

149859

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BETONARME YAPILARIN DEPLASMAN ESASLI SİSMİK
DİZAYNI

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Altuğ YAVAŞ

149859

Balıkesir, Kasım – 2004

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BETONARME YAPILARIN DEPLASMAN ESASLI SİSMİK
DİZAYNI**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Altuğ YAVAŞ

Balıkesir, Kasım - 2004

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BETONARME YAPILARIN DEPLASMAN ESASLI SİSMİK
DİZAYNI

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Altuğ YAVAŞ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Şerif SAYLAN

Sınav Tarihi : 04.11.2004

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Şerif SAYLAN

Prof. Dr. Yaşar KALTAKÇI

Prof. Dr. Hikmet ÇATAL

Doç. Dr. Erdal İRTEM

Yrd. Doç. Dr. Mehmet TERZİ

(Danışman- BAÜ)

(SÜ)

(DEÜ)

(BAÜ)

(BAÜ)

Balıkesir, Kasım - 2004

ÖZET

BETONARME YAPILARIN DEPLASMAN ESASLI SİSMİK DİZAYNI

Altuğ YAVAŞ

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(Doktora Tezi / Tez Danışmanı : Prof. Dr. Şerif SAYLAN)

Balıkesir, 2004

Deprem esnasında yapıda oluşan yapısal ve yapısal olmayan hasarlar genellikle sistemde oluşan yatay deplasmanlardan meydana gelmektedir. Günümüzde kullanılan geleneksel kuvvet esaslı dizayn metodunda deplasmanlar dizaynın sonunda kontrol edilirler. Bu nedenle potansiyel hasarların kontrol edilmesi çok güçtür. Yapıların hedef bir deplasman için dizayn edildiği deplasman esaslı dizayn yöntemi ile yapının hasar potansiyeli kontrol altında tutulabilmektedir.

Son on yılda yapıların dizaynının hedef deplasman veya deplasman profili için yapıldığı direkt deplasman esaslı dizayn metodu birçok yapı tipinin dizaynı için kullanılmaktadır. Bu çalışmada moment aktaran çerçeve tipi yapılar için geliştirilen Direkt Deplasman Esaslı Dizayn (DDED) metodu perde çerçeve tipi yapıların dizaynı için genişletilmiştir. Perde çerçeve yapıların DDED'inin yapılabilmesi için perde çerçeve tipi yapılar ait deplasman profilinin belirlenmesi gerekir. Bu nedenle, perde çerçeve tipi yapıların deplasman profillerinin elde edilmesi için DDED ve lineer olmayan dinamik analizin birlikte kullanıldığı iteratif bir yöntem önerilmiştir. Tek bir perdenin, çerçevenin ortasında olduğu, altı, dokuz ve oniki katlı dört açıklıklı yapılar için lineer olmayan deplasman profilleri elde edilmiştir. Ayrıca farklı perde yerleşiminin ve farklı açıklık sayısının deplasman profilini etkilemediği belirlenmiştir.

Lineer olmayan deplasman profillerinin elde edildiği son iterasyon adımında yapılar gerçek deplasman profili kullanılarak DDED metoduna göre dizayn edilmektedir. DDED metodunun performans değerlendirmeleri lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilen eleman süneklilik seviyelerine göre yapılmıştır. Perde-çerçeve tipi yapılar için önerilen DDED metodunun yapıların lineer olmayan davranışının da metoda dahil edildiği etkili bir metod olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada yapılar kuvvet esaslı dizayn metodu kullanılarak dizayn edilmişler ve kuvvet esaslı dizaynda kullanılan yapı davranış katsayısı irdelenmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: deplasman esaslı dizayn / perde-çerçeve tipi yapı / deplasman profili / lineer olmayan dinamik analiz / kuvvet esaslı dizayn / yapı davranış katsayısı

ABSTRACT

DISPLACEMENT BASED SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Altuğ YAVAŞ
University of Balıkesir, Institute of Science,
Department of Civil Engineering

(Ph.D. Thesis / Supervisor :Prof. Dr. Şerif SAYLAN)

Balıkesir -Turkey, 2004

Damages that occur in structural and non-structural elements during the earthquake are due to lateral displacements. Traditional force based design methods controls displacements at the end of the design. Therefore it is difficult to control potential damages. Displacement based design approach that designs the structure for a given target displacement or displacement profile can control the potential damages.

Direct displacement based design that designs the structure for a given target displacement profile is used for the design of several types of structures in the last decade. In this study, the direct displacement based design (DDBD) method developed for the design of moment resisting structures is extended for the design of wall-frame type structures. Displacement profiles of the wall-frame type structures must be determined for the DDBD of wall frame structures. Therefore, an iterative method that uses DDBD and nonlinear time history analysis together is proposed for determining the displacement profiles. Displacement profiles for six, nine and twelve storied four span wall-frame type structures that have one wall in the middle of the frame are determined. Its determined that location of the wall and the number of the span of the system do not change the displacement profile of the wall frame system.

Structures whose nonlinear displacement profiles are determined in the last iteration step are the structures that were designed for the real displacement profile. Performance of DDBD method is evaluated by using ductility levels of the elements that are determined from nonlinear time history analysis. It is seen that the DDBD method proposed for the design of wall frame type structures is an effective method that incorporates the inelastic behavior of the structure to the method. Also in this study the structures are designed by using force-based design and structural response coefficient that is used in force-based design is investigated.

KEYWORDS : displacement based design / wall-frame type structure / displacement profile / nonlinear time history analysis / force based design / structural response coefficient

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	16
2. DÜZLEM TAŞIYICI SİSTEMLERİN DİREKT DEPLASMAN ESASLI DİZAYNI	18
2.1 Kabuller	18
2.2 Moment Aktaran Çerçeve Tipi Yapılar	19
2.2.1 Temsili Yapı Metodolojisi	20
2.2.2 Direkt Deplasman Esaslı Dizayn Metoduna Ait Hesap Adımları	24
2.2.2.1 Yapısal Analiz	30
2.2.2.1.1 Kiriş-Kolon Rijitlik Oranı	31
2.2.2.1.2 Sabitlenmiş Zemin Kat Kolonu Moment Talebi	32
2.2.2.2 Elemanların Dizaynı	35
2.2.2.2.1 Kiriş Elemanların Dizaynı	35
2.2.2.2.2 Kolon Elemanların Dizaynı	37
2.3 Tek Perdeli Perde Çerçeve Tipi Yapılar	37
2.3.1 Yapısal Analiz	39
2.3.1.1 Elemanların Rijitlik Oranları	39
2.3.1.1.1 Dört Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	40
2.3.1.1.1.1 Altı Katlı Yapı	41
2.3.1.1.1.2 Dokuz Katlı Yapı	42
2.3.1.1.1.3 Oniki Katlı Yapı	43
2.3.1.1.2 Altı Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	44
2.3.1.1.2.1 Altı Katlı Yapı	44
2.3.1.1.2.2 Oniki Katlı Yapı	46
2.3.1.1.3 Sekiz Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	46
2.3.1.2 Sabitlenmiş Kolon ve Perde Moment Talebi	47
2.3.1.2.1 Dört Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	48
2.3.1.2.1.1 Altı Katlı Yapı	48

2.3.1.2.1.2 Dokuz Katlı Yapı	49
2.3.1.2.1.3 Oniki Katlı Yapı	49
2.3.1.2.2 Altı Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	51
2.3.1.2.2.1 Altı Katlı Yapı	51
2.3.1.2.2.2 Oniki Katlı Yapı	52
2.3.1.2.3 Sekiz Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı	52
2.3.2 Kolon, Kiriş ve Perde Elemanların Dizaynı	53
2.3.2.1 Kiriş Elemanların Dizaynı	53
2.3.2.2 Kolon Elemanların Dizaynı	53
2.3.2.3 Perde Eleman Dizaynı	53
2.4 Deplasman Profilinin Elde Edilmesi	54
2.4.1 Hesapta İzlenen Yol	54
2.4.2 Lineer Olmayan Dinamik Analiz	56
2.4.3 Yapay Deprem Kayıtlarının Oluşturulması	57
3. SAYISAL UYGULAMALAR	59
3.1 Tek Perdeli Perde Çerçeve Yapılar	59
3.1.1 Altı Katlı Yapı	60
3.1.1.1 $V_{perde} / V_{taban} = 0.50$ Olması Hali	60
3.1.1.1.1 Farklı Başlangıç Profillerinin Sonuç Deplasman Profiline Etkisi	80
3.1.1.1.2 Kat Kütlesinin Deplasman Profiline Etkisi	82
3.1.1.2 $V_{perde} / V_{taban} = 0.60$ Olması Hali	83
3.1.1.3 $V_{perde} / V_{taban} = 0.40$ Olması Hali	84
3.1.2 Dokuz Katlı Yapı	85
3.1.2.1 $V_{perde} / V_{taban} = 0.50$ Olması Hali	86
3.1.2.2 $V_{perde} / V_{taban} = 0.60$ Olması Hali	91
3.1.2.3 $V_{perde} / V_{taban} = 0.40$ Olması Hali	92
3.1.3 Oniki Katlı Yapı	93
3.1.3.1 $V_{perde} / V_{taban} = 0.50$ Olması Hali	94
3.1.3.2 $V_{perde} / V_{taban} = 0.60$ Olması Hali	98
3.1.3.3 $V_{perde} / V_{taban} = 0.40$ Olması Hali	99
3.1.4 Açıklık Sayısının Deplasman Profiline Etkisi	101
3.1.4.1 Altı Katlı Yapı	101
3.1.4.2 Oniki Katlı Yapı	102
3.1.5 Perdenin Konumunun Deplasman Profiline Etkisi	103
3.2 Perde Çerçeve Yapıların Performans Değerlendirmesi	105
3.2.1 Altı Katlı Yapı	105
3.2.2 Dokuz Katlı Yapılar	107
3.2.3 Oniki Katlı Yapılar	109
3.3 Çerçeve Tipi Yapılar	111
3.3.1 Altı Katlı Yapı	112
3.3.2 Dört ve On Katlı Yapılar	114
4. KUVVET ESASLI DİZAYN METODU	117
4.1 Dokuz Katlı Yapı	118
4.1.1 Eleman Taleplerini Belirlenmesi	118
4.1.2 Süneklik Faktörü Azaltılarak Dizayn	121
4.2 Altı Katlı Yapı	123

4.3 Oniki Katlı Yapı	125
4.4 DED ile KED Metotlarındaki Sistem İlişkileri	127
5. SONUÇLAR	129
KAYNAKLAR	135
EKLER	
EK A Süneklik Talebinin Değişiminin Eleman Moment Taleplerinin Değişimine Etkisi	143
EK B Üretilen Yapay Deprem Kayıtları	148



SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı	Birimi
a_{ef}	Eşdeğer TSD sistemin ivmesi	m/sn^2
a_i	İ'nci kattaki ivme	m/sn^2
A,B,C,D	Değişkenler	
A_g	Brüt kesit alanı	m^2
c_i	Her kat için deplasman şekli sabiti	
[C]	Sönüm matrisi	
E_c	Beton elastisite modülü	kN/m^2
F_{ef}	Efektif kuvvet	kN
F_i	Kat kuvveti	kN
g	Yerçekimi ivmesi	m/sn^2
h_b	Kirişin yüksekliği	m
h_c	Taban kolonu yüksekliği	m
I_b	Kiriş atalet momenti	m^4
I_c	Kolon atalet momenti	m^4
I_{cr}	Çatlamış kesit atalet momenti	m^4
I_w	Perde atalet momenti	m^4
k	Seçilen kolon yükseklik oranı veya moment sıfır noktasının yerini belirten oran	
[K]	Rijitlik matrisi	
K_{ef}	Tek serbestlik dereceli sisteme ait rijitlik	kN/m
K_{cr}	Elastik sistem rijitliğini (çatlamış rijitlik)	kN/m
K_{ie}	Deforme olmuş sistem rijitliği (elastik olmayan rijitlik)	kN/m
KA	Kat adedi	
l_w	Perde duvarın uzun kenarının boyutu	m
m_i	Her kata ait kütle	kg
M_{ef}	Eşdeğer TSD sistemin efektif kütlesi	kg
M_c	Sabitlenmiş kolon taban momenti	kNm
M_b	Sabitlenmiş kiriş taban momenti	kNm
M_d	Elemana ait moment talebi	kNm
M_u	Elemana ait maksimum moment	kNm
M_y	Akma momenti	kNm
M_w	Sabitlenmiş perde taban momenti	kNm
n	Çerçevedeki toplam kat sayısı veya taban kolonlarının sayısı	
r_{Δ}	Deplasman pekleşme faktörü	
R	Korelasyon Katsayısı	
R	Yapı davranış katsayısı	
T_{ef}	Tek serbestlik dereceli sisteme ait periyot	sn
V_b	Toplam taban kesme kuvveti	kN
V_c	Kolonların karşılayacağı taban kesme kuvveti	kN

V_{perde}	Perdenin karşılayacağı taban kesme kuvveti	kN
V_{taban}	Toplam taban kesme kuvveti	kN
α_k	Rijitliğe bağlı sönüm çarpanı	
Δ_i	Kat deplasmanları	m
Δ_{ef}	Efektif deplasman	m
Δ_{sys}	Sistem deplasmanı	m
ε_v	Donatının akma şekil değiştirmesi	
γ	Fonksiyonun eğriliğini kontrol eden değişken	
μ	Süneklik talebi	
μ_d	Dizayn sünekliği	
μ_u	Maksimum süneklik talebi	
θ_d	Seçilen maksimum dizayn ötelemesi	
ω_i	(İ) nolu moda ait açısal frekans	sn
ξ_i	(İ) nolu moda ait kritik sönüm oranı	
χ	Fonksiyonun çatı katındaki eğimini veren değişken	
χ_v	Eleman akma eğriliği	



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 1.1	Deplasman esaslı dizayn prosedürlerinin değerlendirmesi	13
Şekil 2.1	ÇSD yapının TSD yapı olarak temsil edilmesi	21
Şekil 2.2	Deplasman davranış spektrumu	24
Şekil 2.3	Dört farklı yapı için deplasman profillerinin karşılaştırılması	27
Şekil 2.4	Deplasman davranış spektrumundan efektif periyodun elde edilmesi	28
Şekil 2.5	Efektif rijitlik	29
Şekil 2.6	Kolon-Kiriş rijitliklerinin eşit olması durumu $I_b=I_c$	33
Şekil 2.7	Kolon-Kiriş rijitliklerinin $I_b=0.2I_c$ olması durumu	33
Şekil 2.8	Sabitlenmiş kolon alt uç momentli sisteme ait moment talepleri ($I_b=0.2I_c$)	33
Şekil 2.9	Kolon taban momentlerinin sabitlenmesi	34
Şekil 2.10	Eleman dizaynı için moment /süneklik ilişkisi	35
Şekil 2.11	Perde çerçeve sisteme ait DDED metodu	38
Şekil 2.12	Sabitlenmiş kolon ve perde momentleri ve eleman rijitlikleri	39
Şekil 2.13	Tek perdeli dört açıklıklı perde çerçeve tipi yapı	40
Şekil 2.14	Altı katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği	41
Şekil 2.15	Dokuz katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği	42
Şekil 2.16	Oniki katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği	43
Şekil 2.17	Tek perdeli altı açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı	45
Şekil 2.18	Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde konumlu perde-çerçeve tipi yapı	45
Şekil 2.19	Tek perdeli sekiz açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı	47
Şekil 2.20	Altı katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi	48
Şekil 2.21	Dokuz katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi	49
Şekil 2.22	Oniki katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi	50
Şekil 2.23	Perde elemanın dizaynı için moment /süneklik ilişkisi	53
Şekil 2.24	Deplasman profilinin elde edilmesi için gerekli hesap adımları	55
Şekil 2.25	Hedef ve 10 yapay kayda ait deplasman spektrumu	58
Şekil 3.1	Altı katlı perde çerçeve tipi yapı	60
Şekil 3.2	Deplasman davranış spektrumu	61
Şekil 3.3	Altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri	63

Şekil 3.4	Altı katlı yapıda 10 farklı yapay deprem kaydına ait zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	65
Şekil 3.5	Altı katlı yapıya ait başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	66
Şekil 3.6	İkinci iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri	67
Şekil 3.7	Altı katlı yapıya ait ikinci iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	69
Şekil 3.8	Altı katlı yapıya ait ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	70
Şekil 3.9	Üçüncü iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri	72
Şekil 3.10	Altı katlı yapıya ait üçüncü iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	74
Şekil 3.11	Altı katlı yapıya ait başlangıç ve ilk üç iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	75
Şekil 3.12	Dördüncü iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri	76
Şekil 3.13	Altı katlı yapıya ait dördüncü iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	78
Şekil 3.14	Altı katlı yapıya ait başlangıç, ve ilk dört iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	79
Şekil 3.15	Kullanılan farklı başlangıç deplasman profilleri	81
Şekil 3.16	Kullanılan farklı başlangıç deplasman profilleri ile yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleri	82
Şekil 3.17	Farklı kat kütleleri için deplasman profilleri	83
Şekil 3.18	Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı altı katlı perde çerçeve sisteme ait deplasman profili	84
Şekil 3.19	Taban Kesme Kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı altı katlı perde çerçeve sisteme ait deplasman profili	85
Şekil 3.20	Dokuz katlı perde-çerçeve yapı	86
Şekil 3.21	Birinci iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri	88
Şekil 3.22	Dokuz katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	88
Şekil 3.23	Dokuz katlı yapıya ait başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	89
Şekil 3.24	Dokuz katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	90
Şekil 3.25	Dokuz katlı yapıya ait başlangıç, ve ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	90
Şekil 3.26	Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı perde çerçeve sisteme ait deplasman profili	91
Şekil 3.27	Taban Kesme Kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı perde çerçeve sistem ait deplasman profili	92
Şekil 3.28	Oniki katlı perde-çerçeve tipi yapı	93

Şekil 3.29	Oniki katlı yapıya ait birinci iterasyon yapısal analiz değişkenleri	95
Şekil 3.30	Oniki katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	96
Şekil 3.31	Oniki katlı yapıya ait başlangıç, ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	96
Şekil 3.32	Oniki katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaynının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili	97
Şekil 3.33	Oniki katlı yapıya ait başlangıç, ve ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri	98
Şekil 3.34	Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı oniki katlı perde çerçeve sisteme ait deplasman profili	99
Şekil 3.35	Taban Kesme Kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı oniki katlı perde çerçeve sistem ait deplasman profili	100
Şekil 3.36	Altı, dokuz ve oniki katlı yapı için elde edilen deplasman profilleri	101
Şekil 3.37	Altı katlı, dört, altı ve sekiz açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profili	102
Şekil 3.38	Oniki katlı dört ve altı açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profili	103
Şekil 3.39	Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde yerleşimli perde çerçeve tipi yapılar	104
Şekil 3.40	Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde yerleşiminin perde çerçeve tipi yapıların deplasman profiline etkisi	104
Şekil 3.41	YP-YK2 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili	105
Şekil 3.42	Altı katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı	106
Şekil 3.43	Perde elemana ait moment plastik dönme ilişkisi	106
Şekil 3.44	YK1 kaydına ait deplasman profili ile sonu deplasman profili	107
Şekil 3.45	Dokuz katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı	108
Şekil 3.46	YP-YK3 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili	109
Şekil 3.47	On iki katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı	110
Şekil 3.48	Dört, altı ve on katlı yapılar	111
Şekil 3.49	Birinci iterasyona ait deplasman profilleri	113
Şekil 3.50	İkinci iterasyona ait deplasman profilleri	114
Şekil 4.1	İvme Spektrumu	119
Şekil 4.2	Dokuz katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED kullanılan elastik olmayan deplasman profili	120
Şekil 4.3	Dokuz katlı yapıya ait MEDP ve DDED için görel kat ötelemeleri oranları	120
Şekil 4.4	Dokuz katlı yapıda R=2 için 10 farklı yapay kayıta deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili	122

Şekil 4.5	Dokuz katlı yapıda $R=3$ için 10 farklı yapay kayıta deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili	122
Şekil 4.6	Altı katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED'da kullanılan elastik olmayan deplasman profili	123
Şekil 4.7	Altı katlı yapıya ait MEDP için görece kat ötelemeleri ve DDED için görece kat ötelemeleri oranı	124
Şekil 4.8	Altı katlı yapıda $R=3$ için 10 farklı yapay kayıt ait deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili	124
Şekil 4.9	Oniki katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED'da kullanılan elastik olmayan deplasman profili	125
Şekil 4.10	Oniki katlı yapıya ait MEDP ve DDED için görece kat ötelemeleri oranları	126
Şekil 4.11	Altı katlı yapıda $R=3$ için 10 farklı yapay deprem kaydına ait deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili	126
Şekil A.1	Altı katlı iki açıklıklı sisteme ait yapısal analiz değişkenleri	144
Şekil A.2	$I_b/I_c=0.2$ ve zemin kat perde elemanın yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmış sistemde elemanlara ait maksimum moment talepleri	144
Şekil A.3	$I_b/I_c=0.1$ ve zemin kat perde elemanın yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmış sistemde elemanlara ait maksimum moment talepleri ve değişimleri	145
Şekil A.4	$I_b/I_c=0.4$ ve zemin kat perde elemanın yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmış sistemde elemanlara ait maksimum moment talepleri ve değişimleri	146
Şekil B.1	YK1 yapay deprem kaydı	149
Şekil B.2	YK2 yapay deprem kaydı	149
Şekil B.3	YK3 yapay deprem kaydı	149
Şekil B.4	YK4 yapay deprem kaydı	150
Şekil B.5	YK5 yapay deprem kaydı	150
Şekil B.6	YP-YK1 yapay deprem kaydı	150
Şekil B.7	YP-YK2 yapay deprem kaydı	151
Şekil B.8	YP-YK3 yapay deprem kaydı	151
Şekil B.9	YP-YK4 yapay deprem kaydı	151
Şekil B.10	YP-YK5 yapay deprem kaydı	152

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Çizelge 2.1	Çerçeve yapılar için χ ve γ değerleri	26
Çizelge 2.2	Yatay yük analizi yapılan perde çerçeve yapılar	40
Çizelge 2.3	Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için A ve B değişkenleri	44
Çizelge 2.4	Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için C ve D değişkenleri	51
Çizelge 2.5	Üretilen yapay deprem kayıtlarının enbüyük yer ivmeleri	58
Çizelge 3.1	Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	61
Çizelge 3.2	Altı katlı perde çerçeveye ait birinci iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri (Beton C25 / Çelik S420)	64
Çizelge 3.3	Altı katlı perde çerçeve sisteme ait birinci iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri (Beton C25 / Çelik S420)	64
Çizelge 3.4	Altı katlı perde çerçeveye ait birinci iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri (Beton C25 / Çelik S420)	65
Çizelge 3.5	Başlangıç ve birinci iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları	66
Çizelge 3.6	İkinci iterasyona ait kat kuvvetleri ve Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	67
Çizelge 3.7	Altı katlı perde-çerçeveye ait ikinci iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri	68
Çizelge 3.8	Altı katlı perde çerçeveye ait ikinci iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri	68
Çizelge 3.9	Altı katlı perde çerçeveye ait ikinci iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri	69
Çizelge 3.10	Başlangıç ve ilk iki iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları	70
Çizelge 3.11	Üçüncü iterasyona ait kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	71
Çizelge 3.12	Altı katlı perde çerçeveye ait üçüncü iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri	72
Çizelge 3.13	Altı katlı perde çerçeveye ait üçüncü iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri	73
Çizelge 3.14	Altı katlı perde çerçeveye ait üçüncü iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri	73
Çizelge 3.15	Başlangıç ve ilk üç iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları	74
Çizelge 3.16	Dördüncü iterasyona ait kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	76

Çizelge 3.17	Altı katlı perde çerçeveye ait dördüncü iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri	77
Çizelge 3.18	Altı katlı perde çerçeveye ait dördüncü iterasyon giriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri	77
Çizelge 3.19	Altı katlı perde çerçeveye ait dördüncü iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri	78
Çizelge 3.20	Başlangıç ve ilk dört iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları	79
Çizelge 3.21	Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	87
Çizelge 3.22	Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler	94
Çizelge 3.23	Altı katlı yapının birinci iterasyonuna ait taban kesme kuvveti ve kat kuvvetleri	112
Çizelge 3.24	Altı katlı yapının ikinci iterasyonuna ait taban kesme kuvveti ve kat kuvvetleri	113
Çizelge 3.25	Kat sayılarına bağlı olarak χ ve γ değerleri	115
Çizelge 3.26	Dört katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması	116
Çizelge 3.27	Altı katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması	116
Çizelge 3.28	On katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması	116
Çizelge 4.1	Elemanların çatlama kesit rijitliklerinin tahmini	118
Çizelge 4.2	Dokuz katlı perde-çerçeveye ait çatlama kesit rijitlikleri (m^4)	119
Çizelge 4.3	DDED perde çerçeve sistemlerine ait sistem karakteristikleri	127
Çizelge 4.4	KED perde çerçeve sistemlerine ait sistem karakteristikleri	127

ÖNSÖZ

Doktora tezi olarak sunulan bu çalışmada, perde-çerçeve tipi yapıların direkt deplasman esaslı dizaynı için bir metot önerilmiştir.

Çalışmalarım yönlendirilmesinde ve çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Şerif SAYLAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında her konuda desteğini ve katkısını esirgemeyen Araş.Gör.Kaan Türker'e ve tezimin yazımı sırasında katkılarından dolayı Araş. Gör. Dr. Nuray Gedik'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca olduğu gibi bu tez çalışmam sırasında da bana her yönden büyük destek olan aileme minnet ve şükranlarımı sunarım. Tez çalışmamdaki dokümanlarımın koordinasyonunda bana yardımlarından dolayı ağabeyim Altan Yavaş'a da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Balıkesir, 2004

Altuğ YAVAŞ

1. GİRİŞ

Günümüze kadar yapıların sismik dizaynı ile ilgili yapılmış yoğun çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar yapılan değişikliklerle şartnamelerde yerini almaktadır. Bu gelişmelere rağmen şartnamelere göre depreme dayanıklı olarak yapılan yapıların sismik performansının daha gerçekçi belirlenemediği ifade edilmektedir [1,2].

Günümüzde kullanılmakta olan geleneksel kuvvet esaslı dizaynda, ön boyutlarla belirlenmiş yapısal periyot ve elastik ivme spektrumu kullanılarak, elastik spektral ivme katsayısı belirlenir. Daha sonra spektral ivme katsayısı yapı davranış katsayısı (veya yapı süneklik faktörü) ile azaltılarak elde edilen yatay deprem kuvvetlerine göre yapı dizayn edilir. Deplasman kontrolü ise genellikle dizayn tamamlandıktan sonra yapılır. Ancak direkt deplasman esaslı dizayn metodunda tasarımcı yapıyı hedef bir deplasman veya deplasman profiline göre dizayn eder. Dayanım ve rijitlikler metotta dizayn değişkenleri değil, dizaynın sonucu olarak elde edilirler. Bu metot kuvvet esaslı dizayna göre iki açıdan farklıdır. (1) Yapı davranış katsayısı (veya yapı süneklik faktörü) kullanılmasına gerek yoktur. (2) Deprem esnasında elemanlarda oluşacak elastik olmayan davranışlar metoda dahil edilmiştir. Dizayn depremi altında yapıdaki yapısal ve yapısal olmayan hasarlar aslında görece yatay kat deplasmanlarından dolayı oluşmaktadır. Bu nedenle deplasman esaslı dizayn yöntemi ile yapının hasar potansiyelinin daha gerçekçi belirlenmesi mümkündür.

1.1 Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Qi ve Moehle (1991)'de maksimum deplasman değerlerinin hesaplanmasında pratik bir yol geliştirmek için deprem yer hareketine maruz tek serbestlik dereceli sistemin elastik olmayan deplasman davranışının karakteristiklerine ait analitik bir

çalışma yapmışlardır. Bu analitik çalışma sonucunda deplasman davranışı, zemin periyot karakteristikleri ile ayrılan iki periyot aralığında karakterize etmişlerdir. Elastik tek serbestlik dereceli sistemlerin deplasmanlarını hesaplamak için kullanılan metot çok katlı çerçeve yapıların maksimum yatay deplasmanları için genişletilmiştir. Verilen bir deprem hareketi süresince bir çerçevenin maruz kalabileceği maksimum kat ötelemeleri çatı seviyesindeki deplasmanın hesaplanmasını esas alarak belirlemişlerdir [3].

Kowalsky v.d. (1994) Tek Serbestlik Dereceli (TSD) betonarme yapılar için kuvvetler yerine deplasmanları esas alan bir sismik dizayn metodu önermişlerdir. Deplasman esaslı dizayn, yapısal sistemler için gerekli olan dayanım ve rijitliklerin dizaynın sonucu olarak elde edildiği bir iteratif metottur. Bu çalışma kapsamında TSD köprü kolonları incelenmiş ve kuvvet esaslı dizayn ile deplasman esaslı dizayn metotları karşılaştırılmıştır. Deplasman esaslı dizayn metodunda TSD bir köprü kolonunun başlangıç verileri; kolon yüksekliği, hedef deplasman ve deplasman davranış spektrumudur. Metot hedef deplasmanını oluşturacak kolon dayanımı ve rijitliği ile sonuçlanmaktadır. Deplasman esaslı dizayn metodunda dayanım ve rijitlik değişken değil, metodun bir sonucu olarak elde edilmektedir [4].

Kowalsky v.d. (1995)'de betonarme köprü kolonları için deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Metot köprü kolonları için hedef deplasmanı ve deplasman davranış spektrumunu kullanarak TSD sistemin rijitliğinin ve dayanımının belirlendiği iteratif bir metottur. Bu çalışmada %3 ötelenme oranı kullanılarak 5 m., 8 m., 10 m., 12 m. ve 15 m. yüksekliğindeki köprü kolonları Deplasman Esaslı Dizayn (DED) kullanılarak dizayn edilmiştir. TSD köprü kolonlarının deplasman davranışları lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilip DED'da öngörülen deplasman davranışı ile karşılaştırılmıştır [5].

Calvi ve Kingsley (1995)'de TSD yapılar için önerilen DED metodunu Çok Serbestlik Dereceli (ÇSD) köprü yapılarının dizaynı için genişletmişlerdir. Geliştirdikleri DED'ı simetrik ve asimetric köprülerin dizaynı için kullanmışlardır. Metot ÇSD yapı için bir deplasman profili kabulüne dayanmaktadır ve sistem bu deplasman profili kullanılarak TSD sisteme indirgenmektedir. Hedeflenen

deplasman ve eşdeğer TSD sistemin sönüm oranı belirlendikten sonra; yapı için gerekli rijitlik ve dayanım, belirlenen sönüm oranına göre elde edilen deplasman davranış spektrumu kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan kuvvetler yapıya dizaynın başlangıç aşamasında kabul edilen deplasman profili ile orantılı şekilde dağıtılır. Yapı bu yükler etkisi altında çözülerek eleman talepleri belirlenmektedir. Elemanlarda hesaplanan bu moment taleplerine göre dizayn edilir. Metottaki hesap adımları dizaynda öngörülen deplasman şekli ve rijitlik sağlanıncaya kadar tekrar edilir. Geliştirilen DED metodu simetrik yapılar için iyi sonuçlar vermesine rağmen asimetrik yapılar için iyi sonuçlar vermemiştir [6].

Priestley v.d. (1996) tarafından yapılan çalışmada, deplasman esaslı dizayn metodunun ana ilkeleri ve çıkış noktaları özetlenmiştir. Geliştirdikleri metodun adını Direkt Deplasman Esaslı Dizayn (DDED) olarak değiştirmişlerdir. Bu çalışmada TSD köprüler için geliştirilen DDED metodu özetlenmiştir. Ayrıca ÇSD'li karmaşık yapıların DDED'nin en önemli adımlarından bir tanesi olan ÇSD sistemin eşdeğer TSD sisteme nasıl indirgeneceği üzerinde durulmuştur. Simetrik ve asimetrik ÇSD köprülerin modal davranışını da içeren bir DDED metodu sunulmuştur ve doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Daha sonra bina türü betonarme yapılar için başlangıç DDED metodu önerilmiştir. Bu çalışmada bina türü çerçeve yapıların dizayn edileceği deplasman profili lineer kabul edilmiştir. Ayrıca çerçeve yapılarda, yapıya ait moment şablonunu kontrol eden zemin kat kolonlarının alt ucunda sabitlenecek momentlerin ne alınacağı araştırılmıştır. 3 katlı ve tek açıklıklı moment aktaran bir çerçeve yapı DDED metodu kullanılarak dizayn edilmiştir. Metoda ait doğrulama çalışmaları lineer olmayan dinamik analiz ile yapılmış ve dizaynın başlangıcında lineer olarak öngörülen deplasman profili, lineer olmayan dinamik analiz sonucu elde edilen maksimum deplasman profili ile karşılaştırılmıştır [7].

Garcia (1996) deplasman esaslı dizayn kullanılarak dizayn edilmiş, orta ve yüksek sismik risk bölgelerindeki binaların ekonomik değerlerini karşılaştırmıştır. Dört ila yirmi katlı aynı plana ve kolon aplikasyonuna sahip binalar deplasman esaslı dizayn metoduna göre dizayn edilerek maliyetleri çıkartılmıştır. Farklı kat ötelemeleri koşullarını sağlayacak bu binaların performansları ekonomik değerleri gözönüne alınarak değerlendirilmiştir. Sekiz katlı bina için perde duvarlarında etkisi

araştırılmıştır. Perdeli yapıların maliyetleri ile çerçeve yapıların maliyetleri karşılaştırılmıştır [8].

Kowalsky (1997)'de DDED olarak bilinen alternatif bir sismik dizayn metodunun formülasyonunu açıklamıştır. Bu metot deplasmanların deprem mühendisliği açısından öneminin anlaşılması ile ortaya çıkmıştır. Üniform riske sahip binalar dizayn etmek için deplasman esaslı dizayn metodunun mevcut kuvvet esaslı dizayn metoduna göre üstünlükleri ortaya konmuştur. Ayrıca deplasman esaslı dizayn metodu ile elastik olmayan davranışın direkt olarak metoda nasıl dahil edilebileceği özetlenmiştir. Çalışmada öncelikle köprü kolonu gibi tek serbestlik dereceli sistemlerin direkt deplasman esaslı dizaynı incelenmiştir. TSD'li sistemlerin DDED'nına ait analitik ve deneysel doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Deneysel doğrulama çalışmaları dinamik sarsma tablalarında test edilen TSD'li köprü kolonları ile yapılmıştır. Daha sonra çok açıklıklı köprüler gibi Çok serbestlik dereceli sistemler incelenip doğrulama çalışmaları lineer olmayan dinamik analiz ile yapılmıştır. Sonuç olarak TSD'li ve ÇSD'li köprü yapıları gözönüne alındığında Direkt Deplasman Esaslı Dizaynın iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir [9].

Priestley ve Calvi (1997)'de DDED metodunun genel felsefesini özetleyip, TSD ve ÇSD köprüler için prosedürün gelişim aşamalarını vermişlerdir. ÇSD sistemler için önerilen DDED asimetrik köprüler için de iyi sonuçlar verecek şekilde geliştirilmiştir. ÇSD bina türü yapıların değerlendirilmesinde kullanılan deplasman profillerinin DDED'da da kullanılabileceği belirtilmiştir. Deplasman profilleri az katlı, orta katlı ve çok katlı yapılar için verilmiştir. Çalışmada önerilen deplasman profilleri kullanılarak 12 katlı iki açıklıklı iki yapı DDED prosedürü kullanılarak dizayn edilmiş ve yapılara ait maksimum deplasman davranışı lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilerek başlangıç deplasman profili ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada mevcut binaların deplasman esaslı değerlendirilmeleri üzerinde de durulmuştur [10].

Heidebrecht ve Naumoski (1997) çok katlı moment aktaran çerçeve yapılar için, yapıya ait rijitlik ve dayanımın, yapı deplasman spektrumu olarak belirtilen maksimum kat ötelemeleri ile belirlendiği bir deplasman esaslı yaklaşım

geliştirmişlerdir. Spektral deplasmanlar ve kat ötelemeleri arasında basit bir ilişki sağlamak için çerçeveler kesme kirişi olarak modellenmiştir. Geliştirilen yaklaşım altı katlı betonarme çerçevenin dizaynı için kullanılmıştır ve aynı yapı 1995 Kanada Ulusal Bina Şartnamesine göre de dizayn edilmiştir. İki farklı metot kullanılarak dizayn edilen yapıların performansları elastik olmayan pushover analiz ve lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilip deplasman talepleri açısından karşılaştırılmıştır [11].

Anderson ve Mahin (1997) tarafından yapılan çalışmada basit taban izolasyonlu köprülerin enerjilerinin ve deplasmanlarının korunmasına dayanan bir deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Yaklaşım köprünün gövde seviyesindeki toplam deplasmanının belirlenmesine odaklanmıştır. Mesnet görevi gören kolonlardaki deplasmanların ve dizayn kuvvetlerinin belirlenebildiği basit fiziksel tabanlı denklemler sunulmuştur. Prosedür sürtünmeli kayan izolasyon sistemleri içinde uygulanmıştır [12].

Bachmann ve Dazio (1997)'de sünek betonarme perdeli binaların sismik dizaynı için deformasyon esaslı bir metot önermişlerdir. Önerilen deformasyon esaslı metot zahmetli iterasyonlar gerektirmemektedir [13].

Fajfar ve Krawinkler (1997)'de yeni jenerasyon şartnameler için sismik dizayn metodolojisi seminerinin öneriler ve sonuçlar bölümünde, deformasyon kontrollü dizaynın en uygun sismik dizayn yaklaşımı olduğunu belirtmişlerdir. Bu seminerdeki Özel Sismik Dizayn Yaklaşımları çalışma grubunda yapılan tartışmalar sonucunda gelecekte yapılacak araştırmalar için aşağıdaki önemli başlıklar belirlenmiştir [14].

- Deformasyon kontrollü dizayn metotları için çeşitli yaklaşımlar araştırılmalıdır
- Yapıların geçmiş depremlerde gözlenen performanslarıyla bağlantılı yeni dizayn yaklaşımları araştırılmalıdır
- Güvenilir bir elastik olmayan deplasman spektrumu belirlenmesi için metotlar geliştirilmelidir

- Uzun süreli ve impulsif depremler için deplasman spektrumuna veri sağlanmalıdır [14]

Panagiotakos ve Fardis (1997,1999,2001)'de çok katlı betonarme binalar için deformasyon kontrollü bir sismik dizayn metodu önermişlerdir. Bu çalışmalarda yapılan yeni öneri, deplasman esaslı dizayn için daha önceki direkt yaklaşımlardan birçok farklılıklar göstermektedir. Bu metot, lokal (eleman) sünekliliği için, yarı ampirik ve çoğunlukla keyfi şartname dizayn kuralları ile “yaşam güvenliği” sismik hareketi altında elemanın maksimum elastik olmayan deformasyon taleplerinin açık ve oldukça kesin hesaplanmasıyla ve elemanın kritik bölgelerinde bu talepleri karşılayacak şekilde enine ve boyuna donatılar ile detaylandırılmasıyla sonuçlanır. Yapılan dizayn sonunda “yaşam güvenliği” sismik hareketinde yapının performansında herhangi bir azalma olmaksızın donatı miktarında önemli kazançlar elde edilmiştir [15-18].

Leoding v.d. (1998)'de betonarme bina çerçevelerini kuvvet talepleri yerine deplasman taleplerine göre dizayn edecek bir direkt deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Deplasman taleplerinin dizayn kuvvetlerine dönüştürülmesi için temsili yapı yaklaşımını kullanmışlardır. Elemanlara ait talepler bir çok yapısal analiz sonucu elde edip, çerçeveye ait elemanları spesifik bir kritere göre dizayn etmişlerdir. Çerçevelerin performanslarının maksimum deplasman ve süneklilik bakımından değerlendirilmesi için elastik olmayan dinamik analizi kullanmışlardır. Geleneksel kuvvet esaslı dizayn ile deplasman esaslı dizayn karşılaştırılmış ve deplasman esaslı dizaynın gerçekçi bir dizayn prosedürü olduğu belirtilmiştir [19].

Judi v.d. (1998) kuvvet esaslı dizayn (KED) ve deplasman esaslı dizayn metodlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada KED ile DED'ı yeniden inceleyip karşılaştırmak, DED'nın geçmişini tartışmak ve birkaç basit TSD yapıyı KED ve DED ile dizayn edip lineer olmayan dinamik analiz sonuçları ile deplasman davranışlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bir grup TSD yapı farklı yer hareketleri kullanılarak iki farklı dizayn metoduna göre dizayn edilmiştir. Lineer olmayan dinamik analiz sonuçları göstermiştir ki; tipik bir kolon için rijitlik azalmalı

bir histeresis ilişki kullanıldığında deplasman esaslı dizayn, kuvvet esaslı dizayna göre daha tutarlı sonuç vermiştir [20].

Priestley (1998,2000) ve Priestley ve Kowalsky (2000) tarafından yapılan çalışmalarda sismik dizayn yüklemesi altında yapıların verilen sınır durumu sağlayabilecek şekilde dizayn edilebileceği bir dizayn metodunun temel kavramları verilmiştir. Bu dizayn prosedürü, ivme spektrumu kullanan kuvvet esaslı dizayndan farklılıklar göstermektedir. Çalışmalarda detayları açıklanan metot, deplasman spektrumunu kullanan, yapıyı maksimum davranıştaki bir eşdeğer sekant rijitlikle karakterize eden direkt deplasman esaslı dizayn metodudur. Bu çalışmalarda sadece konsol perdelerden oluşan yapılara ait bir DDED metoduna ait hesap adımları da verilmiştir. Dört katlı, altı katlı, sekiz katlı ve oniki katlı dört yapı geliştirilen DDED ile dizayn edilmiştir. Aynı yapılar KED ile de dizayn edilip yapıların maksimum deplasman davranışları lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilip karşılaştırılmıştır [21-23].

Wallace (1998)'de betonarme narin perdelerin deplasman esaslı dizaynı için farklı bir yaklaşım önermiştir. Narin perdelerin deplasman esaslı dizaynı, perde duvarların uç bölgeleri için detaylandırma gereksinimlerini değerlendirmek için çok yönlü ve esnek bir dizayn formatı olarak sunulmuştur. Deplasman esaslı yaklaşımda tüm sistemlerin davranışının perde duvar kesit davranışıyla bağlantısını kuran, deplasmanları başlıca dizayn parametresi olarak kullanan bir öneri yapılmıştır. Deplasman esaslı dizayn yaklaşımının kullanılması durumunda perde duvarların eğilme ve kesme dayanımı gereksinimlerinin değerlendirilmesine gerek olmadığını belirtmişlerdir. Bu gereksinimler eşdeğer statik yatay yük prosedürü veya elastik davranış spektrumu analizi gibi yapısal elemanların boyutlandırılması için kabul edilmiş prosedürlerle sağlanabilmektedir. Konsol perde duvarların deplasman esaslı dizaynı için önerilen deplasman esaslı dizayn yaklaşımının temel adımları;

- Taban kesme kuvvetinin bulunması ve katlara dağıtılması
- Perde duvar kesitinin belirlenmesi
- Binanın modellenmesi ve eleman kuvvetlerini bulmak için elastik analiz yapılması ve yapısal elemanların boyutlandırılması

- Lineer olmayan davranışları içerecek şekilde maksimum deplasman davranışının belirlenmesi
- Perde duvara ait kritik kesitteki dizayn depreminden oluşacak eğrilik talebini hesaplanması (deplasman tahmini)
- Perde duvarda elastik olmayan deformasyonların oluşmamasını sağlamak için kapasite dizayn kavramını kullanılması

olarak özetlenmiştir. Önerilen prosedürde kesme kırılmaları engellenmiştir [24].

Freeman (1998)'de eleman boyutları ve dayanımları belli olan mevcut yapıların performansını belirlemek için kapasite spektrum metodunu geliştirmiştir. Çalışmada bir örnek üzerinde yonteme ait detaylar açıklanmıştır ve sonuçları spektral format kullanan eşit deplasman, elastik olmayan davranış spektrumu yöntemi ve sekant yöntemi ile karşılaştırmıştır [25].

SEAOC Blue Book (1999)'da deplasman esaslı dizayn prosedürlerine ait detaylar verilmiştir. Blue Book'da sunulan DED metotları taban kesme kuvvetlerini hesaplanması açısından hızlı ve basittir. Ancak metotlarla ilgili sınırlamalar belirtilmemiştir. Metot hedef ötelenme oranına ait bir dizayn önerirken süneklik talepleri kontrol edilmemektedir [26].

Bommer ve Elnashai (1999) tarafından yapılan çalışmada deplasman esaslı dizayn metotlarında kullanılmak üzere yeni deplasman spektrumu önerilmiştir [27].

Tolis ve Faccioli (1999)'da Eurocode 8'de verilen ve deplasman esaslı metotta kullanılan deplasman spektrumunu değerlendirmiş ve spektrumun gelecek revizyonları için mümkün olabilecek değişiklikler önermişlerdir [28].

Medhekar ve Kennedy (2000) mevcut şartnamelerde kullanılan kavramsal temeli spektral ivme esaslı olan dizayn metodunu inceleyip, sınırlamalarını tartışmışlardır. Daha sonra deplasmanların dizayn metodunun esası olarak kullanıldığı alternatif bir dizayn metodu önermişlerdir. Elastik ve elastik olmayan sismik dizaynın kavramsal temelleri ayrıca tek serbestlik dereceli ve çok serbestlik

dereceli sistemlere uygulanabilirliği incelenmiştir. Önerilen deplasman esaslı dizayn metodu ile mevcut spektral ivme esaslı dizayn metodunun farkları tartışılmıştır. Önerilen metot elik yapılar için önerilen ilk deplasman esaslı dizayn metodudur[29].

Medhekar ve Kennedy (2000) geliştirdikleri deplasman esaslı dizayn metodu iki katlı ve sekiz katlı eşmerkezli olarak aprazlandırılmış binaların dizaynı için kullanmışlardır. Dizayn için gerekli olan deplasman spektrumu uygun deprem kayıtlarından elde edilmiştir. Binalar hem elastik hem de elastik olmayan davranışa sahip olacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Daha sonra yapılar lineer olmayan statik ve lineer olmayan dinamik analizler kullanılarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen deplasman esaslı dizayn metodunun mevcut dizayn yöntemine göre uygulanabilir bir alternatif dizayn metodu olduğu belirtilmiştir [30].

Chopra ve Goel (2001)'de elastik deplasman spektrumu kullanan TSD sistemler için geliştirilen direkt deplasman esaslı dizayn metodu yerine elastik olmayan deplasman spektrumunun kullanılabilieceği yeni bir DDED metodu geliştirmişlerdir. Geliştirilen metodun uygun deplasman ve süneklik talepleri sağladığı ayrıca izin verilen plastik dönme açısından yapısal dizaynı sağladığı gösterilmiştir. Eşdeğer lineer sistem için elastik dizayn spektrumu kullanan DDED metodunun deplasman ve süneklik taleplerini oldukça düşük bulduğunu belirlemişlerdir [31].

