

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜÇ BOYUTLU DÜZENLİ BİR BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DEPREM
PERFORMANSININ İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar Sezin ÖZTÜRK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜÇ BOYUTLU DÜZENLİ BİR BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DEPREM
PERFORMANSININ İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Pınar Sezin ÖZTÜRK
(501101046)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Ercan YÜKSEL

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101046 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Pınar Sezin ÖZTÜRK** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÜÇ BOYUTLU DÜZENLİ BİR BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DEPREM PERFORMANSININ İRDELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ercan YÜKSEL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Engin ORAKDÖĞEN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **11 Haziran 2012**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca tüm bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yol gösteren ve tez çalışmam esnasında karşılaşmış olduğum güçlüklerde yanımda olan ve değerli zamanını ayıran tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Ercan YÜKSEL'e, bu çalışmam boyunca bilgisini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Ceyda NUR'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca, bugünlere gelmeme en büyük maddi ve manevi desteği sağlayan canım annem, canım babam ve birtanecek ablama, İstanbuldaki en büyük desteğim canım arkadaşım Arzu YAZMACI 'ya ve tez çalışmam boyunca desteğini, yardımlarını esirgemeyen canım arkadaşım Gazi Üniversitesi Araş. Gör. Rüya KILIÇ'a sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2012

Pınar Sezin ÖZTÜRK
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2. KAPASİTE EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ	11
2.1 Kapatise Eğrisinin Tanımı	11
2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	12
2.2.1 Yayılı şekildeğiştirme varsayımı	13
3. DOC3B YAZILIMININ ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ	15
3.1 Amaç	15
3.1.1 Program data dosyaları ve bazı özellikleri	17
3.2 Doğrulama Örnekleri.....	18
3.2.1 Örnek-1	18
3.2.1.1 Moment-eğrilik diyagramları	19
3.2.2 DOC3B ve SAP2000 programında doğrusal analiz.....	21
3.2.2.1 Doğrulama örneği-1'in doğrusal analizi	21
3.2.2.2 Doğrulama örneği-1'in yatay ve düşey yükleme altında yapılan doğrusal analiz	22
4. DOĞRULAMA ÖRNEĞİ-2	25
4.1 Yapı Sisteminin Özellikleri	25
4.1.1 Kiriş ve kolon özellikleri.....	28
4.1.2 Sistem yük analizi	29
4.2 Üç Boyutlu Yapı Sisteminin Alt Sistemlere Ayrılması.....	29
4.3 Statik Yükler İçin Yapılan Analiz	31
4.4 Serbest Titreşim Analizi.....	33
4.5 Yayılı Yüklerin ve Kolon Yüklerinin Girildiği Analiz	36
4.6 Kiriş ve Kolon Kesitleri İçin Moment Eğrilik İlişkilerinin Belirlenmesi	39
4.7 Deprem İsteminin Belirlenmesi	41
4.7.1 Deprem istemi ve talep spektrumu.....	41
4.8 Yapısal Performansın Belirlenmesi.....	44
4.8.1 Performans kavramı	44
4.8.2 Betonarme elemanlardaki hasar sınır değerleri ve bölgeleri.....	44
4.9 Deprem Performansının Belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemlerinin Belirlenmesi	45
4.9.1 DBYBHY 2007 artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	46

4.9.1.1 Sabit tek modlu itme analizi.....	46
4.10 Yapı Sisteminin DOC3B Programında Doğrusal Olmayan Analizi	52
4.10.1 Tüm elemanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizi	52
4.10.2 Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz (χ_u) verildiği itme analizi	57
4.10.3 Sargılı beton modeli (Mander Beton Modeli) kullanılarak yapılan itme analizi ve belirli kesitlerin hasar sınırlarının belirlenmesi	60
4.10.4 Sargılı beton modeli etkisi ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi	65
5. SONUÇLAR	73
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

LODA	: Lineer Olmayan Doğrusal Analiz
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
SRSS	: Square Root of the Sum of the Squares
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
ARSA	: Artımsal Spektrum Analizi
SDOF	: Single degree of freedom
MDOF	: Multi degree of freedom
ANSYS	: Analyzing Systeem
DOC3B	: Doğrusal olmayan çözümleme
XTRACT	: Cross sectional X structural analysis of components
Mp	: Plastik mafsal momenti
Mr	: Taşıma gücü momenti
fyd	: Beton çeliğinin hesap akma dayanımı
fyk	: Beton çeliğinin karakteristik akma dayanımı
fed	: Betonun hesap basınç dayanımı
fek	: Beton karakteristik basınç dayanımı
E	: Elastise modülü
M	: Eğilme momenti
χ	: Birim dönme (eğrilik)
P	: Yatay yük parametresi
Δ	: Yerdeğiştirme
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
Lp	: Plastik şekildeğiştirme bölgesi boyu
EI	: Eğilme rijitliği
EF	: Çubuk aksenal rijitliği
GF'	: Kesit kayma rijitliği
My	: Akma momenti
Mu	: Kesit moment taşıma kapasitesi
χ_y	: Akma eğriliği
χ_u	: Moment taşıma kapasitesine karşı gelen eğrilik
Mxx	: X yönündeki eğilme momenti
Myy	: y yönündeki eğilme momenti
Msol	: Sol uçtaki moment
Msağ	: Sağ uçtaki moment
Tsol	: Sol uçtaki kesme kuvveti
Tsağ	: Sağ uçtaki kesme kuvveti
Nsol	: Sol uçtaki normal kuvvet
Nsağ	: Sağ uçtaki normal kuvvet
I_x	: X yönündeki atalet momenti
I_y	: Y yönündeki atalet momenti
F	: Kesit alanı
q	: Hareketli yük değeri
g	: Ölü yük değeri

w	: Kat ağırlığı
ΣR_X	: Sap2000 x yönündeki kütle katılım oranı
ΣR_Y	: Sap2000 y yönündeki kütle katılım oranı
ΣR_Z	: Sap2000 z yönündeki kütle katılım oranı
T	: Bina doğal periyodu
N_d	: Eksenel tasarım kuvveti
A_c	: Eleman kesit alanı
F_{cm}	: Basınç deneyi sonucunda bulunan ortalama dayanım
TDY 2007	: 2007 Türk Deprem Yönetmeliği
M₂	: 2 asal eksen yönündeki moment
M₃	: 3 asal eksen yönündeki moment
θ_p	: Plastik mafsal dönmesi
ϵ_s	: Donatı çeliğinin pekleşme başlangıçındaki birim şekildeğiştirme
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirme
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirme
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
β_1	: Birinci titreşim modunun kütle katılım oranı
A₀	: Etkin yer ivme katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
S(T)	: Spektrum katsayısı
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
S_d	: Spektral yerdeğiştirme
S_a	: Spektral ivme
a₁	: Birinci (hakim) moda ait modal ivme
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlana birinci moda ait etkin kütle
V⁽ⁱ⁾_{x1}	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim) ait taban kesme kuvveti
d₁⁽ⁱ⁾	: (i). itme adımı sonundaki birinci moda ait modal yerdeğiştirme
u⁽ⁱ⁾_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
Φ_{xN1}	: Binanın en üst katında (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
d₁^(p)	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
S⁽¹⁾_{ae1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
S⁽¹⁾_{de1}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
$\omega_1^{(1)}$: Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
d^e_{max}	: Elastik yerdeğiştirme
d^{ep}_{max}	: Elasto-plastik yerdeğiştirme
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
T₁	: Başlangıç periyodu
T_A ve T_B	: Spektrum karakteristik periyotları

