin K.	89.34%	10.66%	-	--	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.20'den -E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir. Model 2 güçlendirmesinde model 1 güçlendirmesini aynı doğrultusunda ki raporuna göre 1 ve 2 . katlarda kolon bölgesinde elastiklik boyutunun daha da azaldığı görülmektedir. aynı durum kirişlerde de görülmektedir. Kiriş oranlarında B-AS oranının aynı doğrultuda ki model 1'e nazaran azaldığı görülmektedir.

Tablo 6.21. Model 2 güçlendirmesine ait +E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(y) Depl.:0.0128 F:728 Ad.:103						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	81.36%	18.64%	-	-	-	-
1.Kat	75.42%	24.58%	-	-	-	-
Zemin K.	69.49%	30.51%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	99.18%	0.82%	-	-	--	-
1.Kat	100.00%	-	-	-	-	--
Zemin K.	87.70%	12.30%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.21'den +E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir.

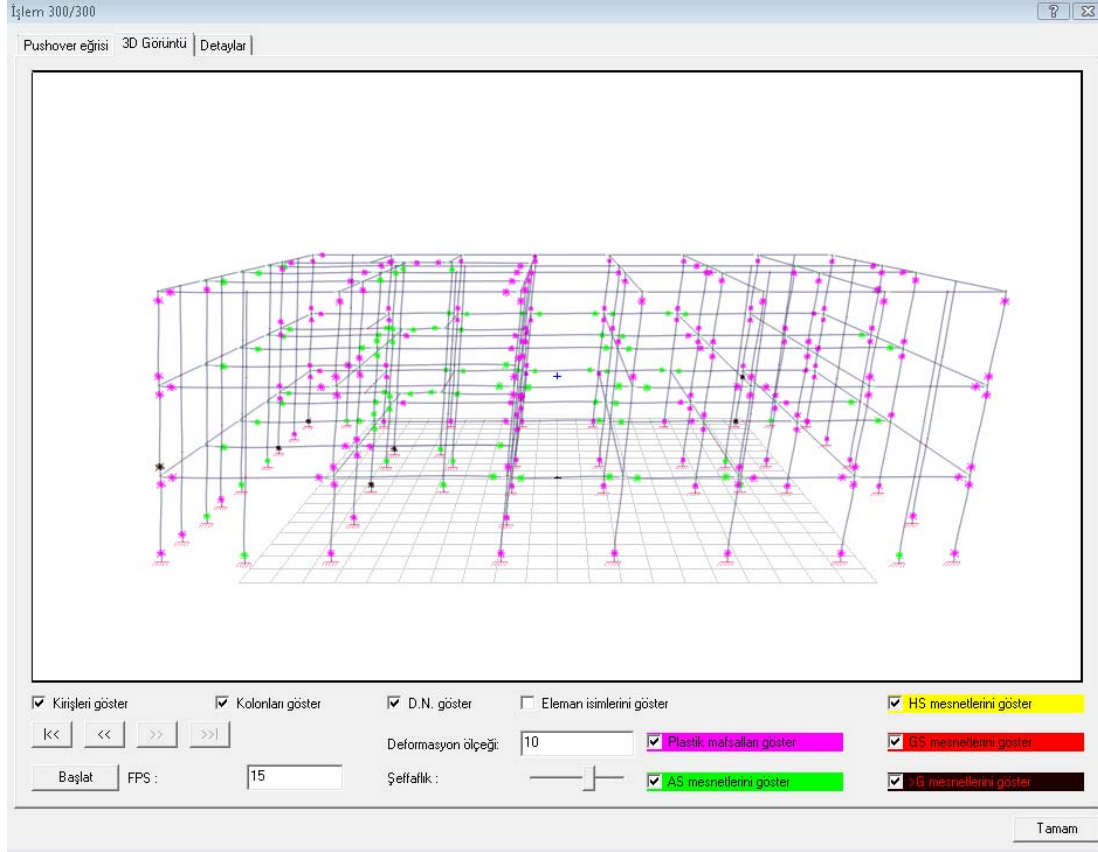
Tablo 6.22. Model 2 güçlendirmesine ait -E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(y) Depl.:0.0129 F:721 t Ad.:137						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	77.12%	22.88%	-	-	-	-
1.Kat	72.03%	27.97%	-	-	-	-
Zemin K.	69.49%	30.51%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	90.16%	9.84%	-	-	-	-
1.Kat	94.26%	5.74%	-	-	-	-
Zemin K.	85.25%	14.75%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.22'den -E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarının A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Yani yapı taşıyıcı elemanlarının tamamının elstatik sınırlar içinde kaldığı gözlenmekte olup hiçbir elemanın akma sınırını aştığı görülmemektedir. Ancak bu doğrultuda diğer doğrultulara nazaran B-AS bölgesindeki kolon oranı artmaktadır.

Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans düzeyi Seviyesi performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Çünkü 2007 deprem yönetmeliğine göre 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 yapı hemen kullanım performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

Yukarıdaki sonuçlardan, bütün doğrultularda kiriş ve kolonların minimum hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Belirgin hasar bölgesinde kirişlerin %10'un altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle yapı hemen kullanım performans Seviyesindedir.

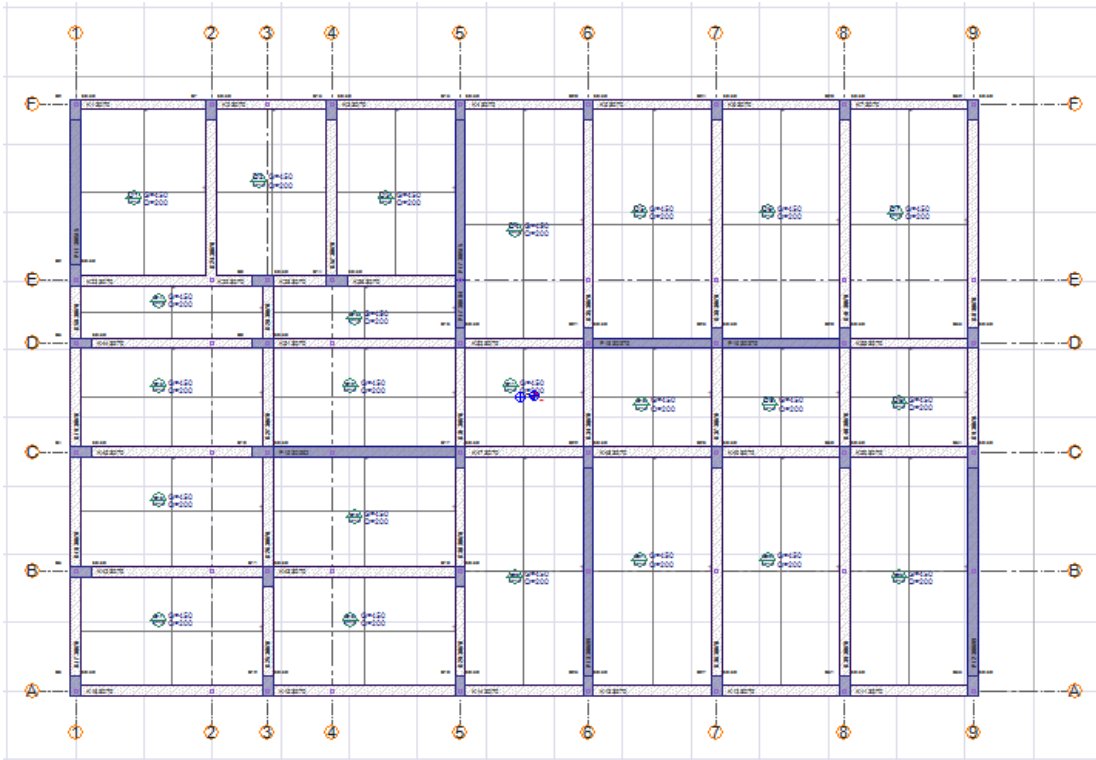


Şekil 6.12. Z+2 Katlı 2007 TDY göre Model 2 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Mevcut yapıya ilave perdelerle oluşan model 2'ye ait plastik mafsalları gösteren Şekil 6.12.'de pembe renkli olan kısımlar plastik mafsalları gösteren yerleri, yeşil renkte olan yerler akma sınırına ulaşmış kesitleri, sarı renkte olan yerler hasar sınırına ulaşmış kesitleri, kırmızı renkte olan yerler göçme sınırına ulaşmış kesitleri siyah renkte olan yerler ise göçme durumunda olan kesitleri göstermektedir. Tablolardan ve şekil 6.12.'den anlaşılacağı gibi zemin kat kolon ve kiriş birleşim bölgelerinin daha zorlandığı ve bu zorlanmaların üst katlara çıkıldıkça azalarak arttığı görülmektedir. Özellikle şekil 6.12.'den görüldüğü gibi zemin kat kolon alt uçlarındave 1. kat kolon alt uçlarında siyah renkle gösterilen yerlerin aşırı zorlandığı görülmektedir.

c) Yapının, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre üçüncü bir model ile ilave perdeler ile güçlendirme yapılarak, performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için performan analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının performans durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.13.'de gösterilmiştir.