Browning (2001) tarafından yapılan çalışmada tanımlanan ortalama ötelenme oranını sağlamayı amaçlayan bir hedef periyot metodu önerilmiştir. Geliştirilen metot, hızlı ve basittir ancak sadece düzenli ereve tipi yapılara uygulanabilmektedir. Dizaynda, plastik dönmeler ve süneklik talepleri kontrol edilmemektedir [32].

Ascheim ve Black (2001)'de birçok performans kriterine göre dizayna izin veren bir metot önermişlerdir. Metot hedef ötelenme oranı ve süneklik değerlerine bağlı olarak izin verilebilir dizayn bölgeleri için akma spektrumunun geliştirilmesini içermektedir. Metot yeni yapıların sismik tasarımı ve mevcut yapıların değerlendirilmesi ve rehabilite edilmesi için kullanılabilieceğini belirtmişlerdir [33].

Kappos ve Manafpour (2001)'de EQI (Deprem Seviyesi I) deprem seviyesinde elastik davranış için gerekli dayanımları elde etmek için geleneksel kuvvet esaslı dizaynı kullanan, daha sonra elemanları elastik olmayan davranış gösterecek şekilde daha detaylı bir yapı modelinin geliştirildiği bir metot önermişlerdir. Yapı modelinin EQII ve EQIII deprem seviyeleri için iki adet lineer olmayan dinamik analizle değerlendirerek, hedef deplasman değerleri ve plastik dönme değerleri kontrol edilmektedir [34].

Kowalsky (2001)'de UBC 1997 bina şartnamesine göre dizayn edilmiş konsol perdeli yapıları incelemiştir. UBC 1997'de şekildeğiştirme limitleri olmasına rağmen ötelenme oranlarının dizaynı yönlendiremediğini göstermiştir. Alternatif olarak konsol perdeli yapıların sismik dizaynı için direkt deplasman esaslı dizayn metodu önermiştir [35].

Hong ve Cho (2001) tarafından yapılan çalışmada deplasman esaslı dizaynı, performansa dayalı dizayn kavramını da dahil ederek yeniden gözden geçirmiştir. Konsol perdeli yapıların deprem olma olasılığı orta olan bölgelerde rasyonel boyutlamak ve detaylandırmak için deplasman esaslı dizayn metodunu kullanmışlardır. Uç bölgeleri sarılmamış perdelerin kuvvet esaslı dizayn ve direkt deplasman esaslı dizayn sonuçlarını karşılaştırmak için farklı kat sayılarına ve perde uzunluklarına sahip yapılar farklı sismik bölgeler için dizayn edilmiş ve sonuçları incelenmiştir. Perde duvarların plastik mafsal dönmeleri deneysel verilerden elde edilmiştir. Deprem olma olasılığı orta olan bölgelerde DDED'dan elde edilen taban kesme kuvvetlerini, KED'dan elde edilen taban kesme kuvvetlerinden daha az elde etmişlerdir. Bu çalışmada DDED metodu mevcut konsol perdeli yapıların sismik değerlendirilmesi için genişletilmiştir [36].

Rubinsten v.d. (2001)'de iki seviyeli farklı bir deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Deplasman taleplerinin belirlenmesinde meydana gelme olasılığı zayıf olan depremler için elastik spektrum, nadir depremler için elastik olmayan spektrum kullanılmıştır. Yapıya ait minimum rijitlik ve dayanım, izin verilen maksimum öteleme limitlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Yapının

performansı elastik olmayan statik itme (pushover) analizi ile değerlendirilmiştir. Metot, Arjantin'in en riskli sismik bölgesinde bulunan beş katlı bağ kirişlerle bağlı perdeli yapının dizaynı için kullanılmıştır. Yapının elastik olmayan davranışı yapay ve gerçek kayıtlar kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonuçları ile kontrol edilmiştir. Metodun sınırlarını ve avantajlarını tartışmışlardır [37].

Xue (2001)'de yaptığı çalışmada lineer olmayan davranışa eşdeğer lineer davranış ve eşdeğer viskoz sönüm içeren ancak temsili yapı yaklaşımını içermeyen, fakat etkili bir deplasman esaslı dizayn metodu önermiştir. Metot elastik olmayan talep spektrumu için Newmark Hall indirgeme faktörlerini kullanan kapasite spektrumu metodundan elde edilen formülasyonlara dayanır. Metodun yeni bir yapının dizaynı için kullanılması durumunda herhangi bir spektrum çizmeye gerek yoktur. Çıkarılan formülasyonlardan, yapının hedef deplasmanı ile rijitliği ve süneklik ile dayanım talepleri arasındaki ilişki açık olarak verilmektedir. Metot çok serbestlik dereceli sistemlere eşdeğer tek serbestlik sistem yaklaşımı kullanılarak uygulanabilmektedir [38].

Jonsson (2002)'de geleneksel yerinde dökme betonarme çerçeveler ve ardgermeli prefabrik çerçevelerin direkt deplasman esaslı dizayn metotlarını incelemiştir. Bu çalışmada, deplasman esaslı dizaynın temelinde olan genel kavramların geçerli olduğu gösterilmiştir. İncelenen her iki yapı tipi için DDED metodunda kullanılacak elastik olmayan deplasman profili ve sönüm oranına ait ifadeler önerilmiştir [39].

Sullivan (2002)'de sekiz farklı deplasman esaslı dizaynı inceleyip bu dizayn prosedürlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada rijit temelli düzenli konsol perde duvarlı yapı, esnek temelli düzenli konsol perde duvarlı yapı, düzensiz konsol perde duvarlı yapı, düzenli moment aktaran çerçeve ve düzensiz moment aktaran çerçeve olmak üzere beş yapı tipi sekiz farklı deplasman esaslı dizayn prosedürü kullanılarak dizayn edilip sonuçları karşılaştırılmıştır. Dizayn metotları özellikle üç yönden incelenmiştir [40].

1. Metotların görece basitliği veya zorluğu ve metotların sınırlamaları,
2. Her bir metot için elde edilen gerekli dayanım ve bunların diğer metotlarla nasıl karşılaştırıldığı,
3. Her bir model için önceden belirlenen süreklilik veya öteleme değerleri ile lineer olmayan dinamik analizlerinden elde edilen değerlerin karşılaştırılması ile metotların performanslarının değerlendirilmesi.

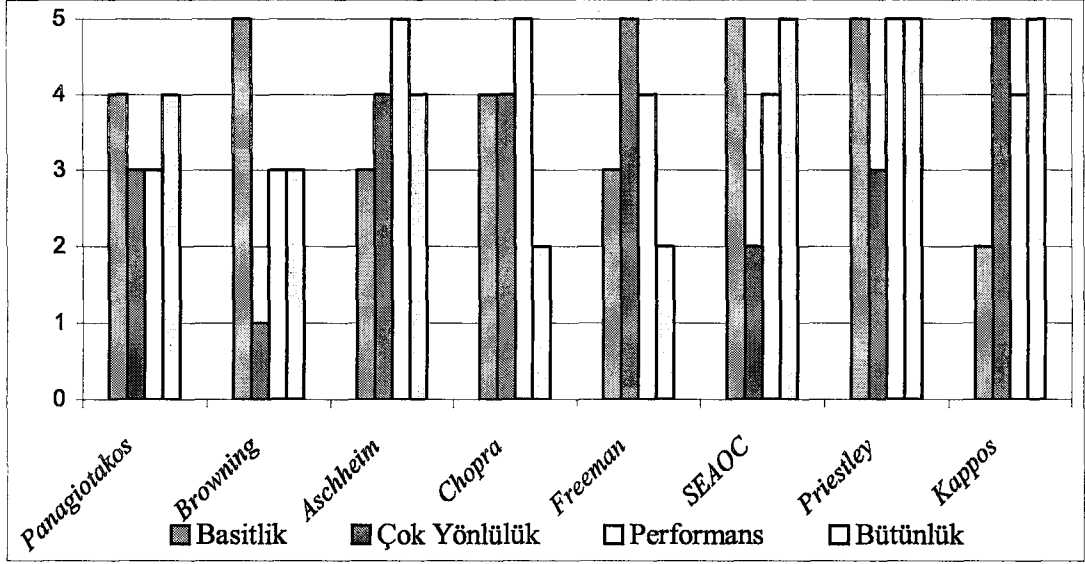
Deplasman esaslı dizayn prosedürleri dört farklı açıdan değerlendirilmiştir. Bunlar;

- **Basitlik-** Nispeten hızlı ve kolayca uygulanabilen metotlar tasarımcı için daha rahat kabul edilebilir.
- **Çok Yönlülük-** Metot performans seviyeleri için çok farklı yapısal formu dizayn edebilmelidir.
- **Performans-** Metotlar hedef dizayn parametreleriyle tasarlanan büyüklüklerde deforme olacak şekilde bir yapıyı hızlıca dizayn edebilmeli.
- **Bütünlük-** Metotlar dizaynı sürdürebilmek için çok fazla kabul yapmadan tasarımcıya yeterli bilgi sağlamalı.

Beş farklı yapı tipi, her bir deplasman esaslı dizayn metoduna göre dizayn edilip yukarıda verilen özelliklere göre değerlendirilmiş ve Şekil 1.1'de verilmiştir.

Değerlendirmeler 5 üzerinden yapılmıştır

- 1 = Çok Zayıf
- 2 = Zayıf
- 3 = Kabul edilebilir
- 4 = İyi
- 5 = Mükemmel



Şekil 1.1 Deplasman esaslı dizayn prosedürlerinin değerlendirilmesi [40]

Filiatrault ve Folz (2002)'de ahşap yapıların direkt deplasman esaslı metodoloji ile performans esaslı sismik dizaynının uygulanabilirliğini tartışmışlardır. Çalışmanın ilk bölümünde ahşap yapılar için mevcut kuvvet esaslı dizaynın sınırlamaları sunulmuştur. İkinci bölümünde ise deplasman esaslı sismik dizaynın uygulanması için gerekli parametreler ile birlikte, deplasman esaslı dizaynın esasları sunulmuştur. Ahşap çerçevesel yapılar için gerekli parametrelerin değerlendirilmesi için genel quasi-statik çevrimsel yükleme altında, ahşap perdelerin çevrimsel davranışını ve enerji yutma karakteristiklerini belirleyecek basit bir model sunulmuştur. Bu modelin üç boyutlu ahşap çerçevesel yapılara genelleştirilmesi tartışılmıştır. Örnek olarak tek katlı perdeli ahşap yapının deplasman esaslı dizaynı sunulmuştur. Direkt deplasman esaslı dizayn metodunun, lineer olmayan dinamik analiz ile doğrulaması yapılmıştır [41].

Borzi (2002)'de deplasman esaslı sismik dizayn metodunda kullanılmak üzere elastik olmayan deplasman spektrumu önermiştir [42].

Davidson v.d. (2002) tarafından yapılan çalışmada kuvvet esaslı dizaynın deplasmanlara odaklanacak şekilde nasıl değiştirileceğini açıklamıştır. Önerilen deplasman odaklı kuvvet esaslı dizayn ile modifiye edilmiş direkt deplasman esaslı

dizayn kullanılarak TSD'li bir grup yapı dizayn edilmiştir. Her bir yapıya ait maksimum deplasman, deplasman dizayn spektrumuyla uyumlu spektrumlara sahip birkaç yapay yer hareketi kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilmiştir. Her iki metodunda kıyaslanabilir doğruluğu olduğu görülmüştür. Önerilen metodun DDED'dan temel farkı halen kullanılan KED'a çok benzemesidir[43].

Postelnicu ve Zamfirescu (2002)'de Budapeşte'de yumuşak zemin şartlarındaki binaların değerlendirilmesi için mevcut deplasman esaslı analiz metodlarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada farklı prosedürler değerlendirilerek eksiklikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Fema 273 [44]'de verilen Lineer Statik Prosedür, Lineer Olmayan Statik Prosedür ve Lineer Olmayan Dinamik Prosedür, ATC 40 [45]'da verilen kapasite spektrumu yöntemi ve CEB 240 [46] Bülteninde verilen deplasman esaslı metod incelenmiştir [47].

Lin v.d. (2002)'de binaların elastik olmayan davranışlarını içerecek bir deplasman esaslı sismik dizayn metodu önermişlerdir. Temsili yapı yaklaşımı kullanılarak, hedef deplasmanın açıkça belirtildiği ve ihtiyaç duyulan dizayn kuvvetleri, eleman rijitlikleri ve dayanımlarının elde edildiği rasyonel bir lineer iterasyon metodu önerilmiştir. Bu çalışmada önerilen metod çok serbestlik dereceli sistemlerin dizaynı için geliştirilmiştir [48].

Lin v.d. (2003)'de pasif enerji yutma sistemleri ile donatılmış yeni ve mevcut binalar için deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Bina tipi yapılar için temsili yapı yaklaşımını kullanarak ve enerji yutma cihazlarının mekanik özelliklerini efektif rijitlik ve efektif viskoz sönüm oranı ile ifade ederek rasyonel bir iteratif prosedürü geliştirmişlerdir. Önerilen metotta ilk olarak hedef deplasman belirlenmekte ve daha sonra ilgili dizayn kuvvetleri, dayanım ve rijitlikler elde edilmektedir. P asif enerji cihazları ile donatılmış birçok binanın deplasman esaslı dizayn metoduna ait detayları ayrıntılı olarak vermişlerdir. Sonuçlar lineer olmayan dinamik analiz kullanılarak doğrulanmıştır. Yapılan çalışmada önerilen deplasman esaslı dizaynın pasif enerji yutan cihazlar ile donatılmış binaların lineer olmayan davranışını doğru olarak belirleyebildiği ortaya konmuştur [49].

Xue ve Chen (2003)'de ilk olarak belirlenen performans kriteriyle direkt ilgili olan deplasman esaslı dizayn metodunu kullanan bir performans dayalı dizayn prosedürü önermişlerdir. Yapıya ait performans kriterlerini sağlayacak, alt sınır akma deplasmanları önerilmiştir. Yaklaşım hem eşdeğer elastik hem de elastik olmayan davranış spektrumunun kullanılabilirdiği genel bir yaklaşımdır. Bu metodun, hedef deplasmanın kontrolü için uygulanabilir bir metot olduğu lineer olmayan dinamik analiz ile doğrulanmıştır. Yakın fay etkisi veya güçlü yer hareketi süresi gibi etkilerde metoda rahatlıkla adapte edilebilmektedir [50].

Priestley (2003) prefabrik/öngerilmeli çerçeve ve konsol perde tipi betonarme binaların DDED metodunu esaslarını açıklamıştır. DDED metodu kullanılarak altı katlı çerçeve ve konsol perdeli binaların dizaynına ait detaylar verilmiştir. Ayrıca farklı zeminlerde KED ve DDED ile tasarlanacak aynı özelliklere sahip iki binanın taban kesme kuvvetinin değişimi incelenmiştir [51].

Sullivan v.d. (2004) başlangıç rijitliği ve sekant rijitlik esaslı dizayn metodlarının doğruluğunu inceleyerek, hangi yaklaşımın daha efektif olduğunu araştırmışlardır. Davranış spektrumunu kullanan mevcut dört farklı deplasman esaslı dizayn prosedürü incelenmiştir. İncelenen dört deplasman esaslı dizaynın ikisi başlangıç rijitliğini diğer ikisi ise sekant rijitliği kullanmaktadır. Metodların farklı yapılara uygulanmaları sırasında karşılaşılan zorluklar tartışılmış ve dizayn dayanımlarındaki önemli farklılıklar incelenmiştir. Lineer olmayan dinamik analiz kullanılarak her bir metodun performansı değerlendirilmiştir. Dayanımdaki farklılıklara rağmen, performans değerlendirmesinde her bir deplasman esaslı dizaynın, dizayn sınır durumlarını aşmadığını göstermiştir. Çalışmanın sonucu olarak, davranış spektrumunun hem başlangıç rijitliği hem de sekant rijitlik ile kullanıldığı deplasman esaslı dizaynlar eşit etkinliktedir. Metodlar arasındaki en büyük fark, farklı yapısal formlarda basit olarak uygulanabilir olmamalarıdır [52].

Dwairi ve Kowalsky (2004) yaptıkları çalışmada DDED'da kullanılmak üzere çok-açıklıklı köprüler için elastik olmayan deplasman şablonları belirlemişlerdir. Hedef deplasman profillerinin çok açıklıklı köprülerin dizaynına ait sonuçlara

etkisinin fazla olmasından dolayı, altı farklı çok açıklıklı köprü biçimi incelenmiştir. Deplasman şablonları üç farklı duruma göre incelenmiştir. Bunlar (a) rijit cisim hareketi, (b) rijit cisim hareketi ve dönme ve (c) esnek profildir. Bu üç durumun ana yapı ile üst yapı arasındaki rijitlik oranına bağlı değişim gösterdiği belirlenmiştir[53].

Dwairi ve Kovalsky (2004)'de lineer olmayan histeresis sistemlerin maksimum deplasmanlarına ait yaklaşımı, efektif rijitlikli (örn. azaltılmış rijitlik ve eşdeğer viskoz sönüm) eşdeğer lineer sistemlerin kullanımı açısından tartışmışlardır. DDED'da kullanılan eşdeğer viskoz sönüm yaklaşımının doğruluğunu ve potansiyel problemlerini araştırmışlardır. DDED'da eşdeğer viskoz sönümün yaklaşımının kullanımı için 100 deprem kaydı ve 95000 lineer olmayan dinamik analiz sonucuna bağlı öneriler sunmuşlardır [54].

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Son on yılda geliştirilen direkt deplasman esaslı dizayn metodu bir çok yapı tipinin sismik dizaynı için kullanılmaktadır. İlk olarak tek serbestlik dereceli köprü kolonlarının dizaynı için geliştirilen metot daha sonra çok serbestlik dereceli köprü tipi yapıların dizaynı için genişletilmiştir. Düzenli moment aktaran çerçeve tipi yapılar ve konsol perdelerden oluşan yapıların dizaynı için de farklı direkt deplasman esaslı dizayn metotları geliştirilmiştir.

Bu çalışmada; yapıların sismik dizaynı için önerilen direkt deplasman esaslı dizayn metodunu incelemek, moment aktaran çerçeve yapılar için geliştirilen direkt deplasman esaslı dizayn metodunu perde çerçeve yapıların dizaynı için genişletmek, DDED metodu ile perde çerçeve yapıların dizaynında kullanılacak deplasman profillerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen deplasman profillerine göre yapılar çözümlenerek aynı özelliklerdeki yapıları kuvvet esaslı dizayn kullanarak tasarlayabilmek için kuvvet esaslı dizaynda kullanılan yapı davranış katsayısının (süneklik faktörü) irdelenmesi amaçlanmıştır.

Direkt deplasman esaslı dizayn metodu ile yapıların lineer olmayan davranışlarını da içeren sismik dizaynının basit ve hızlı olarak yapılabilmesi için deplasman profillerinin belirlenmiş olması gerekir. Yapı taşıyıcı sisteminin lineer olmayan deplasman profillerinin, sistemde yer alan perdenin konumu, perde oranı, başlangıç deplasman profilinin seçimi, açıklık sayısı, kat adedi ve seçilen kat kütlelerine bağlı olarak değişeceği düşünülmüştür. Bu çalışma kapsamında perde-çerçeve tipi yapı taşıyıcı sisteminde tek bir perdenin olması durumu için, kat adetlerinin altı, dokuz, oniki, kat kütlelerinin farklı, farklı başlangıç deplasman profilli, farklı perde oranlı, farklı perde yerleşimli ve farklı açıklık sayılarına sahip sistemler incelenmiştir. Yapıların performans değerlendirmeleri sistem sünekliği ve eleman süneklik seviyelerine göre yapılmıştır



2. DÜZLEM TAŞIYICI SİSTEMLERİN DİREKT DEPLASMAN ESASLI DİZAYNI

Deplasman esaslı dizayn, deplasmanların metodun esası olarak kullanıldığı bir sismik dizayn metodolojisidir. Direkt deplasman esaslı dizayn (DDED) metodu, çoğu dizayn şartnamesine dahil edilen üniform riskli sismik spektrumla uyumlu, üniform riske sahip yapılar dizayn etmektedir. Metot aynı deprem altında farklı mühendisler tarafından dizayn edilmiş yapıların birbirine çok benzer davranış göstermesini amaçlamaktadır.

Bu bölümde moment aktaran çerçeveler için verilen DDED metodu perde-çerçeve sistemlerin DDED'ı için genişletilmiştir. Bu nedenle öncelikle moment aktaran çerçeve tipi yapılar için DDED metodunun hesap adımları detaylı olarak açıklanmıştır. Daha sonra perde-çerçeve sistemlere DDED metodunun nasıl uygulanabileceği anlatılmıştır.

2.1 Kabüller

1-Direkt deplasman esaslı dizayn metodu, çok serbestlik dereceli yapı yerine tek serbestlik dereceli yapı ile analiz yapan temsili yapı yaklaşımını kullanır [55,56]. Temsili yapı yaklaşımı aşağıdaki kriterleri sağlayan yapılar için uygulanabilir.

- (a)-Sistem sadece bir düşey düzlemde analiz edilebilir.
- (b)-Sistemin yüksekliği boyunca geometrisinde ve kütlelerinde ani bir değişiklik olmamalıdır.
- (c)-Kolonlar, kirişler ve perdeler farklı seviyelerdeki elastik olmayan davranış limitlerinde dizayn edilebilir fakat limitler verilen açıklıkta bütün kirişler için ve verilen aksta bütün kolonlar için aynı olmalıdır.

(d)- Bütün yapısal elemanlar ve düğüm noktaları, beklenen elastik olmayan deplasmanların tersinir tekrarlanması sonucu dayanım azalmasını önlemek için donatılandırılır.

(e)-Yapısal olmayan elemanlar yapısal davranışı etkilemezler [56].

2- DDED’da düşey yüklerin eğilme momentlerine etkisi ihmal edilmiştir. Ancak kolon elemanların dizaynında düşey yüklerin yaklaşık olarak düğüm noktalarına paylaştırılması ile belirlenen normal kuvvetler dikkate alınmıştır.

3- Perde-çerçeve tipi yapıların DDED’ında perde elemanlar çubuk eleman olarak modellenmiş, perdeye saplanan kirişlerin uçlarında perde genişliğine bağlı olarak rijit uç bölgeleri oluşturulmuştur.

4-Yapısal analizde malzeme davranışı lineer elastiktir.

5- Yapısal analizde birinci mertebeye teorisi kullanılmıştır. Buna göre geometri değişimlerinin denge denklemlerine ve geometrik uygunluk şartlarına etkisi ihmal edilmektedir.

6- Elemanların betonarme dizaynında betonun çekme kuvveti almadığı kabul edilmiştir. Bernoulli Navier hipotezi geçerlidir. Çelik elastoplastik davranırken beton tek eksenli basınç altındaki σ - ϵ diyagramına uygun davranır.

2.2 Moment Aktaran Çerçeve Tipi Yapılar

DDED metodunun ana amacı dizaynı mümkün olduğunca basite indirgemek ve minimum hata ile uygulanabilir yapmaktır.

DDED metodunda yapının lineer olmayan davranışı Temsili Yapı olarak isimlendirilen yüksek sönümlü eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) lineer bir sistemle ifade edilir.

2.2.1 Temsili Yapı Metodolojisi

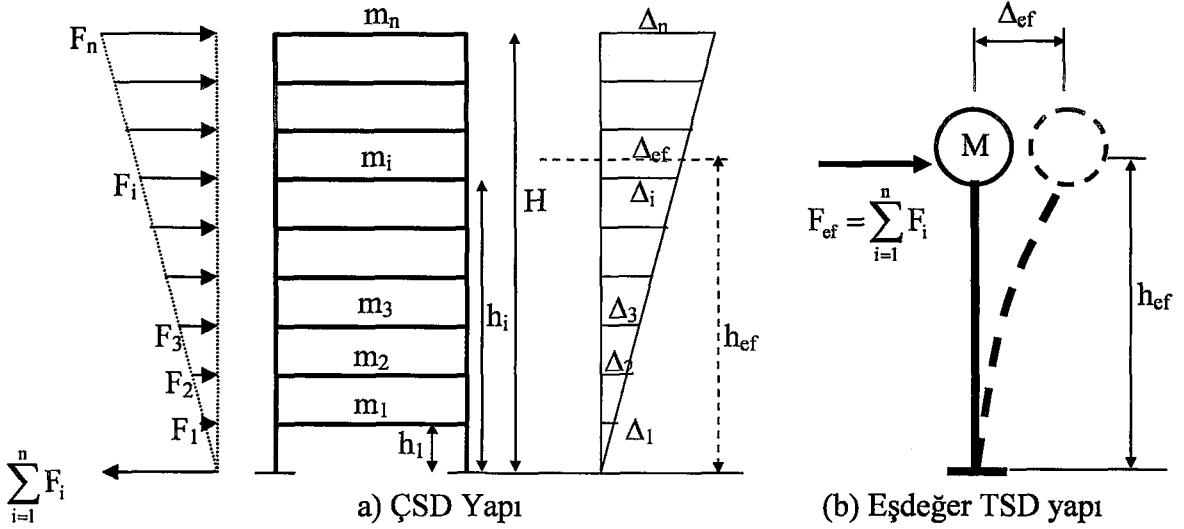
Temsili yapı yaklaşımının önemi, deprem etkisindeki çok serbestlik dereceli yapının elastik olmayan özelliklerinin basit bir modelle dizayn metoduna dahil etmesidir.

Temsili yapı yaklaşımı, çok serbestlik dereceli (ÇSD) yapıların rijitlik ve enerji yutulması gibi elastik olmayan karakteristiklerini TSD temsili bir yapı ile ifade eder.

Temsili yapıya ait efektif rijitlik, ÇSD sistemin maksimum davranışındaki sekant rijitliğidir. ÇSD sistemde yutulan enerji temsili yapının eşdeğer viskoz sönümüne dönüştürülür. TSD sistemin eşdeğer viskoz sönümü histeresis enerji azalması ile ifade edilen ÇSD sistemin her bir elemanın viskoz sönümünün ağırlıklı ortalamasıdır.

Temsili yapı yaklaşımında ÇSD yapının seçilen deplasman limiti, temsili yapının “efektif” deplasmanına dönüştürülür. Temsili yapıya ait efektif periyot, efektif deplasman ve dizayn deplasman davranış spektrumundan, eşdeğer viskoz sönümün fonksiyonu olarak elde edilebilir. Deplasman davranış spektrumu TSD sistemde farklı rijitlik ve kütleler kullanılarak hesaplanabilir. Bu nedenle temsili yapı yaklaşımı deplasman davranış spektrumu ile birlikte kullanılmalıdır. Daha sonra efektif rijitlik, efektif periyot kullanılarak hesaplanabilir. Efektif rijitlik bilindiğinde temsili yapının taban kesme kuvveti hesaplanabilir. Bu durumda çok serbestlik dereceli yapı dağıtılmış taban kesme kuvvetlerine göre dizayn edilebilir.

Şekil 2.1’de ÇSD’li bir yapının TSD yapı olarak temsili görülmektedir.



Şekil 2.1 ÇSD yapının TSD yapısı olarak temsil edilmesi

ÇSD yapısı ile TSD yapısı arasındaki ilişkiler eşit iş prensibinden elde edilebilir. Bu prensip çok serbestlik dereceli sistemdeki kuvvetlerin yaptığı işin, tek serbestlik dereceli sistemin kuvvetinin yaptığı işe eşit olduğunu ifade eder. $(F\Delta)_{\text{ÇSD}} = (F\Delta)_{\text{TSD}}$ Burada $(F\Delta)_{\text{ÇSD}}$ ve $(F\Delta)_{\text{TSD}}$ sırasıyla çok serbestlik dereceli ve tek serbestlik dereceli sistemin işlerini göstermektedir. ÇSD sistem ile TSD sistem arasındaki ilişkiyi veren ifadeler Calvi ve Kingsley [5] tarafından önerilmiştir.

Kat deplasmanları Δ_i ve TSD sistemin efektif deplasman Δ_{ef} arasındaki ilişki denklem (2.1) ile ifade edilebilir.

$$\Delta_i = c_i \Delta_{\text{ef}} \quad (2.1)$$

Burada c_i her kat için deplasman şekli sabitidir.

Her bir serbestlik derecesindeki ivmenin aynı deplasman şekli ile orantılı olduğu kabul edilirse denklem (2.2) elde edilir.

$$a_i = c_i a_{\text{ef}} \quad (2.2)$$

Burada a_i i'nci kattaki ivme, a_{ef} eşdeğer TSD sistemin ivmesidir.

Eşit iş prensibinden dolayı efektif kuvvetin F_{ef} , her serbestlik derecesindeki kuvvetlerin toplamına eşit olduğu Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Denklem (2.2) ve Newton’un ikinci kanunu $F=ma$ ifadesinde yerine konulursa efektif kuvvet denklem (2.3) elde edilir.

$$F_{ef} = \sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n m_i a_i = a_{ef} \sum_{i=1}^n m_i c_i \quad (2.3)$$

Burada m_i her kata ait küttedir.

Newton’un ikinci kanunu TSD yapıya uygulanırsa denklem (2.4) bulunur.

$$F_{ef} = M_{ef} a_{ef} \quad (2.4)$$

Burada M_{ef} eşdeğer TSD sistemin efektif küttesidir ve denklem (2.5) bağıntısıyla hesaplanır.

$$M_{ef} = \sum_{i=1}^n m_i c_i = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\Delta_i}{\Delta_{ef}} \right) \quad (2.5)$$

Daha önce tanımlanan değişkenleri yerlerine koyarak kat kuvvetleri denklem (2.6)’den elde edilir.

$$F_i = m_i a_i = m_i c_i a_{ef} = F_{ef} \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (2.6)$$

Bu denklemi eşit iş denkleminde yerine koyarsak denklem (2.7) elde edilir.

$$F_{ef} \Delta_{ef} = \sum_{i=1}^n F_i \Delta_i = F_{ef} \frac{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (2.7)$$

Eşdeğer TSD sistemin efektif deplasmanı Δ_{ef} , denklem (2.8)'deki gibi hesaplanır.

$$\Delta_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (2.8)$$

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi ÇSD'li sistemin h_{ef} 'deki deplasmanı ile eşdeğer TSD sistemin deplasmanı birbirine eşittir. Bu temsili yapı yaklaşımını deplasman esaslı dizayn metoduna dahil eden bir bağıntıdır.

Tek serbestlik dereceli sisteme ait periyot T_{ef} denklem (2.9) ile hesaplanır.

$$T_{ef} = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta_{ef}}{a_{ef}}} \quad (2.9)$$

Tek serbestlik dereceli sisteme ait rijitlik K_{ef} denklem (2.10) ile ifade edilir.

$$K_{ef} = \frac{F_{ef}}{\Delta_{ef}} \quad (2.10)$$

Denklem(2.10) ve denklem(2.4) arasındaki ilişki denklem (2.9)'da yerine konursa denklem (2.11) elde edilir.

$$T_{ef} = 2\pi \sqrt{\frac{F_{ef}/K_{ef}}{F_{ef}/M_{ef}}} = 2\pi \sqrt{\frac{M_{ef}}{K_{ef}}} \quad (2.11)$$

Bu ilişki kullanılarak efektif rijitlik, Denklem (2.12) ile hesaplanabilir.

$$K_{ef} = \frac{4\pi^2}{T_{ef}^2} M_{ef} \quad (2.12)$$

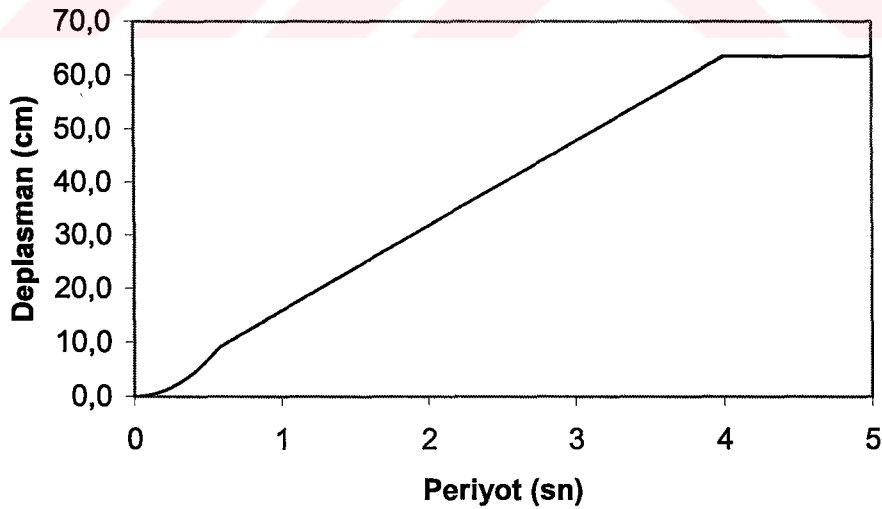
Yukarıda felsefesi açıklanan temsili yapı yaklaşımı, ÇSD sistemin eşdeğer TSD sisteme indirgenerek ifade edildiği bir yaklaşımdır. Temsili yapı yaklaşımı direkt deplasman esaslı dizayn metodunun temelini oluşturmaktadır.

2.2.2. Direkt Deplasman Esaslı Dizayn Metoduna Ait Hesap Adımları

Moment aktaran çerçeve tipi yapıların DDED metodu 10 farklı adımla ifade edilebilir. Bu hesap adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1. Uygun bir deplasman davranış spektrumunun seçilmesi

Deplasman davranış spektrumu, deplasmana karşılık temsili yapı gibi tek serbestlik dereceli sistemin titreşim periyoduna göre çizilir. Bu spektrum, ilgili bölgede beklenen deprem zorlamalarının kombinasyonunu ifade eden yumuşatılmış” bir eğriden oluşmaktadır. Spektrumun seçimi yapının konumuna ve kullanılabilirlik durumlarına uymalıdır. Şekil 2.2’de örnek bir deplasman davranış spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Deplasman davranış spektrumu

Adım 2. Maksimum deplasman profilinin hesaplanması

Maksimum deplasman profilinin belirlenebilmesi için maksimum ötelenme seviyesinin veya maksimum tepe deplasmanının belirlenmesi gerekir. Bina çerçevesi için ötelenme, verilen yükseklikteki yatay deplasmanın o yüksekliğe bölünmesi ile ifade edilebilir. Maksimum ötelenme seviyesi, seçilen kattaki ötelenmeye benzer kat ötelenmesi değil fakat daha çok çerçevedeki görelî kat ötelenmesidir. Görelî kat ötelenmesi oranları genellikle mod şekillerinin kombinasyonundan dolayı çerçevenin kat yüksekliği boyunca azalır. Maksimum ötelenme seviyesi, yapısal olmayan etmenleri veya kritik elemanlardaki kiriş mafsalları veya kolon taban mafsalı gibi limit şekil değiştirmeleri esas alır.

Moment aktaran çerçeve tipi yapılar için iki farklı deplasman profili önerilmiştir. Priestley ve Calvi (1997) tarafından önerilen deplasman profili denklem (2.13a-c) ile verilmiştir [10].

$$\Delta_i = \theta_d h_i \quad (n \leq 4) \quad (2.13-a)$$

$$\Delta_i = \theta_d h_i \left(1 - \frac{(n-4) h_i}{32 h_n} \right) \quad (4 < n < 20) \quad (2.13-b)$$

$$\Delta_i = \theta_d h_i \left(1 - \frac{h_i}{2h_n} \right) \quad (n \geq 20) \quad (2.13-c)$$

Burada θ_d seçilen maksimum dizayn ötelenme oranı ve n ise çerçevedeki toplam kat sayısıdır. Denklem (2.13-a) dörtten daha az kat sayısına sahip çerçevelerin lineer deplasman profili olduğunu göstermektedir. Orta yükseklikteki çerçeveler için profil hafifçe paraboliktir. Eğer yapı yirmi kattan yüksekse profil paraboliktir. Genel deplasman profilinin hesaplanabildiği bu metot çoğu bina çerçevesi için geçerlidir ve her katın deplasmanı hesaplanabilir. Eğer ikinci adımda maksimum deplasman seçildiyse maksimum ötelenme seviyesi denklem (2.13)'den bulunabilir ve her katın deplasmanı için uygulanabilir.

Diğer deplasman profili ise Jonsson (2002) tarafından önerilen moment aktaran çerçeve yapıların lineer olmayan dinamik analiz sonuçları kullanarak iki

farklı davranışın kombinasyonu olarak elde edilen bir deplasman profilidir [39]. Bu davranışlar;

- Az katlı yapılar için lineer davranış.
- Çok katlı yapılar için üstel bir fonksiyon olan lineer olmayan bir davranıştır.

Betonarme yapılar için deplasman profili denklem (2.14) ile ifade edilir.

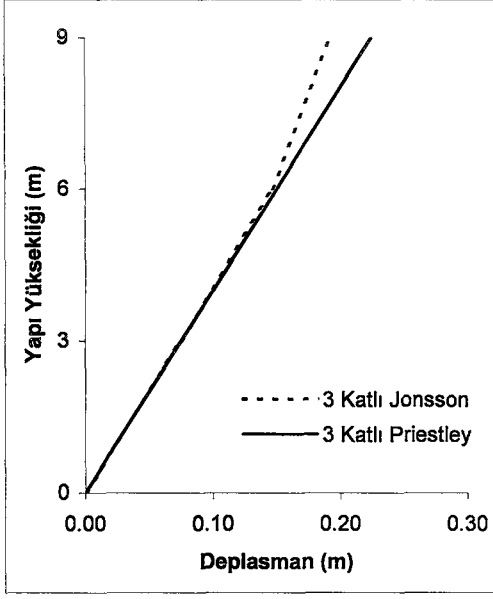
$$\Delta_i = \theta_d h_n \left[\frac{h_i}{h_n} - \left(\frac{1-\chi}{\gamma} \right) \left(\frac{h_i}{h_n} \right)^\gamma \right] \quad (2.14)$$

Fonksiyonun çatı katındaki eğimi çoğunlukla χ değişkeni ve dizayn ötelenme oranı θ_d ile kontrol edilir. Çatı katı ötelenme oranı $\chi=0$ olduğunda 0 fakat $\chi=1$ olduğunda ise θ_d 'dir. γ değişkeni ise fonksiyonun eğriliğini kontrol eder. Yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonuçlarına göre moment aktaran çerçeve yapılar için $\chi=0.180$ elde edilmiştir. Çerçeve yapılar için γ değişkeni az katlı yapılar için büyük değerler alırken, çok katlı yapılar için daha düşük değerler almaktadır. 3, 5, 8 ve 15 katlı çerçeve yapılara ait χ ve γ değişkenleri Çizelge 2.1'de verilmektedir [39].

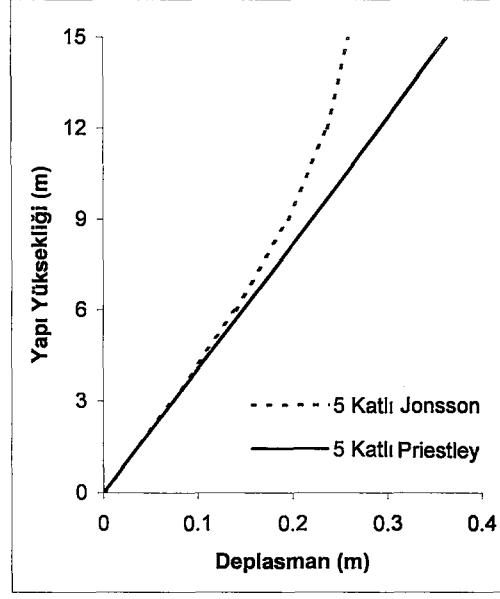
Çizelge 2.1 Çerçeve yapılar için χ ve γ değerleri

N	γ	χ
3	5.70	0.180
5	2.67	0.180
8	1.84	0.180
15	1.44	0.180

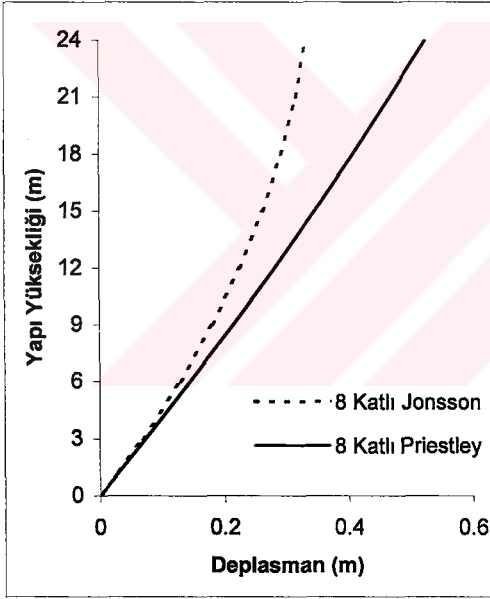
Moment aktaran çerçeve yapılar için Priestley [10] ve Jonnson [39] tarafından önerilen deplasman profilleri birbirinden farklıdır. 3, 5, 8 ve 15 katlı yapılara ait deplasman profilleri Şekil 2.3'de karşılaştırılmıştır.



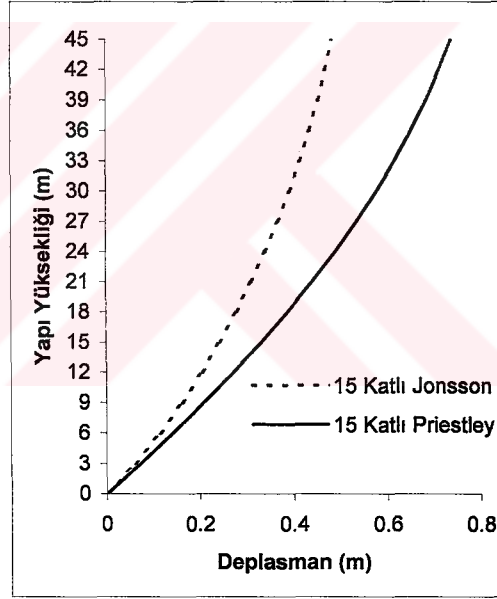
(a) 3 katlı yapı



(b) 5 katlı yapı



(c) 8 katlı yapı



(d) 15 katlı yapı

Şekil 2.3 Dört farklı yapı için deplasman profillerinin karşılaştırılması.

Adım 3. Sistem deplasmanının hesaplanması:

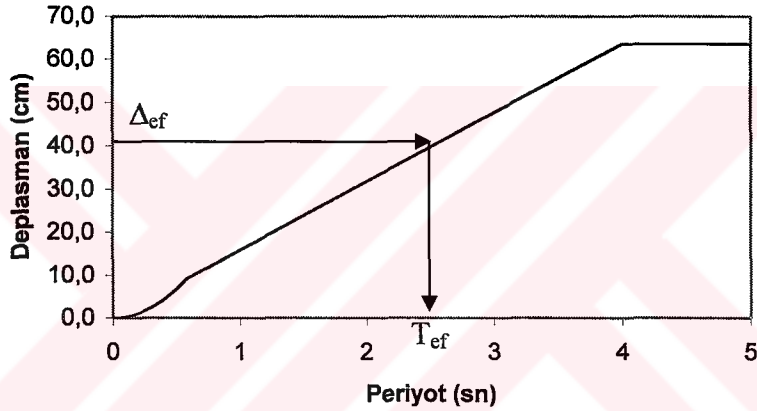
Sistem deplasmanı efektif deplasmanına eşittir ve denklem (2.8) ile hesaplanır. Bu adım temsili (TSD) yapı ile gerçek (ÇSD) yapı arasında deplasmanlar cinsinden ilişki kurar.

Adım 4. Uygun bir sistem sönüm seviyesi seçilmesi:

Sistem sönümü, ÇSD çerçeve içindeki elemanların eşdeğer viskoz sönümlerinin fonksiyonu olarak TSD yapının eşdeğer viskoz sönümü olarak tanımlanır. Her bir elemanın histeresis enerji dağılımı, eleman sünekliğinin fonksiyonu olarak eşdeğer viskoz sönüme çevrilir.

Adım 5. Efektif yapısal periyodun elde edilmesi:

Efektif periyot hesaplanan sistem deplasmanı ve seçilen sistem sönümüne göre belirlenen deplasman davranış spektrumundan elde edilir (Şekil 2.4).



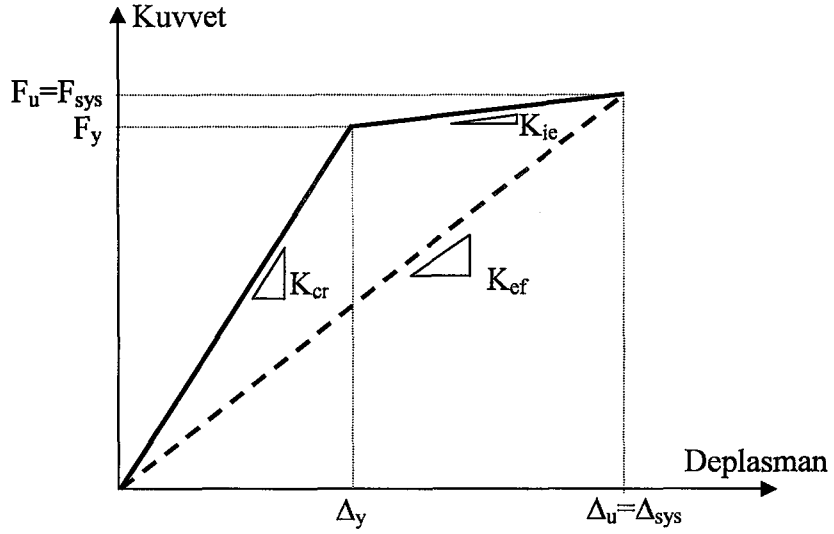
Şekil 2.4 Deplasman davranış spektrumundan efektif periyodun elde edilmesi

Adım 6. Efektif kütle hesaplanması:

Efektif kütle denklem (2.5) ile hesaplanır. Efektif kütle toplam bina kütlelerinin %80~%90'ı kadardır.

Adım 7. Efektif rijitliğin hesaplanması:

Efektif rijitlik denklem (2.12) ile hesaplanır. Efektif rijitlik, deplasman esaslı dizaynın çok önemli bir ögesi olan elastik olmayan deformasyonları doğrudan DDED metoduna lineer davranış ile dahil eder. Efektif rijitlik Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Efektif rijitlik

Şekil (2.5)'de efektif rijitliğin (K_{ef}) elastik sistem rijitliğini (veya çatlama rijitlik, K_{cr}) ve deforme olmuş sistemin rijitliğini (veya elastik olmayan rijitlik, K_{ie}) nasıl birleştirdiğini gösterir. Efektif rijitlik kavramı, temsili yapıyı lineer dinamik davranışla modellemektedir. Efektif rijitlik, efektif kuvvetin sistem deplasmanına bölünmesi ile hesaplanabilir.

Adım 8. Taban kesme kuvvetinin hesaplanması:

ÇSD yapının V_b taban kesme kuvveti, yatay deprem kuvvetlerinden yapının tabanında oluşan reaksiyon kuvvetidir. Taban kesme kuvveti TSD'li yapının efektif kuvvetine eşittir. TSD yapının efektif kuvvetine eşit taban kesme kuvveti denklem (2.15) ile hesaplanır.

$$V_b = F_{ef} = K_{ef} \Delta_{sys} \quad (2.15)$$

Çok serbestlik dereceli yapı denklem (2.15)'den hesaplanan taban kesme kuvvetine göre dizayn edilir. Bu adım, dizaynı temsili yapıdan tekrar orijinal yapıya döndürür.