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Örnek-1 30×60 cm kiriş moment-eğrilik değerleri.....	20
Çizelge 3.2 : Örnek-1 40×40 cm kolon moment-eğrilik değerleri.....	21
Çizelge 3.3 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin kesme kuvvet değerleri.....	22
Çizelge 3.4 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin normal kuvvet değerleri.....	22
Çizelge 3.5 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin moment değerleri.....	22
Çizelge 3.6 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin deplasman değerleri karşılaştırması.	23
Çizelge 3.7 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin kesme kuvveti değerleri karşılaştırması.	23
Çizelge 3.8 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin normal kuvvet değerleri karşılaştırması.	24
Çizelge 3.9 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin moment değerleri karşılaştırması.	24
Çizelge 4.1 : Beton malzeme özellikleri.....	26
Çizelge 4.2 : Donatı çeliği malzeme özellikleri.....	26
Çizelge 4.3 : Kirişlere ait geometrik büyüklükler.	28
Çizelge 4.4 : Kolonlara ait geometrik büyüklükler	29
Çizelge 4.5 : Statik yükleme sonundaki seçilmiş düğüm noktaları için deplasman değerleri karşılaştırması.	31
Çizelge 4.6 : Kiriş eğilme momentleri arasındaki farklar.....	32
Çizelge 4.7 : Kolon eğilme momentleri arasındaki farklar.....	32
Çizelge 4.8 : Kiriş kesme kuvvetleri arasındaki farklar.	32
Çizelge 4.9 : Kolon kesme kuvvetleri arasındaki farklar.	33
Çizelge 4.10 : SAP2000 tarafından üretilen periyot ve kütle katılım değerleri.....	33
Çizelge 4.11 : Modal analiz sonunda elde edilen periyot değerleri.....	34
Çizelge 4.12 : Birinci mod şekli(SAP2000).	35
Çizelge 4.13 : İkinci mod şekli(SAP2000)..	35
Çizelge 4.14 : Örnek bir alt sistemin kolon özağırlık değerleri.....	36
Çizelge 4.15 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	37
Çizelge 4.16 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kirişlere ait moment değerlerinin karşılaştırılması	37
Çizelge 4.17 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kirişlere ait kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 4.18 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait moment değerlerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 4.19 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması	39

Çizelge 4.20 : Kiriş için elde edilen moment eğrilik ilişkilerinin çizelge halinde gösterimi.....	40
Çizelge 4.21 : Kolon için $N=0$ kN durumunda elde edilen moment eğrilik ilişkilerinin çizelge halinde gösterimi.....	41
Çizelge 4.22 : Deprem etkisi parametreleri	42
Çizelge 4.23 : Etkin yer ivme katsayı.....	42
Çizelge 4.24 : Spektrum karakteristik periyotları	43
Çizelge 4.25 : Kesit bazında hasar sınırları	44
Çizelge 4.26 : Mander sargılı beton modeli.....	60
Çizelge 4.27 : X doğrultusundaki kesitlerdeki hasar tespitleri	63
Çizelge 4.28 : Y doğrultusundaki kesitlerdeki hasar tespitleri	64
Çizelge 4.29 : X doğrultusundaki kesitlerin hasar sınırları	71
Çizelge 4.30 : Y doğrultusundaki kesitlerin hasar sınırları	71
Çizelge 4.31 : X doğrultusundaki sargılı beton modeli ve sargılı beton -perdeyle güçlendirilmiş sistemde hasar sınırları karşılaştırılması.....	71
Çizelge 4.32 : Y doğrultusundaki sargılı beton modeli ve sargılı beton modeli-perdeyle güçlendirilmiş sistemde hasar sınırları karşılaştırılması	72

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kapasite eğrisi	11
Şekil 2.2 : DOC3B ile üretilen sonuçların [23] de var olan verilerle karşılaştırması	13
Şekil 3.1 : Üç düğüm noktası öteleme serbestliği	15
Şekil 3.2 : Kesişen düzlem alt sistemlerde eğilme rijitliklerin tanımı.....	16
Şekil 3.3 : Tek katlı örnek yapı sisteminin taşıyıcı sistemi	18
Şekil 3.4 : Tek katlı örnek için kullanılan kolon modeli	19
Şekil 3.5 : Tek katlı örnek için kullanılan kiriş modeli	19
Şekil 3.6 : Örnek-1 30×60 cm kiriş için elde edilen moment eğrilik diyagramı ve lineerleştirilmiş hali.....	20
Şekil 3.7: Örnek-1 40×40 cm kolonun N=120 kN için elde edilen moment eğrilik diyagramı ve lineerleştirilmiş hali.....	20
Şekil 3.8 : DOC3B programında X,Y ve Z düzlem alt sistem gösterimi	21
Şekil 3.9 : Örnek-1 için düşey yükleme durumu	21
Şekil 3.10: Düşey ve yatay yükleme durumu	23
Şekil 4.1 : Üç katlı betonarme taşıyıcı sistemi	25
Şekil 4.2 : Donatı çelik modeli	26
Şekil 4.3 : Tipik kat planı	27
Şekil 4.4 : Kiriş kesit geometrisi ve donatı özellikleri [25]	28
Şekil 4.5 : Kolon kesit geometrisi ve donatı özellikleri [25].....	29
Şekil 4.6 : X,Y ve Z doğrultusundaki alt sistem görünümü ve düğüm noktaları	30
Şekil 4.7 : Statik yükleme durumunun sistem üzerinde gösterimi	31
Şekil 4.8 : Modal analiz sonucu elde edilen ilk 4 titreşim modları gösterimi	34
Şekil 4.9 : 30×50 kenar açıklık kirişinin moment eğrilik diyagramı.....	39
Şekil 4.10: 30×60 kolonun N=0 kN moment eğrilik diyagramı.....	40
Şekil 4.11: 30×70 kolonun N=0 kN için moment eğrilik diyagramı.....	41
Şekil 4.12: Spektrum katsayısı S(T)	43
Şekil 4.13: Betonarme elemanlardaki hasar bölgeleri	45
Şekil 4.14: Modal kapasitesi diyagramı	48
Şekil 4.15: Elastik spektrum eğrisinin azaltılarak elasto-plastik spektrumun elde edilmesi.....	49
Şekil 4.16: $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun T_B karakteristik periyodunun büyük olması.....	50
Şekil 4.17: $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun T_B karakteristik periyodunun küçük olması.....	51
Şekil 4.18: Sargısız beton modelinin kullanıldığı X doğrultusundaki kapasite diyagramı.....	53
Şekil 4.19: χ/χ_u ve moment diyagramlarının incelendiği alt sistem.....	53
Şekil 4.20: Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-1 için en son yük faktörü sonucunda oluşan χ/χ_u	54