Güçlendirme çalışmasında yapının kat alanının %1 kadar X ve Y yönlerine konulan perdelerin kalıp planındaki yerleri Şekil 6.13'de gösterilmiştir.



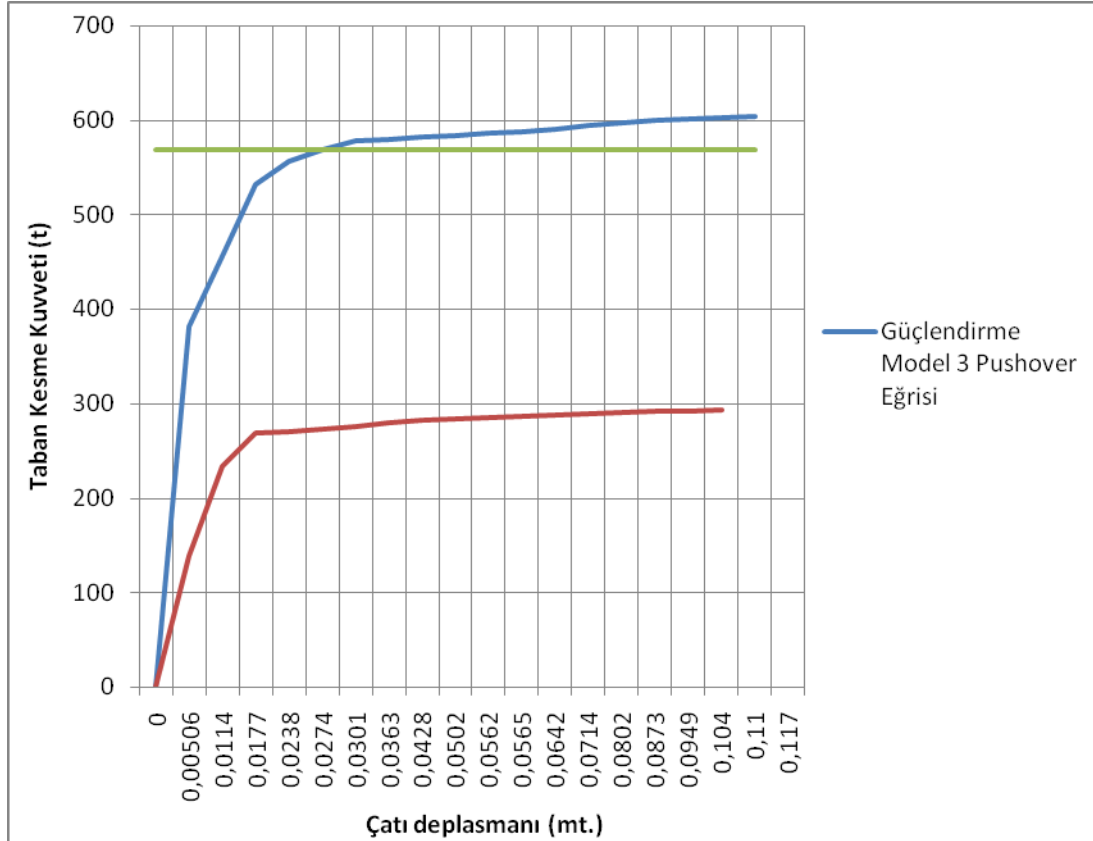
Şekil 6.13. 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın planı (MODEL 3)

Güçlendirme modeli 2’de X doğrultusunda yapıya ait modal analiz sonuçlarından yapı periyodu, yapı toplam ağırlığı ve herbir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü Tablo 6.23. de gösterilmiştir.