Adım 9. Taban kesme kuvvetinin çerçevenin katlarına dağıtılması:

Adım 8’de belirtildiği gibi kat kuvvetlerinin toplamı taban kesme kuvvetine eşittir. Kat kuvvetleri, hesaplanan taban kesme kuvveti ve kat deplasmanlarına bağlı olarak denklem (2.16) ile hesaplanır.

$$F_i = V_b \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (2.16)$$

Kat kuvvetleri, kat deplasmanları ile orantılıdır. Çerçeve için kuvvet profili maksimum deplasman profili ile aynı şekle sahiptir.

Adım 10. Yapısal analiz uygulanması ve elemanların dizayn edilmesi:

Bu adımda yapısal analiz uygulanır ve elemanlar hesaplanan taleplere göre dizayn edilir.

2.2.2.1 Yapısal Analiz

Elemanlara ait dizayn kuvvetlerini bulmak için, adım 9’da hesaplanan yatay kat kuvvetlerini ve uygun kiriş-kolon rijitlik oranı ile sabitlenmiş taban kolonu moment talepleri çerçeveye etkililerek statik analiz yapılır.

Zemin kat moment talepleri, zemin kat kolonunun alt ucuna yerleştirilen mafsala bir dış moment etkililerek sabitlenir. Sabitlenmiş moment talepleri yapıya etkileyen yatay yüklere karşı koyabilecek şekilde eğilme momenti olarak etkililerek zemin kat kolonunun davranışının kontrol edilmesi sağlanır. Sabitlenmiş kolon momenti çerçevedeki diğer elemanlara moment taleplerinin uygun olarak dağılmasını sağlar.

Yapısal analizin tamamlanabilmesi için her bir elemanın rijitliğinin belli olması gerekir. Çerçeve elemanlarında momentlerin dağılımı sadece elemanlar arası

rölatif rijitliklere bağlı olduğundan bu adım da gerçek eleman rijitlikleri önemli değildir. Bu yüzden eleman boyutları gibi kesit özelliklerinin analizin başında seçilmesine gerek yoktur.

Uygun bir kiriş-kolon rijitlik oranı seçilir. ($I_b=0.2I_c$) Bu kolon ve kiriş çatlamış rijitliğinin birbirine eşit olması kabulüne dayanır. Bu oran belirlenirken kolonların elastik kaldığı, kirişlerin plastikleştiği ve 5 süneklik seviyesini sağladığı kabul edilir. Yapısal analizde kolon rijitlikleri ise değişmemektedir [19].

2.2.2.1.1 Kiriş-Kolon Rijitlik Oranı

Yapıların DDED metodunda çatlamış kesit rijitlikleri kullanılır. Çerçeve yapıya ait elemanlarda moment dağılımı görünüşte sadece eleman rijitliklerine bağlı olduğu için belirli bir kiriş-kolon rijitlik oranı belirlenmelidir. Çatlamış kiriş atalet momenti (I_{cr}), kolonun çatlamış kesit atalet momentine eşit alınabilir. Çatlamış kesit atalet momenti I_{cr} , daha çok eleman yüksekliği ve moment eğrilik ilişkisine bağlıdır ve direkt olarak elemanın elastik rijitliği ile orantılıdır ve denklem (2.17) ile hesaplanır.

$$I_{cr} = \frac{M_y}{E_c \chi_y} \quad (2.17)$$

Burada χ_y elemanın akma eğriliğidir.

Dizayn taban kesme kuvveti etkisinde yapının taban kolonlarında olduğu gibi, her kattaki kiriş elemanlarının her iki ucunun da mafsallaşması beklenir. Bu, istenen kiriş mekanizmasının sağlanması için gerekli mafsallaşma şeklidir. Taban kolonlarında olduğu gibi $\mu=5$ 'e eşit bir süneklik talebi kirişler için de kabul edilebilir bir değerdir.

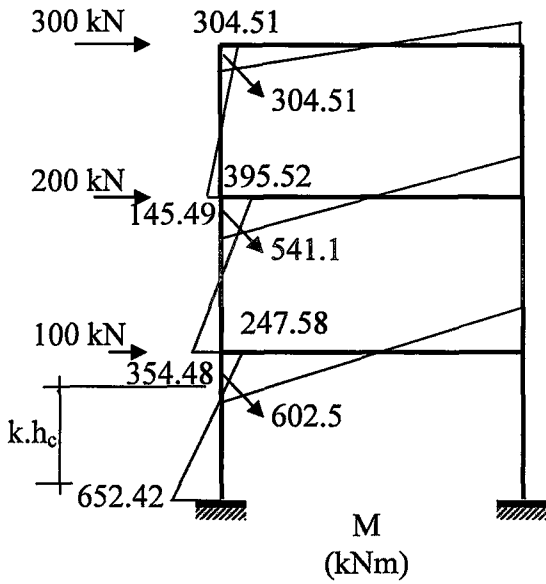
Kirişin her iki ucunda kabul edilen $\mu=5$ süneklik talebi ile bütün kiriş elemanlarının rijitlikleri azaltılarak denklem (2.18) ile hesaplanır.

$$I_b = \frac{I_{cr}}{\mu} \quad (2.18)$$

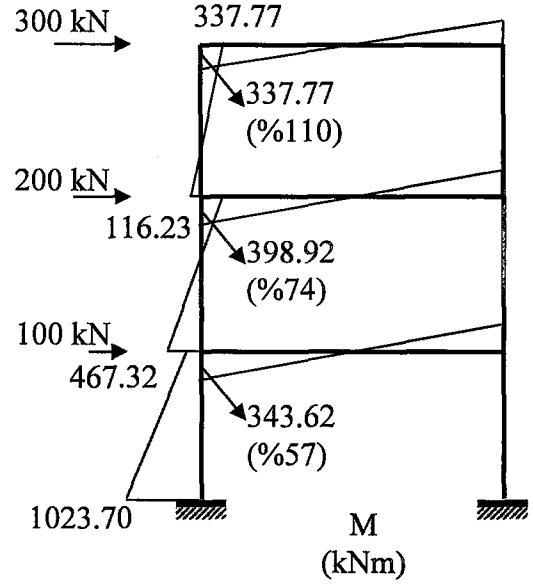
Çerçeve yapıya ait elemanların moment talepleri rijitlikle orantılı olarak değil sabitlenmiş taban momentine bağlı olarak değişim göstermektedir [19]

2.2.2.1.2 Sabitlenmiş Zemin Kat Kolonu Moment Talebi

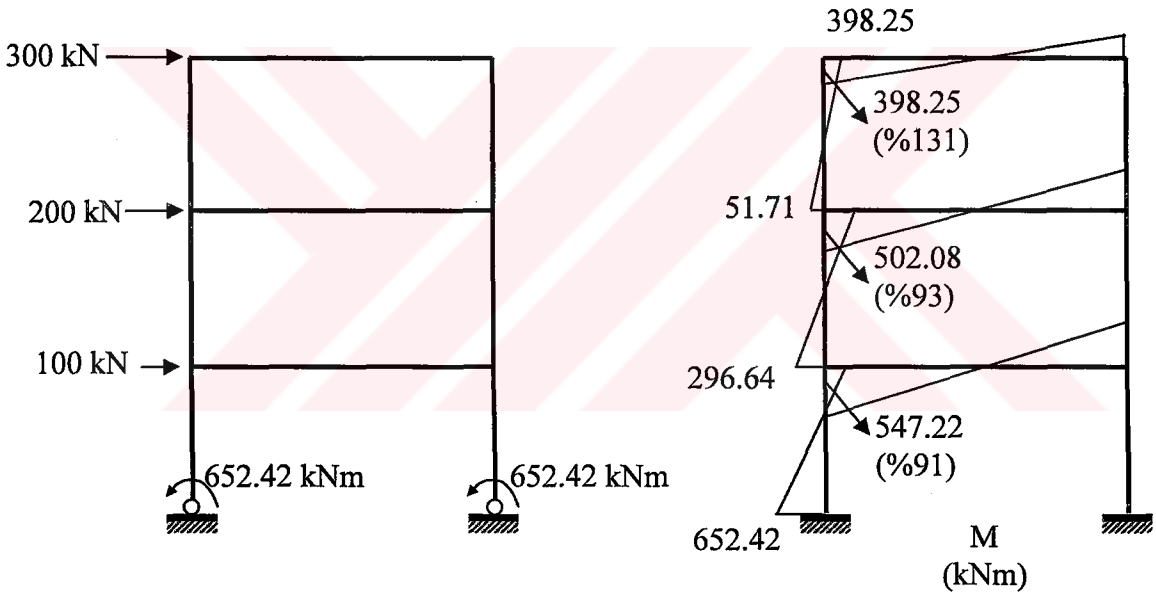
Bina çerçevesinin tümünün yapısal analizi yapılmadan önce, çerçeve elemanlarına momentleri arzu edilen şekilde dağıtmak için zemin kat kolonlarının taban momentleri sabitlenir veya kontrol edilir. Sabitlenmiş moment taleplerinin belirlenmesi için birçok analiz yapılmıştır. Bölüm 2.1.2.1.1’de verilen rijitlik kabulleriyle moment dağılımının hassasiyetini belirlemek için üç katlı tek açıklıklı bir çerçeve yapı kullanılarak statik yatay yük analizi yapılmış sonuçlar Şekil 2.6-Şekil 2.7 ve Şekil 2.8 ‘de verilmiştir. Üç farklı durum göz önüne alınmıştır. Her bir çerçeve aynı üçgen yatay yük altında analiz edilmiştir. Şekil 2.6 başlangıç çatlamış kesit rijitliklerine bağlı olarak kolon ve kiriş rijitliklerinin birbirine eşit alındığı ($I_b=I_c$) geleneksel elastik analiz sonuçlarını göstermektedir. Şekil 2.7 kiriş rijitliklerinin süneklik faktörü 5 ile azaltıldığı temsili yapı analizi yaklaşımına ait sonuçları göstermektedir. Şekil 2.7’den de görülebileceği gibi ($I_b=0.2I_c$) temsili yapı yaklaşımı kullanıldığından zemin kat kolonları konsol davranışı göstermekte ve kiriş momentleri üst katlarda artarken alt katlarda azalmaktadır. Yine de elemanların plastikleştiği maksimum davranıştaki durum açısından bu yaklaşım gerçekçi bir yaklaşım değildir. Çünkü en alt kattaki kolonların alt ucunda oluşan mafsallaşma dolayısı ile kolon rijitliklerindeki azalma dikkate alınmamıştır. Bu, Şekil 2.8’de kiriş-kolon rijitlik oranı 0.2 alınarak ve zemin kat kolonlarının alt ucuna mafsal yerleştirilerek çözülmüştür. Ayrıca mafsala başlangıç elastik analizinden elde edilen moment, dış moment olarak etkilmiştir. Sonuç moment diyagramı istenen moment dağılımına daha fazla uyum göstermektedir. Ancak üst kat kirişi başlangıç analizinden %31 daha büyük bir momente sahiptir.



Şekil 2.6 Kolon-Kiriş rijitliklerinin eşit $I_b=I_c$ olması durumu



Şekil 2.7 Kolon-Kiriş rijitlik $I_b=0.2I_c$ olması durumu



Şekil 2.8 Sabitlenmiş kolon alt uç momentli sisteme ait moment talepleri ($I_b=0.2I_c$)

Şekil 2.6 - Şekil 2.8'deki sonuçlar temsili yapı analizinde zemin kat kolonlarının alt ucu moment kapasitesinin seçiminin, kiriş kolon rijitlik oranının kesin tanımından daha önemli olduğunu göstermektedir. Zemin kat kolonlarının alt uçları plastik mafsalların oluşacağı yerler olduğundan bunlara ait dizayn momentlerinin dizayn metodunun bir adımı olarak seçilmesi sisteme ait dizayn momentlerinin dağılımının kontrol altında tutulmasını sağlar.

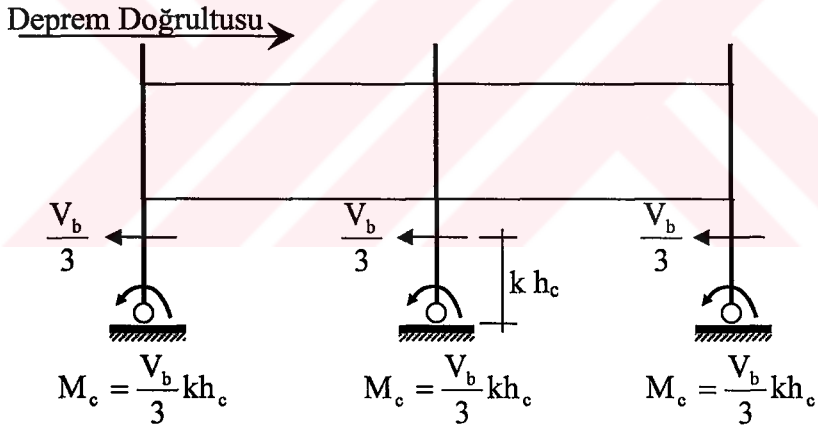
Zemin kat kolonları alt ucu sabitlenmiş momenti bir k katsayısına ve taban kesme kuvvetine bağlı olarak denklem (2.19)'dan hesaplanır.

$$M_b = V_b (k h_c) \quad (2.19)$$

Burada h_c taban kolonu yüksekliği, k ; seçilen kolon yükseklik oranı veya moment sıfır noktasının yerini belirten bir orandır. Taban kolon momenti her bir kolona rijitliği oranında dağıtılır. Kolon rijitliklerinin eşit olması durumunda kolonun taban moment talebi denklem (2.20) ile bulunur.

$$M_c = \frac{M_b}{n} \quad (2.20)$$

olur. Burada n ; taban kolonlarının sayısıdır. Metot Şekil 2.9'da açıklanmıştır.



Şekil 2.9 Kolon taban momentlerinin sabitlenmesi

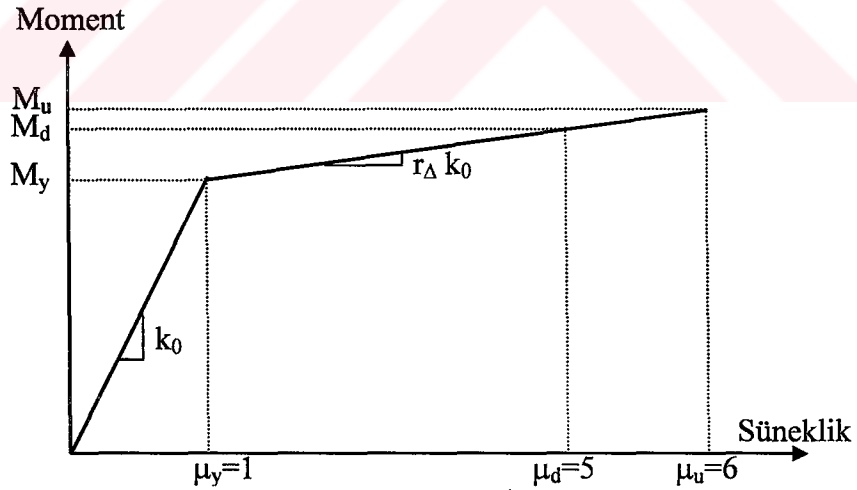
Kolon momentlerinin sabitlenmesi iki açıdan önemlidir. İlk olarak 0.5'den büyük bir k faktörü, kolonun tabanındaki momentinin üst ucundaki momentten daha büyük bir değere ulaşmasını sağlar. Bu durumda, mafsal kolonun üst ucunda değil, kolonun alt ucunda oluşur. Böylece, istenmeyen yumuşak kat mekanizmasının oluşması engellenir. Şekil 2.6'dan ve Şekil 2.8'den de hesaplanabileceği gibi $k=0.67$ 'dir. Bu nedenle çerçeve yapılar için k faktörü 0.60 ~ 0.70 arasında değişim göstermektedir [19].

2.2.2.2 Elemanların Dizaynı

Kiriş ve kolon elemanlar verilen 5 süneklik talebini sağlayacak şekilde dizayn edilirler. Kirişler her kattaki maksimum moment talebine göre dizayn edilip tüm kattaki elemanlarda aynı donatı kullanılır. Kolonlar ise sabitlenmiş kolonların maksimum moment talebine göre ve normal kuvvetine göre dizayn edilir ve yapı yüksekliği boyunca kolon elemanların dizaynı değiştirilmez.

2.2.2.2.1 Kiriş Elemanların Dizaynı

Kiriş elemanlarının dizaynı için kiriş süneklik talebi $\mu_d = 5$ ve kiriş-kolon rijitlik oranı 0.2 kullanılabilir. Kirişler her katta elde edilen maksimum moment talebine göre dizayn edilir. Kirişlerin akma ve maksimum moment kapasiteleri bu kabule bağlı olarak elde edilebilir. Şekil 2.10 elemana ait deplasman sünekliği ile moment arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 2.10 Eleman dizaynı için moment /süneklik ilişkisi

Şekil 2.10'da M_d yapısal analiz sonucu bulunan ve 5 süneklik talebine karşılık gelen momenttir. Elemana ait akma momenti deplasman sünekliği ile

moment arasındaki ilişkiyi veren Şekil (2.10) kullanılarak elde edilen denklem (2.21)'e göre hesaplanır.

$$M_y = \frac{M_d}{(r_\Delta \mu_d - r_\Delta + 1)} \quad (2.21)$$

Burada r_Δ deplasman pekleşme faktörüdür. Betonarme elemanlar için pekleşme oranı $r_\Delta=0.03$ kullanılacaktır.

Maksimum moment kapasitesi denklem (2.22) ile hesaplanır.

$$M_u = M_d \frac{(r_\Delta \mu_u - r_\Delta + 1)}{(r_\Delta \mu_d - r_\Delta + 1)} \quad (2.22)$$

Burada μ_u maksimum süneklik talebidir. Maksimum süneklik talebi deneysel verilere veya deneyime bağlı olarak seçilir, fakat sadece verilen elemanın boyutlarını ve donatı oranını seçmek açısından önemlidir.

Dinamik yükleme esnasında, süneklik ve deplasman açısından elemanın davranışını etkileyecek en önemli değişkenlerden birisi akma momentidir. Dizayn sünekliği $\mu_d = 5$ ve $r_\Delta=0.03$ alındığında akma momenti $M_y=0.89M_d$ olarak bulunur. Maksimum süneklik $\mu_u=6$ seçildiğinde ise maksimum moment $M_u=1.03 M_d$ olarak ve akma momenti ise $M_y=0.86 M_u$ olarak hesaplanır.

Kiriş elemanlar deprem etkisi altında tersinir bir etkiye maruz kalırlar. Kiriş elemanlar basınç ve çekme bölgesinde eşit donatıya sahip olacak şekilde dizayn edilirler. Bu nedenle kiriş elemanların boyutları toplam eğilme donatı oranı %1.6 ila %4.20 arasında kalacak şekilde belirlenir [19]. Donatı oranları bu sınırların dışına çıktığında kesitboyutları değiştirilir.

2.2.2.2 Kolon Elemanların Dizaynı

Zemin kat kolonları daha önce gösterildiği gibi sabitlenmiş ve kontrol edilmiştir. Bu kolonlardaki moment talebi kirişlerde olduğu gibi 5 sünekliliğe karşılık gelmektedir (Şekil 2.10). Maksimum moment talebi kiriş elemanlardaki gibi denklem (2.22) ile hesaplanabilir. Kolon süneklilik kapasitesi $\mu_u=6$ seçildiğinde $M_u=1.03 M_d$ olarak hesaplanır. Zemin kat kolonlarının dizaynı, zemin kattaki kolonların moment talebi ve maksimum eksenel kuvvet düzeyine göre yapılır.

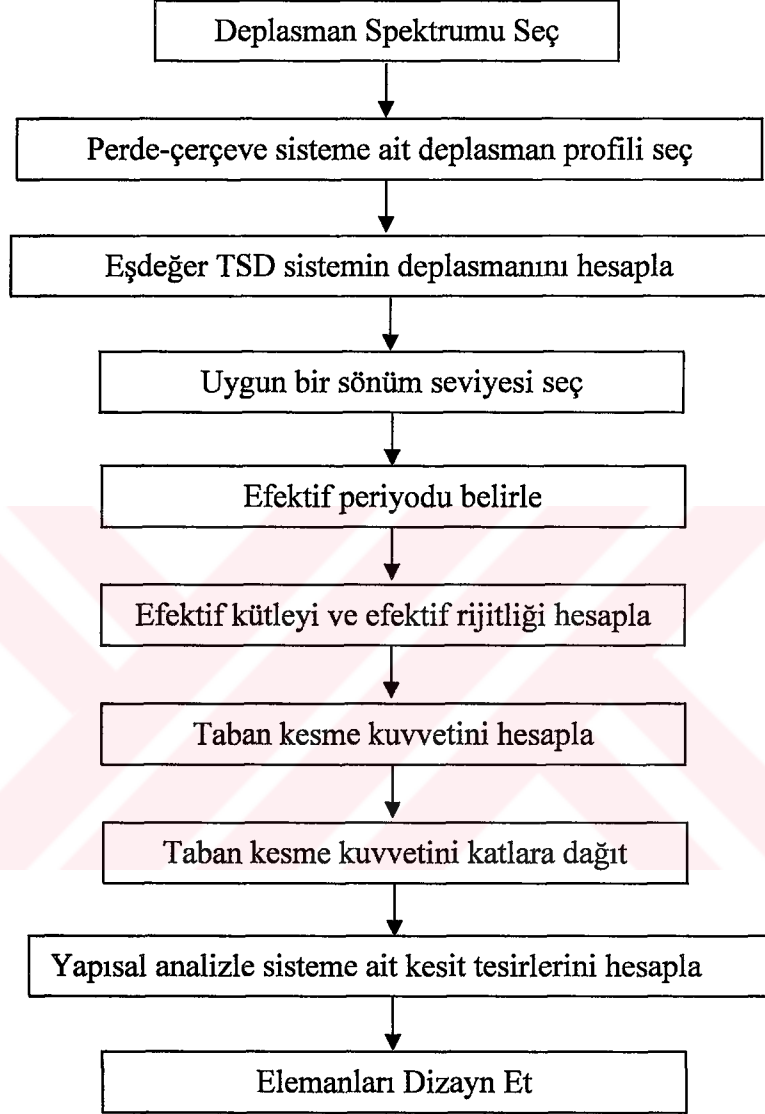
Diğer katlarda da zemin kat kolonları için belirlenen boyutlar ve donatı oranı sabit tutulur. Zemin kattaki tüm dış ve iç kolonların boyutları ve donatı oranları sabittir. Moment taşıma kapasitesi genellikle eksenel kuvvetin azalması ile azalır ve kolon elemanlar kat yüksekliği arttıkça daha az dayanıma sahip olur. Zemin kat kolonları genellikle en büyük moment taşıma kapasitesine sahiptir. Kolonlar dört yüzünde eşit donatıya sahip kare kolon olarak dizayn edilecektir. Kolonların kesit özellikleri belirlenirken kesitteki donatı oranının %1.00 ile %3.25 arasında olması gerekmektedir [19]. Bu aralığın dışına çıkıldığında ise kesitlere ait boyutlar değiştirilir.

2.3 Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapılar

Perde-çerçeve yapılar için önerilen DDED metodunun hesap adımları çerçeve yapılar için Bölüm 2.2.2'de verilen hesap adımları ile aynıdır ve Şekil 2.11'de şematik olarak verilmiştir.

Perde-çerçeve sistemler için Şekil 2.11'de verilen hesap adımlarından deplasman profillerinin belirlendiği ve yapısal analizin yapıldığı hesap adımları çerçeve sistemler için Bölüm 2.2'de açıklanan hesap adımlarından farklıdır. Perde-çerçeve yapıların DDED metodunun ikinci adımında perde-çerçeve yapıya ait deplasman profilinin kullanılması gerekmektedir. Perde-çerçeve sistemlerin DDED'inin çerçeve yapılardan ayrıldığı en önemli hesap adımlarından biri de onuncu adımda verilen yapısal analizin yapıldığı hesap adımdır. Bu hesap adımında

perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti için bir oran belirlenmelidir ve bu orana bağlı olarak sistemde tanımlanacak perde-kolon rijitlik oranı ve sabitlenmiş kolon ve perde momentlerinin belirlenmesi gereklidir.



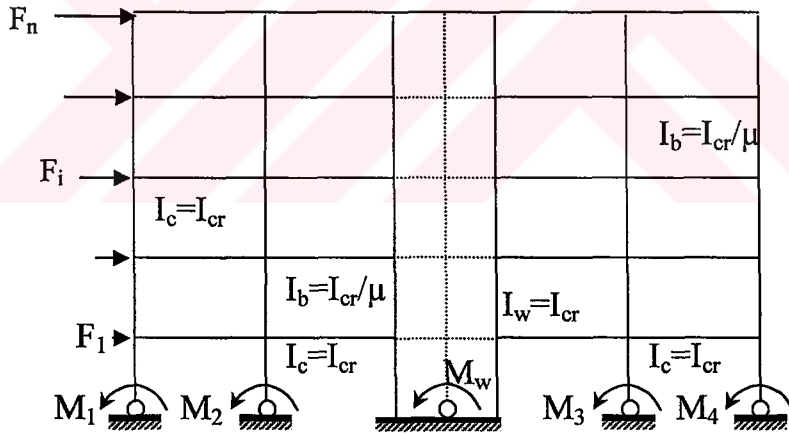
Şekil 2.11 Perde-çerçeve sisteme ait DDED metodu

Perde-çerçeve yapıların DDED dizayn metodunda farklılık gösteren bu hesap adımlarından öncelikle yapısal analiz açıklanacaktır. Daha sonra perde-çerçeve yapıya ait deplasman profilini nasıl belirleneceğine ait bir yaklaşım sunulacaktır.

2.3.1 Yapısal Analiz

Perde ve çerçevelerden oluşan Şekil 2.12'deki perde-çerçeve sistemin temsili yapı yaklaşımı ile tanımlanabilmesi için, çerçeve sistemlerin azaltılmış rijitlikli sünek kirişlerle ve elastik rijitlikli kolonlarla temsil edildiğine benzer bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Perde-çerçeve sistemde tanımlanan perdenin rijitliğinin alt bölümlerde temsili yapı yaklaşımı nedeni ile beklenen süneklik talebiyle orantılı olarak azaltılmalıdır [57].

Yapısal analizin tamamlanabilmesi için çerçeve ve perdenin taşıyacağı taban kesme kuvveti için bir oran belirlenmelidir. Belirlenen bu taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak elemanların rijitlik oranları belirlenecektir. Daha sonra kolonların taşıyacağı taban kesme kuvveti, rijitlikleriyle orantılı olarak dağıtılıp sabitlenmiş kolon taban momentleri belirlenmelidir. Sabitlenmiş kolon momentleri ve perde-kolon rijitlik oranına bağlı olarak da sabitlenmiş perde momenti elde edildiğinde yapısal analiz için gerekli olan bütün değişkenler belirlenmiş olur.



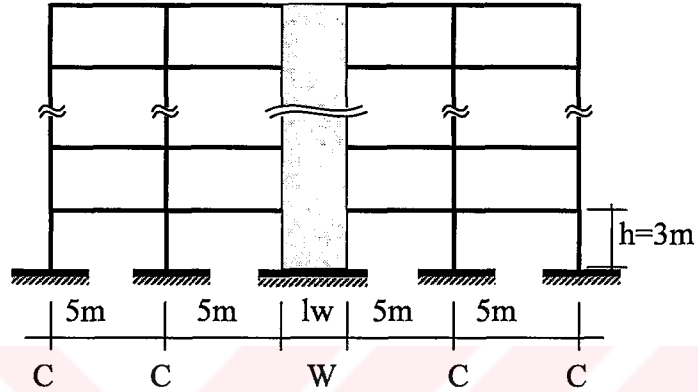
Şekil 2.12 Sabitlenmiş kolon ve perde momentleri ve eleman rijitlikleri

2.3.1.1 Elemanların Rijitlik Oranları

Perde-çerçeve sistemde perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti için bir oran belirlenmesi gerekmektedir. Karşılanan bu taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde-kolon rijitlik oranı belirlenecektir.

2.3.1.1.1 Dört Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

Farklı perde-kolon rijitliğine sahip yapılarda, tek bir perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranını belirlemek için öncelikle Şekil 2.13’de özellikleri verilen yapı ele alınmıştır. Ele alınan yapı, açıklıkları 5 m, yüksekliği 3 m olan perdenin çerçevesinin tam ortasında olduğu dört açıklıklı n katlı bir yapıdır.



Şekil 2.13 Tek perdeli dört açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı

Ele alınan yapının yatay yükler altında statik analizi yapılmadan önce rijitlik oranları belirlenmiştir. Çerçeve yapıda olduğu gibi kolon ve kirişlerin rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Perdenin rijitliği ise değişkendir. Elemanların kayma rijitlikleri ihmal edilmemiştir.

Perde-çerçeve sistemde kolon ve perde rijitlikleri değiştirilerek oluşturulan 12 farklı yapı, sabit üçgen yatay yük altında analiz edilmiştir. Şekil 2.13’de kolonlar C, perde ise W ile gösterilmiştir. Çizelge 2.2’de 12 farklı yapıya ait kolon ve perde boyutları verilmiştir.

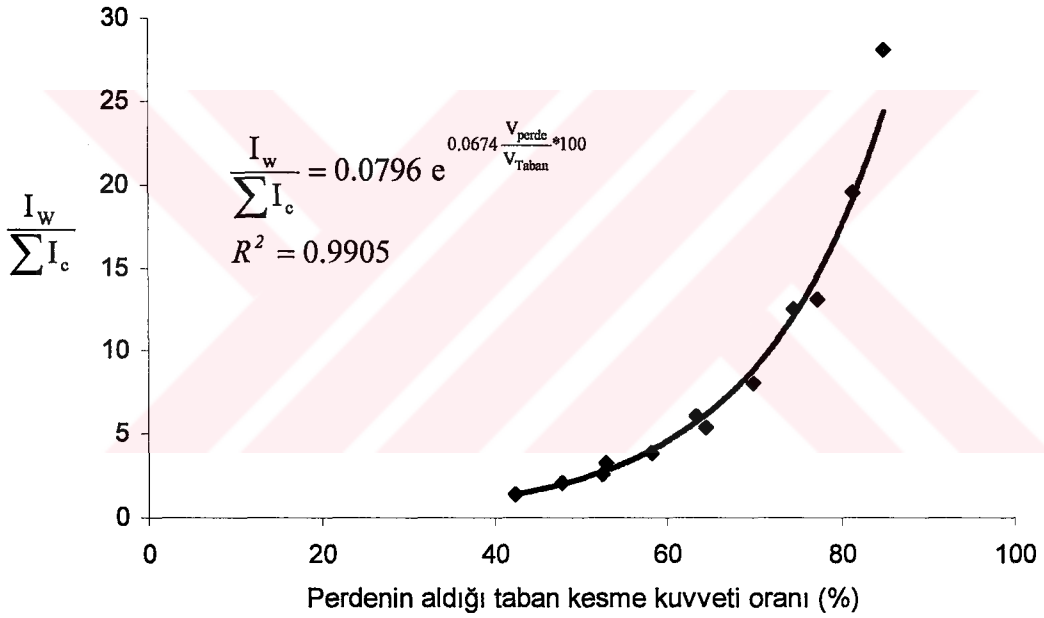
Çizelge 2.2 Yatay yük analizi yapılan perde-çerçeve yapılar

	W200x25	W175x25	W250x20
C40 x 40	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C50 x 50	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C60 x 60	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C70 x 70	CCWCC	CCWCC	CCWCC

Perdenin taban kesme kuvvetini karşılama oranı sadece yatay yükler etkisi altında ele alınmıştır. Bütün analizlerde düşey yükler ihmal edilmiştir. Statik yatay yük analizleri altı katlı, dokuz katlı ve oniki katlı yapılar için ayrı ayrı yapılar aralarındaki ilişki incelenmiştir.

2.3.1.1.1.1 Altı Katlı Yapı

Çizelge 2.3’de kesit özellikleri verilen 12 farklı altı katlı yapının yatay yük altında yapılan elastik analizi sonucunda perde-kolon rijitlik oranına bağlı olarak perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti diyagramı Şekil 2.14’de verilmiştir.



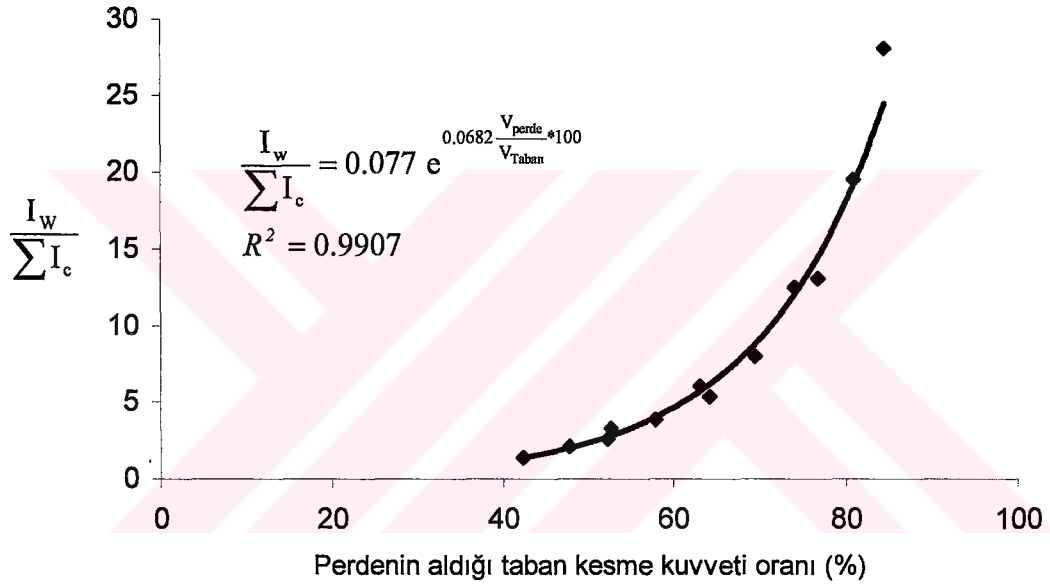
Şekil 2.14 Altı katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği

Analizi yapılan 12 yapıda perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetine ve perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine bağlı olarak elde edilen noktalara en iyi uyum sağlayan fonksiyonu elde edilmiştir. Grafikte verilen R ifadesi korelasyon katsayısıdır. Perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı denklem (2.23)’den belirlenebilir.

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.0796 e^{0.0674 \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100} \quad (2.23)$$

2.3.1.1.1.2 Dokuz Katlı Yapı

Dokuz katlı yapıya ait perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetine bağlı olarak perde rijitliğinin kolonların toplam rijitliğine oranına ait diyagram Şekil 2.15’de verilmiştir.



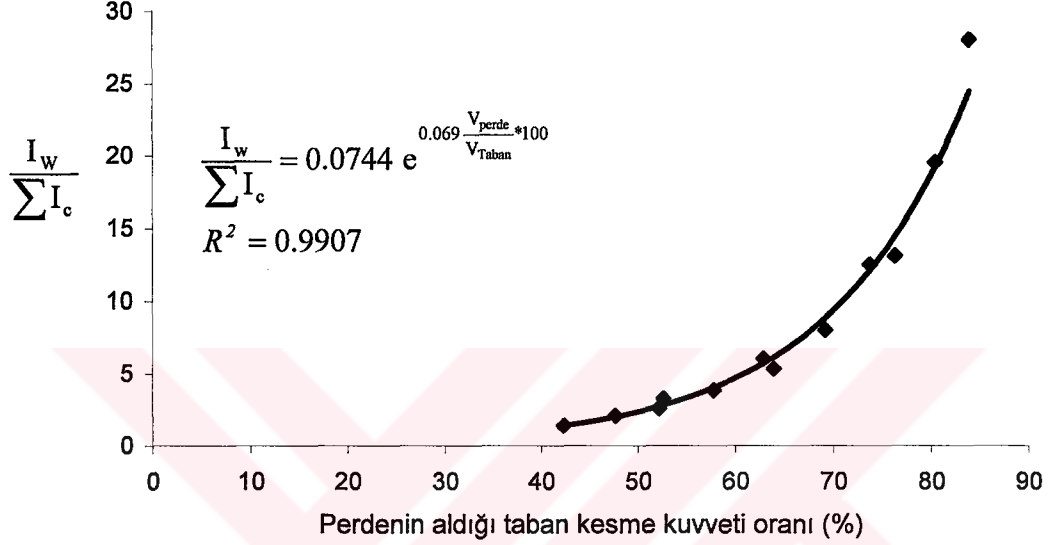
Şekil 2.15 Dokuz katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği

Perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı Denklem (2.24)'den belirlenebilir.

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.077 e^{0.0682 \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100} \quad (2.24)$$

2.3.1.1.1.3 Oniki Katlı Yapı

Oniki katlı yapıya ait perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetine bağlı olarak perde rijitliğinin kolonların toplam rijitliğine oranına ait diyagram Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16 Oniki katlı yapıya ait perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği

Perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı denklem (2.25)'den belirlenebilir

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.0744 e^{0.069 \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100} \quad (2.25)$$

Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için perdenin taban kesme kuvvetini karşılama oranına göre perde/toplam kolon rijitlik oranını belirlemek için kullanılan ifadeyi A ve B değişkenleri ile ifade edersek perde kolon rijitlik oranı denklem (2.26)'dan hesaplanabilir.

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = A e^{B \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100} \quad (2.26)$$

Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için A ve B değişkenler Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için A ve B değişkenleri

$\frac{I_w}{\sum I_c} = A e^{B \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100}$		
	A	B
12 Katlı	0.0744	0.069
9 Katlı	0.0770	0.0682
6 Katlı	0.0796	0.0674

Çizelge 2.3'de verilen A,B, değişkenleri yapıya ait kat adedi (KA) cinsinden Denklem (2.27 a-b) ile ifade edilebilir.

$$A = -0.00009 * KA + 0.0848 \quad (2.27-a)$$

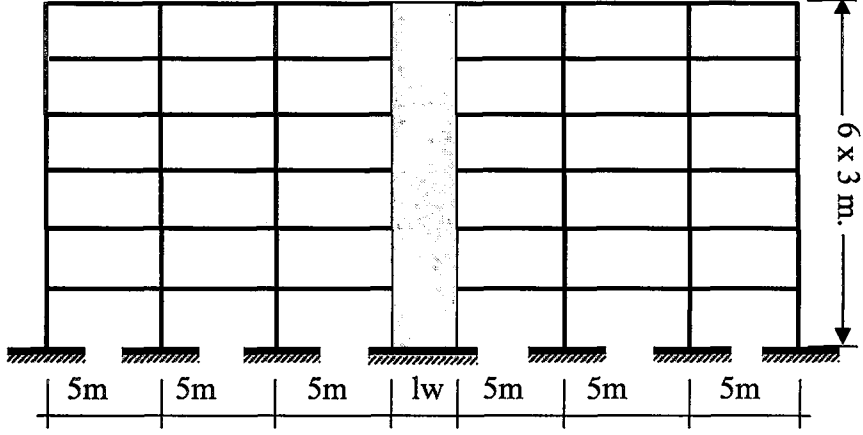
$$B = 0.0003 * KA + 0.0658 \quad (2.27-b)$$

A ve B değişkenleri herhangi bir kat adedi için elde edilebilir. Bu durumda herhangi bir kat adedi için perdenin aldığı taban kesme kuvveti oranına göre perde/ toplam kolon rijitliği elde edilebilir.

2.3.1.1.2 Altı Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

2.3.1.1.2.1 Altı Katlı Yapı

Şekil 2.17'de verilen altı açıklıklı tek perdeli perdenin çerçevenin ortasında olduğu altı katlı yapının analizleri dört açıklıklı altı katlı yapıdaki gibi Çizelge 2.2 verilen perde ve kolon boyutları için yapılmıştır.

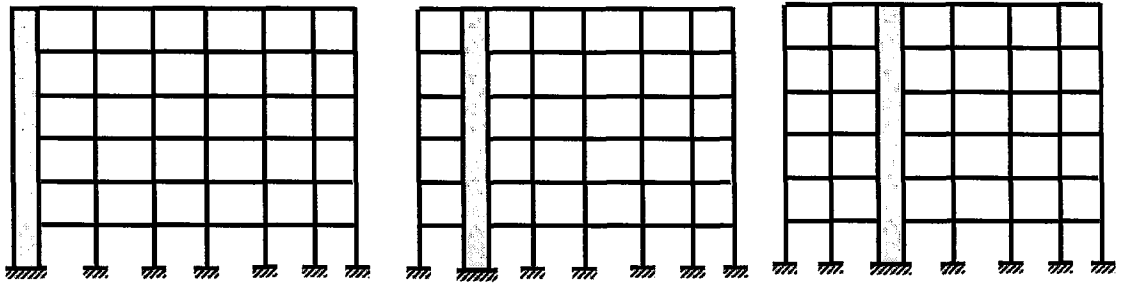


Şekil 2.17 Tek perdeli altı açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı

Altı katlı altı açıklıklı bir sistemde tek bir perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı denklem (2.28)'den belirlenebilir

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.1414 e^{0.0607 \frac{V_{perde} * 100}{V_{taban}}} \quad (2.28)$$

Altı katlı altı açıklıklı tek perdeli perde-çerçeve sistemde perdenin konumunun değişiminin perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranına değişimi incelenmiştir. Bu inceleme için Şekil 2.18'de verilen üç farklı tek perdeli perde-çerçeve tipi yapı incelenmiştir.



(a) Perde 1. eleman

(b) Perde 2. eleman

(c) Perde 3. eleman

Şekil 2.18 Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde konumlu perde-çerçeve tipi yapılar

Perdenin konumunun farklı olduğu bu üç farklı perde-çerçeve tipi yapının kolon ve perde rijitlikleri değiştirilerek üçgen yatay yük etkisi altında statik analizleri yapıp tek bir perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı veren ifadeler elde edilmiştir. Tek bir perdenin perde-çerçeve sistemin ikinci elemanı ve üçüncü elemanı olması hali için elde edilen perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı veren ifade denklem (2.28) ile aynıdır. Altı katlı altı açıklıklı bir perde-çerçeve tipi yapıda perdenin sistemin en kenarında olması durumunda ise farklı kolon ve perde rijitlikleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı veren denklem (2.29) elde edilmiştir.

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.2062 e^{0.0571 \frac{V_{perde} * 100}{V_{Taban}}} \quad (2.29)$$

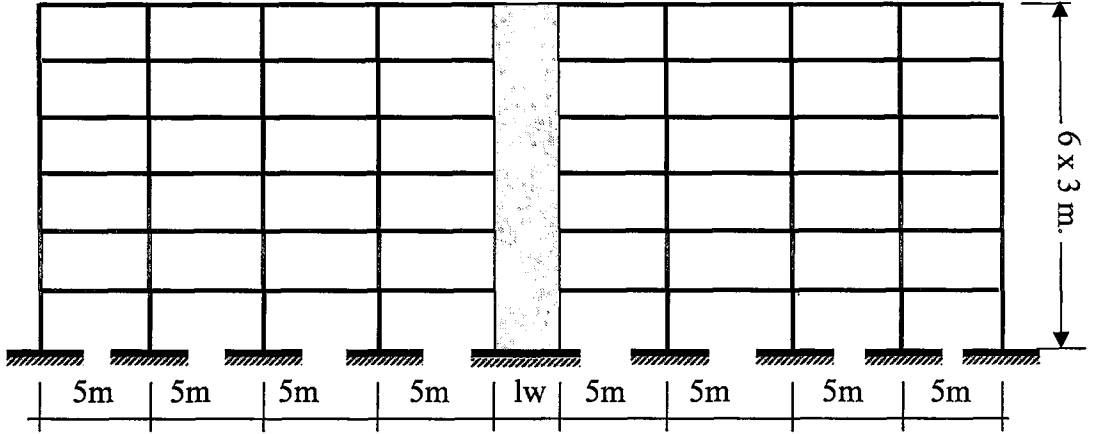
2.3.1.1.2.2 Oniki Katlı Yapı

Ayrıca oniki katlı altı açıklıklı tek bir perdenin sistemin ortasında olduğu sisteme ait rijitlik oranını veren ifade Çizelge 2.2 verilen perde ve kolon boyutları için elde edilmiş ve denklem (2.30) da verilmiştir.

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.1329 e^{0.0627 \frac{V_{perde} * 100}{V_{Taban}}} \quad (2.30)$$

2.3.1.1.3 Sekiz Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

Şekil 2.19'da verilen sekiz açıklıklı altı katlı tek perdeli perdenin çerçevenin ortasında olduğu altı katlı yapının analizleri dört açıklıklı altı katlı yapıdaki gibi Çizelge 2.2 verilen perde ve kolon boyutları için yapılmıştır.



Şekil 2.19 Tek perdeli sekiz açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı

Altı katlı sekiz açıklıklı bir sistemde tek bir perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/toplam kolon rijitlik oranı denklem (2.31)'dan belirlenebilir

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.1519 e^{0.0612 \frac{V_{perde} * 100}{V_{Taban}}} \quad (2.31)$$

Perde-kolon rijitlik oranları elde edildikten sonra yapısal analizde kullanılacak olan temsili yapıyı ifade eden azaltılmış rijitlik oranları belirlenmelidir. Perdenin alt bölgesinin rijitliğinin süneklik talebi ile azaltılması gerekmektedir[57]. Perde-çerçeve yapılarda perdenin süneklik talebinin 5 alınabileceği [58]'de belirtilmiştir. Dolayısı ile perdenin zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği 5 süneklik faktörü ile azaltılmıştır. Çerçeve yapılarda olduğu gibi giriş rijitlikleri süneklik oranı 5 alınarak azaltılmıştır.