Şekil 4.21: Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-1 için en son yük faktörü sonucunda oluşan moment diyagramı	54
Şekil 4.22: Sargısız beton modelinin kullanıldığı Y doğrultusundaki kapasite diyagramı.....	55
Şekil 4.23: χ/χ_u ve moment diyagramlarının incelendiği alt sistem	55
Şekil 4.24: Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-5 için en son yük faktörü sonucunda oluşan χ/χ_u	56
Şekil 4.25: Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-5 için en son yük faktörü sonucunda oluşan moment diyagramı	56
Şekil 4.26: X doğrultusundaki performans noktası	57
Şekil 4.27: Y doğrultusundaki performans noktası	57
Şekil 4.28: Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği X doğrultusundaki itme eğrisi.....	58
Şekil 4.29: Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği Y doğrultusundaki itme eğrisi.....	58
Şekil 4.30: X doğrultusundaki performans noktası	59
Şekil 4.31: Y doğrultusundaki performans noktası	59
Şekil 4.32: Mander sargılı beton modeli.....	60
Şekil 4.33: X doğrultusundaki itme eğrisi	61
Şekil 4.34: Y doğrultusundaki itme eğrisi	61
Şekil 4.35: X doğrultusundaki performans noktası tayini	62
Şekil 4.36: Y doğrultusundaki performans noktası tayini	62
Şekil 4.37: X doğrultusunda hasar sınırları belirlenen kesitler.....	63
Şekil 4.38: Y doğrultusunda hasar sınırları belirlenen kesitler	63
Şekil 4.39: Sargılı beton modeli için alt sistem 1'in χ/χ_u diyagramı.....	64
Şekil 4.40: Sargılı beton modeli için alt sistem 5'in χ/χ_u diyagramı.....	64
Şekil 4.41: Perde geometrik özelliği	65
Şekil 4.42: Perdeli sistem tipik kat planı	66
Şekil 4.43: X doğrultusundaki itme eğrisi	67
Şekil 4.44: Y doğrultusundaki itme eğrisi	67
Şekil 4.45: X doğrultusundaki performans noktası	67
Şekil 4.46: Y doğrultusundaki performans noktası	68
Şekil 4.47: Y yönündeki perdede meydana gelen χ/χ_u	68
Şekil 4.48: X doğrultusunda perdelerin güçlü doğrultularında olduğu alt sistem.....	69
Şekil 4.49: Perdenin güçlü olduğu doğrultudaki elemanlarda meydana gelen χ/χ_u	69
Şekil 4.50: Y doğrultusunda perdelerin güçlü doğrultularında olduğu alt sistem.....	70
Şekil 4.51: Y doğrultusundaki perdede meydana gelen χ/χ_u diyagramı.....	70
Şekil 4.52: Y doğrultusundaki perdede meydana gelen moment diyagramı	70
Şekil 4.53: X doğrultusu kapasite eğrilerinin karşılaştırılması	72
Şekil 4.54: Y doğrultusu kapasite eğrilerinin karşılaştırılması	72
Şekil A.1 : Sargılı beton modeli için 30×50 cm kenar açıklık kirişinin malzeme özellikleri	78
Şekil A.2 : Sargılı beton modeli için 30×80 cm kenar açıklık kirişinin malzeme özellikleri	79
Şekil A3 : Sargılı beton modeli için 30×60 cm alt sistem-1'deki 44 kolonun N=767.3 KN için malzeme özellikleri	80

Şekil A4 : Sargılı beton modeli için 30×60 cm alt sistem-5'deki 20 nolu kolonun N=790.5 KN için malzeme özellikleri	82
Şekil A5 : Sargılı beton modeli için 30×70 cm alt sistem-2'deki 42 nolu kolonun N=1020.48 KN için malzeme özellikleri	84
Şekil A6 : Sargılı beton modeli için 30×60 cm alt sistem-8'deki 18 nolu kolonun N=828.68 KN için malzeme özellikleri	86

ÜÇ BOYUTLU DÜZENLİ BİR BETONARME YAPI SİSTEMİNİN DEPREM PERFORMANSININ İRDELENMESİ

ÖZET

Son yıllarda yapılan çalışmalar performans analizinin önemini açıkça ortaya çıkarmıştır. Yapıların elastik ötesindeki davranışında kapasiteye etkisi olduğu için bu yönde yöntemler geliştirilmiştir. Statik itme analizi belli malzeme ve kesit özelliklerine sahip bir yapının belirli bir yük dağılımında adım adım deplasman yapmaya zorlanması, bu zorlanma sonucunda genel ve eleman bazında uygulanan yük dağılımına nasıl cevap verdiği incelenmesidir. Yapı performansı deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların düzeyine ve bina içerisindeki dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği olarak tanımlanmıştır. Kapasite ve deprem istemi verileri yapının tasarım ve güçlendirmesine yönelik performans düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Analizin ilk aşaması uygulanan yükleme sonucunda kapasite eğrisi elde edilmesi, ikinci aşaması ise kesitlerin kapasitelerinin hangi oranlarda, plastikleşmenin nerelerde yoğun olarak olduğu ve mevcut kesitlerin kırılıp kırılmadığı belirlenmesidir.

Bu tez çalışmasında; gittikçe yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve gelişmekte olan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme analizi (pushover analiz) anlatılmış, konunun daha iyi kavranabilmesi için tek katlı doğrulama örneği ile üç katlı düzenli bir betonarme bina örneği incelenmiştir. Her iki sistemin öncelikle, serbest titreşim analizi ve farklı dış yükler etkisindeki doğrusal elastik analizi yapılmıştır. Bu analizlerde, geliştirilme süreci devam eden DOC3B-V2 programı sonuçları ile SAP2000 paket programı sonuçları karşılaştırılmıştır. Doğrusal olmayan analiz DOC3B-V2 programında yayılı şekildeğiştirme yaklaşımı kullanılarak yapılmıştır. Yayılı şekildeğiştirme varsayımı, plastik şekildeğiştirmelerin belirli kesitlerde toplanması yerine tüm çubuk boyunca yayılı olması esasına dayanmaktadır. Doğrusal olmayan hesapta, kirişler için eğilme momenti, kolonlar için de eğilme momenti normal kuvvet durumları göz önüne alınarak hazırlanan moment eğrilik ilişkileri kullanılmaktadır.

DOC3B ve SAP2000 programları için yapılan data hazırlığı işlemleri zaman bakımından farklılık göstermiştir. DOC3B programı için data hazırlama ve icra süresi SAP2000 programına göre daha uzun sürmektedir. DOC3B programı yapı sistemini yatay ve düşey düzlem alt sistemlere ayırarak hesap yaparken, SAP2000 programında genel uzay sistem analizi yapılmaktadır.

Tek katlı örnek ile üç katlı örnek için doğrusal elastik davranış varsayımı altında her iki program ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve irdelenmiştir. Analizler sonucunda elde edilen eğilme momenti, kesme kuvveti, normal kuvvet, yerdeğiştirmeler ve serbest titreşim analizi sonuçları karşılaştırılmıştır. Her iki program ile elde edilen sonuçların kabul edilebilir düzeyde birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Doğrusal olmayan hesapta kullanılan eğilme momenti eğrilik ilişkileri DOC2B programı içinde yer alan M-KAPA programı ile elde edilmiş ve sonuçlar XTRACT programı ile karşılaştırılmıştır. M-KAPA programı moment eğrilik ilişkisine ilave olarak, kesitte farklı birim şekil değiştirme durumlarına karşı gelen beton ve donatı şekil değiştirmeleri dökümlerini de vermektedir.

Doğrusal olmayan analiz bir parametrik çalışma şeklinde bölümlere ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametrik çalışmada kullanılan değişkenler aşağıda sıralanmıştır.

1. Tüm elemanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizi,
2. Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekil değiştirme kapasitelerinin sonsuz olduğu varsayımı ile yapılan itme analizi,
3. Sargılı beton modeli (Mander beton modeli) kullanılarak yapılan itme analizi,
4. Sargılı beton modeli ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi.

Tüm parametrik çalışma örneklerinde ilk olarak sistemin kapasite eğrisi elde edilmiştir. Kapasite eğrisi, sistem hakim titreşim mod şekli ile orantılı yatay kuvvetler etkisinde itilerek elde edilmiştir. Daha sonra kapasite eğrisi ile istem eğrisi kesiştirilerek performans noktası elde edilmiştir. Her durum için, elde edilen performans noktası seviyelerinde sistemi oluşturan elemanların uçlarındaki birim şekil değiştirmelerden hasar tespiti yapılmıştır. Betonarme kesitte yer alan beton ve çelikte oluşan şekil değiştirmeler DBYBHY'de verilen hasar sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Birinci parametrik çalışma, sistemi oluşturan tüm elemanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizidir. Sargısız betonda şekil değiştirme kapasitesi 0.003-0.0035 düzeyinde alınmıştır. Bu yaklaşımla yapılan analizin en olumsuz durumu yansıttığı düşünülmektedir. Tüm kesitin sargısız beton modeli ile temsil edilmesi yaklaşımının arkasında aşağıdaki gerçekler yatmaktadır.