Tablo 6.23. GM3’e ait Herbir kata ait Eşdeğer Deprem Yükü

GM3' e Ait Modal Analiz Sonuçları	
X Yönü	
Doğal Titreşim Periyodu (Tr) sn.	0.14
Spektrum Katsayısı S(Tr)	2.045
Spektral İvme Katsayısı A(Tr)	1.145
Deprem Yükü Azaltma Ra(Tr)	5.326
Yapı Toplam Ağırlığı (w) t.	1490.18
Katlara Etkiyen Eş Değer Deprem Yükü (t)	
2.Kat	163.842
1.Kat	104.421
Zemin Kat	52.21
Toplam	320.473

Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 6.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.14.Z+2 katlı yapının 2007 TDY göre Model 3 perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

Yapının performans yükü $V_{\text{performans}} = 569$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{\text{çatı}} = 0,0274$ m'dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde çıkmıştır. Yapının mevcut durumuna ait $V_{\text{performans}} = 281$ ton, bu performans yükü sonucu oluşan deplasman ise 0,0622 olarak yukarıda elde edilmişti.

Güçlendirme modeli 3 ile mevcut duruma ait pushover eğrileri, taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri, arasındaki fark Şekil 6.14.'deki gibidir. Buna göre taban kesme kuvvetinin güçlendirme modeli 3'de belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranı %21.43'ten %38.18'e yükseldiği görülmektedir.

Model 3 güçlendirme uygulamasında herbir doğrultu için Fema 356 Performans Noktası Raporları aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.24. Model 3 güçlendirmesine ait +E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: +E(x) Depl.:0.0274 F:569 t. Ad.:209						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	81.36%	17.80%	0.85%	-	-	-
1.Kat	57.63%	38.98%	3.39%	-	-	-
Zemin K.	54.24%	41.53%	4.24%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	59.00%	11.00%	-	-	-	-
1.Kat	87.00%	13.00%	-	-	-	-
Zemin K.	71.00%	29.00%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.24'den +E(x) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarından kolonların A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Kirişlerde ise zemin kat kirişlerinin %4.24'ü, 1.kat kirişlerinin %3.39'u, 2. kat kirişlerinin ise %0.82'inin belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir. Model 3 güçlendirmesinde model 1 ve model 2 güçlendirmesinden farklı olarak bazı taşıyıcı elemanların (kirişlerin) belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir. Ancak bu durum 2007 TDY'nde belirtilen sınırları aşmadığından yapı yine hemen kullanım performans seviyesindedir.

Tablo 6.25. Model 3 güçlendirmesine ait -E(x) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(x) Depl.:0.0274 F:569 t. Ad.:207						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	81.36%	17.80%	0.85%	-	-	-
1.Kat	57.63%	38.98%	3.39%	-	-	-
Zemin K.	55.08%	41.53%	3.39%	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	59.00%	11.00%	-	-	-	-
1.Kat	87.00%	13.00%	-	-	--	-
Zemin K.	72.00%	28.00%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne gore ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.25'den $-E(x)$ yönündeki raporuna gore ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarından kolonların A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Kirişlerde ise zemin kat kirişlerinin %3.39'u, 1.kat kirişlerinin %3.39'u, 2. kat kirişlerinin ise %0.85'inin belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir. Aynı doğrultuda model 3 güçlendirmesinde model 1 ve model 2 güçlendirmesinden farklı olarak bazı taşıyıcı elemanların (kirişlerin) belirgin hasar bölgesine geçtiği görülmektedir.

Tablo 6.26. Model 3 güçlendirmesine ait $+E(y)$ yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu						
Pushover için Performans Durumu Raporu: $+E(y)$ Depl.:0,00855 F:711 t. Ad.:76						
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G
Kirişler						
2.Kat	85.59%	14.41%	-	-	-	-
1.Kat	79.66%	20.34%	-	-	-	-
Zemin K.	76.27%	23.73%	-	-	-	-
Kolonlar						
2.Kat	99.00%	1.00%	-	-	-	-
1.Kat	100.00%	2.00%	-	-	-	-
Zemin K.	94.00%	6.00%	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne gore ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.26'dan $+E(y)$ yönündeki raporuna gore ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarından kolon ve kirişlerin A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda $+E(x)$ ve $-E(x)$ doğrultularından farklı olarak hiçbir eleman belirgin hasar bölgesine geçmemiştir..