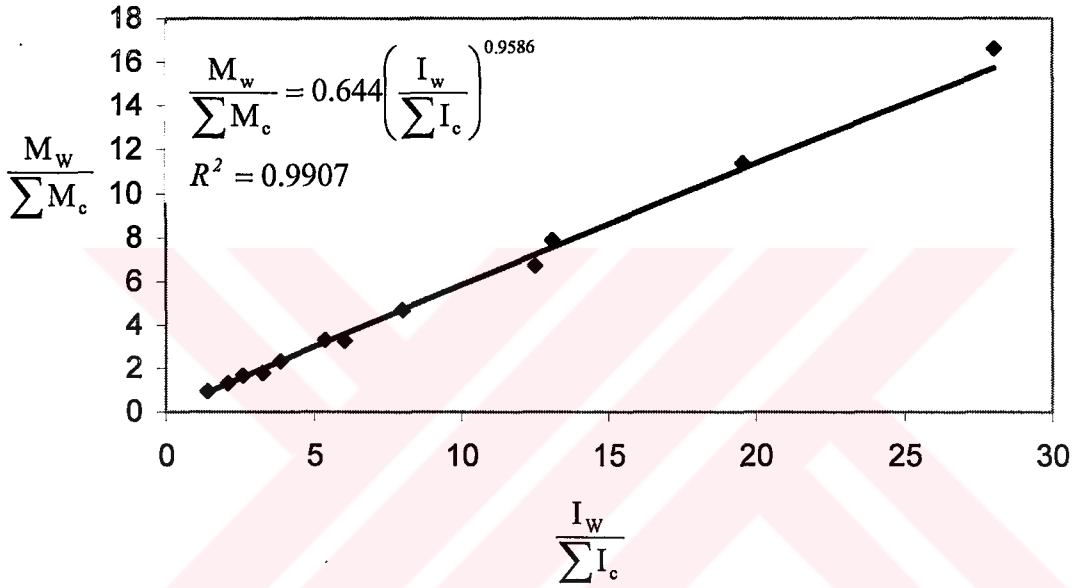
2.3.1.2 Sabitlenmiş Kolon ve Perde Moment Talebi

Perdenin taşıyacağı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/kolon toplam rijitlik oranı belirlendikten sonra kolonların taşıyacağı kesme kuvveti belirlenir. Kolon rijitlikleri eşit kabul edildiğinde kalan taban kesme kuvveti bütün kolonlara eşit olarak dağıtılabilir. Çerçeve yapılarda olduğu gibi kolon sabitlenmiş momentleri taban kesme kuvvetine ve $h_c k$ 'ya bağlı olarak hesaplanabilir

2.3.1.2.1 Dört Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

2.3.1.2.1.1 Altı Katlı Yapı

Dört açıklıklı altı katlı perde-çerçeve sistemde, perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranına bağlı olarak perdenin sabitlenmiş momentinin toplam kolon momentine oranına ait grafik Şekil 2.20’de verilmiş ve buradan denklem (2.32) ifadesi elde edilmiştir.



Şekil 2.20 Altı katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.644 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9586} \quad (2.32)$$

Bu ifadeden belirli bir $\frac{I_w}{\sum I_c}$ rijitlik oranına bağlı olarak $\frac{M_w}{\sum M_c}$ oranı elde edilir.

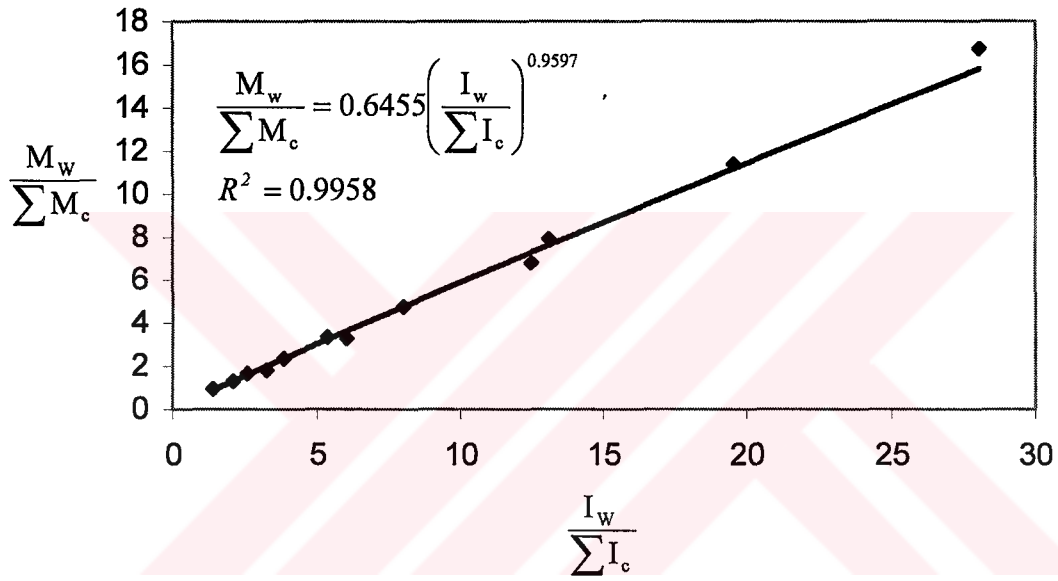
M_c sabitlenmiş kolon momenti denklem (2.33)’den bulunur.

$$\sum M_c = V_c(k.h_c) \quad (2.33)$$

ifadesinden hesaplanabilir. Burada V_c kolonların karşılayacağı taban kesme kuvvetidir.

2.3.1.2.1.2 Dokuz Katlı Yapı

Dokuz katlı perde-çerçeve sistemde, perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranına bağlı olarak perdenin sabitlenmiş momentinin toplam kolon momentine oranına ait grafik Şekil 2.21’de verilmiş ve denklem (2.34) ifadesi elde edilmiştir.

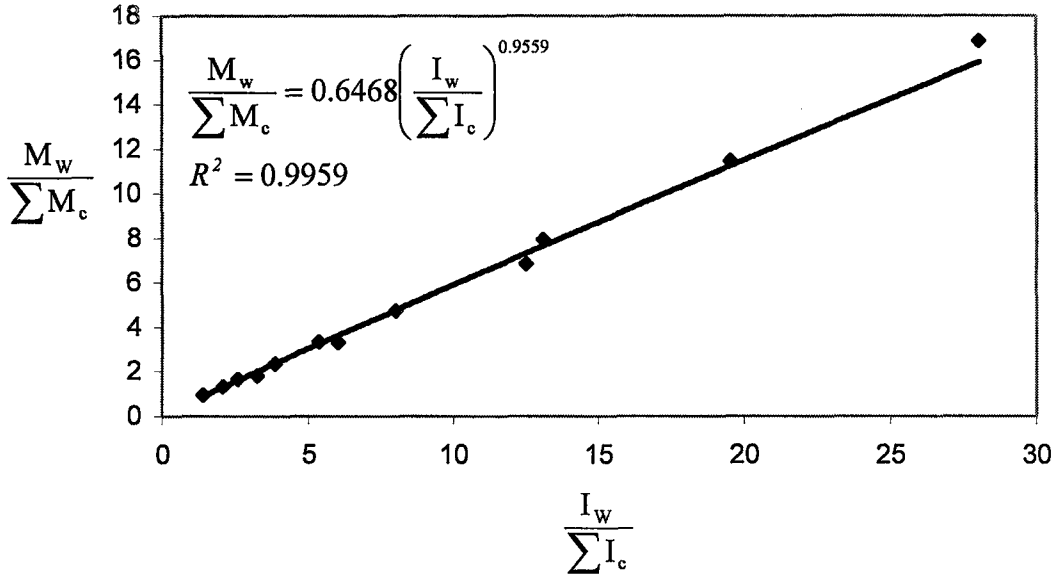


Şekil 2.21 Dokuz katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6455 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9597} \quad (2.34)$$

2.3.1.2.1.3 Oniki Katlı Yapı

Şekil 2.22’de oniki katlı perde-çerçeve sistemde, perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranına bağlı olarak perdenin sabitlenmiş momentinin toplam kolon momentine oranına ait grafik verilmiştir ve denklem (2.35) elde edilmiştir.



Şekil 2.22 Oniki katlı yapıya ait toplam kolon rijitliğinin perde rijitliğine oranına bağlı olarak moment değişimi

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6468 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9559} \quad (2.35)$$

Rijitlik oranlarında olduğu gibi moment ifadeleri de C ve D değişkenleri ile ifade edilecek olursa;

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = C \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^D \quad (2.36)$$

Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için C ve D değişkenleri Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için C ve D değişkenleri

	$\frac{M_w}{\sum M_c} = C \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^D$	
	C	D
12 Katlı	0.06468	0.9608
9 Katlı	0.06454	0.9597
6 Katlı	0.6440	0.9586

Çizelge 2.4’de verilen C,D değişkenleri yapıya ait kat adedi (KA) cinsinden denklem (2.37-a) ve (2.37-b) ile ifade edilir.

$$C = 0.0005 * KA + 0.641 \quad (2.37-a)$$

$$D = 0.0004 * KA + 0.9654 \quad (2.37-b)$$

Bu durumda herhangi bir kat adedine ait kolon momentine bağlı olarak perde momenti hesaplanabilir. Sabitlenmiş kolon ve perde momentine bağlı olarak süneklik talebinin değişiminin elemanların moment taleplerinin değişimine etkisi ve uygun süneklik talebini belirlenmesine ait çözümler Ek A’da verilmiştir ve süneklik talebinin değişiminin elemanların moment taleplerine etkisinin olmadığı gösterilmiştir.

2.3.1.2.2 Altı Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

2.3.1.2.2.1 Altı Katlı Yapı

Altı açıklıklı tek perdeli altı katlı yapıya ait kolonların toplam rijitliğinin perde rijitliği oranına göre perdenin alt ucu momentinin toplam kolon alt ucu momentine oranı için denklem (2.38) elde edilmiştir.

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6232 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9565} \quad (2.38)$$

Altı katlı altı açıklıklı sistemde perdenin konumunun değişiminin zemin kat perde ve kolonlarının alt ucu momentlerini nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Perdenin ikinci ve üçüncü aksta olması durumunda moment değişimini veren ifade denklem (2.32) ile aynıdır.

Perdenin kenar aksta olması halinde kolonların toplam rijitliğinin perde rijitliği oranına göre perdenin alt ucu momentinin toplam kolon alt ucu momentine oranı denklem (2.39) elde edilmiştir.

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6116 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.956} \quad (2.39)$$

2.3.1.2.2 Oniki Katlı Yapı

Altı açıklıklı tek perdeli oniki katlı yapıya ait kolonların toplam rijitliğinin perde rijitliği oranına göre perdenin alt ucu momentinin toplam kolon alt ucu momentine oranı için denklem (2.40) elde edilmiştir.

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6233 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9595} \quad (2.40)$$

2.3.1.2.3 Sekiz Açıklıklı Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapı

Sekiz açıklıklı tek perdeli altı katlı yapıya ait kolonların toplam rijitliğinin perde rijitliği oranına göre perdenin alt ucu momentinin toplam kolon alt ucu momentine oranı için denklem (2.41) elde edilmiştir.

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = 0.6233 \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^{0.9595} \quad (2.41)$$

2.3.2 Kolon, Kiriş ve Perde Elemanların Dizaynı

Kiriş, kolon ve perde elemanlar moment aktaran çerçeve tipi yapılarda olduğu gibi seçilen 5 süneklik talebini sağlayacak şekilde dizayn edilecektir.

2.3.2.1 Kiriş Elemanların Dizaynı

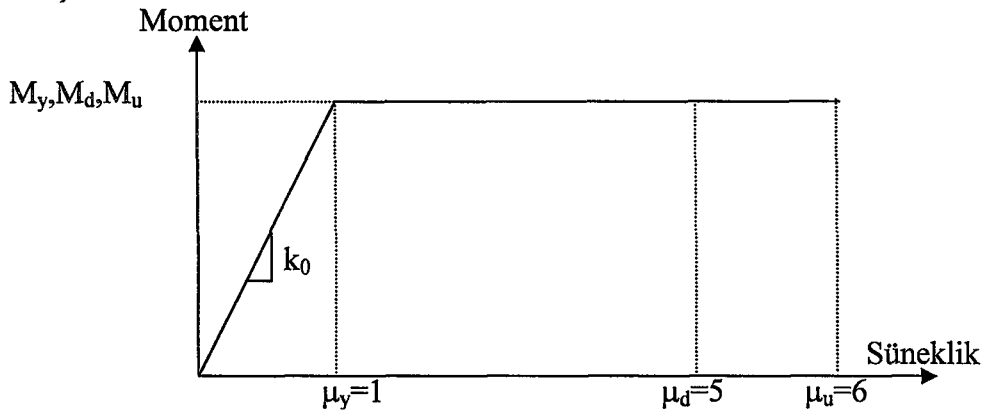
Perde-çerçeve yapılarda kiriş elemanların dizaynı çerçeve yapılarda olduğu gibi süneklik talebi 5 değerini sağlayacak şekilde dizayn edilir.

2.3.2.2 Kolon Eleman Dizaynı

Zemin kat kolonları daha önce gösterildiği gibi sabitlenmiş ve kontrol edilmiş moment taleplerinden elde edilen maksimum momente ve maksimum aksenal kuvvete göre dizayn edilir. Bu kolonlardaki moment talebi kirişlerde olduğu gibi 5 sünekliğe karşılık gelmektedir (Şekil 2.10).

2.3.2.3 Perde Elemanların Dizaynı

Perde elemanların dizaynında kolon ve kirişlerin dizaynından farklı bir yaklaşım kullanılmıştır. Perde elemana ait moment-süneklik ilişkisi Şekil 2.23'de verilmiştir.



Şekil 2.23 Perde elemanın dizaynı için moment /süneklik ilişkisi

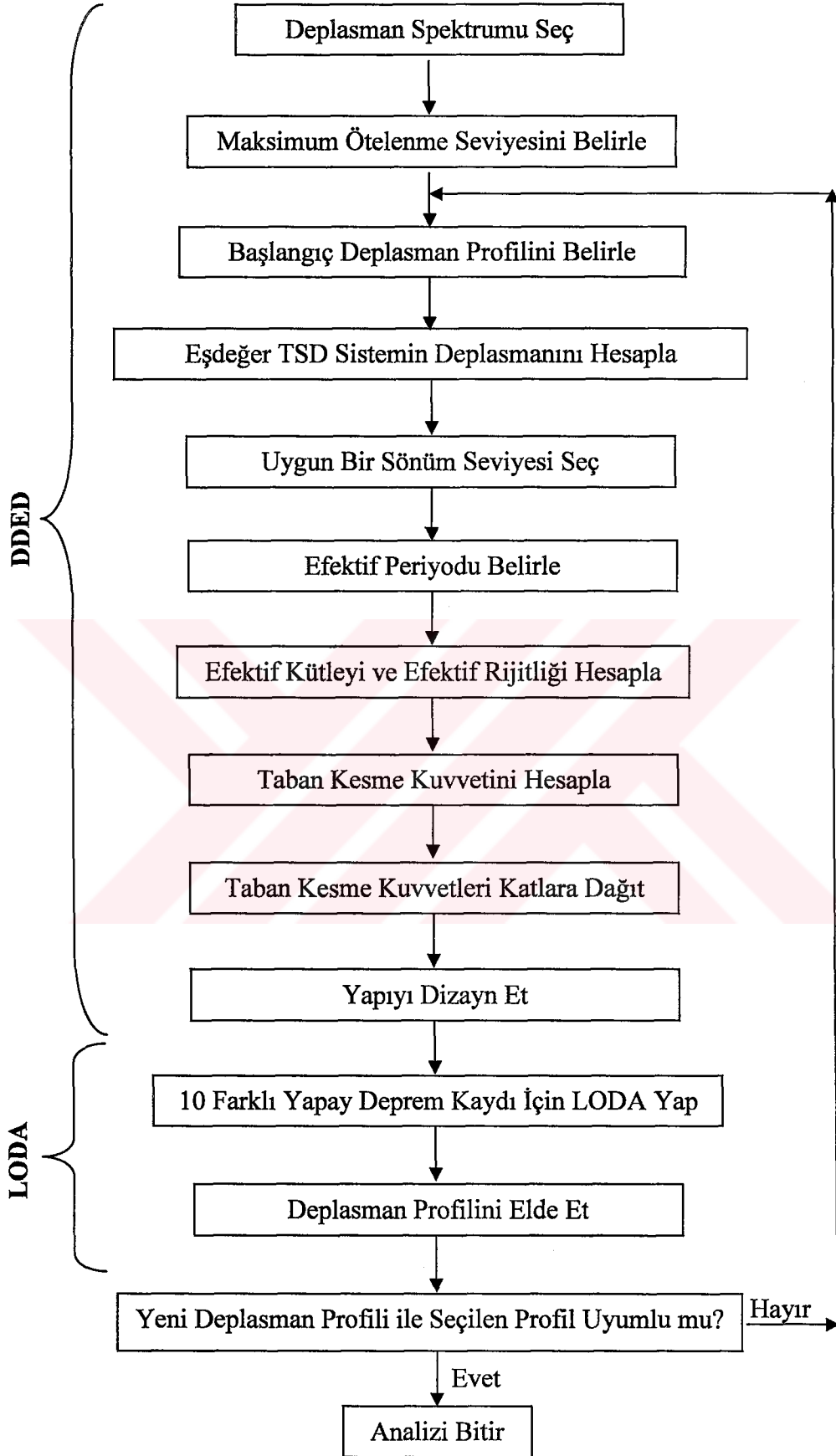
Perde elemanlar, yapısal analizde hesaplanan moment talebine ve perde elemanda düşey yüklerden oluşan aksenal kuvvete göre dizayn edilirler. Perde elemana ait özellikler yapı yüksekliği boyunca sabittir.

2.4 Deplasman Profilinin Elde Edilmesi

Perde-çerçeve yapılar için hesap adımları verilen DDED metodunun uygulanabilmesi için deplasman profillerinin belirlenmesi gerekir. Çerçeve yapılar için iki farklı deplasman profili önerilirken perde-çerçeve yapılar için herhangi bir deplasman profili önerilmemiştir. Bu bölümde perde-çerçeve sistemler için deplasman profilinin elde edilmesi için iteratif bir yaklaşım önerilmiştir.

2.4.1 Hesapta İzlenen Yol

Deplasman profilinin belirlenmesi DDED metodunun en önemli adımlarından biridir. Deplasman profilinin elde edilebilmesi için DDED metodu ve Lineer Olmayan Dinamik Analiz (LODA) beraber kullanılmıştır. Yapılar için bir başlangıç deplasman profili seçilmiştir. Seçilen başlangıç profili kullanılarak yapı DDED metoduna göre dizayn edilmiştir. Daha sonra ortalamaları DDED metodunda kullanılan deplasman spektrumunu verecek şekilde üretilen 10 farklı yapay deprem kaydı kullanılarak LODA yapılmıştır. LODA sonucunda her bir yapay kayda ait maksimum deplasman profilleri elde edilmiştir. Elde edilen 10 farklı deplasman profilinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama deplasman profili elde edilmiştir. Ortalama deplasman profili ile başlangıçta seçilen deplasman profili karşılaştırılmıştır. Eğer iki profil birbirinden farklı ise elde edilen ortalama deplasman profili kullanılarak yapı tekrar DDED metodu kullanılarak dizayn edilip LODA yapılmıştır. Deplasman profili sabit kalıncaya kadar analiz tekrar edilmiştir. Deplasman profilinin elde edilmesi için izlenen hesap adımları Şekil 2.24'de özetlenmiştir.



Şekil 2.24 Deplasman profilinin elde edilmesi için gerekli hesap adımları

2.4.2 Lineer Olmayan Dinamik Analiz

Yapıların lineer olmayan dinamik analizinde Newmark-Beta sayısal integrasyon yöntemi kullanılmıştır. Adım adım integrasyonda sabit ortalama ivme ($\beta=1/4, \gamma=1/2$) kabulü seçilmiştir. Tüm yapılar için sönümün rijitlikle orantılı olduğu kabul edilmiş ve sönüm matrisi denklem (2.42) ile hesaplanmıştır.

$$[C] = \alpha_k [K] \quad (2.42)$$

Burada α_k rijitliğe bağlı sönüm çarpanı, $[K]$ ise rijitlik matrisidir. α_k denklem (2.43)'den bulunur.

$$\alpha_k = \frac{\xi_i}{\omega_i} \quad (2.43)$$

Burada ξ_i (i) nolu moda ait sönüm oranı, ω_i ise (i) nolu moda ait açısal frekanstır. Analizlerde, kritik sönüm oranı %5 alınmış ve 1. moda ait açısal frekans kullanılmıştır. Lineer olmayan dinamik analiz RAM Perform 2D programı ile yapılmıştır[59].

LODA' de plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı ve bu bölgeler dışında davranışın lineer elastik olduğu varsayımı yapılmıştır. Tüm LODA'lerde I. Mertebe teorisi kullanılmıştır. Plastikleşen kiriş ve kolonların belirlenmesinde K(M) akma bağıntısı kullanılmış ancak kolon elemanların taşıma kapasiteleri belirlenirken normal kuvvet göz önüne alınmıştır. Kesme kuvvetinin akma bağıntılarına etkisi terk edilmiş ancak kesme kuvveti taşıma kapasiteleri bağımsız olarak kontrol edilmiştir. Kiriş ve kolonlara ait moment plastik dönme bağıntısı olarak pekleşen rijit plastik davranış esas alınmış perde elemana ait moment plastik dönme bağıntısı olarak ise rijit plastik davranış esas alınmıştır. Elemanlara ait çatlama kesit rijitlikleri denklem (2.17) ile hesaplanmıştır.

Plastik kesitlere ait akma momenti ve akma eğriliği moment eğrilik analizi ile bulunabilir. Ancak yapılan analizde akma momenti direkt olarak Bölüm 2.2.1.2.1.'de verildiği gibi $M_y=0.86 M_u$ olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle analizlerde çatlama kesit atalet momentlerinin belirlenebilmesi için akma eğriliği Priestley (2000)'de verilen denklem (2.44 a-c) ifadeleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Dikdörtgen kolonlar } \chi_y = 2.12 \varepsilon_y / h_c \quad (2.44-a)$$

$$\text{Dikdörtgen perdeler } \chi_y = 2.00 \varepsilon_y / l_w \quad (2.44-b)$$

$$\text{Dikdörtgen kirişler } \chi_y = 1.7 \varepsilon_y / h_b \quad (2.44-c)$$

Bu ifadede verilen ε_y donatının akma şekil değiştirmesi, h_c kolonun bir kenar boyutu, h_b ise kirişin yüksekliği, l_w ise perde duvarın uzun kenarının boyutudur [23].

DDED metodunda düzleştirilmiş yönetmelik spektrumu kullanıldığından lineer olmayan dinamik analizde ortalamaları düzleştirilmiş spektrumu veren yapay deprem kayıtları kullanılmıştır.

2.4.3 Yapay Deprem Kayıtlarının Oluşturulması

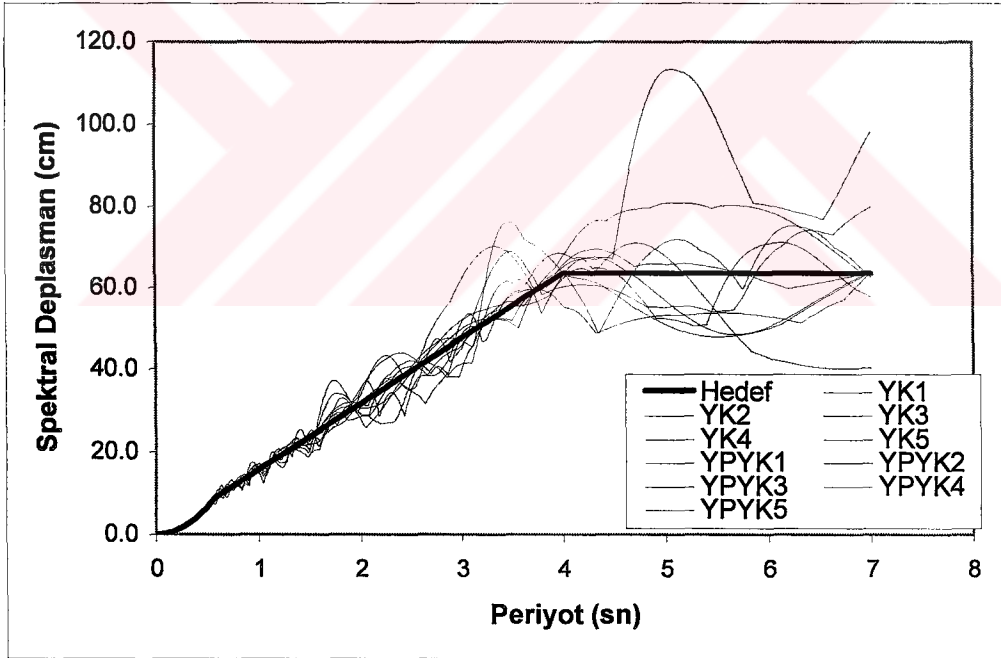
Yapay deprem kayıtlarının oluşturulması için iki ayrı program kullanılmış ve toplam 10 adet yapay kayıt üretilmiştir. Kullanılan programlarda ilki Ruaumoko [60] programının bir parçası olan ve orijinali Vanmarcke [61] tarafından geliştirilen ve daha sonra Carr[62] tarafından değişiklikler yapılan SIMQKE programıdır. Bu program kullanılarak en büyük yer ivmesi 0.4 g olacak şekilde 5 adet yapay deprem kaydı üretilmiştir. Kullanılan diğer program ise Buffalo Üniversitesinde geliştirilen TARSC THS (Target Acceleration Spectra Compatible Time Histories) programıdır[63]. TARSC THS programının kullanılmasının sebebi her bir yapay kaydın farklı bir en büyük yer ivmesine sahip olmasıdır. Her iki program ile üretilen beşer kaydın en büyük yer ivmesi değerleri Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Üretilen yapay deprem kayıtlarının en büyük yer ivmeleri

SIMQKE		TARSCTHS	
Kayıt İsmi	PGA	Kayıt İsmi	PGA
YK-1	0.4	YP-YK-1	0.5970
YK-2	0.4	YP-YK-2	0.5893
YK-3	0.4	YP-YK-3	0.45361
YK-4	0.4	YP-YK-4	0.5104
YK-5	0.4	YP-YK-5	0.4340

Yapay deprem kayıtları D tipi zeminde deprem seviyesi III, (DSIII) için SEOAC Blue Book'da [26] verilen deplasman spektrumunu verecek şekilde üretilmiştir (Şekil 2.25).

Yapay deprem kayıtlarına ait detaylar EK-B'de verilmiştir.



Şekil 2.25 Hedef ve 10 yapay kayda ait deplasman spektrumu

3. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu bölümde dört açıklıklı tek bir perdenin perde-çerçeve sistemin orta aksında olduğu altı, dokuz ve oniki katlı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profilleri Bölüm 2.4'de önerilen iteratif yaklaşımla elde edilmiştir. Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini belirlemek için altı katlı tek bir perdenin perde-çerçeve sistemin orta aksında olduğu altı ve sekiz açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ve on iki katlı altı açıklıklı sisteme ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Tek bir perdenin perde-çerçeve sistemdeki konumunun deplasman profiline etkisini belirlemek için altı açıklıklı altı katlı bir perde-çerçeve sistemde perdenin yeri değiştirilerek deplasman profilleri elde edilmiştir.

Ayrıca dört, altı ve on katlı çerçeve tipi yapıya ait deplasman profilleri aynı yaklaşım kullanılarak elde edilmiştir.

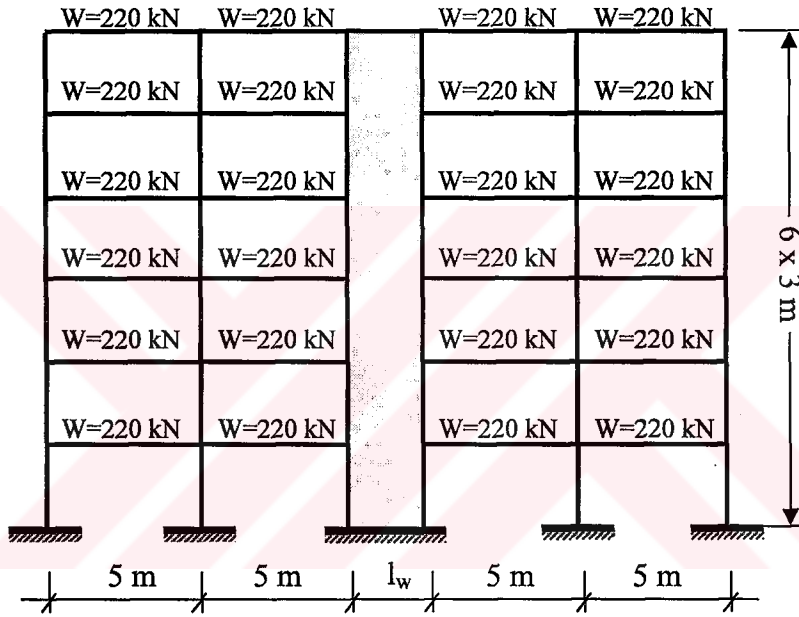
3.1 Tek Perdeli Perde-Çerçeve Tipi Yapılar

Tek bir perdenin sistemin tam ortasında olduğu ve dört açıklıklı, perdenin sisteme etkileyen taban kesme kuvvetinin sırası ile %50, %60 ve %40'ını karşıladığı altı, dokuz ve oniki katlı dokuz yapıya ait sayısal uygulamalar yapılmış ve bu sistemlere ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Ayrıca perdenin yerinin değişiminin ve açıklık sayısının deplasman profiline etkisini araştırmak için perdenin sistemin ortasında olduğu ve yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin %50'sinin tek bir perde ile karşılandığı altı ve oniki katlı, altı ve sekiz açıklıklı 4 yapıya ait deplasman profilleri ve altı katlı altı açıklıklı sistemde perdenin sırası ile 1., 2., 3. ve 4. aksta olduğu sistemlere ait deplasman profilleri elde edilmiştir.

3.1.1 Altı Katlı Yapı

3.1.1.1 $V_{perde}/V_{taban}=0.50$ Olması Hali

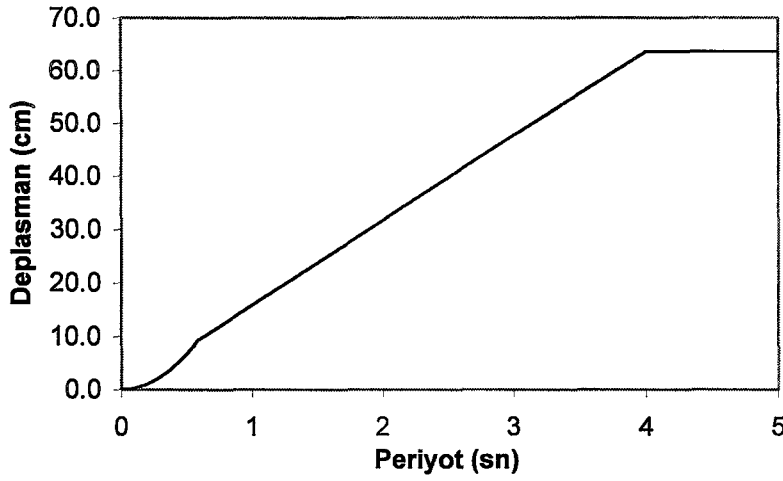
Şekil 3.1'de özellikleri verilen 6 katlı, perdenin çerçevenin orta aksında olduğu dört açıklıklı bir yapı ele alınmıştır. Sistemde kat yüksekliği her katta sabit olup $h=3m$ 'dir. Açıklıklar ise 5m. dir. Yapının her bir açıklığının ağırlığı 220kN alınmıştır. Yapının toplam kat kütlesi $m=89700\text{ kg}$ 'dır. Özellikleri verilen altı katlı yapının deplasman profili iteratif bir yaklaşımla elde edilmiştir.



Şekil 3.1 Altı katlı perde-çerçeve tipi yapı

Birinci İterasyon

DDED metodu için öncelikle uygun bir deplasman spektrumu seçilmiştir. Şekil 3.2'de verilen %5 sönümlü deplasman spektrumu SEOAC Blue Book'da [26] D tipi zeminde deprem seviyesi III, (DSIII) için verilen deplasman spektrumudur.



Şekil 3.2 Deplasman davranış spektrumu

Birinci iterasyona başlayabilmek için bir başlangıç deplasman profili seçilmesi gerekmektedir. Seçilen deplasman profili perde-çerçeve yapıda beklenen deplasman profilini verecek şekilde rasgele seçilmiştir ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Sistemin sönüm oranı %20 seçilmiştir. Bu sönüm oranına bağlı olarak deplasman spektrumu indirgenmiştir. İndirgenmiş spektrumdan elde edilen efektif periyot, rasgele seçilen başlangıç profiline göre elde edilen taban kesme kuvveti ve kat kuvvetleri Bölüm 2'de verilen hesap adımları kullanılarak hazırlanan bir Excel programı ile hesaplanmıştır ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.042234	160.1087	3790.957	F_1	25.11242
2	880	0.094277	797.797	8462.284	F_2	56.05666
3	880	0.154109	2131.773	13832.85	F_3	91.63292
4	880	0.219589	4328.178	19710.33	F_4	130.5671
5	880	0.288574	7474.742	25902.37	F_5	171.5849
6	880	0.35892	11563.18	32216.62	F_6	213.4124

$\Delta_{sys}=0.2546$ m.

$T_{eff}=2.44$ sn

$M_{eff}=408168.5$ kg

$K_{eff}=2703.829$ kN/m

$V_b=688.3664$ kN

Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Perde duvarın yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin %50'sini karşılaması için perde duvar-kolon rijitliği denklem (2.23) kullanılarak;

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 0.0796 e^{0.0674*50} \quad (3.1)$$

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 2.14 \Rightarrow \frac{I_w}{I_c} = 9.25$$

hesaplanır.

Perde-kolon rijitlik oranı belirlendikten sonra elemanlara ait moment taleplerini hesaplamak için sabitlenmiş perde ve kolon momentlerinin belirlenmesi gerekir. Bu nedenle öncelikle kolonların sabitlenecek momentleri denklem (3.2)'den hesaplanır. Kolonlar yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin % 50'sini karşıladıklarına göre;

$$\sum M_c = V_c h_c k \quad (3.2)$$

$$M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = \frac{0.50 * 688.36}{4} * 3 * 1 = 258 \text{ kNm}$$

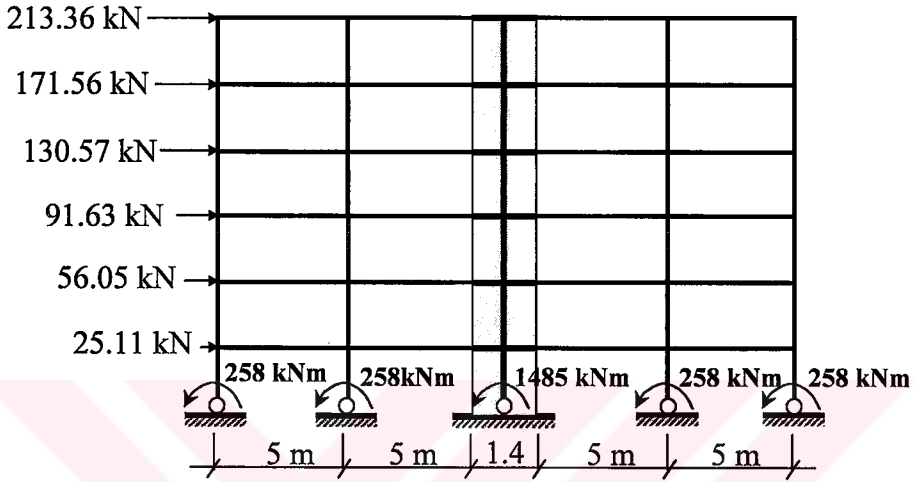
olarak hesaplanır. Burada $\sum M_c$ toplam kolon momenti, h_c kat yüksekliği, k ise moment sıfır noktasının belirlenmesi için bir değişkendir ve 1 alınmıştır.

Perde alt ucunda sabitlenecek moment denklem (2-32)'den toplam kolon sabitlenmiş momentine göre hesaplanabilir.

$$\frac{M_w}{4 * 258} = 0.644 * (2.314)^{0.9586} \quad (3.3)$$

$$M_w = 1485 \text{ kNm}$$

Elemanlara ait moment talepleri Şekil 3.3’de verilen yatay yükler ve sabitlenmiş taban momentlerine bağlı olarak hesaplanır. Elemanların moment taleplerinin belirlenmesi aşamasında düşey yükler ihmal edilmiştir. Kirişlerin ve zemin kat perdesinin alt yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır.



Şekil 3.3 Altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri

Kolonlar Bölüm 2.3.2.2’de açıklandığı gibi sabitlenmiş kolon momentine bağlı olarak hesaplanan M_u maksimum momente ve iç kolondaki normal kuvvete göre dizayn edilir. Her bir açıklığın ağırlığı kolonlara eşit olarak paylaştırılırsa dış kolonlarda her katta 110 kN, iç kolonlarda ve perde duvarda 220 kN tekil yük vardır. Perde elemanlar ise yine Bölüm 2.3.2.3’de belirtildiği gibi sabitlenmiş perde momenti ve üzerindeki normal kuvvete göre dizayn edilir. Metodun bu aşamasında kolon ve perde elemanlarının boyutları sabitlenmiş perde ve kolon momentlerine ve normal kuvvet düzeylerine göre belirlenir. Elemanlara ait moment talepleri belirlendikten sonra elemanlar bulunan moment taleplerine göre dizayn edilirler. Kolon ve perdelerin dizaynında Çakıroğlu-Özer yöntemi [64] kullanılmıştır.

Deplasman profilinin elde edilmesi için LODA ile DDED beraber kullanıldığından elemanlara ait plastik kesitlerin özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Kolon elemanların Çizelge 3.2’de ve perde elemanın Çizelge 3.3’de verilen her katta ait maksimum kolon ve perde momentleri kolon ve perde için elde edilen etkileşim diyagramından ilgili kattaki elemanın normal kuvvet seviyesine bağlı olarak

hesaplanmıştır. Akma momenti ise Bölüm 2.2.2.1.'de verilen $M_y=0.86M_u$ ifadesi ile elde edilebilir. Elemanlara ait çatlama kesit rijitlikleri denklem (2.44)'de verilen akma eğriliğine ait ifadeler kullanılarak denklem (2.17) ile hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2 Altı katlı perde-çerçeveye ait birinci iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri (Beton C25 / Çelik S420)

Zemin kat kolon talepleri : $M_u=258$ kNm $N=1320$ kNm Boyutlar =45 cm * 45 cm $\rho=1.2$								
Kat	DIŞ KOLON				İÇ KOLON			
	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)
6	110	179	155	0.00054	220	196	169	0.00060
5	220	196	169	0.00060	440	220	190	0.00067
4	330	208	180	0.00063	660	242	209	0.00074
3	440	220	190	0.00067	880	255	220	0.00077
2	550	231	200	0.00070	1100	264	228	0.00080
1	660	242	209	0.00074	1320	268	232	0.00082

Kiriş elemanlar ve perde elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri sırası ile Çizelge 3.3'de ve Çizelge 3.4'de verilmiştir

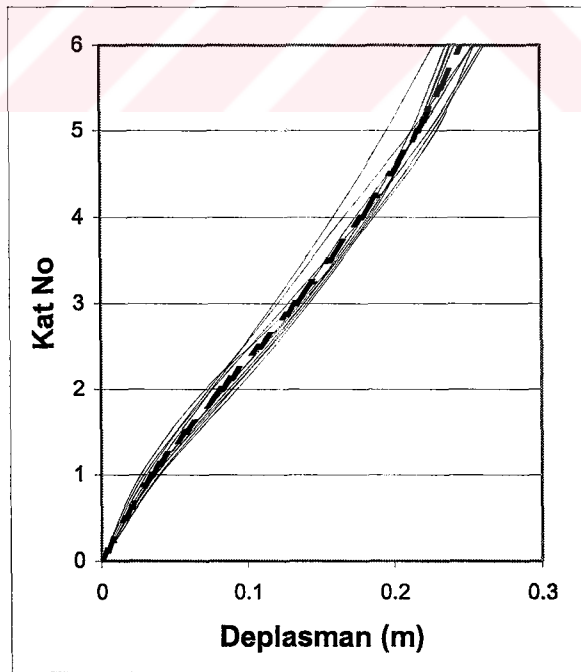
Çizelge 3.3 Altı katlı perde-çerçeve sisteme ait birinci iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri(Beton C25 / Çelik S420)

Kat	Boyutlar (cm)	ρ (%)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)
1	25 x 45	1.8	139	121	0.00053
2	25 x 45	2.31	178	155	0.000679
3	25 x 45	2.31	178	155	0.000679
4	25 x 45	2.04	158	137	0.000602
5	25 x 45	1.65	128	112	0.000490
6	25 x 40	1.7	102	89	0.000346

Çizelge 3.4 Altı katlı perde-çerçeveye ait birinci iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri (Beton C25 / Çelik S420)

$M_u=1485$ kNm $N=1320$ kNm			
Boyutlar =140 * 20 cm $\rho=\% 1.78$			
Kat	N (kN)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
6	220	1246	0.0144
5	440	1308	0.0151
4	660	1369	0.0158
3	880	1413	0.0163
2	1100	1438	0.0166
1	1320	1462	0.0170

Şekil 3.4'de 10 farklı deprem kaydı kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonucunda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri ince sürekli çizgi ile bu kayıtların aritmetik ortalaması alınarak elde edilen deplasman profili ise kalın kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



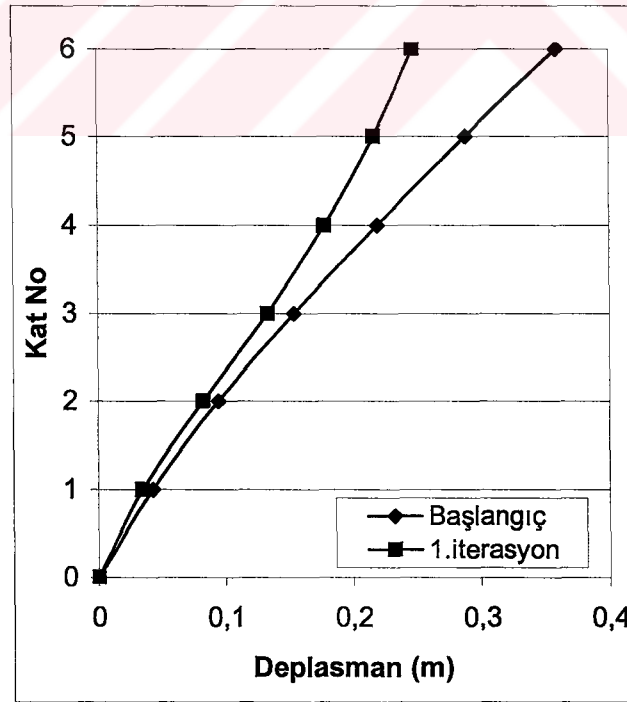
Şekil 3.4 Altı katlı yapıda 10 yapay deprem kaydına ait zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

Çizelge 3.5’de başlangıç ve birinci iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları verilmiştir. Birinci iterasyona ait deplasman profilinin kordinatları Şekil 3.4’de kesikli çizgi ile verilen 10 farklı yapay deprem kaydı için elde edilen deplasman profillerinin aritmetik ortalamasına ait koordinatlarıdır.

Çizelge 3.5 Başlangıç ve birinci iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları

Deplasman Profillerine ait Koordinatlar (m)		
Kat No	Başlangıç	1.iterasyon
1	0.042234	0.034459
2	0.094277	0.082311
3	0.154109	0.13330
4	0.219589	0.17829
5	0.288574	0.21734
6	0.35892	0.24758

Şekil 3.5’de başlangıç ve birinci iterasyona ait deplasman profilleri verilmiştir.



Şekil 3.5 Altı katlı yapıya ait başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

İkinci İterasyon

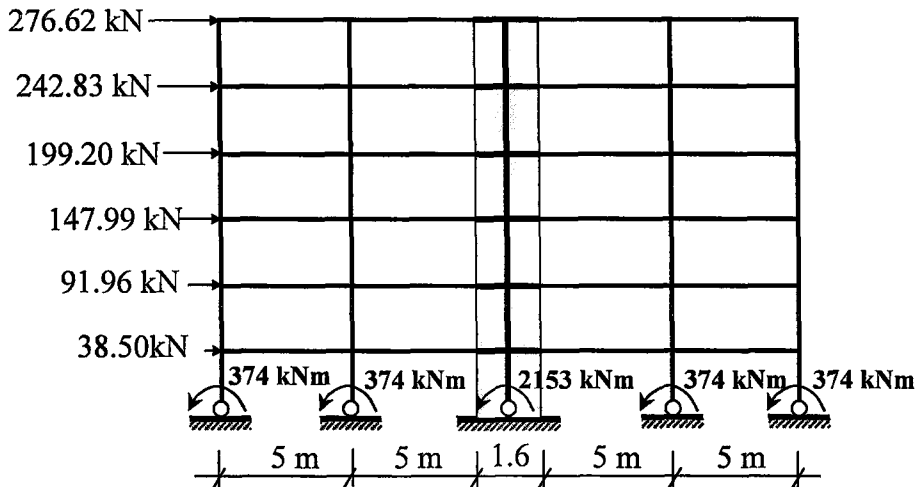
Şekil 3.5'den de görülebileceği gibi birinci iterasyondan elde edilen deplasman profili başlangıç deplasman profilinden oldukça farklıdır. Bu durumda birinci iterasyon sonucu bulunan deplasman profili kullanılarak ikinci iterasyon yapılmalıdır. İkinci iterasyona ait taban kesme kuvveti, kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 İkinci iterasyona ait kat kuvvetleri ve Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.034459	106.5831	3093.039	F_1	38.50
2	880	0.082311	608.133	7388.235	F_2	91.96
3	880	0.1333	1594.936	11965.00	F_3	147.99
4	880	0.17829	2853.23	16003.31	F_4	199.20
5	880	0.21734	4239.964	19508.434	F_5	242.83
6	880	0.24758	5501.916	22222.788	F_6	276.62

$\Delta_{sys}=0.186$ m.	Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler
$T_{eff}=1.78$ sn	
$M_{eff}=431336.2$ kg	
$K_{eff}=5369.02$ kN/m	
$V_b=997.1$ kN	

Perde duvarın yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin %50'sini karşılaması için perde duvar-kolon rijitlik oranı bir önceki adımla aynıdır.