1. Eleman uçlarında ve kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde enine donatı sıklaştırmasının mevcut olmaması,
2. Betonarme kesitlerde, kullanılan boyuna donatı yerleşim biçiminin kesit çevresinde üniform olmayışı,
3. Beton kalitesinin düşük olması,
4. Etriyelerin 90° kıvrımlı alındığı,

Sargısız beton modeli kullanılarak yapılan itme analizi yapının hem X hem de Y doğrultusunda yapılmıştır. X doğrultusunda yapılan analiz sonucunda oluşan plastikleşmelerin Y doğrultusunda oluşanlardan daha fazla olduğu görülmüş, kesit kapasitelerine daha erken ulaşılmıştır. Çünkü Y doğrultusunda kolonlar güçlü yönlerindedirler. İncelenen yapıda kirişlerin kolonlardan daha güçlü olarak tasarlanmasından dolayı X ve Y doğrultularında yapılan analizlerde kolonlarda kapasite erişimi kirişlerden daha erken olmuştur. Ancak analiz sonuçlarında performans noktası belirlenememiş çünkü yapı kapasitesi deprem istemine cevap verememiştir.

İkinci parametrik çalışmada, sargısız beton modeli kullanılmış ve kirişlerde şekil değiştirme kapasitelerinin sonsuz olduğu varsayımı yapılmıştır. Depremlerden sonra yapılan saha gözlemlerine dayalı olarak döşemelerin de kirişlerle büyük ölçüde birlikte çalıştığı düşünülerek, kirişlerin şekil değiştirme kapasiteleri sonsuza taşınmıştır. Analiz hem X hemde Y doğrultularında gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda X doğrultusunda kapasitesi erişimi, Y doğrultusundan daha erken

olmuştur çünkü kolonlar Y doğrultusunda güçlü yönlerinde bulunmaktadırlar. Güçlü kiriş, zayıf kolon etkisinden dolayı ilk plastikleşmeler kolonlarda görülmüştür. İlk parametrik çalışma ile karşılaştırıldığında yapı kapasitesi artmış ancak deprem talebine cevap verememiştir.

Üçüncü parametrik çalışma sargılı beton modeli (Mander beton modeli) kullanılarak yapılan itme analizidir. Elastik sınır ötesinde şekildeğişimlere maruz kalan betonarme kesitlerde, yük taşıma kapasitesinin kaybedilmemesi büyük ölçüde enine donatı ile sarılmış beton davranışına bağlı olduğundan dolayı sargılı beton modelinin kapasite üzerine etkisi araştırılmıştır. Hem X hemde Y doğrultusunda yapının itme analizi gerçekleştirilmiş, yapı deprem istemine cevap vermiştir. Belirli kesitlerin hasar sınırları belirlenmiştir.

Son parametrik çalışmada ise sargılı beton modeli ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi gerçekleştirilmiştir. Sargılı beton modeli ile yapılan çözümleme ile karşılaştırılması açısından analizi yapılan üç boyutlu güçlendirilmiş yapı, 250×30 cm boyutlarında perdeler ile kolonların zayıf olduğu doğrultuda 4 adet ve diğer doğrultuda ise 2 adet perde kullanılarak güçlendirilmiştir. X ve Y doğrultularında yapı sisteminin itme analizi gerçekleştirilmiştir. Y doğrultusunda bırakılan perdelerde kapasite erişimine perdelerin alt uçlarında ulaşılmıştır. Çünkü yatay yükler önemli ölçüde perdeler tarafından taşınmıştır. X doğrultusunda ise perde etkisiyle kirişler kapasitelerine kolon ve perdelerden daha erken erişmiştir. Kirişlerde plastikleşmeler olduğu için perde ve kolonlara yük aktarımı sınırlı olabilmektedir. Her iki doğrultuda yapılan performans değerlendirmesi ile belirli kesitlerin hasar sınırları DBYBHYdeki kurallara göre belirlenmiştir.

Üçüncü ve dördüncü parametrik çalışma sonuçları karşılaştırıldığında; perde ile güçlendirilmiş sistemin kapasitesi artmış ve aynı kesitler için belirlenen hasar sınırları seviyeleri düşmüştür. Yapılan performans çalışmasıyla, yapıda hangi kesitte ne kadarlık bir deformasyon oluştuğu anlaşılabilir. Bu karşılaştırmadan üç boyutlu sisteminin güçlendirmesi gerçeği ortaya çıkmıştır.

EXAMINING THE EARTHQUAKE PERFORMANCE OF A THREE-DIMENSIONAL AND ORDERED REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION SYSTEM

SUMMARY

Studies in recent years clearly demonstrate the importance of performance analysis. As the building behaviors beyond elasticity have an impact on capacity, some methods to that effect have been developed. Static pushover analysis means analyzing how a building with certain material and section features, which is coerced to displace step-by-step at a certain load distribution, reacts to this load distribution implemented on both general and element basis at the end of this coercion. At every horizontal load increment, the behavioral patterns of elements forming the building change and these changes end when the elements reach the bearing capacity. The analysis continues until the building reaches lateral offset distance or the building elements reach their failure deformation. Building performance is defined as building safety which is qualified according to the distribution inside the building and the level of damages expected to be inflicted under the effect of earthquakes. Capacity and earthquake data are used in determining the performance level of the building's design and reinforcement.

The first phase of the analysis consists of obtaining a capacity curve at the end of the loading and the second phase includes determining at what rates the capacities of sections are, where plasticization occurs densely and whether the existing sections have been broken or not. In consequence, during earthquakes buildings are exposed to some effects whose intensity, duration and direction are not known. These effects are substantially toward the strength and stability of the building and lead to the deformation of the building beyond elasticity during the earthquake. The damages cause the stability of the building to be spoiled and also cause losses of life and property and even the destruction of the building. It can be said that the factors affecting the earthquake behavior of buildings are non-linear behavior of the material, the type of the carrier system and not constructing the building according to the project.

In this dissertation study, static pushover analysis, which is one of the non-linear analysis methods and becomes widespread day by day, has been described. In order for the topic to be understood better, a three-storey, ordered, reinforced concrete building sample and a single-storey verification sample have been examined. Firstly, both systems' free vibration analysis and linear elastic analysis under the effect of different external loads have been performed. In these analyses, the results of the DOC3B-V2 program, which is still being developed, and the results of the SAP2000 package program have been compared. Non-linear analysis has been performed by using the distributed strain approach in the DOC3B-V2 program. The distributed strain approach depends on that plastic strains are distributed along the whole beam instead of concentrating on certain sections.

In non-linear calculation, bending moment for both beams and moment curvature relations prepared by considering normal strength situation of the bending moment for columns are used.

Data preparations for the DOC3B and SAP2000 programs have differed in terms of duration. Data-preparing and implementing of the DOC3B program lasts longer than the SAP2000 program. While the DOC3B program calculates by dividing the construction system into horizontal and vertical sub-systems, the SAP2000 program makes general space system analysis. This affects the preparation period.

Under the linear elastic behavior hypothesis for the one-storey sample and the three-storey sample, the results of both programs have been compared and examined. The results of the bending moment, shearing force, normal force, strains following the analyses and the free vibration analysis have been compared. It is observed that the results obtained by both programs are close to each other at a reasonable level.

The bending moment curvature relations used in the non-linear calculation have been obtained via the M-KAPA program inside the DOC3B program and the results have been compared via the XTRACT program. It is seen that M_y (yield moment) showing the yield produced by the two programs, μ value, and maximum rotational (χ_u) values showing capacity situation resemble, too. The M-KAPA program, in addition to the moment curvature relation, includes the inventories of concrete and reinforcement strains corresponding to different strains in sections.