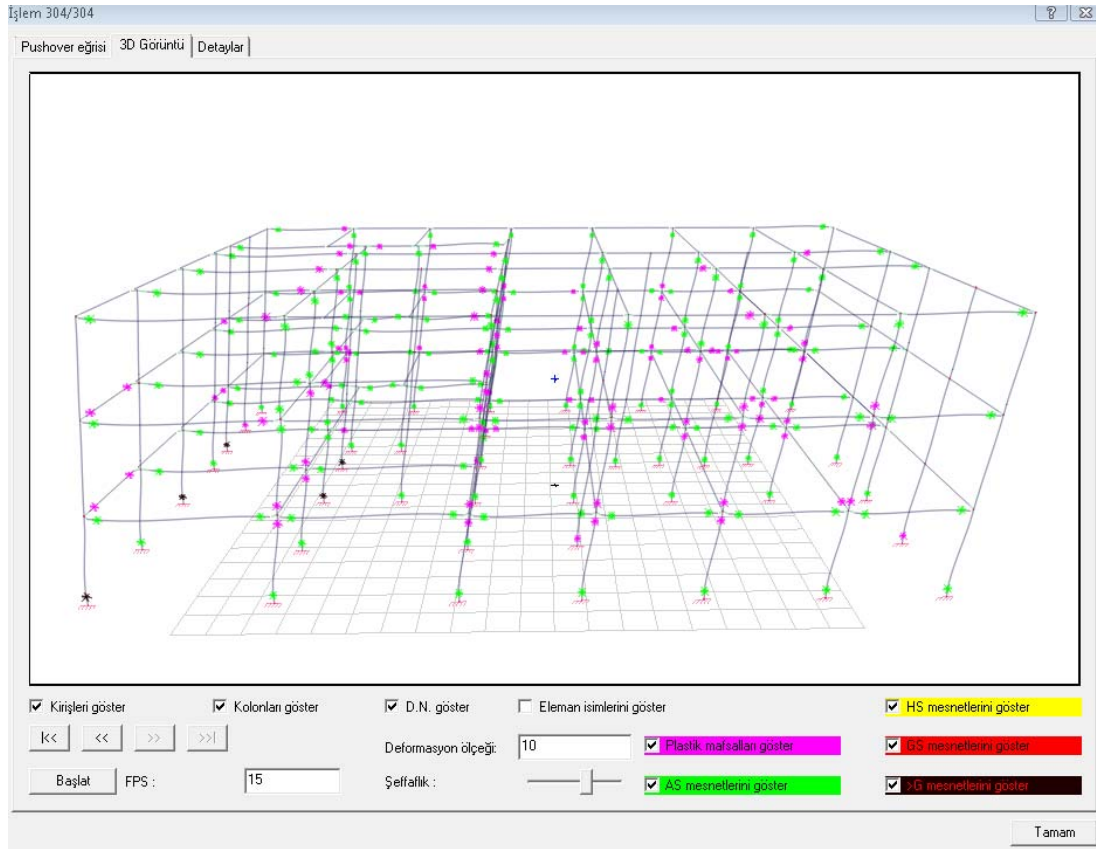
Tablo 6.27. Model 3 güçlendirmesine ait -E(y) yönünde Fema 356 raporu

Fema 356 Performans Noktası Raporu							
Pushover için Performans Durumu Raporu: -E(y) Depl.:0.0101 F:706 t. Ad.:112							
Kat	A-B	B-AS	AS-HS	HS-GS	GS-G	>G	
Kirişler							
2.Kat	79.66%	20.34%	-	-	-	-	-
1.Kat	72.88%	27.12%	-	-	-	-	-
Zemin K.	71.19%	28.81%	-	-	-	-	-
Kolonlar							
2.Kat	92.00%	4.00%	-	-	-	-	-
1.Kat	96.00%	8.00%	--	-	-	-	-
Zemin K.	90.00%	10.00%	-	-	-	-	-

Mevcut durumun yeniden 2007 TDY'ne göre ilave perdelerle çözümlenmesi halinde ait Yapının Tablo 6.27'den -E(y) yönündeki raporuna göre ; zemin, 1 ve 2. kat olmak üzere tüm katlarda yapı elemanlarından kolon ve kirişlerin A-B ve B-AS aralığında olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda +E(x) ve -E(x) doğrultularından farklı olarak hiçbir eleman belirgin hasar bölgesine geçmemiştir.

Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans düzeyi seviyesi performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Çünkü 2007 deprem yönetmeliğine göre 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 yapı hemen kullanım performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

Yukarıdaki sonuçlardan, bütün doğrultularda kiriş ve kolonların minimum hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Belirgin hasar bölgesinde kirişlerin %10'un altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle yapı hemen kullanım performans seviyesindedir.



Şekil 6.15 Z+2 Katlı 2007 TDY göre Model 3 perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Mevcut yapıya ilave perdelerle oluşan model 3'e ait plastik mafsalları gösteren şekil 6.15.'de pembe renkli olan kısımlar plastik mafsalları oluşan yerleri, yeşil renkte olan yerler akma sınırına ulaşmış kesitleri, sarı renkte olan yerler hasar sınırına ulaşmış kesitleri, kırmızı renkte olan yerler göçme sınırına ulaşmış kesitleri siyah renkte olan yerler ise göçme durumunda olan kesitleri göstermektedir. Tablolardan ve şekil 6.15.'den anlaşılacağı gibi zemin kat kolon ve kiriş birleşim bölgelerinin daha zorlandığı ve bu zorlanmaların üst katlara çıkıldıkça azalarak arttığı görülmektedir. Özellikle şekil 6.15.'den görüldüğü gibi zemin kat kolon alt uçlarındave 1. kat kolon alt uçlarında siyah renkle gösterilen yerlerin aşırı zorlandığı görülmektedir.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'nin muhtelif yerlerinde 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilip inşa edilmiş mevcut bir betonarme okul binasının deprem güvenliğinin kontrolü statik itme analizi (pushover) yöntemiyle yapılmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak mevcut yapının taşıyıcı sisteminin tasarımında ve boyutlandırılmasında herhangi bir değişiklik yapılmadan 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine (TDY) göre yapının performans noktası elde edilmiştir. İkinci olarak mevcut yapının taşıyıcı sisteminin tasarımında ve boyutlandırılmasında herhangi bir değişiklik yapılmadan 2007 TDY'ne göre analizi yapılmıştır. Bu analiz yapılmasının nedeni, yapı doğru projelendirilmiş bile olsa statik itme analizi sonucunda günümüz kriterlerine göre istenilen değerlere ulaşip ulaşamayacağını kontrol etmektir.

Yapının 2007 TDY göre performans seviyesi göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Bu analiz sonucu gösteriyor ki yapı, 2007 TDY'de yaklaşık olarak belirlenmiş olan hasar kontrolü performans aralığına düşmemiştir, yani yapı mevcut haliyle 2007 TDY uygun değildir. Bu da bize 1975- 1998 TDY'ne göre projelendirilip inşa edilmiş kamu yapılarının deprem güvenliklerinin kontrol edilmesi gerektiğini göstermektedir.

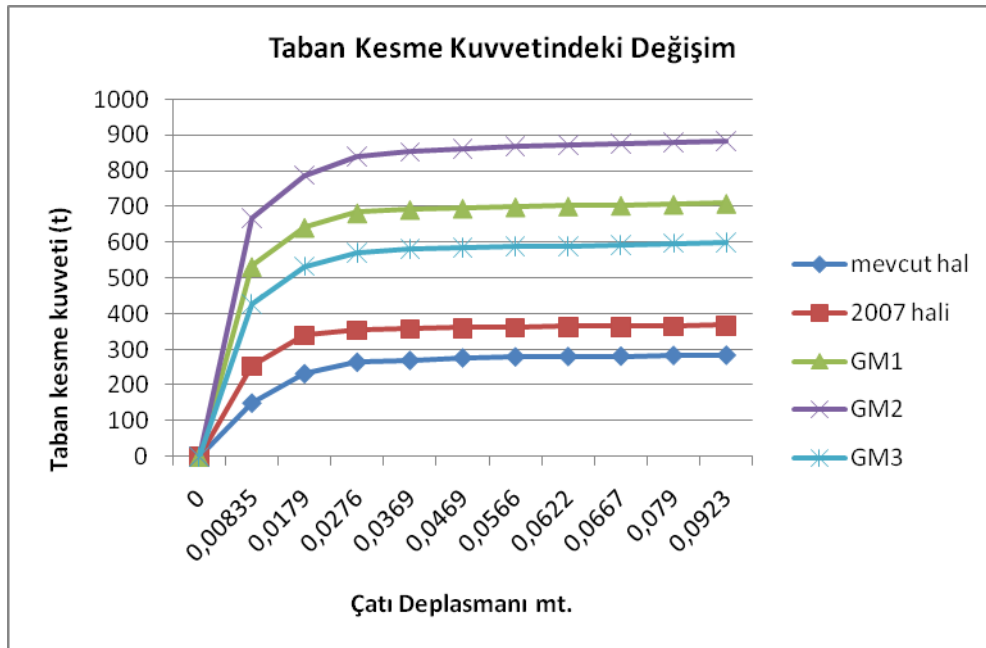
İkinci olarak yapı 2007 Türk Deprem Yönetmeliğin şart ve gereklerine uygun olarak ve mimari özellikleri korunarak yeniden tasarlanıp boyutlandırılmıştır.