Şekil 3.6 İkinci iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri

Birinci iterasyonda olduğu gibi zemin kat kolonu sabitlenmiş momentleri belirlenir ve buna bağlı olarak perde alt ucu momenti sabitlenir. Şekil 3.6'da özellikleri verilen sisteme ait yapısal analiz yapılarak elemanlara ait moment talepleri belirlenir. Kolon, kiriş ve perde elemanlar hesaplanan moment taleplerine göre dizayn edilirler ve LODA'de kullanılmak üzere plastik kesit özellikleri belirlenir. Kolon ve kiriş elemanlara ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri sırası ile Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Altı katlı perde-çerçeveye ait ikinci iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri

Zemin kat kolon talepleri : $M_u=385$ kNm $N=1320$ kNm								
Boyutlar =50 cm * 50 cm $\rho=0\%$ 1.286								
	DIŞ KOLON				İÇ KOLON			
Kat	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)
6	110	256	221	0.00086	220	276	239	0.00093
5	220	276	239	0.00093	440	305	264	0.00103
4	330	292	252	0.00099	660	331	286	0.00112
3	440	305	264	0.00103	880	352	304	0.00119
2	550	318	275	0.00107	1100	366	316	0.00124
1	660	331	286	0.00112	1320	377	326	0.00127

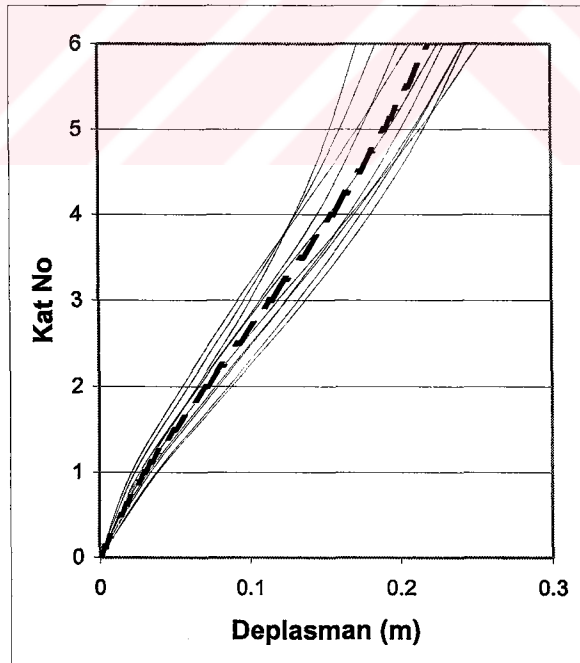
Çizelge 3.8 Altı katlı perde-çerçeveye ait ikinci iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri

Kat	Boyutlar (cm)	ρ (%)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)
1	30 x 50	2.8	202	176	0.000855
2	30 x 50	2.61	252	219	0.00107
3	30 x 50	2.61	252	219	0.00107
4	30 x 50	2.24	217	189	0.00092
5	45 x 25	2.26	174	151	0.0006636
6	45 x 25	1.72	134	116	0.0005097

Perde elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Altı katlı perde-çerçeveye ait ikinci iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri

$M_u=2153$ kNm $N=1320$ kNm Boyutlar =160 * 20 cm $\rho=\% 2.26$			
Kat	N (kN)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
6	220	1858	0.0246
5	440	1928	0.0255
4	660	1998	0.0264
3	880	2059	0.0272
2	1100	2086	0.0276
1	1320	2113	0.0280



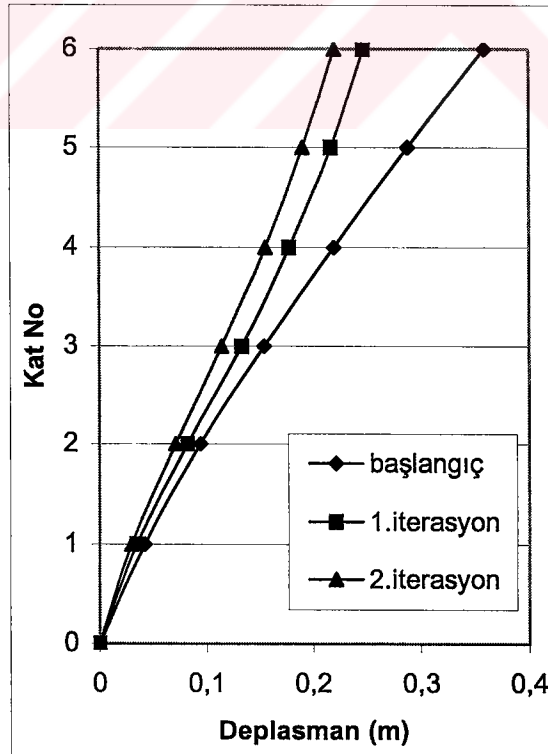
Şekil 3.7 Altı katlı yapıya ait ikinci iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

Şekil 3.7’de 10 farklı deprem kaydı kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonucunda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri ince sürekli çizgi ile bu kayıtların aritmetik ortalaması alınarak elde edilen deplasman profili ise kalın kesikli çizgi ile gösterilmiştir

Çizelge 3.10’da başlangıç, birinci iterasyon ve ikinci iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları verilmiştir.

Çizelge 3.10 Başlangıç ve ilk iki iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları

Deplasman Profillerine ait Koordinatlar (m)			
Kat No	Başlangıç	1.iterasyon	2.iterasyon
1	0.042234	0.034459	0,029952
2	0.094277	0.082311	0,071384
3	0.154109	0.13330	0,114523
4	0.219589	0.17829	0,1554
5	0.288574	0.21734	0,19065
6	0.35892	0.24758	0,22021



Şekil 3.8 Altı katlı yapıya ait ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

Şekil 3.8'den ikinci iterasyondan elde edilen deplasman profilinin birinci iterasyona ait deplasman profilinden farklı olduğu, bu yüzden üçüncü iterasyonun yapılması gerektiği görülmüştür. İkinci iterasyonda elde edilen yatay kuvvetler artmasından dolayı elemanların dizayn moment talepleri atmaktadır. Bu nedenle aynı deprem kıtları için yapılan LODA sonucunda deplasman profili azalmaktadır.

Üçüncü İterasyon

İkinci iterasyondan elde edilen deplasman profili kullanılarak üçüncü iterasyona ait taban kesme kuvveti, kat kuvvetleri ve eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait özellikler hesaplanarak Çizelge 3.11'de verilmiştir.

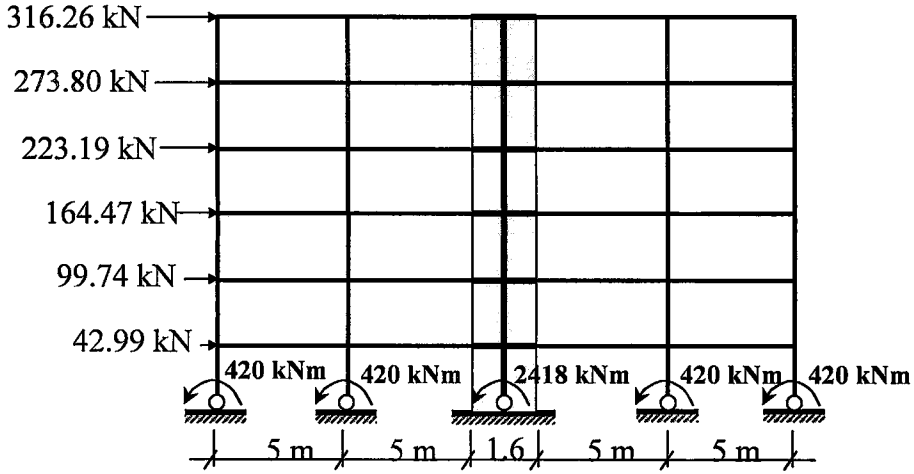
Perdenin yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin %50'sini karşılaması için perde-kolon rijitlik oranı bir önceki adımla aynıdır. İkinci iterasyonda olduğu gibi zemin kat kolonu alt ucu sabitlenmiş momenti belirlenir ve buna bağlı olarak perde alt ucu momenti sabitlenir

Çizelge 3.11 Üçüncü iterasyona ait kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.029937	80.44506	2687.1451	F_1	42.99
2	880	0.069452	432.9646	6234.0115	F_2	99.748
3	880	0.114523	1177.249	10279.584	F_3	164.47
4	880	0.155406	2167.796	13949.243	F_4	223.19
5	880	0.19065	3262.545	17112.744	F_5	273.80
6	880	0.22021	4352.682	19766.050	F_6	316.26

$\Delta_{sys}=0.1638$ m.	} Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler
$T_{eff}=1.57$ sn	
$M_{eff}=4274415.6$ kg	
$K_{eff}=6838.65$ kN/m	
$V_b=1120.45$ kN	

Şekil 3.9'da sisteme etkileyen kat kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon ve perde momentleri gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Üçüncü iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri

Elemanlara ait moment talepleri belirlendikten sonra kolon, perde ve kiriş elemanlar hesaplanan moment taleplerine göre dizayn edilirler. Kolon elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri Çizelge 3.12’de verilmiştir. Kiriş elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri ise Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Altı katlı perde-çerçeveye ait üçüncü iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri

Zemin kat kolon talepleri : $M_u=433$ kNm $N=1320$ kNm								
Boyutlar =50 cm * 50 cm $\rho=1.61$								
	DIŞ KOLON				İÇ KOLON			
Kat	N (kN)	M_u (kNm)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)	N (kN)	M_u (kNm)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
6	110	320	277	0.00108	220	339	293	0.00114
5	220	339	293	0.00114	440	364	315	0.00123
4	330	351	303	0.00118	660	388	335	0.00131
3	440	364	315	0.00123	880	406	351	0.00137
2	550	376	325	0.00127	1100	419	362	0.00141
1	660	388	335	0.00131	1320	430	372	0.00145

Çizelge 3.13 Altı katlı perde-çerçeveye ait üçüncü iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri

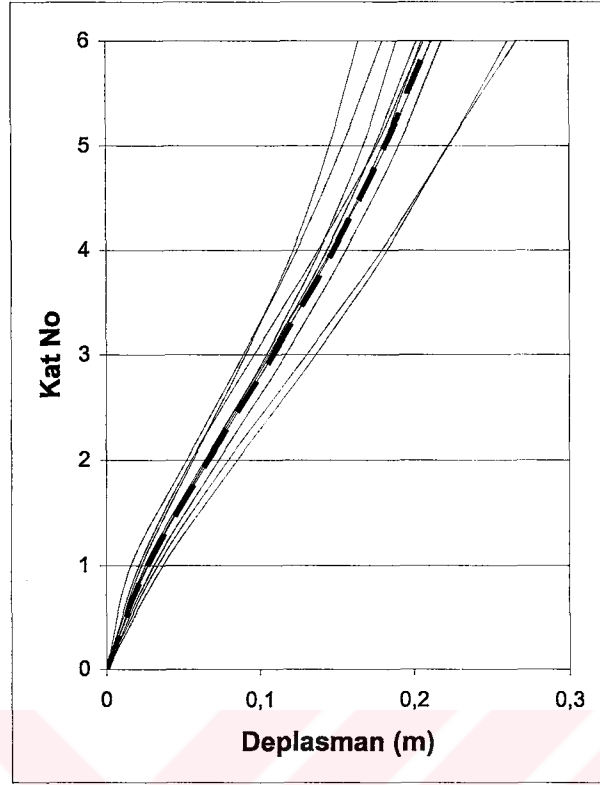
Kat	Boyutlar (cm)	ρ (%)	M_u (kNm)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
1	35 x 50	1.96	229	199	0.00096
2	35 x 50	2.43	282	245	0.00119
3	35 x 50	2.43	282	245	0.00119
4	35 x 50	2.13	248	216	0.0010
5	25 x 40	2.54	196	170	0.00074
6	25 x 40	2.00	154	134	0.00058

Perde elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14 Altı katlı perde-çerçeveye ait üçüncü iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri

$M_u=2518$ kNm $N=1320$ kNm			
Boyutlar =160 * 20 cm $\rho=\% 2.8$			
Kat	N (kN)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
6	220	2109	0.0279
5	440	2179	0.0288
4	660	2249	0.0297
3	880	2308	0.0306
2	1100	2335	0.0309
1	1320	2363	0.0313

Şekil 3.10’da 10 farklı deprem kaydı kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonucunda her bir kayıt için elde edilen zarf deplasman profilleri ince sürekli çizgi ile bu deplasman zarflarının aritmetik ortalaması alınarak elde edilen deplasman profili ise kalın kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



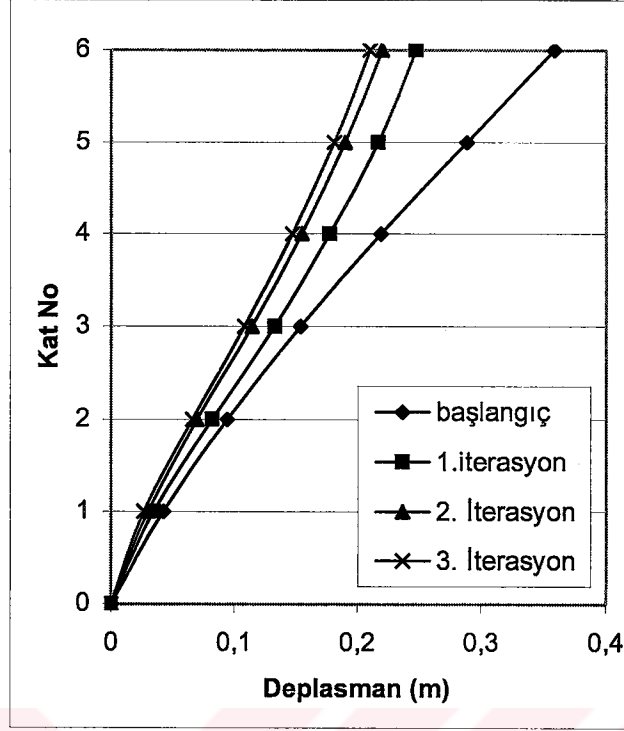
Şekil 3.10 Altı katlı yapıya ait üçüncü iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

Çizelge 3.15’de başlangıç, 1 iterasyon, ikinci iterasyon ve üçüncü iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları verilmiştir.

Çizelge 3.15 Başlangıç ve ilk üç iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları

Deplasman Profillerine ait Koordinatlar (m)				
Kat No	Başlangıç	1.iterasyon	2.iterasyon	3.iterasyon
1	0.042234	0.034459	0.029952	0.02664
2	0.094277	0.082311	0.071384	0.066205
3	0.154109	0.13330	0.114523	0.108401
4	0.219589	0.17829	0.1554	0.14786
5	0.288574	0.21734	0.19065	0.18162
6	0.35892	0.24758	0.22021	0.21059

Şekil 3.11’de başlangıç, birinci iterasyon, ikinci iterasyon ve üçüncü iterasyona ait deplasman profilleri verilmiştir.



Şekil 3.11 Altı katlı yapıya ait başlangıç ve ilk üç iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

Şekil 3.11'den üçüncü iterasyondan elde edilen deplasman profilinin ikinci iterasyona ait deplasman profilinden farklı olduğu, bu yüzden dördüncü iterasyonun yapılması gerektiği görülmüştür.

Dördüncü İterasyon

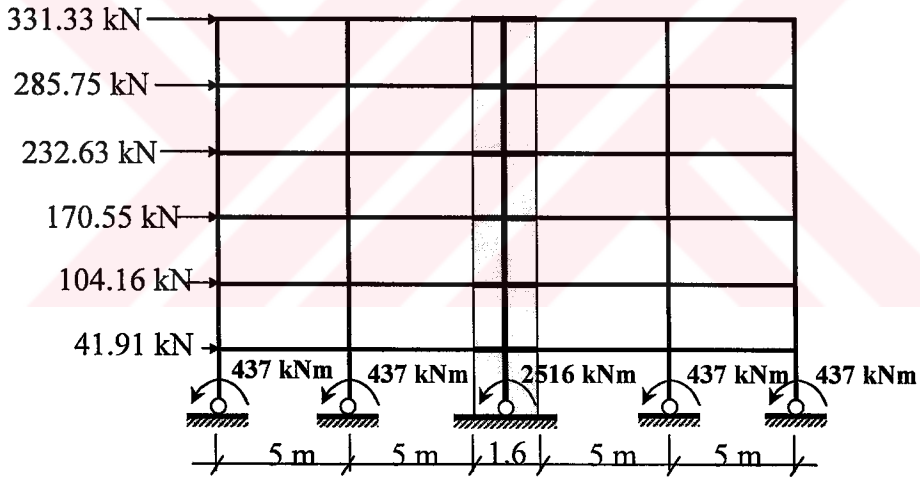
Üçüncü iterasyondan elde edilen deplasman profili kullanılarak dördüncü iterasyona ait taban kesme kuvveti, kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.16 Dördüncü iterasyona ait kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.02664	63.70174	2391.2064	F_1	41.91349
2	880	0.066205	393.4272	5942.5608	F_2	104.1623
3	880	0.108401	1054.75	9730.07376	F_3	170.5505
4	880	0.14786	1962.385	13271.9136	F_4	232.6325
5	880	0.18162	2960.808	16302.2112	F_5	285.7481
6	880	0.21059	3980.69	18902.5584	F_6	331.3274

$\Delta_{sys}=0.1565$ m.	} Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler
$T_{eff}=1.5$ sn	
$M_{eff}=425090.5$ kg	
$K_{eff}=7451.06$ kN/m	

Şekil 3.12’de Perde-çerçeve sisteme dördüncü iterasyonda etkiyen kat kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon ve perde momentleri verilmiştir.



Şekil 3.12 Dördüncü iterasyonda altı katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri

Elemanlara ait moment talepleri belirlendikten sonra elemanlar hesaplanan moment taleplerine göre dizayn edilirler. Kolon elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri Çizelge 3.17’de verilmiştir. Kiriş elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri ise Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Altı katlı perde-çerçeveye ait dördüncü iterasyon kolon dizaynı ve plastik kesit özellikleri

		DIŞ KOLON				İÇ KOLON			
Kat	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)	N (kN)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)	
6	110	362	313	0.00122	220	375	324	0.00127	
5	220	375	324	0.00127	440	400	346	0.00135	
4	330	387	334	0.00131	660	424	366	0.00143	
3	440	400	346	0.00135	880	437	378	0.00147	
2	550	413	357	0.00139	1100	450	389	0.00152	
1	660	424	360	0.00143	1320	458	396	0.00155	

Çizelge 3.18 Altı katlı perde-çerçeveye ait dördüncü iterasyon kiriş dizaynı ve plastik kesit özellikleri

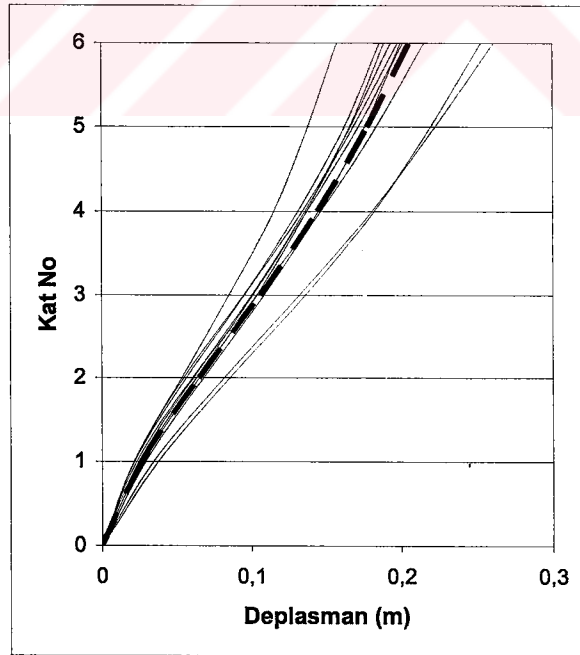
Kat	Boyutlar (cm)	ρ (%)	Mu (kNm)	My (kNm)	I _{cr} (m ⁴)
1	35 x 50	2.00	239	208	0.00101
2	35 x 50	2.56	297	259	0.00126
3	35 x 50	2.56	297	259	0.00126
4	35 x 50	2.21	258	224	0.00109
5	35 x 50	1.76	206	179	0.00087
6	25 x 40	2.08	161	140	0.00061

Perde elemana ait boyutlar ve dizayn sonuçları ile plastik kesit özellikleri Çizelge 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.19 Altı katlı perde-çerçeveye ait dördüncü iterasyon perde dizaynı ve plastik kesit özellikleri

$M_u=2516$ kNm $N=1320$ kNm			
Boyutlar =160 * 20 cm $\rho=\% 2.8$			
Kat	N (kN)	M_y (kNm)	I_{cr} (m ⁴)
6	220	2251	0.0298
5	440	2319	0.0307
4	660	2388	0.0316
3	880	2426	0.0321
2	1100	2452	0.0325
1	1320	2508	0.0332

Şekil 3.13’de 10 farklı deprem kaydı kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonucunda her bir kayıt için elde edilen zarf deplasman profilleri ince sürekli çizgi ile bu kayıtların aritmetik ortalaması alınarak elde edilen deplasman profili ise kalın kesikli çizgi ile gösterilmiştir



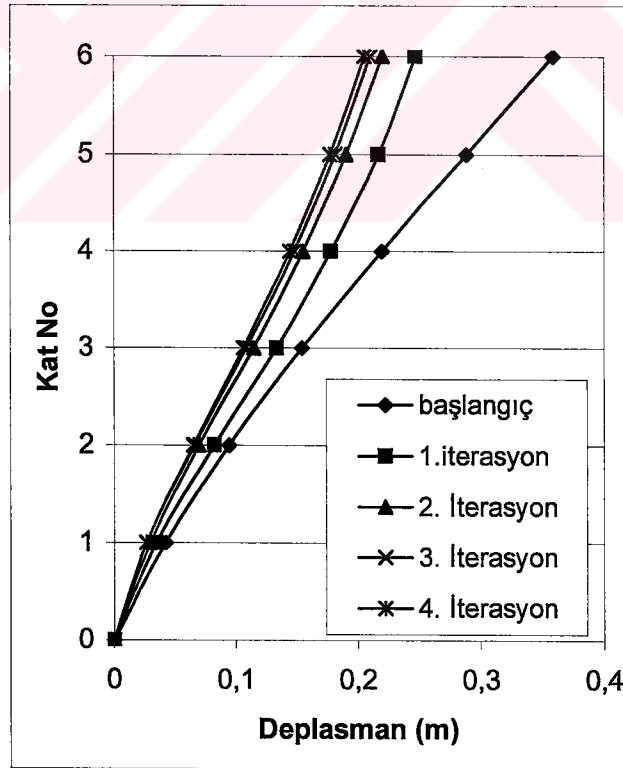
Şekil 3.13 Altı katlı yapıya ait dördüncü iterasyondaki 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

Çizelge 3.20’de başlangıç, birinci iterasyon, ikinci iterasyon, üçüncü iterasyona ve dördüncü iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları verilmiştir.

Çizelge 3.20 Başlangıç ve ilk dört iterasyona ait deplasman profillerinin koordinatları

Deplasman Profillerine ait Koordinatlar (m)					
Kat No	Başlangıç	1.iterasyon	2.iterasyon	3.iterasyon	4.iterasyon
1	0.042234	0.034459	0.029952	0.02664	0.026377
2	0.094277	0.082311	0.071384	0.066205	0.064912
3	0.154109	0.13330	0.114523	0.108401	0.106006
4	0.219589	0.17829	0.1554	0.14786	0.14445
5	0.288574	0.21734	0.19065	0.18162	0.17753
6	0.35892	0.24758	0.22021	0.21059	0.20549

Şekil 3.14’de başlangıç, birinci iterasyon, ikinci iterasyon, üçüncü iterasyona ve dördüncü iterasyona ait deplasman profilleri verilmiştir.



Şekil 3.14 Altı katlı yapıya ait başlangıç ve ilk dört iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

Şekil 3.14’de üçüncü iterasyonda elde edilen deplasman profili ile dördüncü iterasyonda elde edilen deplasman profilleri birbirine yakınsadığından altı katlı yapıya ait dördüncü iterasyondan elde edilen deplasman profili taban kesme kuvvetinin %50’sinin perde tarafından taşındığı perde-çerçeve sisteme ait sonuç deplasman profilidir.

3.1.1.1.1 Farklı Başlangıç Profillerinin Sonuç Deplasman Profiline Etkisi

Altı katlı yapının DDED metodunda kullanılacak deplasman profilini elde etmek için kullanılan iteratif yaklaşımda, birinci iterasyonda bir başlangıç deplasman profilinin seçilmesi gerekiyor. Şekil 3.1’de özellikleri verilen altı katlı yapı için dört farklı başlangıç profili seçilerek iterasyonlar yapılmıştır. Yapının sadece çerçeveden oluştuğu düşünülerek çerçeve deplasman profili denklem (2.13-b) kullanılarak elde edilmiştir (Çer Priestley). Ayrıca denklem (2.14) ile verilen deplasman profilinin altı katlı yapı için çerçeve yapılara ait sayısal uygulamalar bölümünde önerilen $\gamma=2.32$ ve $\chi=0.180$ değişkenleri için elde edilen deplasman profilleri kullanılmıştır (Çer Önerilen). Ayrıca yapının sadece 140 *20 cm boyutlarında konsol bir perdeden oluştuğu düşünülerek denklem (3.4)’den konsol perde duvarlı yapıya ait deplasman profili elde edilmiştir (Konsol Perde) [35].

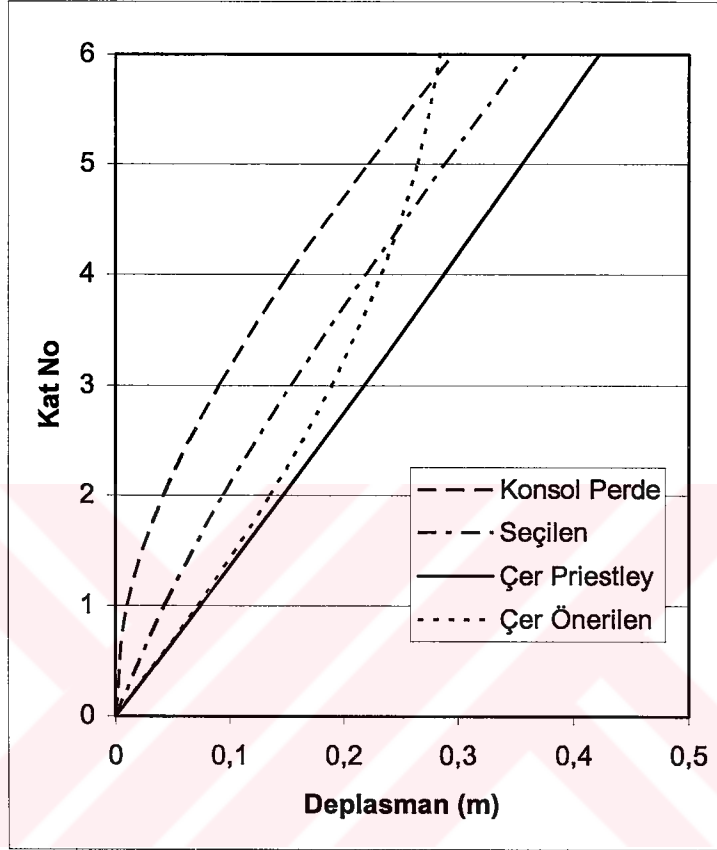
$$\Delta_i = \frac{2}{3} \varepsilon_y \frac{h_i^2}{l_w} \left(1.5 - \frac{h_i}{h_n} \right) + \left(\theta_d - \frac{\varepsilon_y h_n}{l_w} \right) \left(h_i - \frac{l_p}{2} \right) \quad (3.4)$$

burada l_w perdenin kenar uzunluğu, h_i kat yüksekliği, h_n yapı yüksekliği, θ_d maksimum g örelî k at ö telemesi, ε_y donatını akma şekil değıştirmesi, l_p perdenin plastik mafsâl uzunluğudur ve denklem (3.5)’den hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} l_p &= 0.21l_w + 0.03h_n \\ l_p &= 0.054h_n + 0.22f_y d_b \end{aligned} \quad (3.5)$$

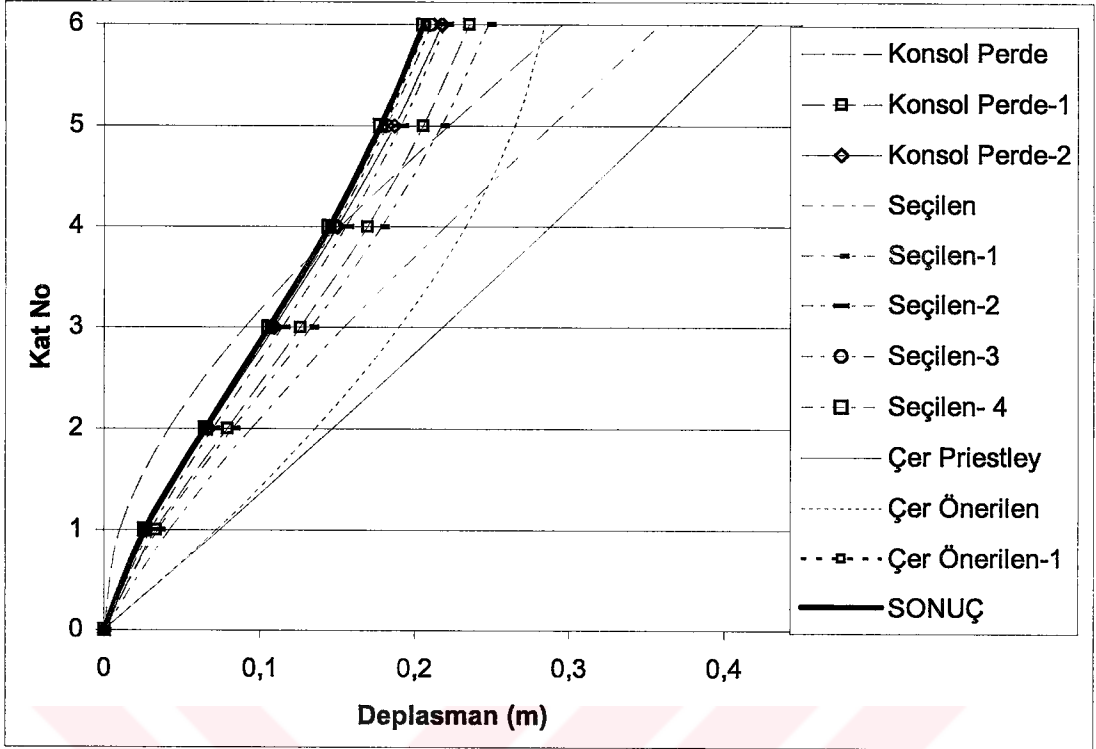
Bu ifadede, f_y donatının akma dayanımı, d_b ise dizaynda kullanılan donatının çapıdır.

Kullanılan dördüncü profil ise bir önceki bölümde birinci iterasyonda kullanılan deplasman profilidir (Seçilen). Bu dört farklı başlangıç profili Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15 Kullanılan farklı başlangıç deplasman profilleri

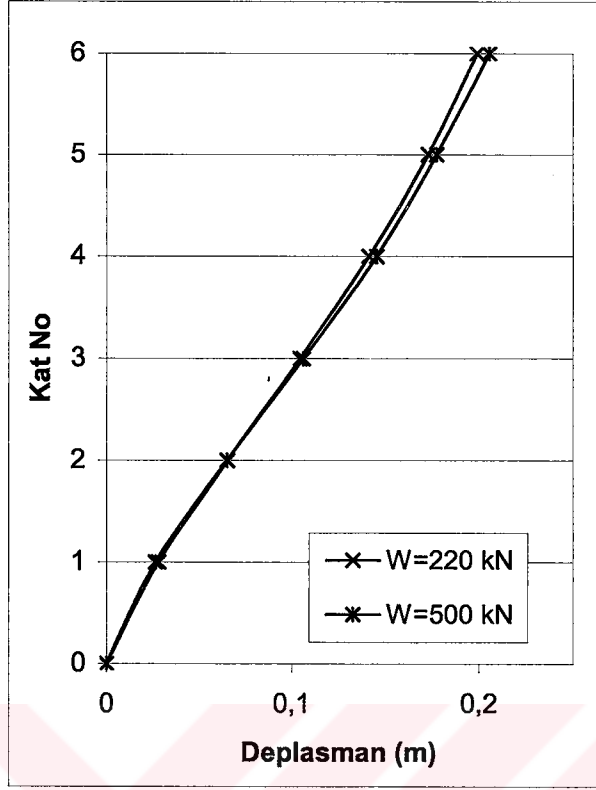
İterasyonlar sonucunda seçilmiş olan farklı başlangıç profillerinin hepsi aynı deplasman profiline yakınsamıştır. Çerçeve deplasman profili seçilerek yapılan birinci iterasyon sonucunda elde edilen deplasman profili ile bir önceki bölümde kullanılan başlangıç profilleri çakışmıştır. Farklı deplasman profillerine ait iterasyonlar sonucu elde edilen deplasman profilleri Şekil 3.16’da verilmiştir. Şekil 3.16’da verilen grafikte seçilen her başlangıç profili ile yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleride verilmiştir.



Şekil 3.16 Kullanılan farklı başlangıç deplasman profilleri ile yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleri

3.1.1.1.2 Kat Kütlesinin Deplasman Profiline Etkisi

Şekil 3.1'de özellikleri verilen yapının her bir açıklığının ağırlığı 500 kN olacak şekilde, Bölüm 3.1.1.1'de elde edilen deplasman profiline göre DDED'ı yapılmıştır. Kütlenin 2.273 kat artması yeni sistemdeki taban kesme kuvvetini de aynı oranda arttırmıştır. Ancak eşdeğer TSD sistemin deplasmanı dolayısı ile efektif periyodu değişmemiştir. Yeni taban kesme kuvvetinden dolayı sistemdeki moment talepleri de 2.273 kat artmıştır. Bu nedenle kesitler büyümüştür. Kolonlar 70x70 cm Perde 230 x 25 cm kirişler ise 35 x 70 cm seçilmiş ve dizayn edilmiştir. Yapılan LODA sonucu elde edilen ortalama deplasman profili Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17 Farklı kat kütleleri için deplasman profilleri

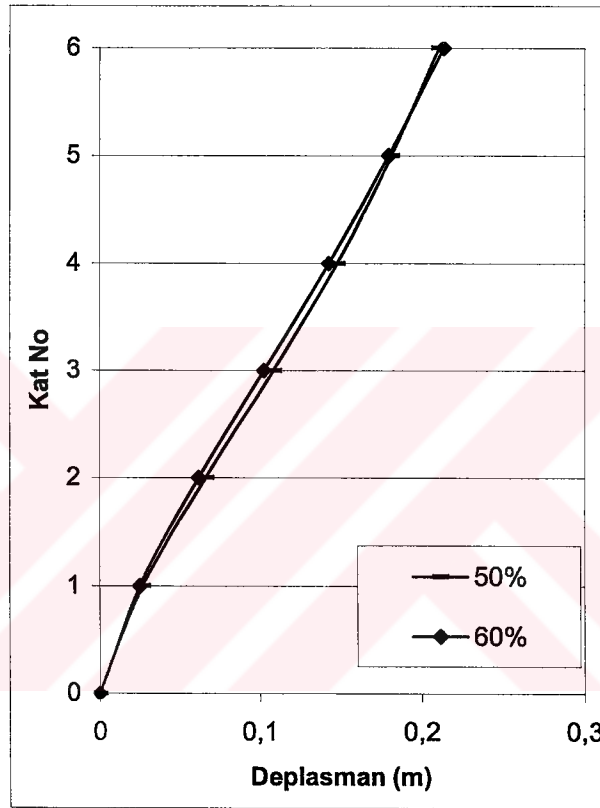
Şekil 3.17'de verilen grafikte açıklık ağırlığı 500 kN olduğunda 5. ve 6. kat deplasmanlarında 1 cm mertebesinde azalma olmasına rağmen iki deplasman profili kullanılarak elde edilen taban kesme kuvveti % 4 mertebesinde değiştirdiğinde elemanların moment taleplerinde ve dizaynlarında deplasman profilini değiştirecek bir etki yapmadığı görülmüştür.

3.1.1.2 $V_{perde}/V_{taban}=0.60$ Olması Hali

Şekil 3.1'de özellikleri verilen altı katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin %60'ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı denklem (2.23)'den $\frac{I_w}{\sum I_c} = 4.54$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 18.17$ olarak hesaplanmıştır. Kolon ve kirişler çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme

kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı altı katlı yapıya ait deplasman profili kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili birinci iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır.

Şekil 3.18'de taban kesme kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilini göstermektedir.



Şekil 3.18 Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı altı katlı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

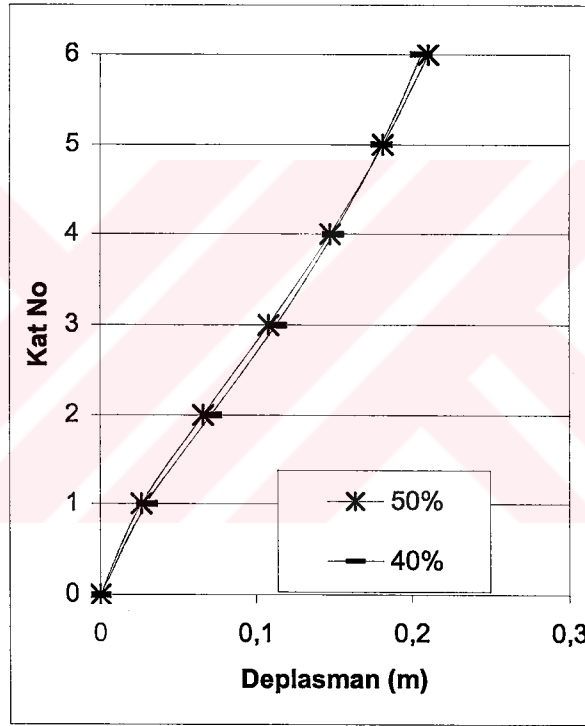
3.1.1.3 $V_{perde}/V_{taban}=0.40$ Olması Hali

Şekil 3.1'de özellikleri verilen altı katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin %40'ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı

denklem (2-23)'den $\frac{I_w}{\sum I_c} = 1.18$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 4.72$ olarak hesaplanmıştır. Kolon ve

kirişler çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı altı katlı yapıya ait deplasman profili kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili birinci iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır.

Şekil 3.19'da taban kesme kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen sonuç deplasman profilini göstermektedir.

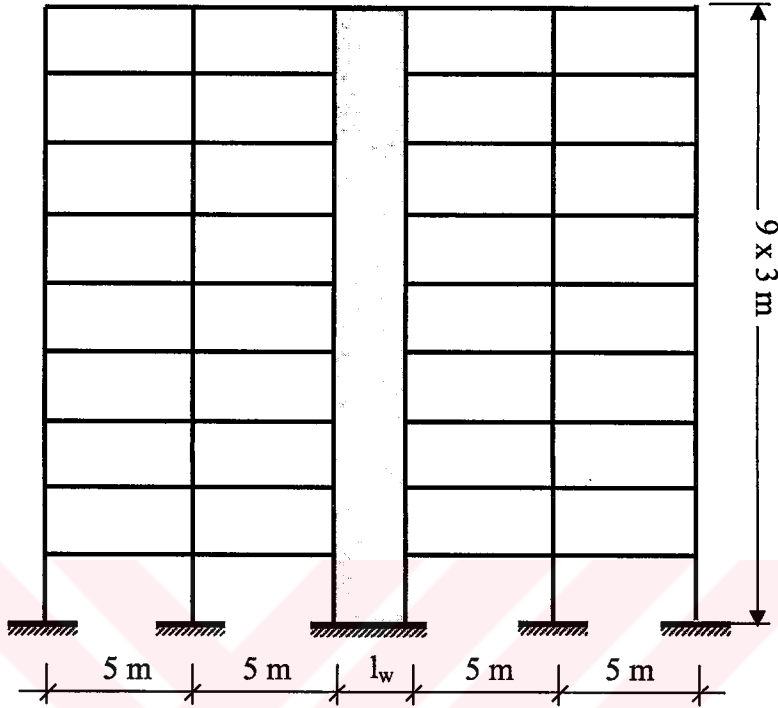


Şekil 3.19 Taban Kesme Kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı altı katlı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

3.1.2 Dokuz Katlı Yapı

Şekil 3.20'de özellikleri verilen 9 katlı yapıya ait deplasman profilleri yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin perde tarafından sırası ile %50, %60, %40'ını karşılaması durumları için elde edilecektir. Altı katlı yapıda olduğu gibi her açıklığın

ağırlığı $W=220$ kN alınmıştır. Yapının açıklıkları 5 m, kat yüksekliği ise bütün yapı boyunca sabit ve 3 m. dir.



Şekil 3.20 Dokuz katlı perde-çerçeve tipi yapı

3.1.2.1 $V_{perde}/V_{taban}=0.50$ Olması Hali

Birinci İterasyon

Dokuz katlı yapının dizaynı için Şekil 3.2'de verilen deplasman spektrumu kullanılmıştır. Yapıya ait sönüm oranı altı katlı yapıda olduğu gibi %20 kabul edilmiştir. DDED metodunun hesap adımlarının uygulanabilmesi için altı katlı yapıda olduğu gibi bir başlangıç profili belirlenmiştir. Bu deplasman profili kullanılarak DDED metodundan elde edilen kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait değişkenler Çizelge 3.21'de verilmiştir.

Çizelge 3.21 Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.030842	85.38231	2768.37792	F_1	18.33855
2	880	0.075533	512.1018	6779.84208	F_2	44.91167
3	880	0.1254	1411.49	11255.904	F_3	74.56242
4	880	0.17492	2746.387	15700.8192	F_4	104.0069
5	880	0.22159	4407.407	19889.9184	F_5	131.7567
6	880	0.2608	6105.174	23409.408	F_6	155.0708
7	880	0.29	7548.816	26030.4	F_7	172.433
8	880	0.315	8906.436	28274.4	F_8	187.298
9	880	0.335	10073.32	30069.6	F_9	199.1899

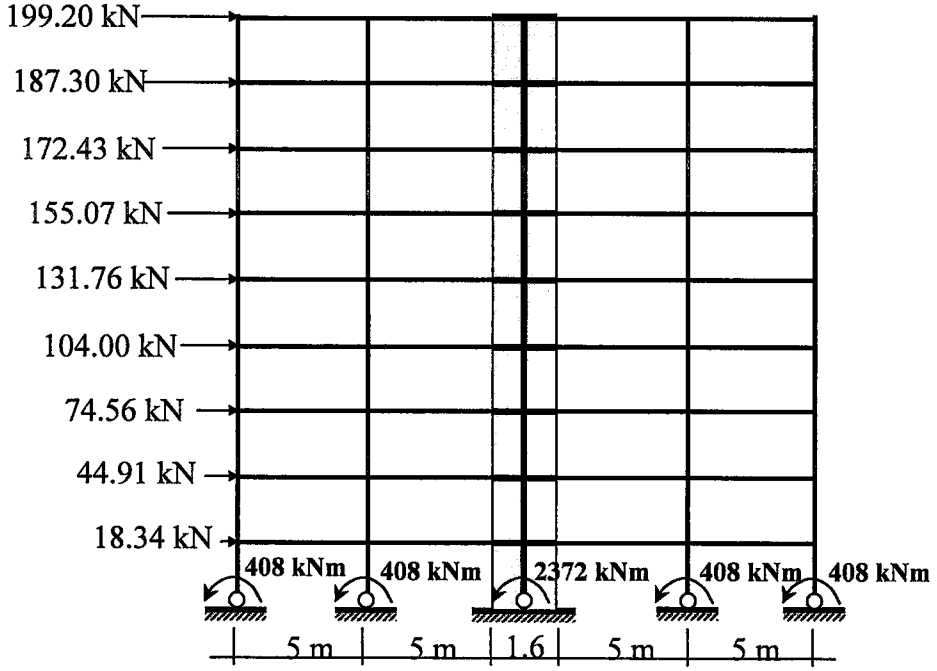
$\Delta_{sys}=0.2546$ m.	} Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler
$T_{eff}=2.44$ sn	
$M_{eff}=644909.6$ kg	
$K_{eff}=4272.018$ kN/m	
$V_b=1087.56$ kN/m	

Perde duvarın yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin %50'sini karşılaması için perde duvar-kolon rijitliği denklem (2.24) kullanılarak

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 2.33 \text{ ve } \frac{I_w}{I_c} = 9.32 \text{ olarak hesaplanır.}$$

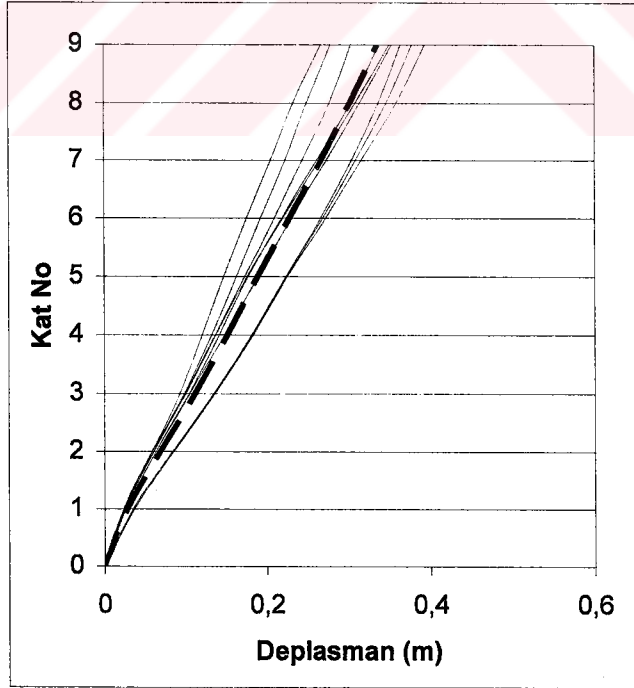
Kolon alt ucu momenti sabitlenir ve denklem (2.34)'den $M_c=408$ kNm hesaplanır. denklem (2-34) ile perdeye ait sabitlenmiş alt uç momenti sabitlenmiş kolon alt ucu momentine göre $M_w=2372$ olarak hesaplanır.

Şekil 3.21'de perde-çerçeve sisteme birinci iterasyonda etkiyen kat kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon ve perde momentleri verilmiştir. Perdenin çatlamış kesit rijitliği $I_{w,cr}=0.5I_w$ ve $I_{c,cr}=0.7I_c$ alınarak ve yapısal analizle elde edilen moment taleplerine bağlı olarak kolon boyutları 50 x 50 cm, perde boyutları 160 x 20 cm ve giriş boyutları 30 x 50 cm olarak belirlenir. Elemanlar dizayn edildikten sonra LODA'de kullanılmak üzere plastik kesit özellikleri belirlenir.