Non-linear analysis has been performed by dividing into chapters as a parametric study. The variables used in this parametric study are listed below:

1. Pushover analysis based on unconfined concrete model in all elements,
2. Unconfined concrete model and pushover analysis made with a hypothesis that the strain capacities of beams are endless,
3. Pushover analysis made by using confined concrete model (Mander concrete model)
4. Confined concrete model and s pushover analysis of the system reinforced with shearwall.

In these parametric study samples, firstly the capacity curve of the system has been obtained. The capacity curves have been attained by pushing the system under the effect of horizontal forces in proportion to dominant vibration mode. Afterwards, the performance point has been gained by intersecting the capacity curve and demand curve. For every situation, at the performance point levels, the cost of damage has been assessed from the strains at the ends of the elements constituting the building. Strains occurred in the concrete and steel inside the reinforced concrete section have been compared with the damage values in the DBYBHY.

The first parametric study is the pushover analysis based on unconfined concrete model in all elements of the system. The strain capacity of unconfined concrete is accepted as 0.003-0.0035. It is considered that the analysis made with this approach reflects the most negative situation. The following truths lie behind the approach in which the whole section is represented by unconfined concrete model:

1. That there is no densification of lateral reinforcement inside the column-beam joint and at the element ends,
2. That the position of longitudinal reinforcement used in reinforced concrete sections is not uniform around the section,

3. That the quality of concrete is low,
4. That the stirrups are corrugated by 90 degrees,

Pushover analysis based on unconfined concrete model has been made in the direction of both X and Y. It is observed that the plasticization situations occurred as a result of the analysis in the direction of X, are more than the ones occurred in the direction of Y and section capacities are reached earlier as the columns in the direction of Y are in the strong direction. As the beams were designed as stronger than the columns in the building analyzed, in the analyses made in the directions of X and Y, capacity reach has been happened earlier in the columns than in the beams. However, performance point could not be determined in the analysis results as the building capacity could not respond to the earthquake demand.

In the second parametric study, unconfined concrete model has been used and it has been hypothesized that the strain capacities of the beams are endless. Taking into consideration that floorings operate substantially in parallel with beams basing on field observations after earthquakes, the strain capacities of the beams are accepted as endless. The analysis has been made in the direction of both X and Y. Section capacities are reached earlier in the direction of X than in the direction of Y as the columns in the direction of Y are in the strong direction. Because of the strong beam-weak column effect, first plasticization has been observed in the columns. When compared to the first parametric study, the building capacity has been increased but it could not respond to the earthquake demand.

The third parametric study is pushover analysis made by using confined concrete model (Mander concrete model). As not losing load-bearing capacity in reinforced concrete sections exposed to strains beyond the elasticity border depends largely on the behavior of the concrete confined by lateral reinforcement, the effect of the confined concrete model on capacity has been researched. The pushover analysis of the building has been performed in the directions of both X and Y and the building could respond to the earthquake demand. The damage borders of some sections have been determined.

In the last parametric study, confined concrete model and pushover analysis of the system reinforced with shearwall have been realized. The three-dimensional reinforced building, analyzed for comparing with the analysis based on confined concrete model, has been reinforced with 250×30 cm sized shearwall, by using 4 shearwalls in the direction where the columns are weak and 2 shearwalls in other direction. The pushover analysis of the building has been performed in the directions of both X and Y. In the shearwalls in the direction of Y, capacities have been reached at the bottoms of the shearwalls, because horizontal loads have been carried largely by shearwalls. In the direction of X, the beams have reached their capacities earlier than the columns and shearwalls due to the effect of shearwalls. As plasticization has occurred in the beams, load transfer to the shearwalls and columns could be limited. Via the performance evaluation done in both directions, the damage borders of some sections have been determined according to the rules in the DBYBHY.

When the results of the third and fourth parametric studies are compared, it is seen that the capacity of the system reinforced by shearwalls has been increased and the levels of damage borders determined for the same sections have been decreased. The performance study demonstrates in which section of the building how much deformation occurs. The comparison reveals the truth / necessity that the three-dimensional system should be reinforced.

1. GİRİŞ

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremlerden sonra yaşanan kayıplar, mevcut yapı stoğunun deprem güvenliğinin sorgulanmasını gerektirmiştir. Yapıların mevcut deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik yöntemler geliştirilmiştir. Yapının yerdeğiştirme ve dayanım kapasitelerini ortaya çıkaran ve sistemin mekanizma durumuna gelinceye kadar izlenebildiği itme analizi de bu yöntemlerden biridir.

Yapı performansı deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların düzeyine ve bina içerisindeki dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği olarak tanımlanmıştır. Kapasite ve deprem istemi verileri yapının tasarım ve güçlendirme-sine yönelik performans düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu nedenden dolayı betonarme düzlem çerçevelerin kapasite spektrumu yöntemi kullanılarak tasarım veya mevcut kapasitelerinin belirlenmesine yönelik bir yazılım geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Çalışmanın temel amacı şunlardır:

1. Seçilen örnek bir yapı sisteminin DOC3B-V2 [1, 2] ve SAP2000 programları ile yapılan doğrusal analizin sonuçlarının karşılaştırılması ve programın doğrulanması.
2. DOC3B-V2 programında yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarının yayılı şekildeğiştirme durumuna göre analiz edilmesi ve sonuçların irdelenmesi.
3. Seçilen bazı parametrik çalışmalar için performans çalışmasının yapılması ve kesit bazında bazı elemanların hasar sınırlarının belirlenmesi.
4. DOC3B-V2 programı ile yapılan parametrik çalışma sonunda betondaki sargı etkisinin ve perdeler ile yapılan güçlendirmenin kapasite ve performansa olan etkisinin araştırılması.

1.2 Literatür Araştırması

Özer ve Aksoylu [3], çalışmalarında betonarme uzay çubuk sistemlerin dış yükler altındaki taşıma kapasitelerini bulmak ve deprem performansını belirlemek için doğrusal olmayan IMNOSA ve MKAPA isimli bilgisayar programları geliştirilmiş ve çalışmada bu programlardan faydalanılmıştır. Geliştirilen bu yöntemde doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik kesit adı verilen ve sınırlı plastik şekildeğiştirme kapasitesine sahip olan belirli kesitlerde toplandığı, bunların dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığı gözününe alınan çalışmanın; plastik mafsallık hipotezi, bileşik iç kuvvet durumunu ve pekleşme, gevşeme (ani dayanım kaybı) etkilerini kapsayacak şekilde genelleştirilmiştir.

Arısoy ve Arel [4], tarafından yapısal özellikleri farklı betonarme çerçeve sistemler ile perde-çerçeve sistemlerin performans noktasını belirlemek için Deplasman Katsayıları ve Kapasite Spektrumu olmak üzere iki farklı hesap yöntemi kullanılmış ve betonarme yapılarda perdelerin rolünün ya da yatay yüklerin taşınmasındaki katkısı incelenmiştir. Çerçeve sistem ve perde-çerçeve sistemin toplam kesit alanları eşit olarak ayarlanarak kıyaslanan sistemler eş düzeye indirgenip çözümlenmesi yapılmıştır. Sistemler SAP2000 programında çözümlenerek kapasite eğrileri her 2 yonteme göre elde edilmiştir. Analizler sonucunda çerçeve sistemlerin üst kat kirişlerinde herhangi bir plastikleşme görülmediği, perde-çerçeve sistemde ise kirişlerin kapasitelerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Perde-çerçeve sistemin zemin kat kolon alt uçlarında ve perdelerde plastikleşme görülmüştür. Kapasite Spektrum yönteminde, Deplasman Katsayıları yöntemine göre daha ileri hasarlar belirlenmiş ve Kapasite Spektrum yönteminin performans analizi yapıldığında daha güvenliği tarafta kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Türker ve İrtəm [5], binaların deprem etkileri altındaki doğrusal olmayan davranışının belirlenmesi için çok modlu uyarlamalı bir yük artımı yöntemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntemde plastik mafsallık hipotezi kullanılmışlardır. Meydana gelen plastik kesitler arasındaki alanda, sistemin geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranışı (ikinci mertebe etkileri) ve bileşik eğilme etkisindeki kesitlerde akma koşulları lineerleştirilmiş, bu bölgelerde geleneksel davranış spektrumu analizi esaslarından yararlanılmıştır. Ayrıca yüksek mod etkileri göz önüne alınmıştır. Bu amaçla 15 katlı betonarme çerçeve sisteminin FEMA356