2007 TDY şart ve gereklerine uygun olarak ve mimari özellikleri korunarak yapı yeniden tasarlanıp boyutlandırıldığında performans seviyesi, göçme durumu performans seviyesi çıkmıştır. Bu performans seviyesinde ki en önemli etken de yeni yapıda beton ve donatı sınıfının yüksek olmasına karşın yapının boyutlandırılması ve projelendirilmesidir. Mevcut yapı yıkılıp yerine mimari özellikleri korunarak yeni yapı yapıldığında performans seviyesi 2007 TDY uygun hale gelmemektedir.

Üçüncü olarak da yapıya 3 değişik modelleme ile güçlendirme perdeleri ilave edilerek yapının performans seviyesi incelenmiştir. Yapıda yapılan güçlendirme çalışmalarında, yapıya X ve Y yönlerinde kat alanının %1'i kadar perdeler ilave edilmiştir.

Yapıya uygulanan her 3 güçlendirme modelinde de yapının performans seviyesinin hemen kullanım performans seviyesi düzeyine yükseldiği görülmüştür.

Yapının mevcut, 2007 TDY'ne göre inşa edilmiş hali, Güçlendirme modeli 1, güçlendirme modeli 2, güçlendirme modeli 3 için belli sayıda veri için taban kesme kuvvetinde ki değişim Şekil 7.1' deki gibidir.



Şekil 7.1 Taban Kesme Kuvvetindeki Değişim

Şekil 7.1.de mevcut zemin üzeri 2 katlı yapıda yapılan performans değerlendirme sonuçlarına göre aradaki farkı görmek açısından tüm yapı durumları için +E(x) doğrultusunda pushover eğrisi sonuçları gösterilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Şekil 7.1'e göre taban kesme kuvvetlerinde ki değişim gösterildi. Taban kesme kuvveti en yüksek güçlendirme modeli 2 olduğu şekilden de anlaşılmaktadır. Yapı en kötü performansı mevcut durumunda göstermekte, sırasıyla 2007 TDY'ne göre çözümlenmiş hali, güçlendirme modeli 3, güçlendirme modeli 1 ve güçlendirme modeli 2 olarak performansında artış görülmektedir.

Bu sonuçlardan model 2'nin gerek taban kesme kuvvetinin (pushover eğrisinden) artmasında gerekse de burulma düzensizliğinin oluşmaması açısından yapının güçlendirilmesi için en uygun çözüm olduğu görülmektedir.

Tablo 7.1. Yapılmış Olan Çalışmalarla Karşılaştırma

21.05.2004 Tarihinde İ.T.Ü'de Yapılan Benzer Çalışmalarla Sonuçların Karşılaştırılması					
Tez Konusu	Yapı Alan kat adedi	Mevcut Dur. Taban Kesme Kuvveti(t.)	Mevcut Çatı Depl. (m.)	Güçl. Dur. Taban Kes. Kuvv.(t)	Güçl.Dur Çat.Dep. (m.)
Bu çalışma	662.84 m2 Z+2 kat	281	0.0622	610	0.0147
Statik İtme Yöntemiyle bina Tahkiki veGüçlendirme Hesabı	201.55 m2 Z+4 kat	381.19	0.0495	459.63	0.0388
Statik İtme Yöntemiyle bir okul binasının tahkiki ve güçlendirme hesabı	338.35 m2 Z+2 kat	145.13	0.0380	1352.05	0.016