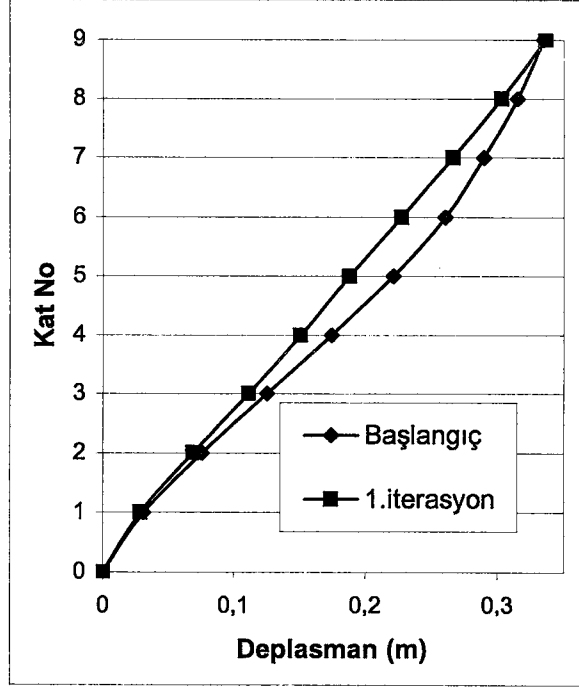


Şekil 3.21 Birinci iterasyonda dokuz katlı yapıya ait yapısal analiz değişkenleri

Şekil 3.22 LODA sonucu elde edilen deplasman profillerini göstermektedir. Her bir yapay deprem kaydı için elde edilen zarf deplasman profilleri ince çizgi ile ortalama deplasman profili ise kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Dokuz katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

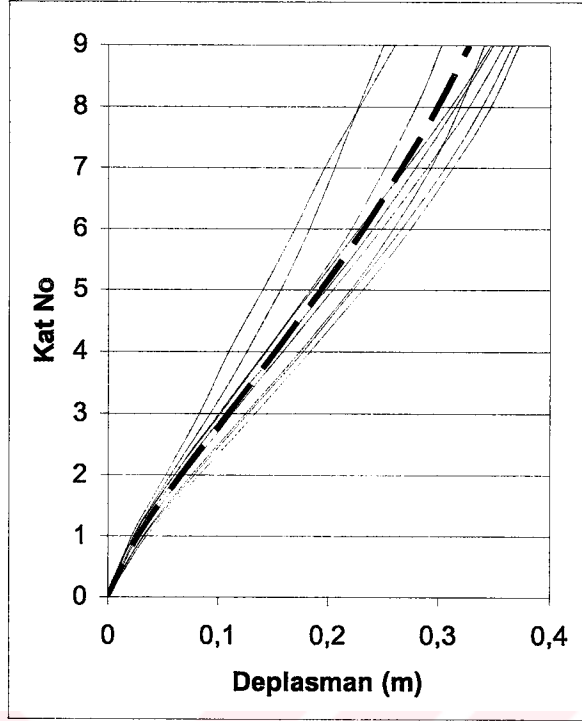


Şekil 3.23 Dokuz katlı yapıya ait başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

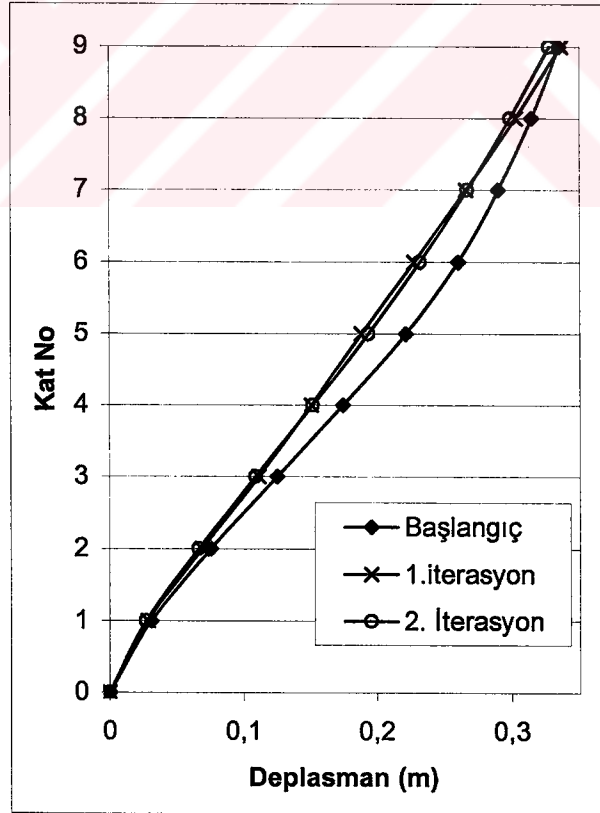
Şekil 3.23’de birinci iterasyondan elde edilen deplasman profilinin başlangıç deplasman profilinden farklı olduğu, bu yüzden ikinci iterasyonun yapılması gerektiği görülmüştür.

İkinci İterasyon

Birinci iterasyon için uygulanan hesap adımları ikinci iterasyonda tekrarlandığında LODA sonucu elde edilen deplasman profillerini Şekil 3.24’de verilmiştir. Her bir yapay deprem kaydı için elde edilen zarf deplasman profilleri ince çizgi ile ortalama deplasman profili ise kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Şekil 3.25’den de görülebileceği gibi deplasman profili ikinci iterasyon sonucunda birinci iterasyonda kullanılan deplasman profiline yakınsama göstermiştir.



Şekil 3.24 Dokuz katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

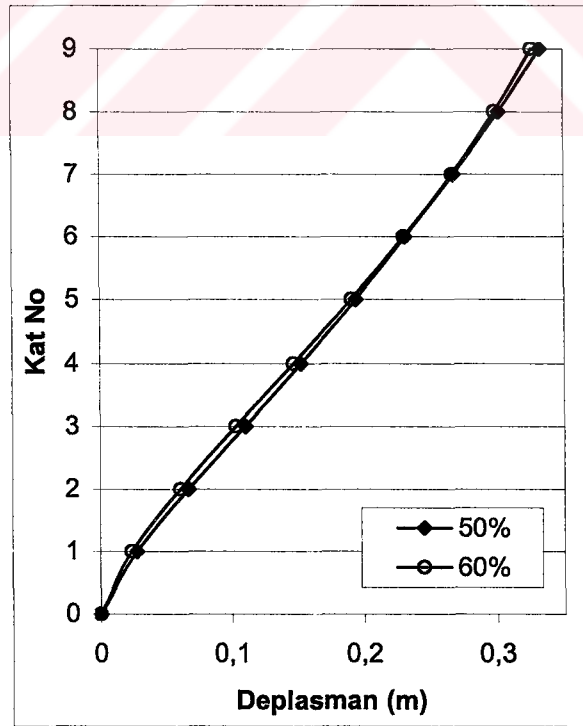


Şekil 3.25 Dokuz katlı yapıya ait başlangıç, ve ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

3.1.2.2 $V_{\text{perde}}/V_{\text{taban}}=0.60$ Olması Hali

Şekil 3.20’de özellikleri verilen altı katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin %60’ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı denklem (2.24)’dan $\frac{I_w}{\sum I_c} = 4.61$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 18.44$ hesaplanmıştır. Kolon ve kirişler çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme kuvvetinin %50’sinin perde tarafından karşılandığı dokuz katlı yapıya ait deplasman profili kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili 1. iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır.

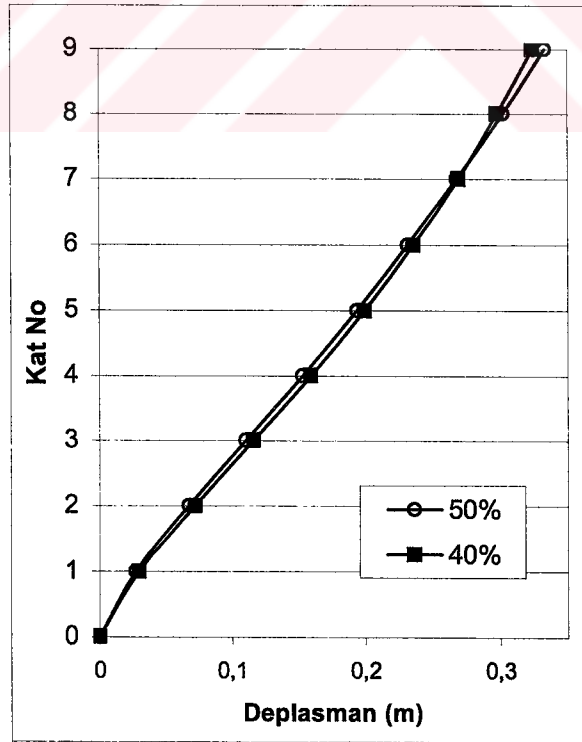
Şekil 3.26 taban kesme kuvvetinin %60’ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilini göstermektedir.



Şekil 3.26 Taban Kesme Kuvvetinin %60’ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

3.1.2.3 $V_{\text{perde}}/V_{\text{taban}}=0.40$ Olması Hali

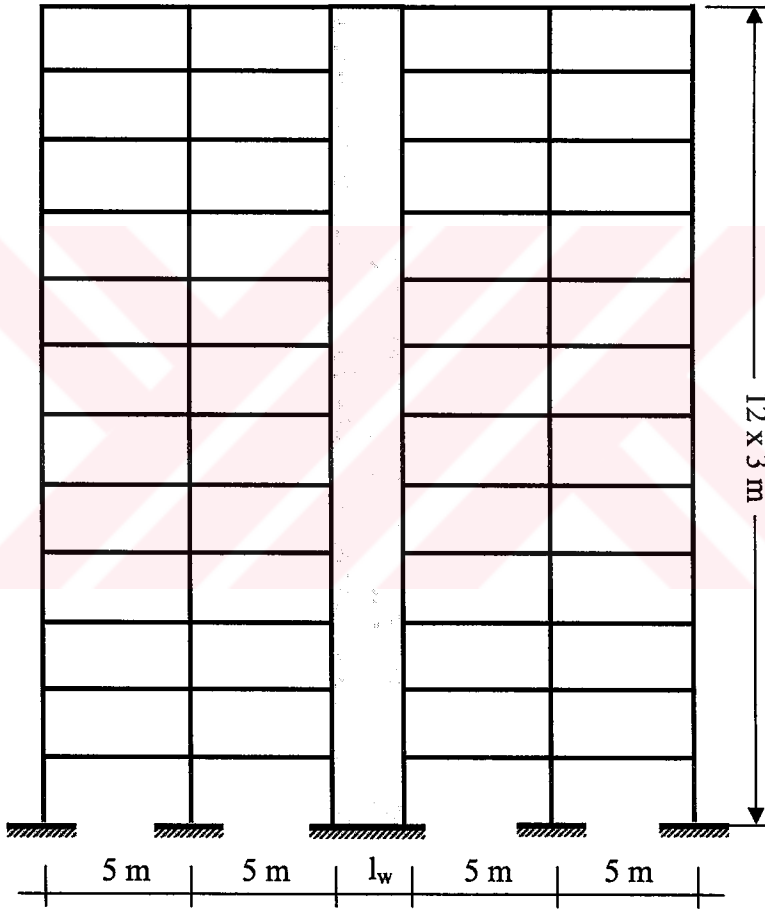
Şekil 3.20'de özellikleri verilen altı katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin %40'ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı Denklem (2.24)'dan $\frac{I_w}{\sum I_c} = 1.18$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 4.72$ hesaplanmıştır. Kolon ve kirişler çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği sünellik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı dokuz katlı yapıya ait deplasman profili kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili birinci iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır. Şekil 3.27 taban kesme kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilini göstermektedir.



Şekil 3.27 Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı dokuz katlı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

3.1.3 Oniki Katlı Yapı

Şekil 3.28'de özellikleri verilen 12 katlı yapıya ait deplasman profilleri yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin perde tarafından sırası ile %50, %60, %40'ını karşılaması durumları için elde edilecektir. Altı katlı yapıda olduğu gibi her açıklığın ağırlığı $W=220$ kN alınmıştır. Yapının açıklıkları 5m, kat yüksekliği ise bütün yapı boyunca sabit ve 3 m. dir.



Şekil 3.28 Oniki katlı perde-çerçeve tipi yapı

3.1.3.1 $V_{perde}/V_{taban}=0.50$ Olması Hali

Birinci İterasyon

Oniki katlı yapının dizaynı için Şekil 3.2’de verilen deplasman spektrumu kullanılmıştır. Yapıya ait sönüm oranı %20 kabul edilmiştir. DDED metodunun hesap adımları uygulanabilmesi için altı katlı yapıda olduğu gibi bir başlangıç profili belirlemiş ve bu başlangıç deplasman profili kullanılarak DDED prosedüründen elde edilen kat kuvvetleri ve eşdeğer TSD sisteme ait değişkenler Çizelge 3.22’de verilmiştir.

Çizelge 3.22 Birinci iterasyonda başlangıç deplasman profili kullanılarak her kata gelecek yatay kuvvetler ve eşdeğer TSD sisteme ait özellikler

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	880	0.02566	59.10118	2303.2416	F_1	8.392029
2	880	0.07082	450.1888	6356.8032	F_2	23.16148
3	880	0.12475	1396.896	11197.56	F_3	40.79913
4	880	0.180133	2912.534	16168.768	F_4	58.91209
5	880	0.23185	4824.997	20810.856	F_5	75.82588
6	880	0.2779	6932.022	24944.304	F_6	90.8864
7	880	0.317833	9067.378	28528.72	F_7	103.9465
8	880	0.353567	11220.84	31736.144	F_8	115.633
9	880	0.383217	13181.71	34397.528	F_9	125.3299
10	880	0.4106	15132.85	36855.456	F_{10}	134.2855
11	880	0.4333	16852.34	38893.008	F_{11}	141.7095
12	880	0.457067	18751.76	41026.304	F_{12}	149.4823

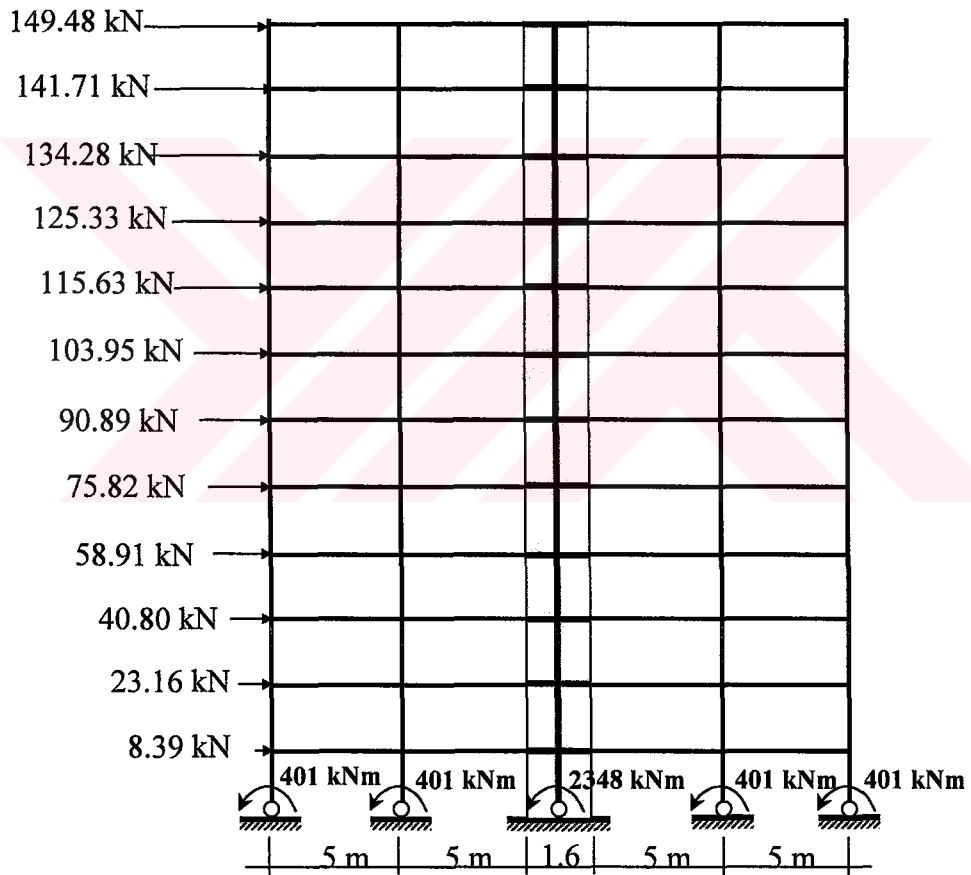
$\Delta_{sys}=0.3437$ m.	} Eşdeğer TSD sisteme ait özellikler
$T_{eff}=3.29$ sn	
$M_{eff}=853095.6$ kg	
$K_{eff}=3108.316$ kN/m	
$V_b=1068.364$ kN/m	

Perde duvarın yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin %50’sini karşılaması için perde duvar-kolon rijitliği denklem (2.35) kullanılarak;

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = 2.34 \text{ ve } \frac{I_w}{I_c} = 9.36 \text{ olarak hesaplanır.}$$

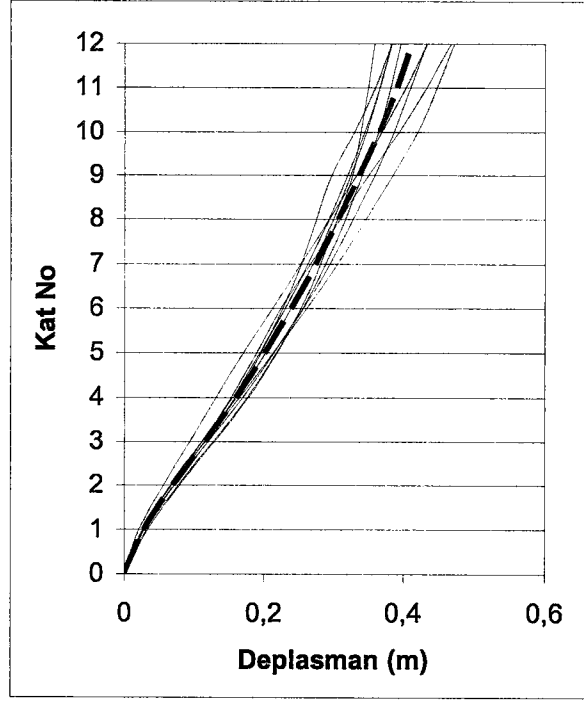
Kolon alt ucu momentleri sabitlenir ve denklem (3.2) ile $M_c=401$ kNm hesaplanır. Denklem (2.35) ile perdeye ait sabitlenmiş alt uç momentleri sabitlenmiş kolon alt ucu momentine bağlı olarak $M_w=2348$ kNm olarak hesaplanır.

Şekil 3.29'da perde-çerçeve sisteme birinci iterasyonda etkiyen kat kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon ve perde momentleri verilmiştir. Perdenin çatlamış kesit rijitliği $I_{w,cr}=0.5 I_w$ ve $I_{c,cr}=0.7 I_c$ alınarak ve yapısal analizle elde edilen moment taleplerine bağlı olarak kolon boyutları 50 x 50 cm perde boyutları 165 x 20 cm ve kiriş boyutları 50 x 30 cm olarak belirlenir. Elemanlar dizayn edildikten sonra LODA kullanılmak üzere plastik kesit özellikleri belirlenir.

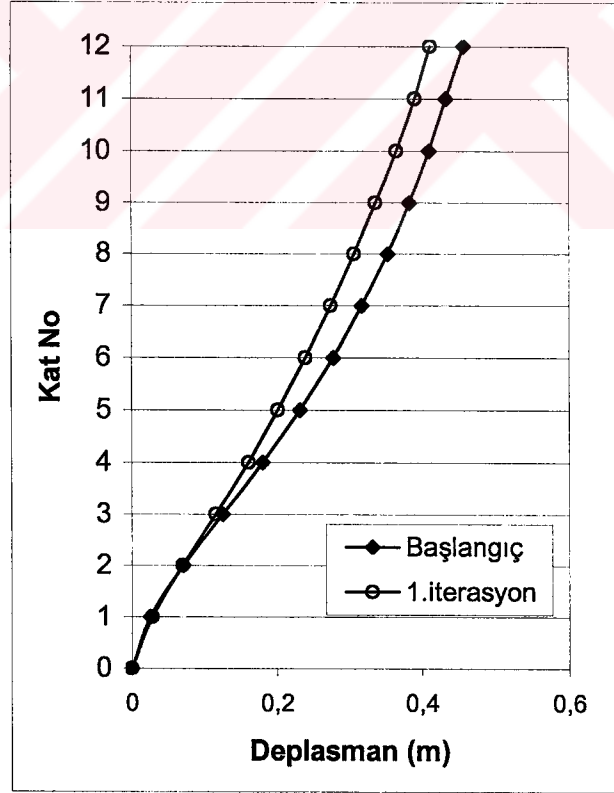


Şekil 3.29 Oniki katlı yapıya ait birinci iterasyon yapısal analiz değişkenleri

Şekil 3.30 LODA sonucu elde edilen deplasman profillerini göstermektedir. Her bir yapı deprem kaydı için elde edilen zarf deplasman profilleri ince çizgi ile ortalama deplasman profili ise kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Oniki katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

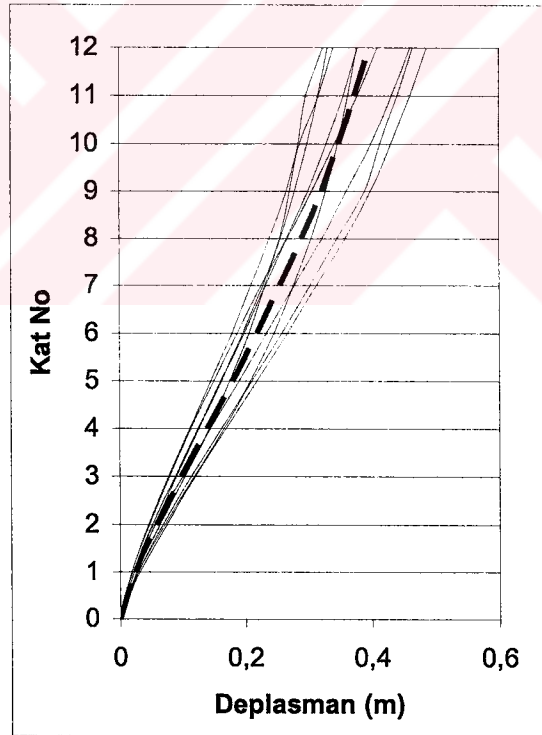


Şekil 3.31 Oniki katlı yapıya ait başlangıç, ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

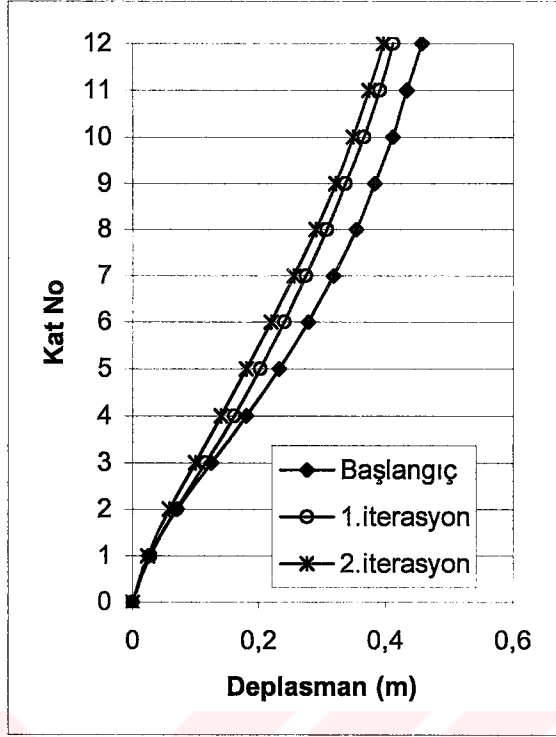
İkinci İterasyon

Şekil 3.31’de birinci iterasyondan elde edilen deplasman profilinin başlangıç deplasman profilinden farklı olduğu, bu yüzden ikinci iterasyonun yapılması gerektiği görülmüştür.

Birinci iterasyon için uygulanan hesap adımları ikinci iterasyonda tekrarlandığında LODA sonucu elde edilen deplasman profillerini Şekil 3.32’de verilmiştir. Her bir yapay deprem kaydı için elde edilen zarf deplasman profilleri ince çizgi ile ortalama deplasman profili ise kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Şekil 3.33’den de görülebileceği gibi deplasman profili ikinci iterasyon sonucunda birinci iterasyonda kullanılan deplasman profiline yakınsama göstermiştir.



Şekil 3.32 Oniki katlı yapıya ait 10 farklı yapay deprem kaydının zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili



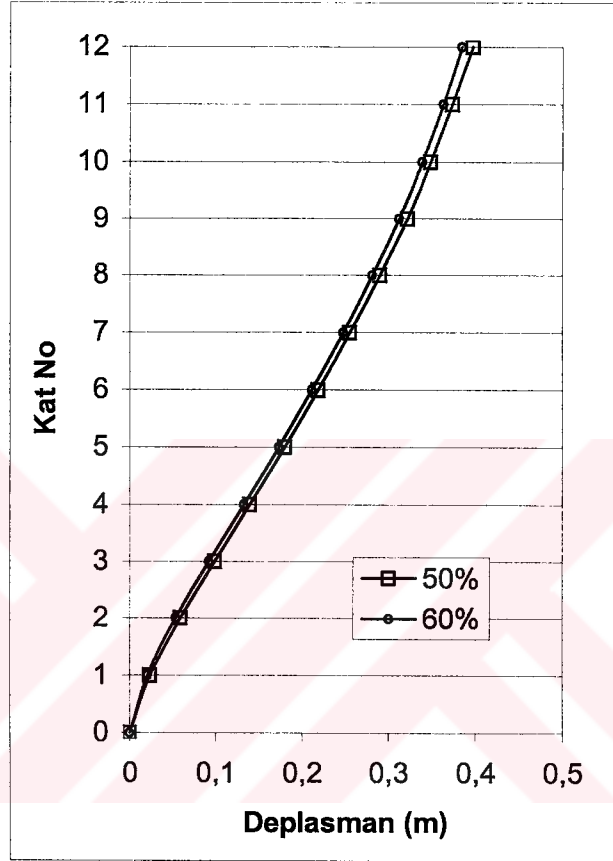
Şekil 3.33 Oniki katlı yapıya ait başlangıç, ve ilk iki iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri

Birinci ve ikinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilleri birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle üçüncü iterasyon yapılmamış ikinci iterasyondan elde edilen deplasman profili sonuç deplasman profili olarak alınmıştır.

3.1.3.2 $V_{perde}/V_{taban}=0.60$ Olması Hali

Şekil 3.28'de özellikleri verilen altı katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin %60'ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı denklem (2.25)'den $\frac{I_w}{\sum I_c} = 4.67$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 18.69$ hesaplanmıştır. Kolon ve kirişler çatlama kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı oniki katlı yapıya ait deplasman profili

kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili birinci iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır. Şekil 3.34 taban kesme kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilini göstermektedir.



Şekil 3.34 Taban Kesme Kuvvetinin %60'ının perde tarafından karşılandığı oniki katlı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

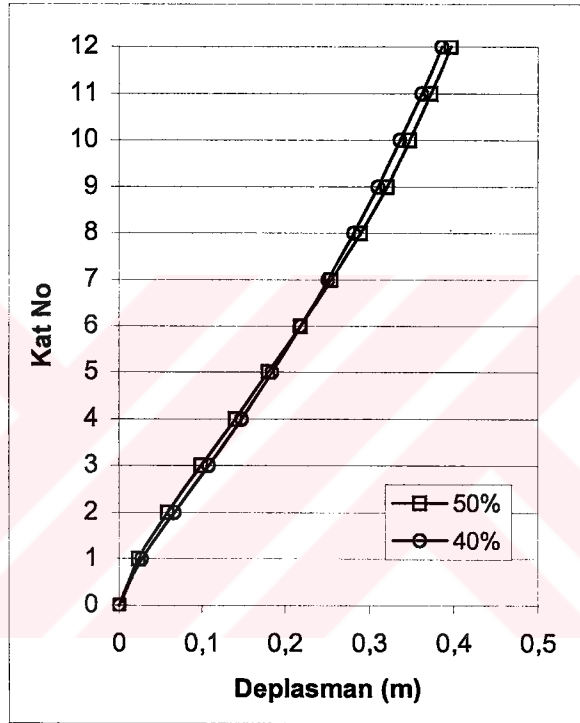
3.1.3.3 $V_{perde}/V_{taban}=0.40$ Olması Hali

Şekil 3.30'da özellikleri verilen oniki katlı yapıda bulunan perde elemanın yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin %40'ını karşılaması durumunda öncelikle eleman rijitlikleri belirlenir. Perde rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranı

Denklem (2.25)'den $\frac{I_w}{\sum I_c} = 1.176$ ve $\frac{I_w}{I_c} = 4.704$ hesaplanmıştır. Kolon ve

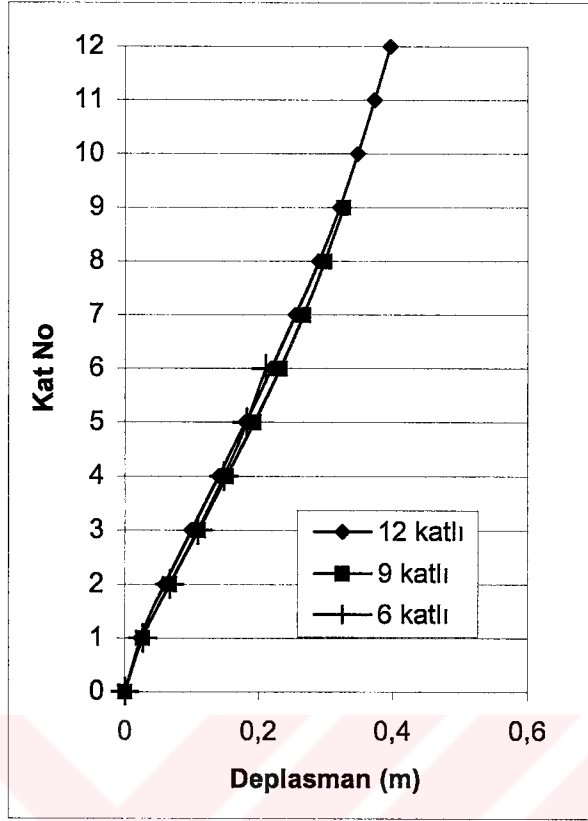
kirişler çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Ancak temsili yapı

yaklaşımından dolayı kiriş rijitlikleri ve zemin kat perdesinin yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. Başlangıç profili olarak taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı altı katlı yapıya ait deplasman profili kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deplasman profili 1. iterasyonda yapıda oluşacak taban kesme kuvvetini değiştirmeyecek şekilde yakınsamıştır. Şekil 3.35 taban kesme kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı perde-çerçeve sistemin başlangıç ve birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profilini göstermektedir.



Şekil 3.35 Taban Kesme Kuvvetinin %40'ının perde tarafından karşılandığı oniki katlı perde-çerçeve sisteme ait deplasman profili

Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılandığı yapı için elde edilen deplasman profilleri Şekil 3.36'da verilmiştir.



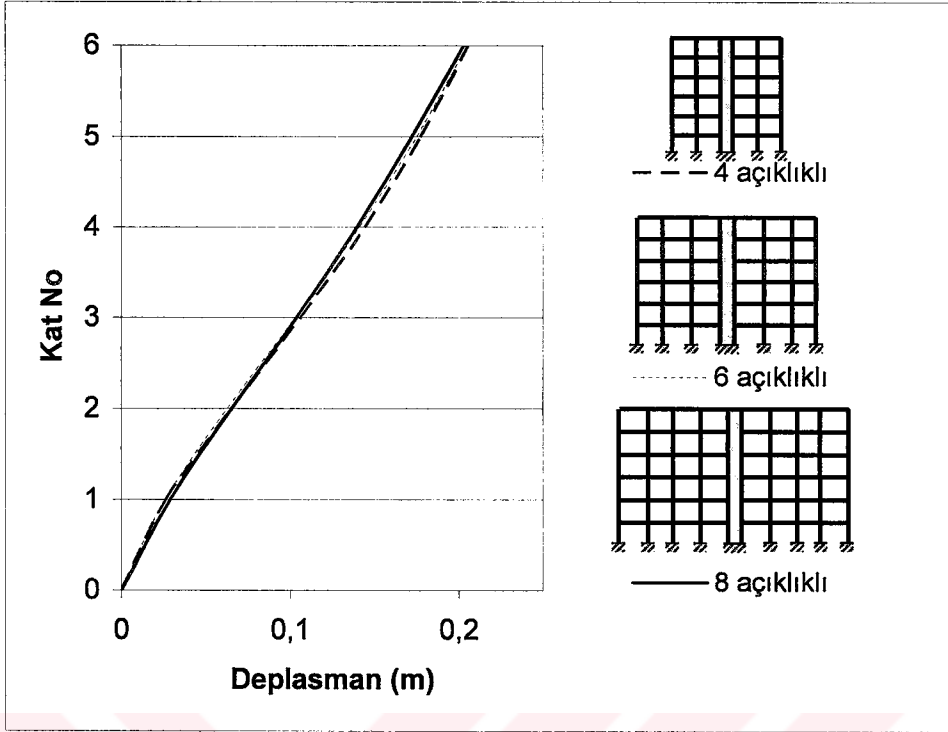
Şekil 3.36 Altı, dokuz ve oniki katlı yapı için elde edilen deplasman profilleri

3.1.4 Açıklık Sayısının Deplasman Profiline Etkisi

3.1.4.1 Altı Katlı Yapı

Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini belirlemek için yapılara etkiyen yatay deprem yükünün %50'sinin sistemin tam orta aksında bulunan tek bir perde tarafından karşılandığı altı ve sekiz açıklıklı tek perdeli perde-çerçeve tipi yapıların deplasman profilleri elde edilmiştir. Bölüm 3.1.1.1'de ise dört açıklıklı tek perdeli perde-çerçeve tipi yapının deplasman profili elde edilmiştir. Şekil 3.37'de bu üç farklı açıklık sayısına sahip yapının deplasman profilleri verilmiştir.

Altı katlı yapıda açıklık sayısının deplasman profiline etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

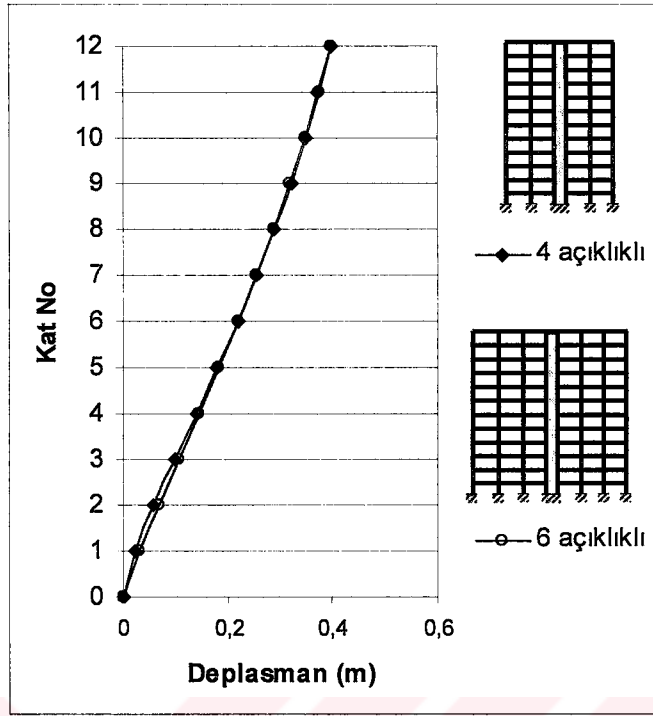


Şekil 3.37 Altı katlı, dört, altı ve sekiz açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profilleri

3.1.4.2 Oniki Katlı Yapı

Altı katlı yapı için açıklık sayısının deplasman profiline etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Deplasman profilini genelleştirmek için altı açıklıklı oniki katlı yapıya ait deplasman profili elde edilip dört açıklıklı oniki katlı yapının deplasman profili ile karşılaştırılmıştır. Kat sayısının ve açıklık sayısının beraber artmasının deplasman profilini etkilemediği belirlenmiştir.

Yapılara atkiyen yatay deprem yükünün %50'sinini tek bir perde ile karşılandığı, dört açıklıklı ve altı açıklıklı tek bir perdenin sistemlerin orta aksında olduğu on iki katlı yapılara ait deplasman profilleri Şekil 3.38'de verilmiştir.

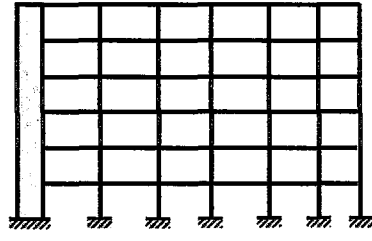


Şekil 3.38 Oniki katlı dört ve altı açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profilleri

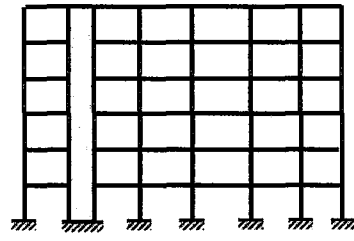
3.1.5 Perdenin Konumunun Deplasman Profiline Etkisi

Tek bir perdenin perde-çerçeve sistemdeki konumunun deplasman profiline etkisinin belirlenmesi için tek bir perdenin sisteme etkiyen yatay deprem yükünün %50'sini karşıladığı altı katlı altı açıklıklı bir yapı ele alınmıştır. Bu yapıda perdenin konumu değiştirilerek deplasman profilleri elde edilmiştir. Deplasman profilinin elde edildiği dört perde-çerçeve sistem Şekil 3.39'da verilmiştir.

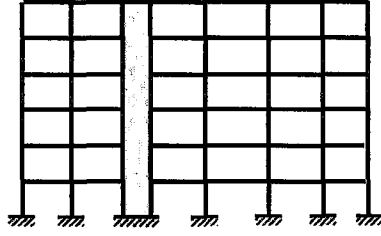
Şekil 3.40'da altı katlı yapıda perdenin sırası ile birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü aksta olduğu dört yapıya ait deplasman profilleri verilmiştir. Analizi yapılan dört yapının sonuç deplasman profillerininde görülebileceği gibi sonuç deplasman profili perde-çerçeve sistemdeki perdenin konumundan etkilenmemektedir.



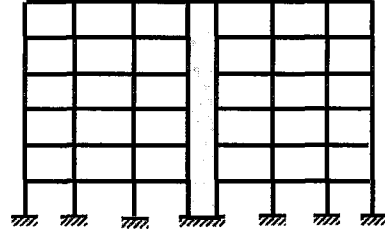
(a) Perde 1. eleman



(b) Perde 2. eleman

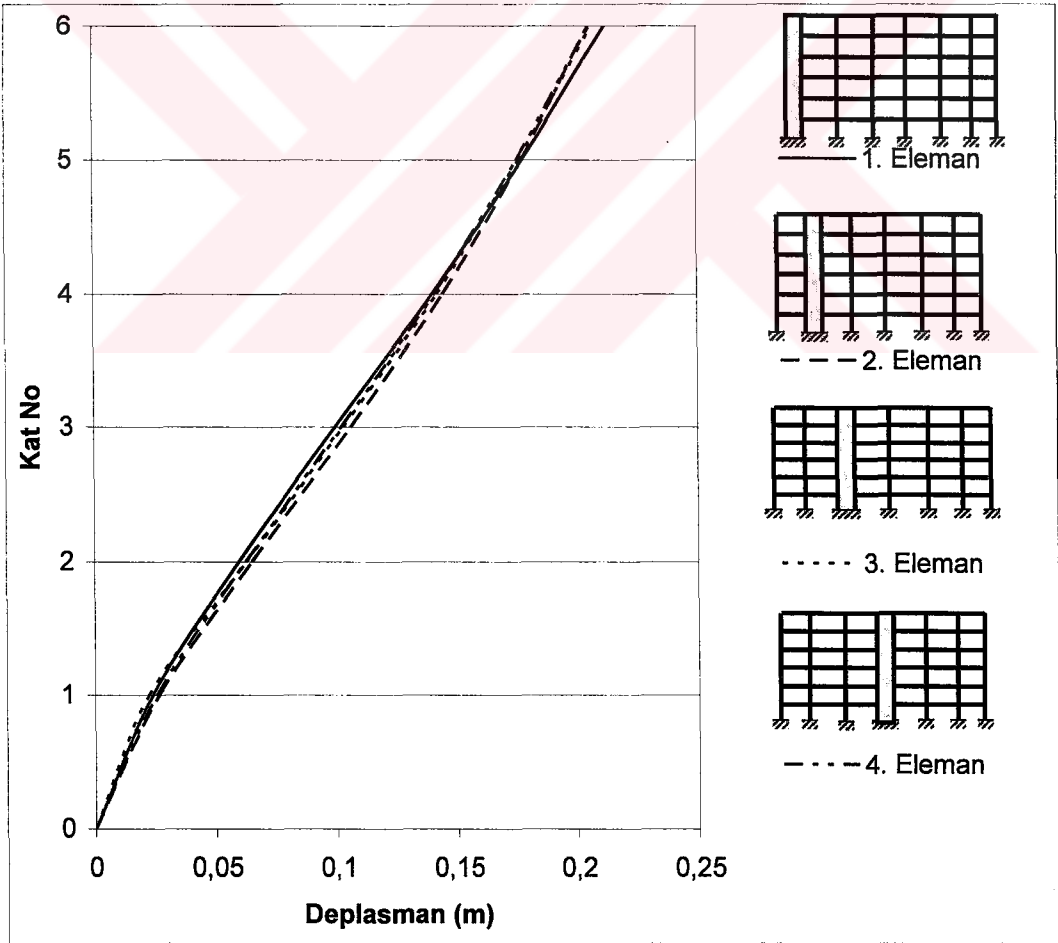


(c) Perde 3 eleman



(d) Perde 4. eleman

Şekil 3.39 Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde yerleşimli perde-çerçeve tipi yapılar



Şekil 3.40 Tek perdeli altı açıklıklı farklı perde yerleşiminin perde-çerçeve tipi yapıların deplasman profiline etkisi

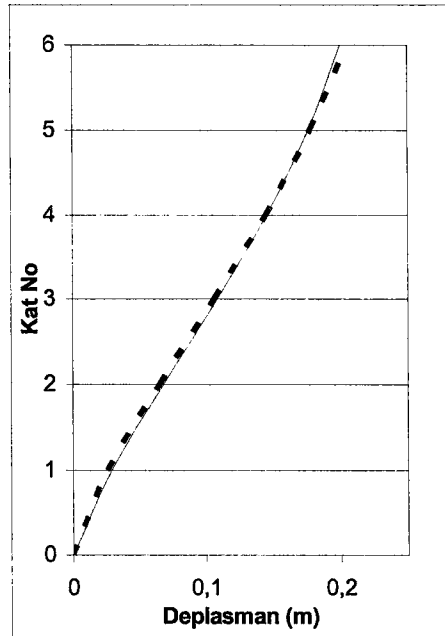
3.2 Perde-Çerçeve Yapıların Performans Değerlendirmesi

Perde-çerçeve tipi yapılara ait deplasman profillerinin elde edilmesi için yapılan itersasyonların sonuncusu ilgili yapı için doğru deplasman profilinin kullanıldığı direkt deplasman esaslı dizayndır. Bu nedenle altı, dokuz ve oniki katlı yapılardan taban kesme kuvvetinin %50'sinin tek bir perde tarafından karşılandığı yapıların performansları eleman ve sistem süneklikleri açısından değerlendirilecektir.

Perde-çerçeve yapıya ait performansın en iyi gösterimi eleman mafsallarında oluşan süneklik seviyeleridir. Ayrıca eleman sünekliği hasar değerlendirmesi açısından kullanışlı bir araçtır. Elemanların süneklik seviyelerini değerlendirmek için her bir yapıda on farklı deprem kaydına ait maksimum deplasman profilinden sonuç deplasman profiline en çok uyan kayıttaki süneklik seviyeleri değerlendirilmiştir.

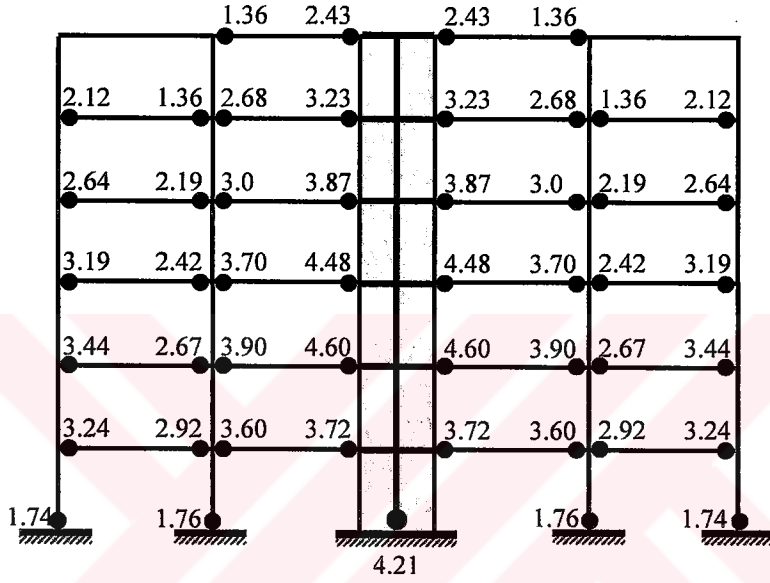
3.2.1 Altı Katlı Yapı

Altı katlı yapı için dördüncü iterasyonda elde edilen her bir yapay deprem kayıtlarından sonuç deplasman profiline en iyi uyan YP-YK2 kaydıdır. Şekil 3.41'de YP-YK2 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili verilmiştir.

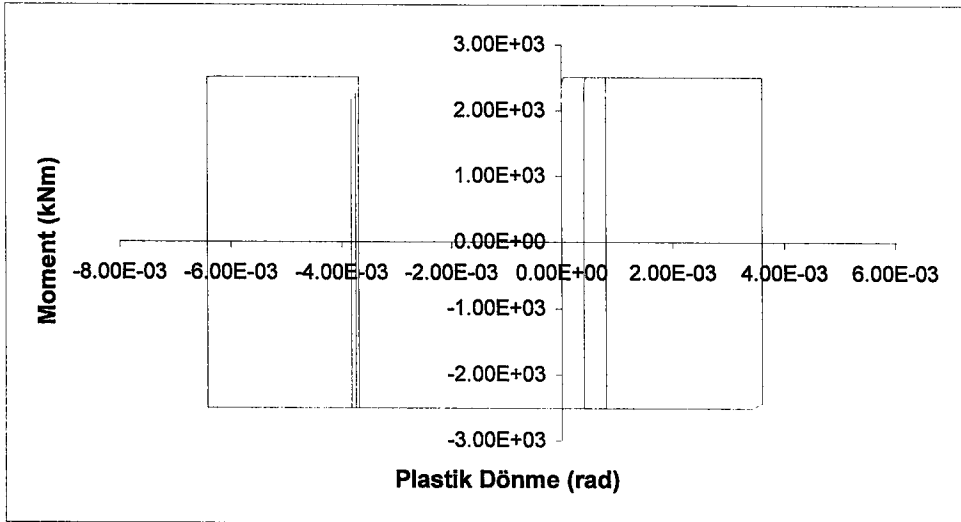


Şekil 3.41 YP-YK2 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili

Elemanlardaki plastik mafsallardaki süneklik değerleri Şekil 3.42’de verilmiştir. Şekil 3.42’de verilen plastik kesitlerin dağılımı ve süneklik seviyeleri oldukça iyidir. Sistemdeki perde dizaynının başlangıcında öngörülen 5 süneklik seviyesini tam sağlanamamakla birlikte perde oldukça sünek davranmaktadır. Perde eleman dolayısı ile sistemdeki kolonların süneklik seviyeleri çok yükselmemiştir. Perde elemana ait moment plastik dönme ilişkisi Şekil 3.43’de verilmiştir.



Şekil 3.42 Altı Katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı



Şekil 3.43 Perde elemana ait moment plastik dönme ilişkisi

Yapıya etkileyen deprem enerjisinin çoğu kiriş elemanlarda oluşan plastikleşmelerle yutulmaktadır. Kiriş elemanlarda özellikle görelî kat ötelemesinin yüksek olduğu ikinci ve üçüncü katlardaki perdeye saplanan kirişlerin süneklik seviyeleri oldukça yüksektir.