(2000)'da önerilen üç farklı dağılım için (birinci mod, SRSS ve üniform) doğrusal olmayan statik analizleri yapılmış ve doğrusal olmayan dinamik analiz (LODA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. FEMA356 (2000) birince mod dağılımının alt katlarda iyi sonuç verdiğini, üst katlarda ise yetersiz olduğunu; üniform dağılımın ise üst katlardaki davranış büyüklüklerini belirlemede yetersiz olduğu, alt katlarda kesme kuvvetini düşük verdiği; diğer büyüklükleri ise çok büyük verdiği anlaşılmıştır. SRSS dağılımının üst katlarda iyi sonuç verdiği ancak alt ve orta katlarda ise büyüklükleri belirlemede yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada LODA sonuçlarının davranış büyüklükleri için oldukça uyumlu olduğu ve FEMA356 ya göre iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak bu çalışmaların, farklı çok sayıda düzenli ve düzensiz bina ve farklı özelliklerdeki deprem yer hareketi kayıtları ile değerlendirilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Öztürk [6], 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan çok katlı yapıların statik itme eğrisini belirlemek için pratik bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde statik itme eğrisi iki parçalı olarak linerleştirilmiş; akma noktasına ait taban kesme kuvveti, tepe yerdeğiştirmesi ve itme eğrisinin son noktası olan taban kesme kuvveti, tepe yerdeğiştirmesi çeşitli formüller kullanılarak koordinatları bulunmuştur. Statik itme eğrisi, literatürden alınmış olan çerçeve ve perde-çerçeve sistem üzerinde elde edilmiş ve literatürdeki analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda literatürdeki yöntemlerle elde edilen sonuçlar ile geliştirilen yöntem arasında uyum olduğu ortaya konmuştur.

Korkmaz ve Düzgün [7], periyotları farklı, üç açıklıklı, 4, 6, 8 ve 12 katlı dört betonarme çerçeve tipi yapıların klasik artımsal itme analizleri dikdörtgen, üçgen ve parabol yük etkileri altında çözümlenerek kapasitelerini elde etmişlerdir ve sonuçları doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Doğrusal olmayan analizler DRAIN-2DX bilgisayar programında yapmışlardır. Uyarlanmış artımsal itme eğrilerinin, klasik artımsal itme eğrilerine göre zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarına daha yakın sonuçlar verdiği görülmüş ve enerji esaslı artımsal itme eğrilerinin dinamik analiz sonuçlarının yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, artımsal itme analizindeki sonuçlar, yüksek mod etkileri dikkate alındıkça ve enerji parametreleri analize dahil edildikçe sonuçların zaman tanım aralığındaki sonuçlara yaklaşıcağı sonucuna varılmıştır.

İnel, Bilgin ve Özmen [8], çalışmalarında deprem riski fazla olan ülkemizin büyük bir kısmını oluşturan orta yükseklikteki betonarme binaların deprem performanslarını Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik esaslarına göre değerlendirmişlerdir. Orta katlı yapıları temsilen 7 adet 4 katlı, 7 adet 14 katlı bina seçmişlerdir. Türkiyede 2006 yılının başlarında yayınlanan deprem yönetmeliğine göre 14 binanın performans değerlendirmesi yapılmış ve hiçbirinin öngörülen performans seviyesine ulaşmadığı anlaşılmıştır. Yerdeğiştirme istemlerinin fazla olduğu bu türlü yapılarda bu istemi sınırlandıracak çözümler üzerinde durulması gerekli olduğu ortaya koyulmuştur. Bu etkileri azaltmak için süneklik kusurlarını azaltan perde duvarların her iki yönde yeterli seviyede kullanılması gerekliliği belirtilmiştir.

Kuran, Kocaman ve Bayülke [9], çalışmalarında doğrusal olmayan statik itme analizi, 22 Mayıs 1971 Bingöl depreminden sonra İmar İskan Bakanlığınca yaptırılan ve 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminden etkilenen 1502 tipi betonarme afet konutuna ve güçlendirilmiş haline uygulanmıştır. Çalışmadaki amaç: yapının yatay yük öteleme ilişkisini dolgu duvarsız ve duvarlı durumlarına göre incelemek, deprem hasarı ile itme analizinden bulunan yatay yük dayanım düzeylerini karşılaştırmak, deprem davranışını ve hasar nedenlerini açıklamak, R katsayısını analitik olarak belirlemek, güçlendirmenin ardından yatay yük kapasitesinde hangi düzeyde bir artışın olduğunu belirlemektir. 1 Mayıs 2003 Bingöl depremi kuvvetli yer hareketi ivme kayıtlarından hesaplanan spektrumlara göre yapılara gelen maksimum ivmeler yatay limit yüklere bölünerek yapıda olması gereken R katsayıları hesaplanmıştır. Yapının depremin doğu batı bileşeni yönünde gereken R katsayıları oldukça küçük çıkmıştır. Buna karşılık depremin kuzey-güney yönündeki bileşenine göre olması gereken R katsayıları 5,5-6,0 gibi bu yapıda sağlanması biraz zor görünen katsayılar olduğu belirlenmiştir. Ancak duvar katkısı dikkate alınırsa gereken R katsayıları sağlanabilir düzeyde olduğu görülmüştür. Perde duvarlar ile yapının yatay yükü her iki yönde 2 kat kadar artmıştır. Yapılan güçlendirilmesi ile yapı 6,4 magnitudlü 1 Mayıs 2003 depreminden daha büyük bir deprem karşı koymasına beklenmiştir. İtme analizinin yapıların dayanımlarını ve güçlendirme sonrası dayanımlarını veren güçlü bir yöntem olduğu ortaya koyulmuştur.

Aydınoglu ve Önem [10], çalışmalarında ARSA yöntemini değerlendirmişlerdir. ARSA yöntemi binaların ve köprülerin deprem etkileri altında performansına göre

değerlendirme ve tasarımı için yapılan çok modlu bir itme analizidir. Yöntemde yönetmeliklerde tanımlı olan elastik davranış spektrumundan yararlanılmış ve standart birleştirme yönteminin kullanıldığı her bir doğrusal itme adımında , modal yerdeğiştirme artımlarını ölçeklendirmek amacı ile ‘eşit yerdeğiştirme kuralı’ uygulanmıştır. Yapmış oldukları bildiride ARSA yöntemi kat sayıları 4,8,12,16 ve 20 olan ve her biri $R=3, 6$ ve 8 değerlerini alan dayanım azaltma katsayılarına göre tasarlanmış bir grup çerçeve türü bina için yönetmelik kapsamında tasarlanmıştır. Yöntemin performansı , davranış spektrumu ile uyumlu 20 deprem kaydı kullanılarak zaman tanım alanında yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları ile ARSA yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ARSA’nın doğrusal olmayan deprem isteminin kabul edilebilir bir yaklaşıkla neticelendiği görülmüştür.