Tablo 7.1. de yapılan benzer çalışmalar ile bu çalışmamızın sonuçları karşılaştırılmıştır. Birinci Satırda bu çalışmanın sonuçları, ikinci ve üçüncü satırlarda ise 2004 yıllarında yapılan benzer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir. Bu çalışmalarda da çalışmamızın konusu olan yapıya ait sonuçlarla kıyaslama yapıldığında sonuçların paralellik gösterdiği, taban kesme kuvvetinin önemli oranda arttığı görülmüştür. Bu sonuçların paralellik gösterdiği, taban kesme kuvvetinin önemli oranda arttığı görülmüştür. Bu sonuçların paralellik gösterdiği, taban kesme kuvvetinin önemli oranda arttığı görülmüştür. Bu sonuçların paralellik gösterdiği, taban kesme kuvvetinin önemli oranda arttığı görülmüştür.

[20,21]

Dolayısı ile statik itme analizi (pushover) yöntemi kullanılarak yapının hem mevcut hali irdelenme şansına sahip olundu hemde yapıda her çeşit değişiklik ve ilave halinde yapının ne şekil davrandığı gözlemlenerek en uygun sonuca ulaşılmış oldu.

Bu verilerin ışığında statik itme yönteminin, yapıların deprem yükleri altındaki gerçek davranışını anlamamıza ve buna bağlı olarak mevcut yapıların güvenliğinin arttırılmasında veya yeni yapılar için güvenlik seviyesinin saptanmasında önemli bir analiz yöntemi olduğu görölmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 06 Mayıs 2007.
- [2] EROL, O., “Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi”, Lisans Üstü Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [3] AĞCAKOCA, M., “Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı” ,Lisans Üstü Tezi,İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [4] CELEP, Z., KUMBASAR, N., “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” , İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2004.
- [5] DARCAN, C., “Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı” ,Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.
- [6] MERMER, S., “Mevcut Bir Yapının Yeni Deyrem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi”, Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.
- [7] ÖZER, E., “Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım”, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2005.
- [8] AYDINOĞLU, N., “DBYBHY-2007 Kapsamında Depreme Dayanıklı Tasarımın Genel İlkeleri”, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 2006
- [9] KUTANİS, M., “Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı1”, İMO Sakarya Şubesi Sayı 3, Sakarya, Eylül 2007.
- [10] CELEP, Z., “Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme–Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2007.
- [11] SUCUOĞLU, H., “2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Değerlendirmesi”, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 444-445 , 2006/4-5, Ankara , 2006.

- [12] KUTANIS, M., “Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı 2”, İMO Sakarya Şubesi Sayı 4, Sakarya, Aralık 2007
- [13] GÜLKAN, P., SÖZEN, M., “İnelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Eartquake Motions.”, pp.604-610, ACI Journal, 1974.
- [14] FREEMAN , S.A., “Performance Based Eartquake Engineering During the Last 40 Years, Eartquake Engineering: Essantianel and Applications Workshops, EERC METU, Ankara, July 2005.
- [15] KUTANIS, M.“Statik İtme Yöntemlerinin Performansının Değerlendirilmesi”, YOGS, Pamukkale Üniversitesi / DENİZLİ, 7-8 Aralık 2006.
- [16] İdecad 5 Enterprise 5.510 Versiyonu Kullanma Kılavuzu, İstanbul, 2007, Bursa
- [17] TS-500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 22 Şubat, 2000.
- [18] Aplied Technology Council, ATC-40, 1996. Seismic Evaulation and Retrofit Of Concrete Buildings, Volume 1, Reedwood City, California.
- [19] Federal Emergency Management Agency, FEMA 273, 1997. NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Buildings, Washington, D.C.
- [20] EK MEN, T., “Statik İtme Yöntemiyle Bir Okul Binasının Tahkiki ve Güçlendirme Hesabı” , Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.
- [21] IŞIK, U., “Statik İtme Yöntemiyle Bina Tahkiki ve Güçlendirme Hesabı” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Hakan ÇELİK, 06.06.1980 'de Ağrı'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ağrı'da tamamladı. Lisans eğitimine 1999-2000 eğitim yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde başladı. 2003-2004 eğitim yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bölümünden bahar yarı yılında mezun oldu. 2003-2004 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.Halen Manisa Bayındırlık ve İskan Müdürlüğünde mühendis olarak çalışmaktadır.