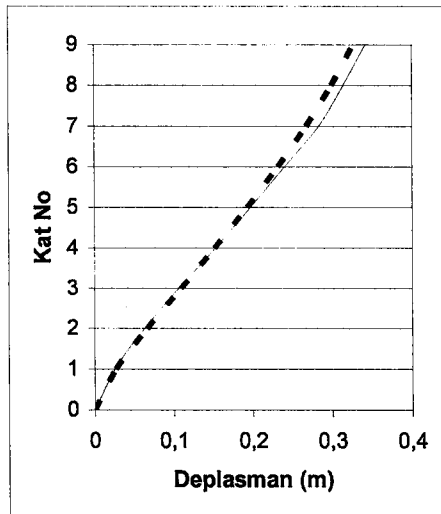
Sistem sünekliği [19] tarafından verildiği gibi elastik periyodun ve efektif periyodun bir fonksiyondur ve denklem 3.6'da verilmiştir.

$$\mu_{\text{sys}} = \frac{T_{\text{ef}}^2}{T_e^2} \quad (3.6)$$

Burada T_{ef} eşdeğer TSD sistemin periyodu, T_e ise gerçek rijitliklerle belirlenen elastik periyottur. Bu durumda DDED'a göre dizayn edilmiş altı katlı yapının süneklik seviyesi 1.86 hesaplanır. Elemanların süneklik seviyesi oldukça yüksek olmasına rağmen sistem sünekliği küçüktür.

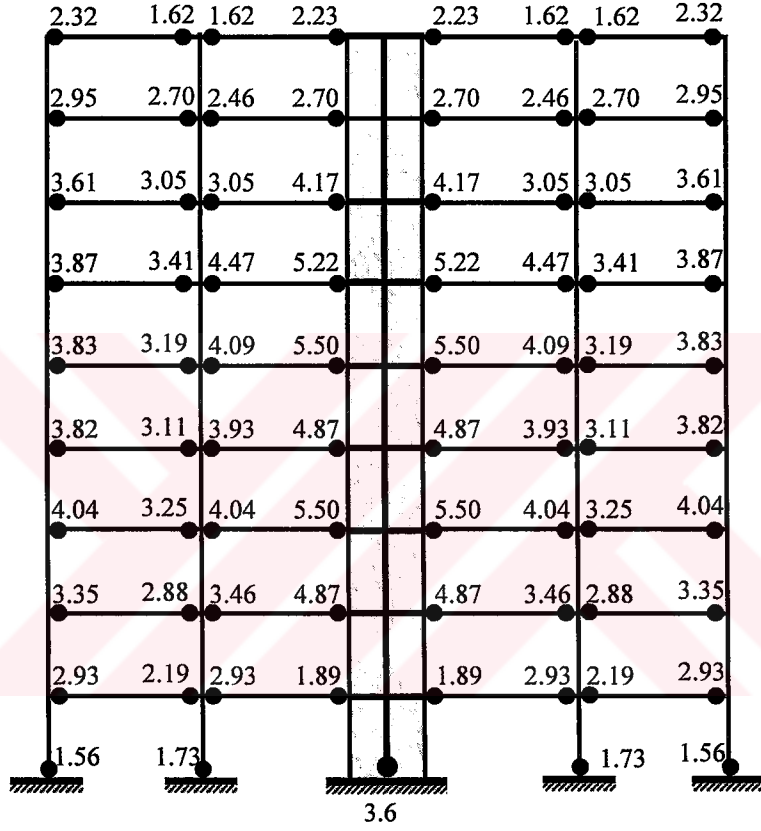
3.2.2 Dokuz Katlı Yapı

Dokuz katlı yapı için dördüncü iterasyonda elde edilen her bir yapay deprem kayıtlarından sonuç deplasman profiline en iyi uyan YK1 kaydına ait deplasman profilidir.. Şekil 3.44'de YK1 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili verilmiştir.



Şekil 3.44 YK1 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili

Elemanlardaki plastik mafsallardaki süneklik değerleri Şekil 3.45’de verilmiştir. Şekil 3.45’de verilen plastik kesitlerin dağılımı ve süneklik seviyeleri oldukça iyidir. Sistemdeki perde dizaynının başlangıcında öngörülen 5 süneklik seviyesini tam sağlayamamakla birlikte oldukça sünek davranmaktadır. Perde eleman dolayısı ile sistemdeki kolonların süneklik seviyeleri çok yükselmemiştir.

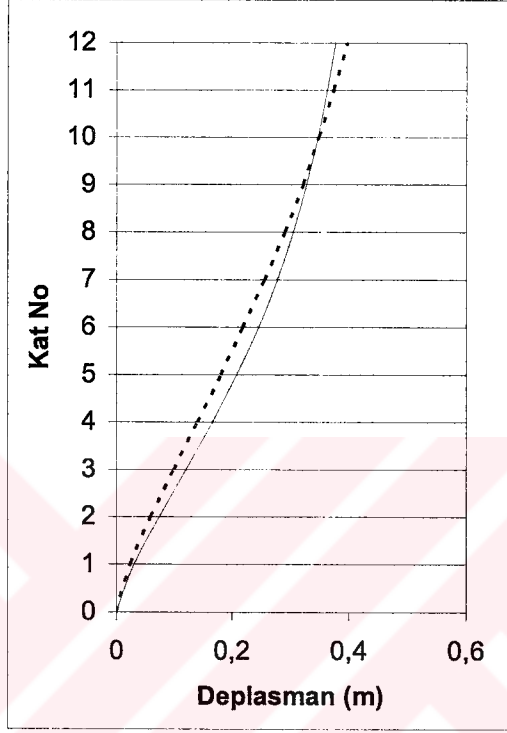


Şekil 3.45 Dokuz katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı

DDED’a göre dizayn edilmiş dokuz katlı yapının süneklik seviyesi 1.80 olarak hesaplanır. Elemanların süneklik seviyesi oldukça yüksek olmasına rağmen sistem sünekliği küçüktür

3.2.3 Oniki Katlı Yapı

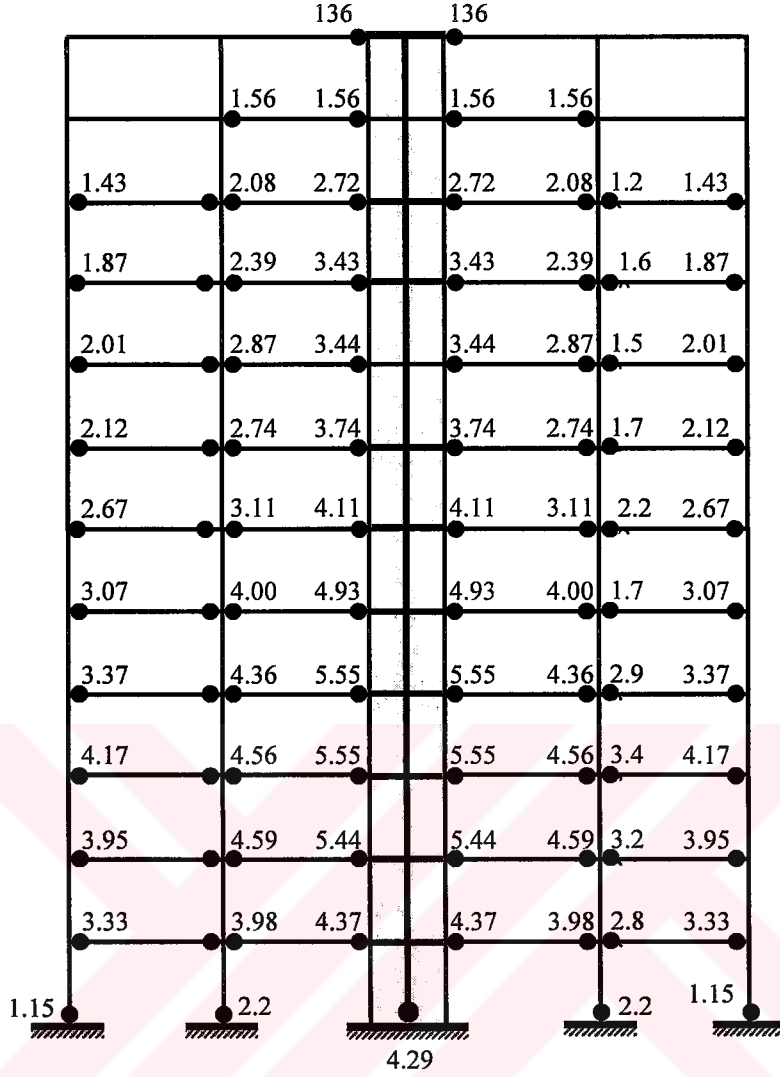
Oniki katlı yapı için dördüncü iterasyonda elde edilen her bir yapay deprem kayıtlarından sonuç deplasman profiline en iyi uyan YP-YK3 kaydıdır. Şekil 3.46'da YP-YK3 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili verilmiştir.



Şekil 3.46 YP-YK3 kaydına ait deplasman profili ile sonuç deplasman profili

Elemanlardaki plastik mafsallardaki süneklik değerleri Şekil 3.47'de verilmiştir. Sistemdeki perde dizaynının başlangıcında öngörülen 5 süneklik seviyesini tam sağlayamamakla birlikte oldukça sünek davranmaktadır. Perde eleman dolayısı ile sistemdeki kolonların süneklik seviyeleri çok yükselmemiştir.

DDED'a göre dizayn edilmiş oniki katlı yapının süneklik seviyesi 1.67 olarak hesaplanır. Elemanların süneklik seviyesi oldukça yüksek olmasına rağmen sistem sünekliği küçüktür.



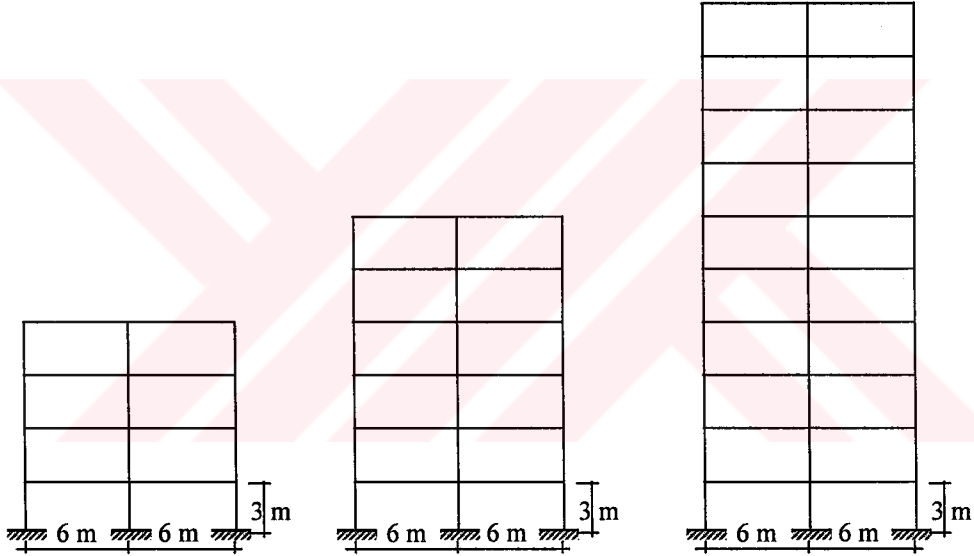
Şekil 3.47 Oniki katlı yapıda elemanlardaki süneklik seviyelerinin dağılımı

Moment aktaran çerçeve yapılar için önerilen DDED'nin perde-çerçeve yapıların dizaynı için genişletilen perde-çerçevelerin DDED metodu elemanların elastik olmayan davranışını dizayn başlangıcında öngörerek dizayn metoduna dahil etmektedir. LODA ile incelenen yapıların kesit süneklikleri DDED da öngörülen kesit sünekliklerine oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Bu durumda perde-çerçeve sistemler için hesap adımları verilen DDED prosedürü basit ve hızlı lineer elastik analizle lineer olmayan davranışı da içeren bir dizayn metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Metot perde-çerçeve sistemlerin dizaynı için geçerli bir dizayn prosedürüdür.

3.3 Çerçeve Tipi Yapılar

Bu bölümde dört, altı ve on katlı çerçeve tipi üç yapı incelenecektir. Bu yapılar iki 6 m'lik açıklığa ve 3 m'lik kat yüksekliğine sahiptirler. 102.000 kg'lık (1000 kN her kat için, 500 kN her açıklık için) kat kütlesi verilen boyutlarda bir çerçevenin taşıyabileceği kat kütlesini temsil edecek şekilde seçilmiştir. Yapılara ait detaylar Şekil 3.48'de verilmiştir.

Çerçeve tip yapıların dizaynında sönüm oranları %20 alınmış ve deplasman spektrumu %20 sönüm için indirgenmiştir. Başlangıç deplasman profili olarak [10]'da önerilen deplasman profili seçilmiştir. Maksimum kat ötelemesi ise %2.5 alınmıştır.



Şekil 3.48 Dört katlı, altı katlı ve on katlı yapılar

Analizi yapılan üç yapıdan altı katlı yapıya ait dizayn detayları verilecektir. Dört katlı ve on katlı yapıların sadece sonuçları verilecektir.

3.3.1 Altı Katlı Yapı

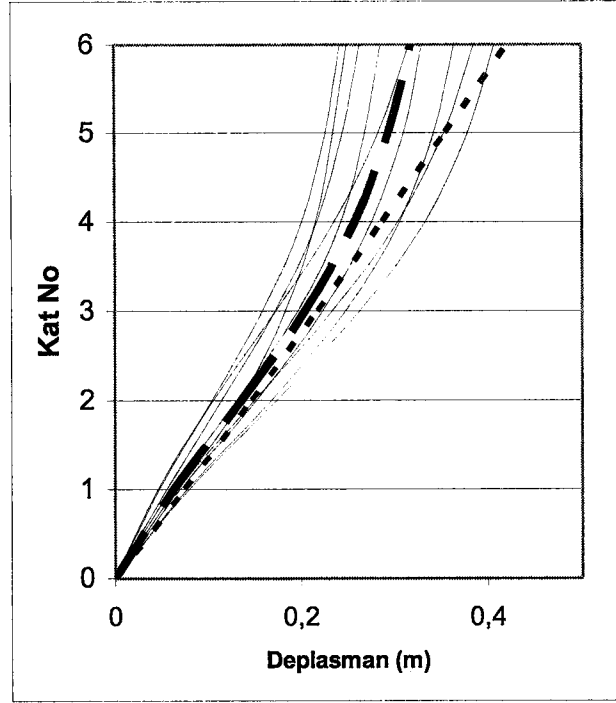
Birinci iterasyon

Şekil 3.48’de özellikleri verilen altı katlı yapıya ait yeni deplasman profilinin elde edilmesi için iki iterasyon yapılmıştır. Bu yapı öncelikle Priestley tarafından önerilen deplasman profili kullanılarak dizayn edilmiştir. Bu dizayna ait detaylar Çizelge 3.23’de verilmiştir.

Çizelge 3.23 Altı katlı yapının birinci iterasyonuna ait taban kesme kuvveti ve kat kuvvetleri

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	1000	0.074219	561.8591	7570.312	F_1	34.54128
2	1000	0.146875	2200.371	14981.25	F_2	68.35538
3	1000	0.217969	4846.058	22232.81	F_3	101.4423
4	1000	0.2875	8430.938	29325	F_4	133.802
5	1000	0.355469	12888.52	36257.81	F_5	165.4346
6	1000	0.421875	18153.81	43031.25	F_6	196.3399
$\Delta_{sys}=0.307$ m						
$T_{eff}=2.94$ sn						
$M_{eff}=499794.1$ kg						
$K_{eff}=2280.425$ kN/m						
$V_b=699.9154$						

Altı katlı çerçeve tipi yapı, hesaplanan kat kesme kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon momentleri kullanılarak elde edilen moment taleplerine göre dizayn edilmiştir. Dizayn edilen altı katlı yapıda 10 farklı yapay deprem kaydı için lineer olmayan dinamik analiz yapılmıştır. LODA sonucu elde edilen her bir kayda ait maksimum deplasman zarfları Şekil 3.49’da ince sürekli çizgi ile, 10 kayda ait deplasmanların zarflarının ortalaması uzun kesik çizgi ile, başlangıçta kullanılan deplasman profili ise kısa kesik çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.49 Birinci iterasyona ait deplasman profilleri

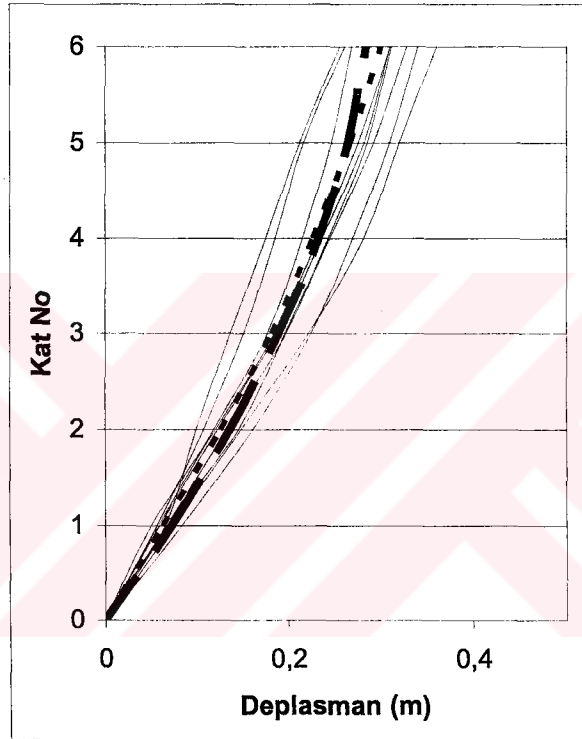
İkinci İterasyon

Dizayn için kullanılan deplasman profili ile sonuç deplasman profili birbirinden çok farklıdır. Dolayısı ile bulunan yeni deplasman profili kullanılarak ikinci iterasyon yapılacaktır. Birinci iterasyon sonucu elde edilen deplasman profili kullanılarak yapıda oluşan taban kesme kuvveti ve kat kesme kuvvetleri ile eşdeğer lineer sisteme ait özellikler belirlenmiş ve Çizelge 3.24 verilmiştir.

Çizelge 3.24 Altı katlı yapının ikinci iterasyonuna ait taban kesme kuvveti ve kat kuvvetleri

Kat No	Kat Ağırlığı (kN)	Deplasman Profili	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i$	F_i	Kat Kuvvetleri (kN)
1	1000	0.062948	404.17	6420.696	F_1	43.96215
2	1000	0.13561	1875.787	13832.22	F_2	94.70844
3	1000	0.20423	4254.409	20831.46	F_3	142.6318
4	1000	0.25819	6799.532	26335.38	F_4	180.3169
5	1000	0.29452	8847.687	30041.04	F_5	205.6893
6	1000	0.3186	10353.61	32497.2	F_6	222.5065
$\Delta_{sys}=0.2503$ m.						
$\Gamma_{eff}=2.4$ sn						

Altı katlı çerçeve tipi yapı hesaplanan kat kesme kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon momentleri kullanılarak elde edilen moment taleplerine göre dizayn edilmiştir. Dizayn edilen altı katlı yapıda 10 farklı yapay deprem kaydı için lineer olmayan dinamik analiz yapılmıştır. LODA sonucu elde edilen her bir kayda ait maksimum deplasman zarfları Şekil 3.50’de ince sürekli çizgi ile, 10 kayda ait deplasmanların zarflarının ortalaması uzun kesik çizgi ile, başlangıçta kullanılan deplasman profili ise kısa kesik çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.50 İkinci iterasyona ait deplasman profilleri

3.3.2 Dört ve On Katlı Yapılar

Dört ve on katlı yapılar içinde aynı iteratif çözümlenmeler yapılmış ve deplasman profilleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuç deplasman profilleri Jonsson tarafından geliştirilen deplasman profiline ait fonksiyon ile ifade edilebilmektedir [39]. Jonsson tarafından betonarme yapılar için deplasman profili denklem (3.8)’den bulunur.

$$\Delta_i = \theta_d h_n \left[\frac{h_i}{h_n} - \left(\frac{1-\chi}{\gamma} \right) \cdot \left(\frac{h_i}{h_n} \right)^\gamma \right] \quad (3.7)$$

Çizelge 3.25 Kat sayılarına bağlı olarak χ ve γ değerleri

N	γ	χ
3	5.70	0.180
4	3.8	0.180
5	2.67	0.180
6	2.23	0.180
8	1.84	0.180
10	1.65	0.180
15	1.44	0.180

Denklem 3.7’de verilen deplasman profiline ait fonksiyonda çözümü yapılan dört, altı ve on katlı yapıların direkt deplasman esaslı dizaynında kullanılacak deplasman profillerinin elde edilmesi için önerilen γ değerleri Çizelge 3.25’de koyu olarak yazılmıştır. Dört, altı ve on katlı yapıların eşdeğer TSD sistemlerine ait karşılaştırmalar Çizelge 3.26-3.27 ve 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.26-3.27 ve 3.28’e göre önerilen deplasman profili ve Priestley tarafından önerilen deplasman profilleri kullanıldığında hesaplanan taban kesme kuvvet kat adedi arttıkça artmakta ve 10 katlı yapıda %60 oranında bir artış gözlenmektedir. Efektif periyottaki değişim ise %30 mertebesindedir.

Çizelge 3.26 Dört katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması

Dört Katlı Yapı			
	Önerilen Profil	Priestley	% fark
Dsys	0.19	0.23	16.89
Teff	1.80	2.16	16.90
Meff	358564.58	340000.00	-5.46
Kef	4388.92	2874.03	-52.71
Vb	822.25	646.66	-27.15

Çizelge 3.27 Altı katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması

Altı Katlı Yapı			
	Önerilen Profil	Priestley	% fark
Dsys	0.23	0.31	26.71
Teff	2.15	2.94	26.87
Meff	535781.11	499794.05	-7.20
Kef	4571.20	2280.42	-100.45
Vb	1026.67	699.92	-46.69

Çizelge 3.28 On katlı çerçeve tipi yapıda Priestley'in ve önerilen profillerle dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması

On Katlı Yapı			
	Önerilen Profil	Priestley	% fark
Dsys	0.29	0.44	33.64
Teff	2.80	4.22	33.65
Meff	882267.64	830833.79	-6.19
Kef	4438.17	1839.96	-141.21
Vb	1296.67	809.81	-60.12

4. KUVVET ESASLI DİZAYN METODU

Dört açıklıklı taban kesme kuvvetinin % 50'sinin çerçevenin orta aksındaki tek bir perde tarafından karşılandığı dokuz, altı ve oniki katlı yapılar kuvvet esaslı dizayn kullanılarak dizayn edilmiştir. Perde çerçeve yapıların direkt deplasman esaslı dizayn ile karşılaştırılabilmesi için yapılara ait özellikler değiştirilmemiştir. Kuvvet esaslı dizaynda SEAOC Blue Book [26]'da verilen ivme spektrumu kullanılmıştır.

Kuvvet esaslı dizayn metodu aşağıda verilen hesap adımlarını içerir.

- 1-Eleman ön boyutlarının seçilmesi ve elemanların çatlamış kesit rijitliklerinin belirlenmesi
- 2-Yapının birinci moduna ait periyodunun belirlenmesi
- 3-Uygun bir yapısal süneklik faktörünün seçilmesi
- 4-Belirlenen süneklik faktörüne ve birinci moda ait periyoduna bağlı olarak uygun bir dizayn ivme spektrumundan yatay yük katsayısının belirlenmesi.
- 5-Dizayn kuvvetlerinin belirlenmesi ve katlara dağıtılması.
- 6-Eleman kuvvetlerinin elde edilmesi ve elemanların dizaynı
- 7-Görelî kat ötelemesi oranlarını sınırlandırmak için deplasmanların kontrolü.

Yapıdaki elemanlara ait kesit tesiri taleplerinin belirlenmesi için davranış spektrumu analizi kullanılabilir. Modal davranış spektrumu analizi ile yapıya ait periyot, eleman dizayn kuvvetleri ve maksimum elastik deplasman profilli (MEDP) elde edilir. Yapıya ait davranış elde edilirken ilk üç mod davranışı dikkate alınmıştır. Dokuz katlı yapının kuvvet esaslı dizaynına ait detaylar verilmiş, altı ve oniki katlı yapıların ise değerlendirme sonuçları sunulmuştur.

4.1 Dokuz Katlı Yapı

4.1.1 Eleman Taleplerinin Belirlenmesi

Kuvvet esaslı dizaynın ilk adımı elemanların boyutlarının seçilmesi ve çatlama kesit rijitliklerini belirlenmesidir. Deplasman esaslı dizayn ile karşılaştırma yapabilmek için elemanlara ait boyutlar DDED ile aynı seçilmiştir. Elemanların çatlama kesit rijitliklerinin belirlenmesi bu aşamada çok zordur. Eleman boyutları bilinmesine rağmen, eleman dayanımları bu boyutlara bağlı yapılan analiz sonunda elde edileceğinden elemanların gerçek çatlama kesit rijitliklerini belirlemek çok gerçekçi değildir. Paulay ve Priestley (1992) çatlama kesit rijitliklerinin belirlenebilmesi için Çizelge 4.1 de verilen ifadeleri önermişlerdir[65]. Çizelge 4.1’de verilen ifadelerde I_{cr} çatlama kesit rijitliği, A_g kesitin brüt alanı, I_g ise brüt kesit atalet momentidir.

Çizelge 4.1 Elemanların çatlama kesit rijitliklerinin tahmini.

	Aralık	Önerilen Değer
Dikdörtgen Kirişler	0.30-0.50 I_g	0.40 I_g
T veya L Kirişler	0.25-0.45 I_g	0.35 I_g
Perde		0.5 I_g
Kolonlar:		
$N_c > 0.5 f'_c A_g$	0.70-0.90 I_g	0.80 I_g
$N_c = 0.2 f'_c A_g$	0.50-0.70 I_g	0.60 I_g
$N_c = -0.05 f'_c A_g$	0.30-0.50 I_g	0.40 I_g

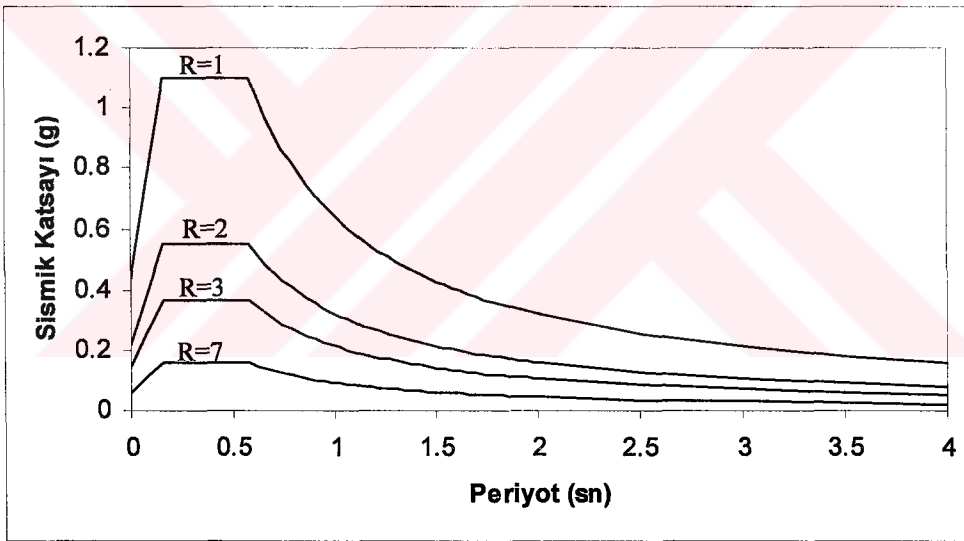
Çizelge 4.1’de verilen değerler yapının birinci moduna ait periyodunun belirlenmesinde kullanılacak rijitliklerdir.

Dokuz katlı yapıya ait çatlama kesit özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Dokuz katlı perde-çerçeveye ait çatlamış kesit rijitlikleri (m^4)

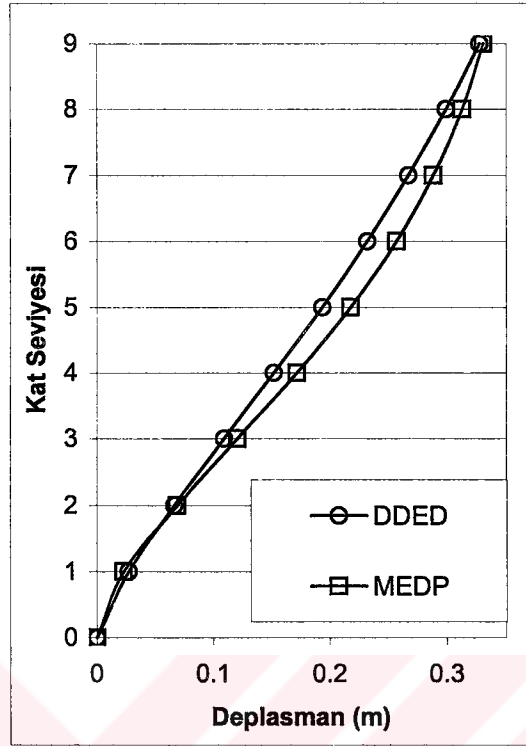
Kat	Kolon Elemanlar	Kiriş Elemanlar	Perde Elemanlar
	50 x 50 cm	30 x 50 cm	160 x 20 cm
1-6	0.6 $I_g=0.00312$	0.4 $I_g=0.00125$	0.5 $I_g=0.00341$
6-9	0.5 $I_g=0.00260$	0.4 $I_g=0.00125$	0.5 $I_g=0.00341$

Belirlenen başlangıç rijitlikleri ile davranış spektrumu analizi yapıлып yapının birinci moduna ait periyodu $T_1=1.59$ sn olarak hesaplanmıştır. Davranış spektrumunda kullanılan farklı süneklik faktörlerine göre ivme spektrumu Şekil 4.1’de verilmiştir.

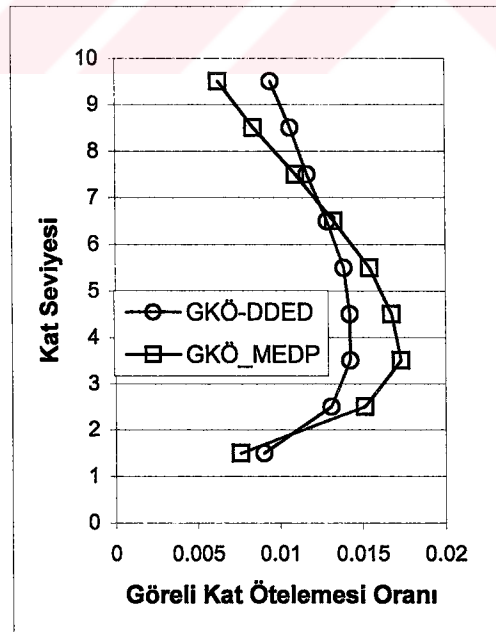


Şekil 4.1 İvme Spektrumu.

Davranış spektrumu analizi süneklik faktörü $R=7$ alınarak yapılmış ve yapıya ait taban kesme kuvvet $V_b=382$ kN olarak hesaplanmıştır. DDED’da ise taban kesme kuvveti $V_b=1130$ kN hesaplanmıştır. Yapıya ait maksimum elastik deplasman profili(MEDP) ve DDED kullanılan deplasman profili Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Dokuz katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED kullanılan elastik olmayan deplasman profili.



Şekil 4.3 Dokuz katlı yapıya ait MEDP ve DDED için görel kat ötelemeleri oranları.

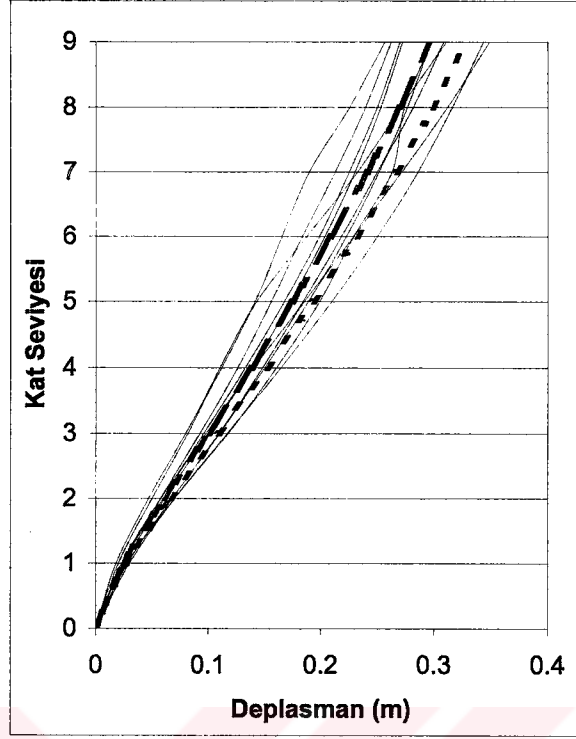
Şekil 4.3’de maksimum elastik deplasman profilindeki maksimum görelî kat ötelenme oranı % 1.75’dir. Bu değeri perde-çerçeve yapılar için geçerli olan %1.5 görelî kat öteleme oranından büyüktür. Bu değeri azaltılabilmesi için kesitlerin büyüülmesi gerekmektedir. Ancak yapıya ait kuvvet esaslı dizayn ile DDED karşılaştırılacağından kesitler büyüülmemiştir.

4.1.2 Süneklik Faktörü Azaltılarak Dizayn

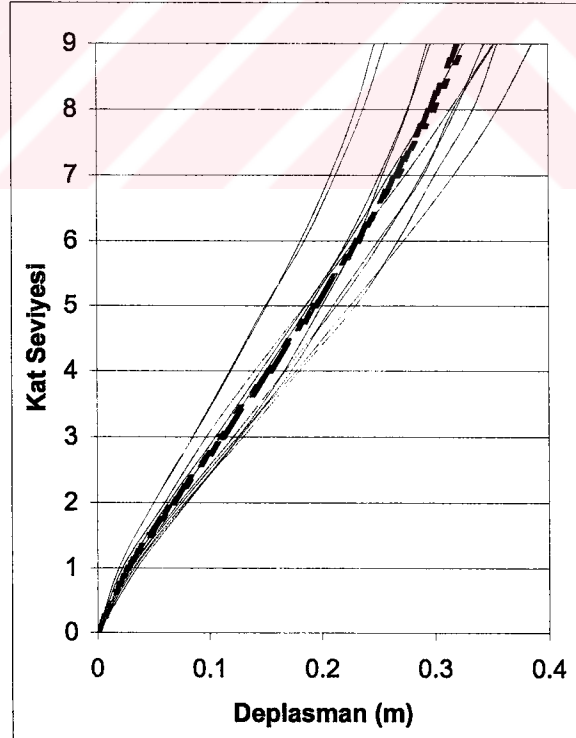
Gerçekçi bir dizayn yapabilmek için alternatif bir yol da yapının süneklik faktörünü azaltmaktır [19]. Süneklik faktörünü azaltıldığında yapıda oluşacak taban kesme kuvveti artacak, dolayısı ile elemanlara ait talepleri de artacaktır. Elemanların gerçek rijitlikleri belirlendiğinde ise MEDP’deki görelî kat ötelenme oranı %1.5 mertebesine ulaşacaktır.

DDED ve KED’den elde edile taban kesme kuvvetlerinin oranı 2.95’dir. Kuvvet esaslı dizaynda kullanılan $R=7$ değeri bu oranla azaltırsak $R=2.37$ bulunur. Bu nedenle yapı önce $R=2$ alınarak dizayn edilmiştir. Dizayn edilen yapı için her bir yapay depreme ait lineer olmayan deplasman profilleri lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilmiş ve Şekil 4.4’de verilmiştir. Şekilde ince düz çizgiler yapay deprem kayıtlarına ait deplasman profilini kısa kesik çizgi DDED’da kullanılan deplasman profilini uzun kesikli çizgi ise $R=2$ için 10 yapay deprem kaydına ait ortalama deplasman profilini vermektedir.

$R=2$ alındığında yapı DDED’a göre dizayn edilen yapıya göre daha rijit yapı elde edilmiştir (Şekil 4.4). Bu nedenle dizayn $R=3$ alınarak tekrar edilmiştir.



Şekil 4.4 Dokuz katlı yapıda $R=2$ için 10 farklı yapay kayıta deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili.

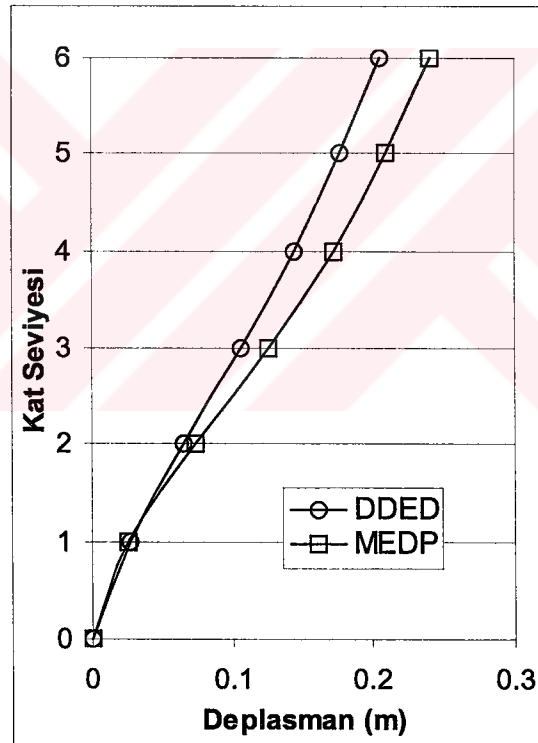


Şekil 4.5 Dokuz katlı yapıda $R=3$ için 10 farklı yapay kayıta deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili.

Şekil 4.5’de 10 farklı yapay deprem kaydına ait deplasman profillerinin ortalaması ile DDED’da kullanılan deplasman profilleri üst üste çakışmaktadır. Dolayısı ile DDED ile aynı özelliklerde bir yapıyı Kuvvet esaslı dizayn ile sağlayabilmek için $R=3$ alınmalıdır.

4.2 Altı Katlı Yapı

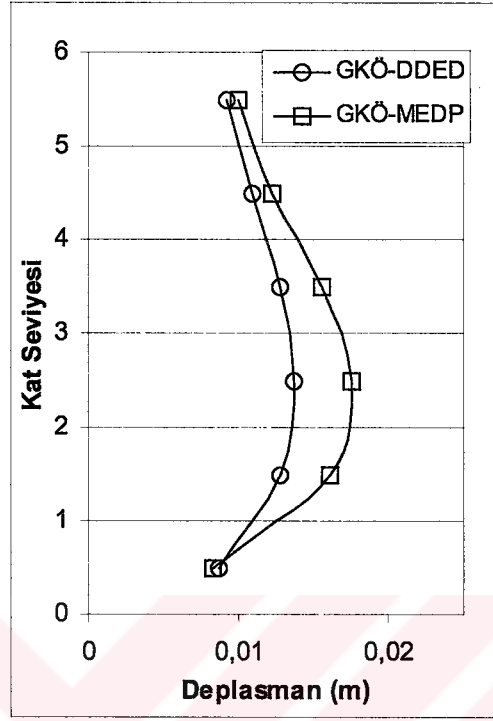
Altı katlı yapı için başlangıç çatlama kesit rijitlikleri hesaplanıp, davranış spektrumu analizi süneklik faktörü $R=7$ alınarak yapıldığında yapıya etkiyen taban kesme kuvvet $V_b=352.35$ kN olarak hesaplanmıştır. DED’da ise taban kesme kuvveti $V_b=1166$ kN hesaplanmıştır. Şekil 4.6’da MEDP ve DDED profilleri verilmiştir.



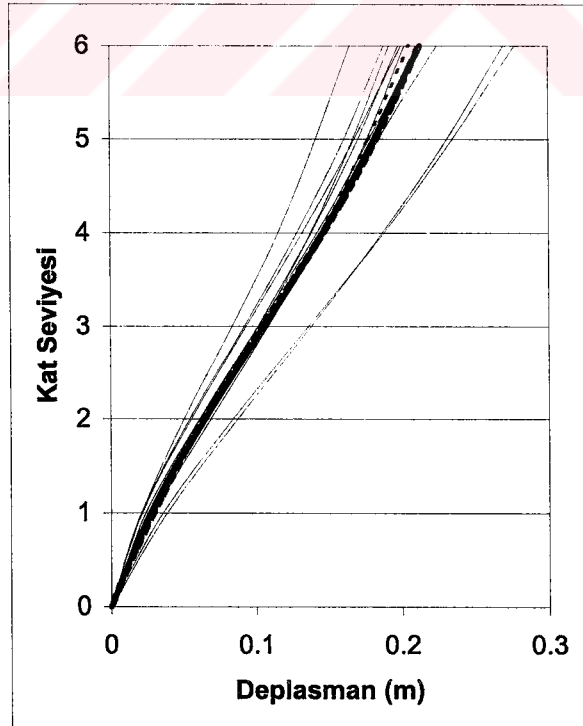
Şekil 4.6 Altı katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED’da kullanılan elastik olmayan deplasman profili.

Şekil 4.7’de MEDP maksimum göreceli kat ötelenme oranı % 1.75’dir. Bu değer ise perde-çerçeve yapı için geçerli olan %1.5 göreceli kat öteleme oranında büyüktür. Bu nedenle $R=3$ alınarak dizayn tekrar edilir ve yapılan LODA sonucunda

10 yapay deprem kaydına ait deplasman profillerinin ortalaması ile DDED'da kullanılan deplasman profili üst üste çakışmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.7 Altı katlı yapıya ait MEDP için görel kat ötelemeleri ve DDED için görel kat ötelemeleri oranı.

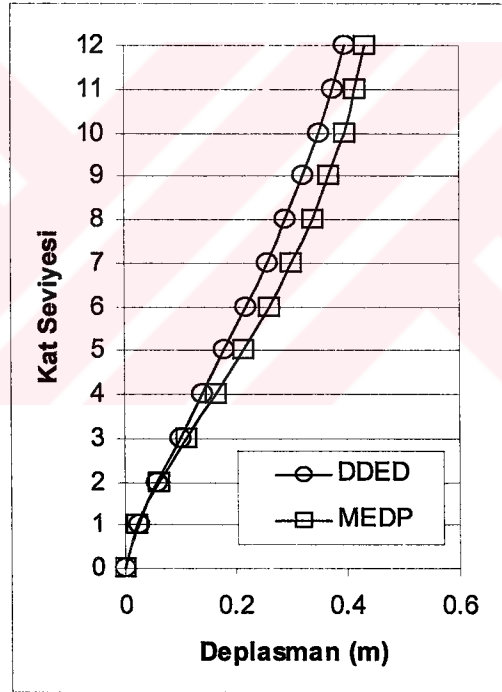


Şekil 4.8 Altı katlı yapıda R=3 için 10 farklı yapay kayıt ait deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili.

Şekil 4.8’de 10 yapay deprem kaydına ait deplasman profillerinin ortalaması ile DDED’da kullanılan deplasman profili üst üste çakışmaktadır. Dolayısı ile DDED ile aynı özelliklerde bir yapıyı kuvvet esaslı dizayn ile sağlayabilmek için $R=3$ alınmalıdır.

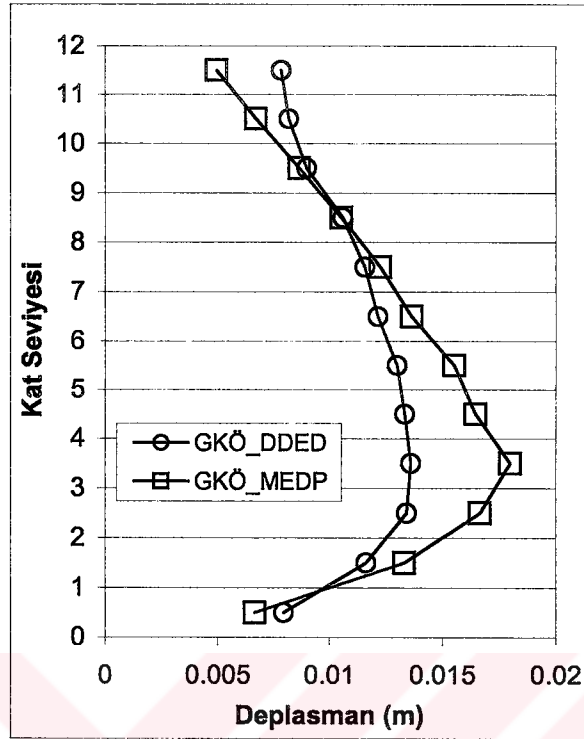
4.3 Oniki Katlı Yapı

Oniki katlı yapı için başlangıç çatlamış kesit rijitlikleri hesaplanıp, davranış spektrumu analizi süneklik faktörü $R=7$ alınarak yapıldığında yapıya etkiyen taban kesme kuvvet $V_b=455.35$ kN olarak hesaplanmıştır. DDED’da ise taban kesme kuvveti $V_b=1240$ kN hesaplanmıştır. Şekil 4.9’da MEDP ve DDED deplasman profilleri verilmiştir.

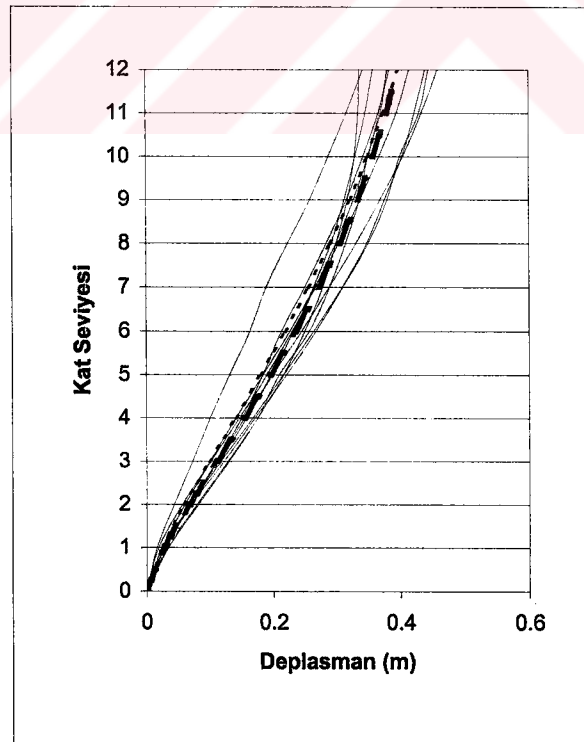


Şekil 4.9 Oniki katlı yapı için maksimum elastik deplasman profili (MEDP) ve DDED’da kullanılan elastik olmayan deplasman profili.

Şekil 4.10’da MEDP maksimum görelî kat ötelenme oranı % 1.7’dir. Bu değer ise perde-çerçeve yapı için %1.5 görelî kat öteleme oranından büyüktür. Bu nedenle $R=3$ alınarak dizayn tekrar edilerek yapılan LODA sonucunda 10 yapay deprem kaydına ait deplasman profillerinin ortalaması ile DDED’da kullanılan deplasman profilleri üst üste çakışmaktadır (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 Oniki katlı yapıya ait MEDP ve DDED için görel kat ötelemeleri oranları.



Şekil 4.11 Oniki katlı yapıda R=3 için 10 farklı yapay deprem kaydına ait deplasman profilleri, ortalama deplasman profili ve DDED deplasman profili.

Şekil 4.11’de 10 yapay deprem kaydına ait deplasman profillerinin ortalaması ile DDED’da kullanılan deplasman profilleri üst üste çakışmaktadır. Dolayısı ile DDED ile aynı özelliklerde bir yapıyı kuvvet esaslı dizayn ile sağlayabilmek için $R=3$ alınmalıdır.