Fajfar ve Fischinger [11], çalışmalarında doğrusal olmayan analizi, düzenli yapılarda tek modlu yöntem ve çok modlu yöntemi kullanarak uygulamışlardır. Uygulama; Japonyada 7 katlı betonarme çerçeve-duvar yapısında yapılmıştır. Analizler DRAIN-2DX programında çok serbestlik dereceli model ve tek serbestlik dereceli model kullanılarak çözümlenmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. SDOF ve MDOF modelleri aynı şartlar ve yüklemeler altında kıyaslanmıştır. Yüksek mod etkilerinde taban kesme kuvvetinin tepe yerdeğiştirmeden daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenden dolayı maksimum taban kesme kuvveti MDOF sisteminde SDOF sisteminden daha büyüktür. N2 metodu SDOF sistemine göre MDOF sisteminde yapılan çözümde daha anlamlı sonuçlar vermiştir. Ancak çalışmalara devam edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Coşgun [12], geliştirmiş olduğu bilgisayar programında tek katlı, tek açıklıklı uzay çerçevenin sabit düşey ve artan yatay yükler etkisi altında ikinci mertebe teorisine göre elasto-plastik hesabı yapılarak göçme yükü belirlenmiştir. Çubukların en kesit karakteristiklerini veren bağıntılar Orakdoğan,1994 tarafından alınmıştır. Sistemin göçme yükü ikinci mertebe teorisine göre elasto-plastik hesap yapılarak göçme yükü bulunmuştur. Yapılan çalışmada çözülen örnek ile literatürdeki mevcut sonuçlar karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılan programda plastik mafsallar kolonlarda oluşmuştur. Sonuç olarak kolonların kirişlerden daha kuvvetli boyutlandırılması gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Aydinoğlu [13], süneklik yüzeyi düzgün 6 katlı betonarme çerçevesel bina sisteminin performansının doğrusal elastik olmayan yöntem (Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi) ile değerlendirmesi yapılmıştır. Örnekte; bina genel bilgileri verildikten sonra deprem yönetmeliğine uygun olarak artımsal eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak iç kuvvetler, plastik şekildeğiştirmeler ve yerdeğiştirmeleri belirlemek amacıyla 6 katlı betonarme çerçeve sistem çözülmüştür.

Özmen, İnel ve Bilgin [14], yapılacak olan ve mevcut binaların performansının belirlenmesinde doğrusal ötesi statik ve dinamik analizin önemli yöntemler olduğu vurgulanmıştır. Bu yöntemler için modellerin hazırlanması oldukça büyük zorluklar içermekte olduğuna değinilmiştir. Özellikle her bir yapı elemanı için malzeme ve kesit bilgileri kullanılarak tek tek dayanım ve deformasyon kapasiteleri hesaplanarak, analiz programına aktarılması oldukça zor olduğu söylenmiştir. Yapıyı oluşturan yüzlerce eleman olduğu düşünülürse de bu yöntemin uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır. Geliştirdikleri yazılım programı ile bu zorluğu minimize etmişlerdir. Geliştirilen program, betonarme kesitin kesme, eksenel yük ve moment plastik mafsal bilgilerini hesaplayarak veri dosyaları aracılığıyla programın veri transfer özelliği kullanılarak SAP2000 ve ETABS programlarına aktarılmaktadır. Bu yazılım kullanıcıya 4 farklı beton modeli, plastik mafsal boyu ve 4 adet süneklik kriteri kullanma imkanı vermiştir. Yazılım sayesinde kullanıcılar, farklı beton dayanımı ve enine donatıya sahip kesitlerde eleman davranışının nasıl değiştirdiğini, farklı beton modelleri kullanılarak grafiklerle görsel halde görüp, verilen kesitler ile hızlı ve kolay şekilde doğrusal olmayan modeller hazırlayabilme şansı vermişlerdir.

Fahjan, Başak, Kubin ve Tan [15], çalışmalarında perde duvarların doğru modellenmesi için doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerden yararlanmışlardır. Doğrusal analizler; sonlu elemanlar kabuk modeli veya orta dikme çubuk modeli yardımıyla yapıldığından bahsetmişler. Orta dikme çubuk modelinde; orta dikme çubuk eleman kullanımı ve kesişen kiriş ile döşeme bileşenlerinin uygun bağlantılarına izin vermek için rijit kirişler kullanıldığı anlatılmıştır. Yatay çubuk rijitliklerinin mutlaka doğru atanması gerektiğinden bahsedilmişlerdir. Kabuk modelin en büyük avantajı birbiriyle etkileşim içindeki perde duvarların ve kirişlerin perdenin kabuk elemanları içine doğru uzanan ek çubuk elemanları kullanarak modellenmesi olduğundan söz etmişlerdir. Doğrusal olmayan analizler ise; sürekli

sonlu eleman modeli, çok katmanlı çubuk modeli ve plastik mafsallı orta dikme çubuk modeli ile yapılmıştır. Bu model sayesinde birden fazla betonarme elemanı modellenebilmektedir. Ancak model pratik olarak yapı tasarım ve analizinde sıklıkla kullanılmamaktadır. Çok katmanlı kabuk, farklı kalınlıktaki birkaç katmandan oluşmuş ve herbir katman farklı malzemeden meydana gelmiştir. Plastik mafsallı model ise, doğrusal olmayan davranış orta dikme elemanındaki plastik mafsallarla modellenmiştir. Model bilinear moment-dönme ilişkisi ve plastik mafsallardan oluşmaktadır.

Tüm bu modeller göz önüne alınarak 5 katlı, kat yükseklikleri 3.5 m olan C14 betonu ve S420 donatı çeliği kullanılmış bir örnek bina modelini, bahsedilen modellemeler ile çözümlemesi SAP2000 analiz programında yapılmıştır. Plastik mafsallı özellikleri FEMA356'ya göre veya fiber model göz önüne alınarak tanımlanmıştır. FEMA ve fiber modele göre yapılan itme analizlerinde 100 mm öteleme düzeyi için çok katmanlı kabuk modeller taban kesme-tepe yerdeğiştirme eğrisinden yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir, ancak 100 mm üstü öteleme düzeyi için taban kesme kapasiteleri farklı çıkmıştır. Performans noktaları ise FEMA ve fiber modellerde benzer olmasına rağmen, çok katmanlı kabuk modelde %15 daha küçük çıkmıştır.

Aydemir, Zorbozan ve Alacalı [16], kolon uçlarında oluşabilecek eğilme moment kapasitesi olan M_p 'nin mümkün olduğunca gerçeğe yakın belirlenmesi konusunda analitik çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarında eleman kesitleri dikdörtgen olarak alınmıştır. Deprem yönetmeliğinde verilen bilgiler ışığında M_p/M_r oranının 1.4 olacağı varsayılmasına karşın, eksenel yük değerinin artması durumunda bu durum gerçek kapasiteyi belirleme konusunda yetersiz kalmıştır. Ersoy, kolon M_p moment kapasiteleri üzerinde donatı pekleşmesinin daha az, sargılı beton davranışının ise daha fazla etkili olması nedeniyle, M_p 'nin hesabında TS-500 tarafından verilen taşıma gücü yönteminin f_{yd} yerine f_{yk} ve f_{cd} yerine f_{cc} ($f_{cc}=1.15f_{ck}$ olmak üzere) alınması şartıyla aynen kullanılabilceğini önermiştir. Bunun sonucunda gerçek kapasiteye yakın değerler çıkmıştır. Bu bilgiler deneysel çalışmalarla sonuçlandırılmış; eksenel yük seviyesinin değişmesi hata miktarını ve gerçek kapasite değerlerine yaklaşma oranlarını etkilediği ortaya çıkmıştır. Malzeme hesap dayanımları yerine artırılmış hesap dayanımları alınarak hesap yapıldığında gerçek kapasite değerine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

İrtem, Türker ve Hasgöl [17], çalışmalarında betonarme binaların performans hedefinin belirlenmesi için duvar etkisinin bina taşıyıcı sistemi göz önüne alındığı ve alınmadığı sistemi incelemişlerdir. Düzenli üç katlı betonarme yapıyı ele almışlar ve doğrusal olmayan analiz yöntemi olarak hem Kapasite Spektrum Yöntemi hemde Deplasman Katsayıları Yöntemi ile deprem yönetmeliğindeki hafif, orta ve şiddetli depremler için binanın performans düzeyini belirlemişlerdir. Deplasman katsayıları yöntemindeki deplasman talepleri ve plastik dönme talepleri kapasite spektrum yöntemine göre daha büyük olduğu belirlenmiştir. Yapıda duvarların olması yapının davranışını önemli ölçüde etkilediği ve performans düzeyinin artışı ortaya çıkmıştır.