4.4 DED ile KED Metotlarındaki Sistem İlişkileri

DDED ile KED perde çerçevelerine ait sistem karakteristikleri Çizelge 4-3 ve Çizelge 4.4’de verilmiştir. Sistem karakteristikleri birinci moda ait periyot (T), sistem sünekliği (π_{sys} ve R, sırası ile DDE ve KED için) ve taban kesme kuvvetinin toplam yapı ağırlığına oranı $\left(\frac{V_b}{W}\right)$ olarak verilen sismik dizayn katsayısı ile ifade edilmektedir.

Çizelge 4.3 DDED perde çerçeve sistemlerine ait sistem karakteristikleri

	T	π_{sys}	$\left(\frac{V_b}{W}\right)$
Altı	1.10	1.86	0.2208
Dokuz	1.127	1.80	0.141
Oniki	2.154	1.67	0.1174

Çizelge 4.4 KED perde çerçeve sistemlerine ait sistem karakteristikleri

	T	R	$\left(\frac{V_b}{W}\right)$
Altı	1.128	7	0.067
	1.118	2	0.1557
Dokuz	1.586	7	0.048
	1.319	3	0.112
	1.611	2	0.168
Oniki	1.82	7	0.043
	2.28	3	0.1006

Altı katlı yapı için $R=2$ alındığında dokuz ve oniki katlı yapıda ise $R=3$ alındığında DDED ile KED birbirine yaklaşmaktadır. $R=7$ alınması halinde moment talepleri çok küçük elde edilmektedir. Ancak kesitler büyütülerek EMDP sağlandığında ise yapı çok rijit olduğundan elemanların moment talepleri çok artacaktır.



5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, moment aktaran çerçeve tipi yapılar için geliştirilen direkt deplasman esaslı dizayn metodu tek perdeli perde-çerçeve yapıların dizaynı için genişletilmiştir. Analizler için perdenin yapının orta aksında olduğu dört açıklıklı altı, dokuz ve oniki katlı yapılar, altı açıklıklı altı ve on iki katlı yapılar, sekiz açıklıklı altı katlı yapı ve perdenin konumunun farklı olduğu dört adet altı açıklıklı altı katlı yapı incelenmiştir. Ayrıca dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve tipi yapılara ait deplasman profilleri belirlenmiştir.

Direkt deplasman esaslı dizaynda (DDED) yapısal analiz ile elemanlara ait moment taleplerinin hesaplanabilmesi için elemanların rijitlik oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin perde tarafından karşılanma oranına bağlı olarak perde-kolon rijitlik oranı belirlenmelidir. Yapılan parametrik çalışma ile altı, dokuz ve oniki katlı perde çerçeve tipi yapılar için perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetine bağlı olarak perde elemanın rijitliğinin toplam kolon rijitliğine oranının belirlenmesi için ifadeler elde edilmiştir. Perdenin kenar aksta olması durumu hariç perdenin sistemin herhangi bir aksında olması durumunda rijitlik oranında bir değişim olmamaktadır.

Kiriş elemanların elastik olmayan davranışı DDED metoduna giriş elemanların rijitliklerinin süneklik talebiyle azaltılmasıyla dahil edilmektedir. (Temsili Yapı Yaklaşımı). Bu çalışmada giriş elemanlarının $\mu_d=5$ süneklik seviyesi için dizayn edilmesi öngörülmüştür. Buna bağlı olarak giriş kolon çatlamış kesit rijitlikleri birbirine eşit alınarak giriş-kolon rijitlik oranı 0.2 alınmıştır. Benzer bir yaklaşımla perde elemanın plastikleşmesi beklenen zemin kat yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmıştır. $\mu_d=5$ süneklik talebinin azaltılması veya artırılması perde-çerçeve tipi yapıdaki moment dağılımını etkilememektedir.

Perde ve kolon elemanların zemin kattaki alt uç moment taleplerinin sabitlenmesi çerçevedeki moment dağılımını kontrol altına alır. Ayrıca zemin kat kolonunun alt ucu momenti ve perde alt ucu momenti sabitlenerek kolon ve perde elemanların elastik olmayan davranışları kontrol altına alınmaktadır. Çerçeve yapılarda kolonda sabitlenecek moment talebi, kolonların karşıladığı kesme kuvveti, zemin kat yüksekliği ve moment sıfır noktasının yerine bağlı olarak elde edilebilmektedir. Perde çerçeve tipi yapılar için de aynı yaklaşım kullanılarak perdenin karşıladığı toplam taban kesme kuvvetine bağlı olarak kolonlarda ve perdede sabitlenecek momentler elde edilmektedir. Yapılan parametrik çalışmalarla, perde elemanın tabanında sabitlenecek moment talebi için dört açıklıklı altı, dokuz ve oniki katlı perde-çerçeve tipi yapılar için sırası ile denklem (2.33), (2.35) ve (2.36) elde edilmiştir. Ayrıca altı açıklıklı altı ve on iki katlı perdenin sistemin orta aksında olduğu perde çerçeve sistemlerde perde elemanın tabanında sabitlenecek moment talebi için denklem (2.38) ve (2.40) elde edilmiştir.

Deplasman profillerinin belirlenmesinde kullanılan iteratif yaklaşım da öncelikle başlangıç deplasman profilinin belirlenmesi gerekmektedir. Altı katlı perde çerçeve tipi yapıda dört farklı başlangıç profilinin sonuç deplasman profiline etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, (a) Priestley [10] tarafından önerilen çerçeve tipi yapıya ait deplasman profili, (b) yapının 140 x 20 cm boyutlarında konsol bir perdeden oluşması durumuna ait konsol perde deplasman profili, (c) rastgele seçilmiş deplasman profili ve (d) altı katlı çerçeve tipi yapılar için önerilen deplasman profilleri başlangıç profili olarak kullanılmıştır. Bu dört farklı deplasman profili ile yapılan iteratif analizlerin tümü Şekil 3.16'da verildiği gibi aynı sonuç deplasman profiline yakınsamıştır. Dolayısı ile iteratif yaklaşım ile deplasman profilinin elde edilmesinde seçilen başlangıç profilinin öneminin olmadığı sadece iterasyon sayısının değiştiği belirlenmiştir.

DDED metodunda kullanılacak deplasman profillerinin elde edilmesi için DDED ve Lineer Olmayan Dinamik Analizin (LODA) beraber kullanıldığı iteratif bir yaklaşım esas alınmıştır. Taban kesme kuvvetinin %50'sinin perde tarafından karşılanması durumuna ait altı, dokuz ve oniki katlı perde-çerçeve tipi yapılar için elde edilen deplasman profilleri Şekil (3.36)'da verilmiştir.

DDED metodunda yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin kat kütlesi ile orantılı olarak artmasına rağmen, sonuç deplasman profiline bağlı olarak hesaplanan eşdeğer TSD sisteme ait deplasman dolayısı ile efektif periyot değişmemektedir. Ancak kat kütlelerinin değişiminin DDED metodunda kullanılan deplasman profilini etkileyip etkilemediği belirlenmelidir. Bu amaçla tüm kat kütlelerinin aynı oranda değişiminin etkisini belirlemek için altı katlı yapı üzerindeki kütleler 2.27 kat arttırılarak iteratif yaklaşımla sonuç deplasman profili elde edilmiştir.. Kat kütlelerinin orantılı değişiminin sonuç deplasman profilini değiştirmedeği Şekil 3.17’de görülmektedir.

Perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti oranının sonuç deplasman profili üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla altı, dokuz ve oniki katlı yapılar üzerinde taban kesme kuvvetinin %40, %50 ve %60’ının perde tarafından karşılanması durumları için deplasman profilleri belirlenmiştir. Elde edilen deplasman profillerinin farkının dizayn sonuçlarını etkilemeyecek mertebede olduğu görülmüştür.

Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini belirlemek için altı ve sekiz açıklıklı altı katlı yapıya ait deplasman profilleri elde edilmiş ve sonuç deplasman profilinin açıklık sayısı ile değişmediği belirlenmiştir. Ayrıca on iki katlı altı ve dört açıklıklı yapıların deplasman profilleri elde edilerek açıklık sayısı ve kat adedinin beraber değişiminin deplasman profiline etkisi araştırılmış ve deplasman profilini değişmediği belirlenmiştir.

Perdenin perde çerçeve sistemdeki konumunun deplasman profiline etkisini belirlemek için altı katlı altı açıklıklı sistemde perdenin yeri değiştirilerek analizler yapılarak perdenin konumunun deplasman profiline etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Perde çerçeve tipi yapılar için geliştirilen DDED metodunun değerlendirilmesi amacıyla plastikleşen kesitlerdeki süneklik seviyeleri ve sistem süneklik seviyesi LODA ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirme taban kesme kuvvetinin %50’sinin perde tarafından karşılandığı altı, dokuz ve oniki katlı yapılar üzerinde yapılmıştır. Değerlendirmede her bir yapı için sonuç deplasman profilinin

elde edildiği son iterasyondaki dizayn sonuçları esas alınmıştır. Değerlendirmenin daha gerçekçi yapılabilmesi için 10 farklı yapay deprem kaydına ait maksimum deplasman profillerinden sonuç deplasman profiline en uyumlu olanına ait sonuçlar kullanılmıştır.

Buna göre;

(a) Altı katlı yapıda, kiriş süneklik talebi maksimum 4.6, minimum ise 1 olarak (dış açıklıktaki en üst kat kirişi elastik kalmıştır) bulunmuştur. Maksimum süneklik seviyesi görelî kat ötelemesinin oluştuğu üçüncü ve dördüncü katta perdeye saplanan kirişlerde elde edilmiştir. Kiriş elemanlardan sadece en üst katta ve en dış açıklıkta bulunan kirişler elastik kalmıştır. Perde elemanda da öngörülen süneklik seviyesi elde edilmiştir. Perde oldukça sünek bir davranış göstermektedir. Sadece kolonlarda DDED’da öngörülen süneklik taleplerinden daha küçük süneklik seviyeleri elde edilmiştir. Bunun sebebi ise kesitin dizayn edildikten sonra hesaplanan çatlamış kesit rijitliği ile perde kolon rijitlik oranının belirlendiği aşamadaki rijitliğin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.

(b) Dokuz katlı yapıda, bütün kiriş uçları plastikleşmiş ve ayrıca zemin kat perde ve kolonlarının da alt uçları plastikleşerek ideal plastikleşme dağılımı elde edilmiştir. Altı katlı yapıda olduğu gibi dokuz katlı yapıda da üst kat kirişlerinin süneklik seviyeleri 2 civarındadır. Sistemdeki kirişlerin ortalama süneklik talebi ise 3.45 civarında hesaplanmıştır. Dokuz katlı yapıda perde elamana saplanan üçüncü kat kirişlerin süneklik seviyeleri DDED metodunda öngörülen $\mu_d=5$ değerini aşmış ancak dizayn için kullanılan $\mu_d=6$ seviyesini aşmamıştır.

(c) On iki katlı perde çerçeve tipi yapıda da altı ve dokuz katlı yapıdakilere benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak oniki katlı yapıda plastikleşmeyen kiriş sayısı daha fazladır. Oniki katlı yapıda maksimum süneklik seviyesi DDED metodunda öngörülen $\mu_d=5$ değerini aşmış ancak dizayn için kullanılan $\mu_d=6$ seviyesini aşmamıştır.

(d) Altı katlı yapıya ait sistem süneklik oranı $\mu_{sys} = 1.86$, dokuz katlı yapıda $\mu_{sys} = 1.80$, oniki katlı yapıda ise $\mu_{sys} = 1.67$ hesaplanmıştır. Yapıların sistem süneklikleri birbirleri ile uyumludur

Elde edilen bu sonuçlardan görüldüğü gibi perde çerçeve tipi yapılar için geliştirilen DDED metodunda öngörülen eleman süneklik seviyeleri büyük ölçüde sağlanmıştır. Perde-çerçeve tipi yapılar için DDED metodunun elemanların lineer olmayan davranışının da metoda dahil edildiği etkin bir dizayn metodu olduğu görülmektedir.

DDED'a göre dizayn edilen yapıların performansının kuvvet esaslı dizayn ile gerçekleştirilmesi için kuvvet esaslı dizaynda kullanılan yapı süneklik faktörü belirlenmiştir. Altı katlı yapıda $R=2$ kullanıldığında, dokuz ve oniki katlı yapılar ise $R=3$ kullanıldığında DDED metodu ile aynı deplasman profilleri elde edilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada moment aktaran çerçeve tipi yapılar için DDED metodunda kullanılması önerilen deplasman profilleri irdelenmiştir. Çerçeve tipi yapılar için DDED metodunda kullanılacak deplasman profilleri için iki farklı ifade önerilmektedir. Bunlar Priestley [10] ve Jonsson [39]'da önerilen deplasman profilleridir.

Jonsson [39]'da deplasman profili için önerilen fonksiyonda sadece 3, 5, 8, 15 katlı yapılara ait γ ve χ sabitleri verilmiştir. Bu nedenle dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve tipi yapılar için yapılan çözümlerde [39]'da verilen fonksiyonda kullanılmak üzere dört katlı yapı için $\gamma=3.8$ ve $\chi=0.180$, altı katlı yapı için $\gamma=2.23$ ve $\chi=0.180$ ve on katlı yapı için $\gamma=1.65$ ve $\chi=0.180$ katsayıları elde edilmiştir.

Dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve tipi yapılar için iki farklı deplasman profili kullanılarak yapılan dizayn sonuçları birbirinden oldukça farklıdır. İki farklı dizayna ait eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin özellikleri oldukça büyük değişimler göstermektedir. Dört katlı yapıda önerilen deplasman profilinin kullanıldığı dizayn sonucu eşdeğer TSD sistemin deplasmanı ve efektif periyodu

arasındaki fark %16.90 iken bu taban kesme kuvvetinde %27'lik bir fark yaratmaktadır. Kat sayısı arttıkça aradaki farklarda artmaktadır. Altı katlı yapıda Δ_{sys} ile efektif periyottaki fark %26.71 iken taban kesme kuvvetindeki fark %46.69'dur. On katlı yapıda ise iki farklı deplasman profili kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri arasından fark %60.12'dir.

Perde çerçeve tipi yapılar için geliştirilen DDED metodu için öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- a) Geliştirilen DDED metodunda eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin sönüm oranı %20 kabul edilmiştir. Farklı sönüm oranları için DDED metodunun performansının belirlenmesi önerilmektedir.
- b) DDED metodu düşey yüklerinde etkisini içerecek şekilde genişletilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Priestley, M. J. N., “Myths and fallacies in earthquake engineering-Conflicts between design and reality”, *Concrete International*, (1997), 53.
- [2] Moehle, J.P., “Displacement-based design of RC structures subjected to earthquake”, *Earthquake Spektra*, (1992) **8**, 403.
- [3] Qi, X. and Moehle, J.P., Displacement design approach for reinforced concrete structures subjected to earthquakes, UCB/EERC-91/02, Earthquake Research Centre, University of California Berkeley, (1991).
- [4] Kowalsky, M.J., Priestly, M.J.N. and MacRae, G.A., A methodology for seismic design applied to single degree of freedom reinforced concrete structures, SSRP-94/16, Structural Systems Research Project, San Diego, La Jolla, California, (1994).
- [5] Kowalsky, M.J., Priestly, M.J.N., and MacRae, G.A., “Displacement-based design of RC bridge columns in seismic regions”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, (1995) **24**, 1623.
- [6] Calvi, G.M. and Kingsley, G.R., “Displacement-based design of multi degree-of-freedom bridge structures”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, (1995) **24**, 1247.
- [7] Priestley, M.J.N., Ranzo, G. and Benzoni, G., Preliminary development of direct displacement based design for multi-degree of freedom systems, Proceedings, SEAOC Annual Conference, Hawaii, (1996).

- [8] Garcia, E.L., "Economic considerations of displacement based seismic design of structural concrete buildings", *Structural Engineering International*, (1996), 4196, 243.
- [9] Kowalsky, M.J., Direct displacement based design: A seismic design methodology and its application to concrete bridges, Ph.D. Thesis, University of California, San Diego, (1997).
- [10] Priestly, M.N.J. and Calvi G.M., "Concepts and procedures for direct displacement based design and assessment", *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema (1997).
- [11] Heidebrecht A.C. and Naumoski N.D. "Development and application of a displacement based design approach for moment resisting frame structures", *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema, (1997).
- [12] Anderson, E. and Mahin, S.A., "A displacement based design approach for seismically isolated bridges" *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes* eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema, (1997).
- [13] Bachmann, H. and Dazio, A., "A deformation based seismic design procedure for structural wall buildings", *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema, (1997).
- [14] Fajfar, P. and Krawinkler, H., "Conclusions and Recommendations" *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema, (1997).
- [15] Fardis, M. And Panagiotakos, T.B., "Displacement based design of RC buildings; Proposed approach and application", *Seismic Design Methodologies for*

the Next Generation of Codes, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema (1997).

[16] Panagiotakos, T.B. and Fardis, M., “Estimation of inelastic deformation demands in multistorey RC frame buildings”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, (1999) **28**, 501.

[17] Panagiotakos, T.B. and Fardis, M.N., “ Deformation-controlled earthquake resistant design of RC buildings”, *Journal of Earthquake Engineering*, (1999) **3**, 495.

[18] Panagiotakos, T.B. and Fardis, M., “A displacement based seismic design procedure for RC buildings and comparison with EC8”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, (2001) **30**, 1439.

[19] Leoding, S., Kowalsky, M. J. and Priestley, M. J. N., “Direct displacement based design of reinforced concrete building frames” SSRP-98/08 Structural Systems Research Project, San Diego, La Jolla California, (1998).

[20] Judi, H.J., Davidson, B. J. and Fenwick R. C., “The direct displacement based design method a damping perspective”, Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand, (2000).

[21] Priestley M.N.J. “Direct displacement based seismic design of buildings”, Asia-Pacific Workshop on Seismic Design and Retrofit of Structures, Taipei, (1998).

[22] Priestley, M.N.J. and Kowalsky M.J., “Direct Displacement Based Seismic Design of Concrete Buildings”, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, (2000) **33**.

[23] Priestley, M.N.J., “Performance Based Seismic Design”, Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand, (2000)

- [24] Wallace, J.W., "A designer's guide to displacement based design of RC structural walls", Behavior and design of RC structural element, UCLA (1998)
- [25] Freeman S.A., "The capacity spectrum method as a tool for seismic design" Proceedings of the 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris, (1998).
- [26] SEAOC Blue Book "Recommendations lateral force requirement and commentary", 7th Ed. (1999)
- [27] Bommer, J. J. and Inghai A.S., "Displacement spectra for seismic design", *Journal of Earthquake Engineering*, (1999) 3, 1.
- [28] Tolis, S. V. and Faccioli E., "Displacement design spectra", *Journal of Earthquake Engineering*, (1999) 3, 107.
- [29] Medhekar, M.S. and Kennedy, D.J.L. "Displacement based seismic design of buildings: theory", *Engineering Structures*, 3, March, (2000) 22, 201.
- [30] Medhekar, M.S. and Kennedy, D.J.L., "Displacement based seismic design of buildings: application", *Engineering Structures*, , 3, March, (2000) 22, 210.
- [31] Chopra A.K. and Goel R.K., "Direct displacement based design: Use of inelastic vs. elastic design spectra", *Earthquake Spectra*, Vol. No 1, (2001) 17, 46.
- [32] Browning J.P. "Proportioning of earthquake-resistant RC building structures", *Journal of the Structural Division, ASCE*, No.2 (2001) 127, 145.
- [33] Ascheim M. A. and Black E. F., "Yield point spectra for seismic design and rehabilitation", *Earthquake Spectra*, (2001) 16, 317.
- [34] Kappos A.J. and Manafpour, A. "Seismic design of R/C buildings with the aid of advanced analytical techniques", *Engineering Structures*, (2001) 23.

- [35] Kowalsky, M.J., "RC structural walls designed according to UBC and displacement based methods", *Journal of Structural Engineering*, (2001) **127**,506.
- [36] Hong, S.G and Cho,B.H, "Displacement based design and assesment of structural walls", KEERC-MAE Joint seminar on Risk Mitigation for regions of modareta seismicity, Urbana, (2001).
- [37] Rubinstein M. and Möller O. "Inelastic displacement based design approach of R/C building structures in seismic regions", *Structural Engineering and Mechanics*, (2001) **12**, 573.
- [38] Xue, Q., "A direct displacement based sesimic design procedure of inelastic structures", *Engineering Structures*,Vol (2001) **23**, 1453.
- [39] Jonsson R., Direct displacement based design of seismic moment resisting concrete frames, M.Sc. Thesis, University of Washington , (2002).
- [40] Sullivan, T., The current limitations of displacement based design, M.Sc. Thesis, European School of Advenced Studies in Reduction of Seismic Risk, Pavia, (2002).
- [41] Filiatrault, A. and Folz, B. "Performance-Based Design of wood framed building", *Journal of Structural Engineering*, (2002), **128**, 39.
- [42] Borzi B., "Inelastic spectra for displacement based design", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (2001) **21**, 47.
- [43] Davidson, B.J., Judi, H. and Fenwick, R.C., "Force based seismic design: A displacement focussed approach", 12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference: 552, (2002).

- [44] Federal Emergency Management Agency (FEMA 273) NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (1997)
- [45] Applied Technology Council (ATC 40), Seismic evaluation and retrofit of concrete building”, Reedwood City, (1996)
- [46] CEB 240, Seismic design of RC structures for controlled inelastic response Thomas Telford, (1998)
- [47] Postelnicu, T. and Zamfirescu, D. “Displacement-based methods in the design practice of buildings”, 12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference: 319, (2002).
- [48] Lin, Y.Y., Chang, K.C., Tsai, M.H, and Wang, T.F., “Displacement based seismic design for buildings”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, (2002) **25**, 89.
- [49] Lin, Y.Y., Tsai, M.H.,J.S. Hwang and T.F. Chang, K.C., “Direct displacement based design for buildings with passive energy dissipation systems”, *Engineering Structures* (2003), **25**, 25.
- [50] Xue, Q. and Chen, C.C., “Performance based design of structures: A direct displacement based approach”, *Engineering Structures*, (2003) **25**, 1803.
- [51] Priestley, M.J.N, “Direct displacement based design of precast/prestressed concrete buildings”, *PCI Journal*, (2003) **47**.
- [52] Sullivan T., Calvi, G.M. and Priestley M.J.N., “Initial stiffness versus secant stiffness in displacement based design”, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference: 2888, (2004).

- [53] Dwairi, H. and Kowalsky M.J., “Inelastic displacement patterns in support of displacement based seismic design for multi-span bridges”, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference: 231, (2004).
- [54] Dwairi, H. and Kowalsky M. J., “Investigation of Jacobsen’s equivalent viscous damping approach as applied to displacement based seismic design”, 13th World Conference on Earthquake Engineering Paper Reference: 228, (2004).
- [55] Gulkan, P. and Sozen, A. M., “Inelastic responses of reinforced concrete structures to earthquake motions” *ACI Journal*, (1974) **71**, 604.
- [56] Shibata A. and Sozen, A.M., “Substitute structure method for seismic design in R/C”, *Journal of Structural Division, ASCE*, (1976) **102**,1.
- [57] Priestley, M.J.N., Myths and fallacies in earthquake engineering, Revisited, The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, (2003).
- [58] Paulay,T., “A displacement focused design of mixed building systems”, *Earthquake Spectra*, (2002) **18**, 687.
- [59] RAM Perform2D, RAM International, Perform is a trademark of Graham H. Powell Inc
- [60] Carr, A.J., RUAUMOKO- Program for Inelastic Dynamic Analysis, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand, (1996).
- [61] Vanmarcke, E.H., SIMQKE A Program for Artificial Motion Generation, User’s Manual and Documentation, Dept. Of Civil Engineering, MIT, Cambridge, MA (1976).
- [62] Carr, A.J., SIMQKE- A Program Artificial Motion Generation, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand, (2001).

[63] Papageorgiou, A., Halldorsson, B. and Dong, G. Target acceleration spectra compatible time histories TARSCTH,

[64] akiroğlu A. ve zer, E., “Dikdörtgen ve daire betonarme kesitlerde taşıma gc formlleri ve yaklaşıklık mertebeleri”, IMO Teknik Dergi (1999), 25.

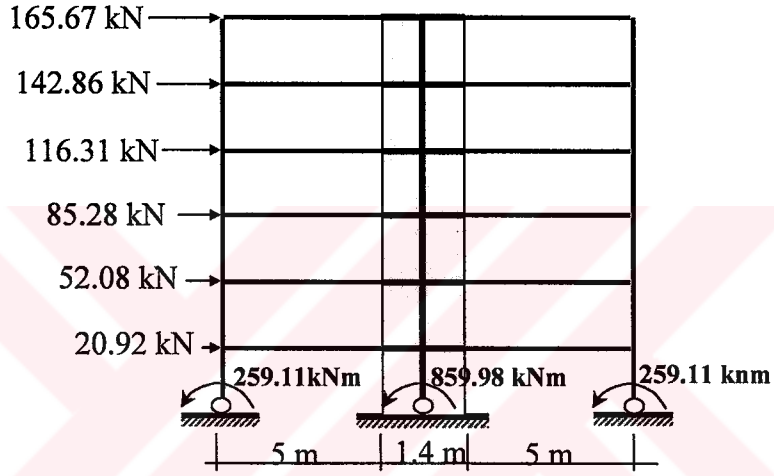
[65] Paulay, T. and Priestley, M. N. J., Seismic design of concrete and masonry buildings, John Willey and Sons, New York, (1992).



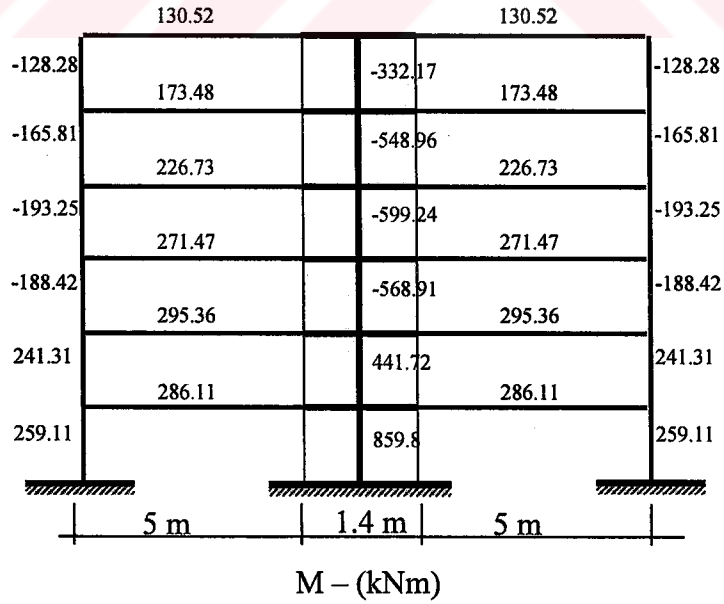


EK-A
Süneklik Talebinin Değişiminin Eleman Moment Taleplerinin
Değişimine Etkisi

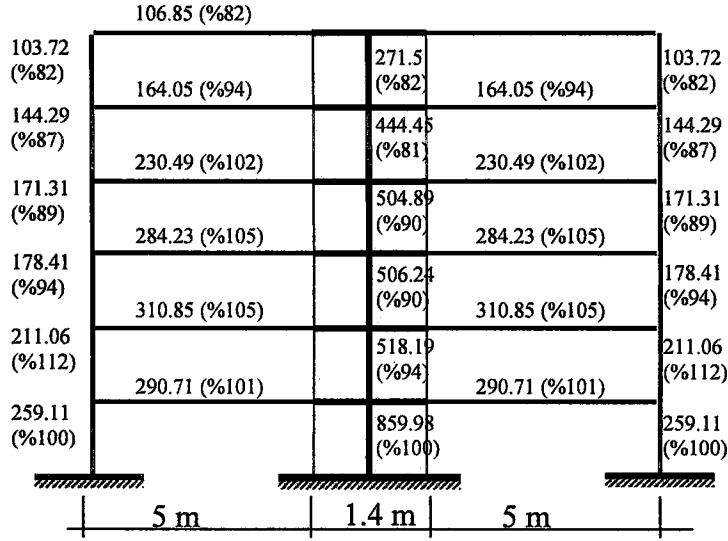
Kiriş ve perde elemanın sünekliğinin 5 alınması uygun bir kabuldür. Elemanlardaki maksimum moment taleplerini karşılaştırmak için süneklik talebinin 5'den büyük ve küçük olduğu süneklik seviyelerine göre analizler yapılmıştır. Süneklik değerinin 5'den daha büyük alınması kiriş-kolon rijitlik oranının 0.2'den daha düşük verecektir ve karşılaştırılabilir bir analiz için rijitlik oranının 0.1 kullanılması uygundur. Rijitlik oranının 0.1 olması seçilen süneklik seviyesinin 10 olmasına karşılık gelmektedir. Alt sınır süneklik oranı 2.5 seçilerek kiriş-kolon rijitlik oranı 0.4 alınabilir. Şekil A.1'de sisteme ait yapısal analiz değişkenleri verilmektedir.



Şekil A.1 Altı katlı iki açıklıklı sisteme ait yapısal analiz değişkenleri



Şekil A.2 $I_b/I_c=0.2$ ve zemin kat perde elemanın yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmış sistemde elemanlara ait maksimum moment talepleri



Şekil A.4 $I_b/I_c=0.4$ ve zemin kat perde elemanın yüksekliğinin yarısının rijitliği süneklik talebi ile azaltılmış sistemde elemanlara ait maksimum moment talepleri ve değişimleri

Süneklik talebinin 10 alınması halinde kolon ve perdelerdeki moment taleplerinde maksimum %22 oranında artma, süneklik talebinin 2.5 alınması halinde ise kolon ve perdelerdeki moment taleplerinde maksimum %19 azalma gözlenmiştir. Ancak bu değişimler çok önemli değildir çünkü elemanların dizayn bölümünde açıklanacağı gibi kolon ve perdeler sabitlenmiş moment taleplerine göre dizayn edilirler ve kesit özellikleri tüm yapı yüksekliği boyunca sabit tutulur.

Şekil A.2 ve A.3'e göre kiriş moment taleplerinde de büyük değişimler olmamaktadır. $\frac{I_b}{I_c} = 0.1$ alındığında $\frac{I_b}{I_c} = 0.2$ 'ye göre moment taleplerindeki artış %20 civarındadır. Başlangıçta bu moment taleplerindeki değişim çok önemli gibi gözükmesine rağmen ilk kabuller hatırlanmalıdır. İlk olarak, neredeyse aynı moment talepleri oluşmasına rağmen kiriş ve perdenin sünekliğinin 10 seviyesini sağlaması gerekir. Bu gerçekçi bir davranış değildir. İkinci olarak kiriş-kolon rijitlik oranı %50 değişmesine rağmen moment taleplerindeki değişim %20 mertebesinde kalmıştır.

Şekil A.2 ve A.4'e göre $\frac{I_b}{I_c} = 0.4$ alındığında ise kiriş elemanlardaki moment

talepleri $\frac{I_b}{I_c} = 0.2$ 'ye çok yakındır.

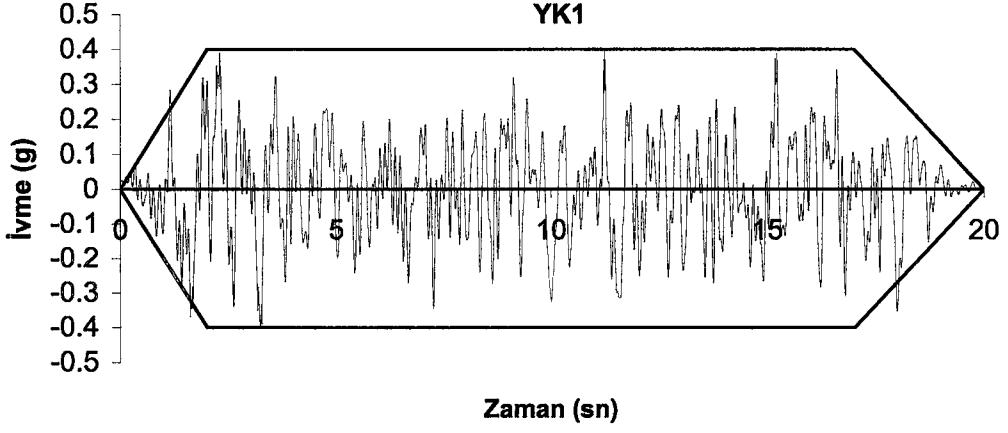
Bu analiz sonuçları dizayn aşamasında kiriş-kolon rijitlik oranının 0.2 alınmasının doğru bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu analizler kiriş-kolon rijitlik oranının moment dağılımına etkisinin çok fazla olmadığını göstermektedir. Moment dağılımını kontrol altında tutan sabitlenmiş kolon ve perde momentleridir.



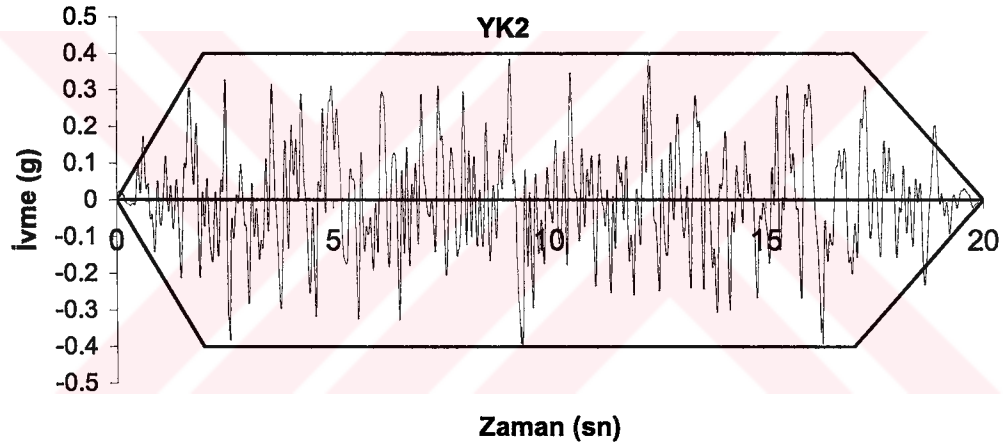


EK-B
Üretilen Yapay Deprem Kayıtları

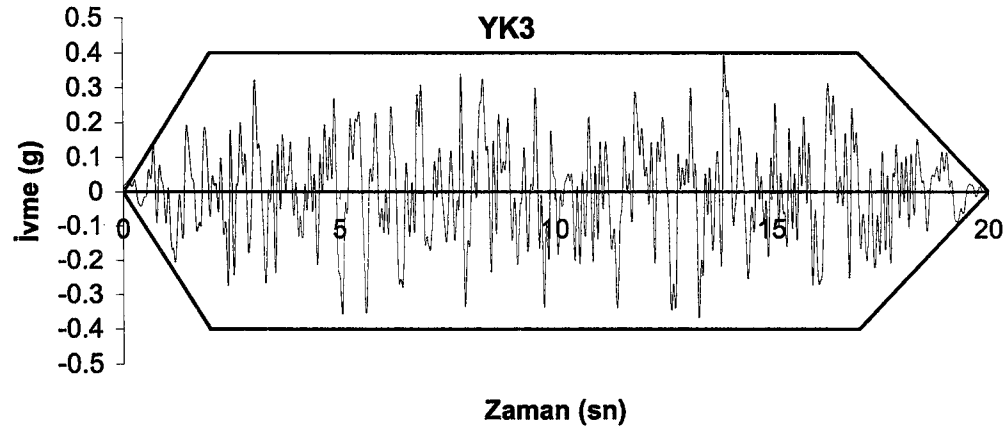
Yapay deprem kayıtları iki farklı program kullanılarak üretilmiştir. Şekil B1-B5 SIMQKE [62] programı ile üretilen deprem kayıtlarını gösterilmiştir.



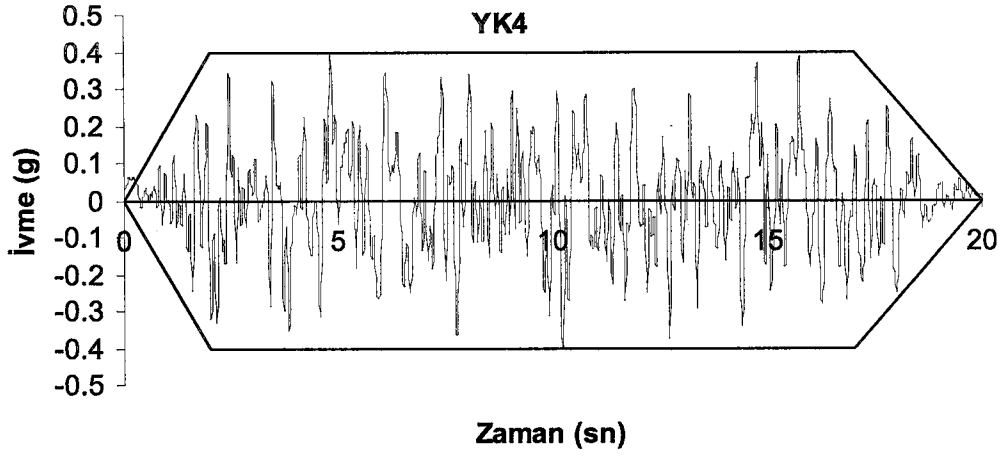
Şekil B.1 YK1 yapay deprem kaydı



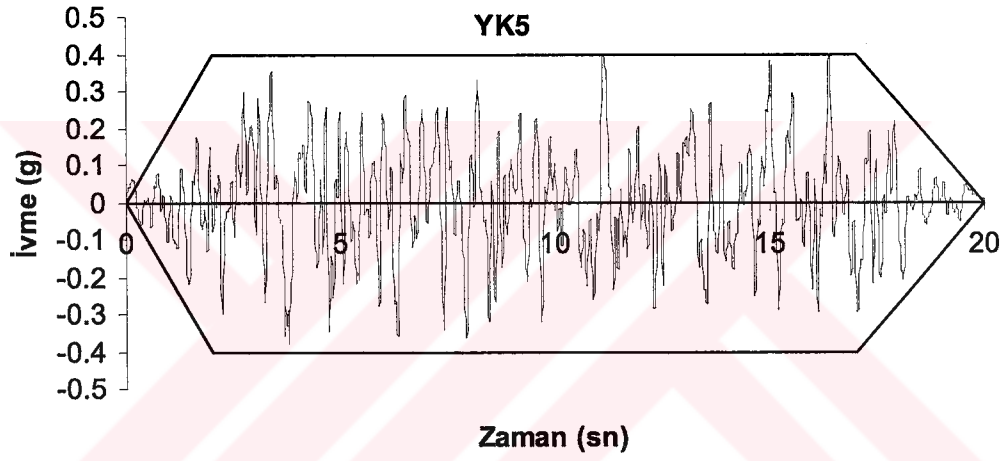
Şekil B.2 YK2 yapay deprem kaydı



Şekil B.3 YK3 yapay deprem kaydı

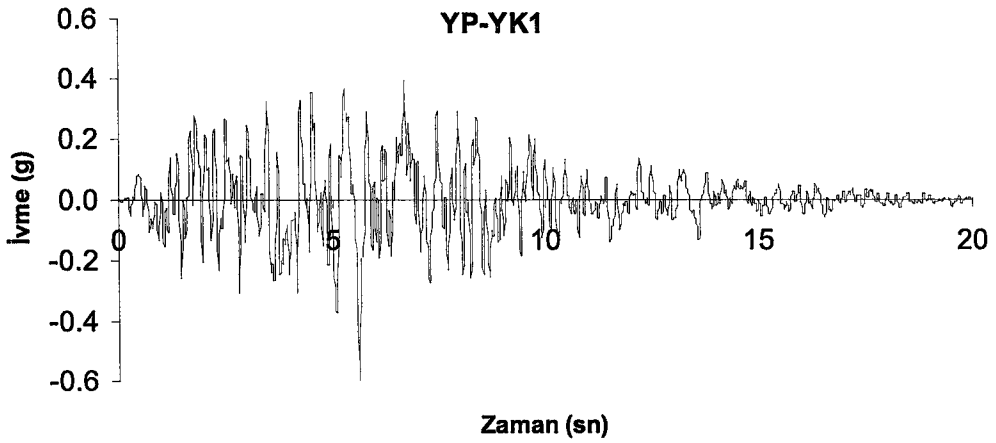


Şekil B.4 YK4 yapay deprem kaydı

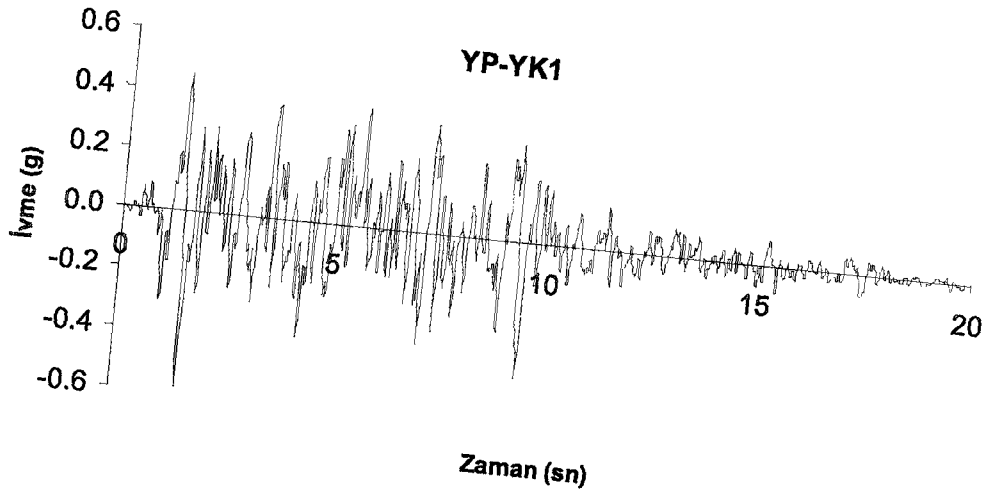


Şekil B.5 YK5 yapay deprem kaydı

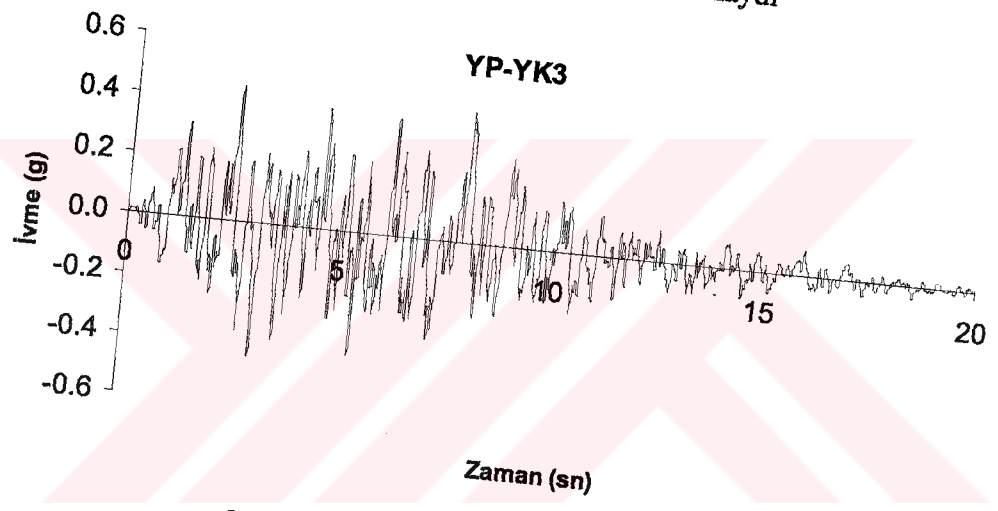
TARSCHTH [63] programı ile üretilen deprem kayıtları Şekil B.6-B.10 'da verilmiştir.



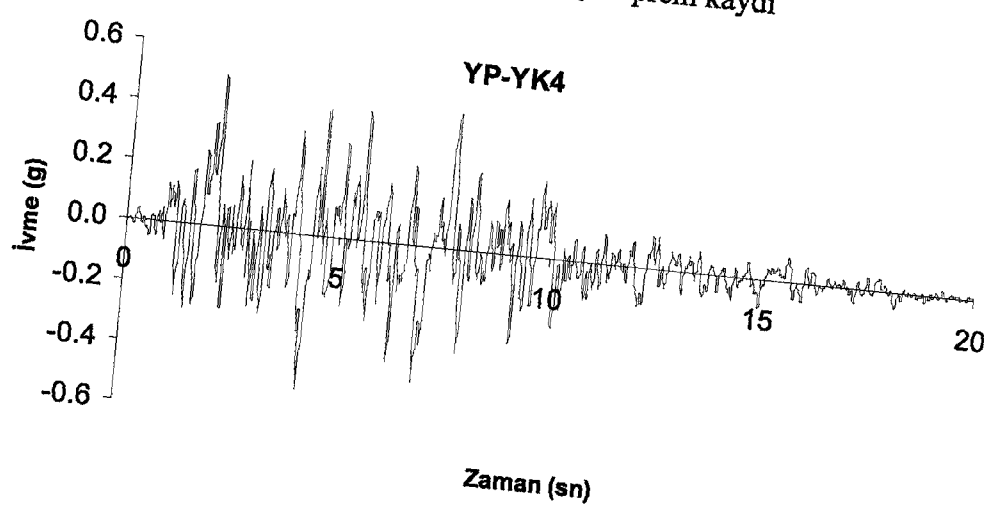
Şekil B.6 YP-YK1 yapay deprem kaydı



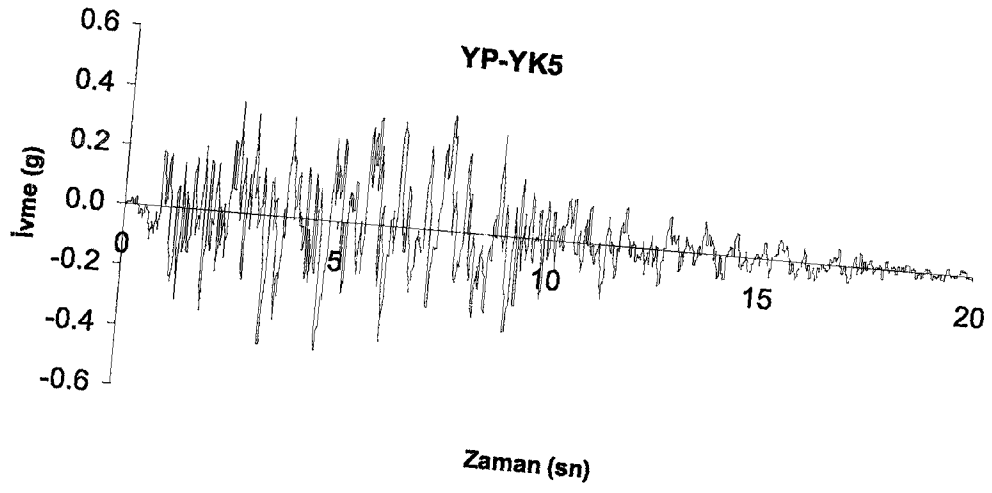
Şekil B.7 YP-YK2 yapay deprem kaydı



Şekil B.8 YP-YK3 yapay deprem kaydı



Şekil B.9 YP-YK4 yapay deprem kaydı



Şekil B.10 YP-YK5 yapay deprem kaydı