Kolgu ve Peker [18], çalışmalarında eksenel yük, malzeme modeli ve sargı donatısının betonarme kesitler üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu değişen verilere göre moment eğrilik ilişkisi, plastik dönme kapasitesi ve eğrilik sünekliği kıyaslanarak incelenmiştir. Eksenel yükün küçük olduğu sistemler sünek davranış sergilediği varsayılmıştır. Eksenel yük etkisini dikkate alabilmek için farklı davranış katsayısı seçilmesi gerekliliğinden bahsedilmiştir. Eksenel yük artışı ile maksimum moment kapasitesi önce artmakta sonra büyük eksenel yükler ile azalmaya başlamaktadır. Sargı donatısının artması sünekliği ve maksimum moment kapasitesini artırmakta olduğu ortaya çıkmıştır. Doğrusal olmayan analiz için XTRACT programından yararlanılmıştır.

Bilgin, Özmen ve İnel [19], çalışmalarında 10370 ve 10419 tipli kamu binalarını doğrusal olmayan analizini SAP2000 programında yapmışlar. Doğrusal olmayan analiz yaparken beton modeli olarak Kent-Park modeli C16 betonu ve S220a çeliği kullanmışlardır. 10419 tipi kamu yapısında kısa yönde perde ve çerçeveden, uzun yönde çerçeveden oluşmuştur. 10370 tipi kamu yapısı her iki yönde perde ve çerçeveden oluşmuştur. Ancak perde ve kolonların düzgün olarak dağıtılmamasından kaynaklanan burulma sorunları ortaya çıkmıştır. Yapılan analiz sonuçları 1975 ve 1998 deprem yönetmeliğine göre kıyaslanmıştır. Kolon ve kirişler için plastik mafsallar otomatik olarak değil, $M-\chi$ değerleri göz önüne alınarak atanmıştır. Döşemeler tanımlanmamış; döşeme yükleri kirişler üzerine etkilmiştir. Doğrusal olmayan analiz sonunda 10419 kamu tipi binası için 1975 yönetmeliğine göre talepleri karşılayabilecek durumda olmasına rağmen 1998 için talebin kapasitenin çok üstünde olduğu belirlenmiştir. Binanın deplasman kapasitesi incelendiğinde X yönünde 1.7 cm akma deplasmanı olmasına rağmen Y yönünde perdeler oldukça

olumlu etkilemiştir. Mafsallaşmaların kolon uçlarında oluşması zayıf kolon- güçlü kiriş davranışını ortaya çıkarmamıştır. 10370 tipi kamu yapısı ise 1975 yönetmeliğine göre taleplerin karşılanabilecek durumda olmasına rağmen 1998 yönetmenliğine göre bir miktar üstündedir. Perde ve kolonların uygun boyutlandırılmamasından kaynaklı burulma etkileri oluşmuştur. Mafsallaşma daha çok kolon uçlarında olduğu için zayıf kolon-güçlü kiriş prensibi bu tip bina içinde geçerli olmuştur. Her iki yönde perde olduğu için deplasman kapasiteleri yönünde iyi durumdadır. Böylece çalışmalarında 2 tip kamu binasının itme analizi yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

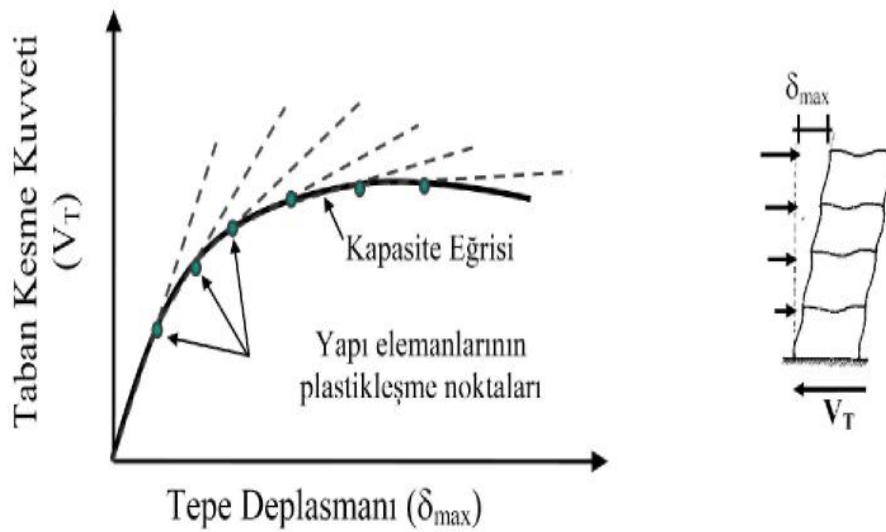
Kutanis [20], çalışmasında 2 açıklıklı 4 katlı bina örneğini ele almış; doğrusal olmayan analiz yaparak performans seviyesini belirlemiştir. Örnek için Mander beton modeli kullanmıştır. Çalışmasında performans analizini Seismostruct ve SAP2000 programlarında yapmıştır. Analizler sonucunda kapasite eğrisi elde edilmiştir. Seismostruct ve SAP2000 programından elde edilen kapasite eğrileri farklı çıkmıştır. Ancak statik itme eğrisinin anlamlı olabilmesi için modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi deplasman kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi hesabı formülizasyonlar ile anlatılmıştır. Örnek bina; 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan Can güvenliği performans düzeyi için değerlendirilmesi yapılmıştır. Kiriş ve kolonların hiçbirisi ileri hasar bölgesine geçmemiştir. Can güvenliği performans hedefi sağlanmıştır.

Habibi ve Moharrami [21], yaptıkları çalışmada doğrusal olmayan sistem analizi üzerinde çalışmışlardır. Analitik method ve sonlu elemanlar metodunu; 10 katlı 2 açıklıklı ve 3 katlı 2 açıklıklı çerçeve sistemler üzerinde yapmışlardır. Sistemlerini ilk olarak doğrusal analiz ışığında yapmış; düşey yükler altında çözümlenmiş daha sonra artan yatay yükler altında çözümlenmişlerdir. Verilen örnek sistemler için doğrusal olmayan analiz yapıldıktan sonra P- Δ etkileri katılarak çözümlenmiştir. Ve çıkan sonuçlar kıyaslanmıştır. Analitik metod, sonlu elemanlar modelinden daha az zaman harcanarak ve daha az zorluklarla karşılaşılarak yapılan bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

2. KAPASİTE EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ

2.1 Kapasite Eğrisinin Tanımı

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi; deprem istemi ve kapasitedir. Deprem istemi yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Yapısal kapasite, statik itme veya kapasite eğrisi ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır. Doğrusal olmayan statik yöntemin esas amacı, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yerdeğiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekildeğiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesidir [22] (Şekil 2.1).



Şekil.2.1 : Kapasite eğrisi.

2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

DBYBHY 2007 [23]'de artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabileceği önerilmektedir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınacaktır. Yukarıda belirtilen sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi - taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir. Artımsal itme analizi uygulanırken aşağıdaki varsayımlar kabul edilmektedir.

- a) Mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır.
- b) İdealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildegıştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır.
- c) Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekildegıştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5 h$). $H_w / \ell_w < 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekildegıştirmeler gözönüne alınmayacaktır.
- d) Sadece aksel kuvvet altında plastik şekildegıştirme yapan elemanların plastik şekildegıştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.
- e) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir.

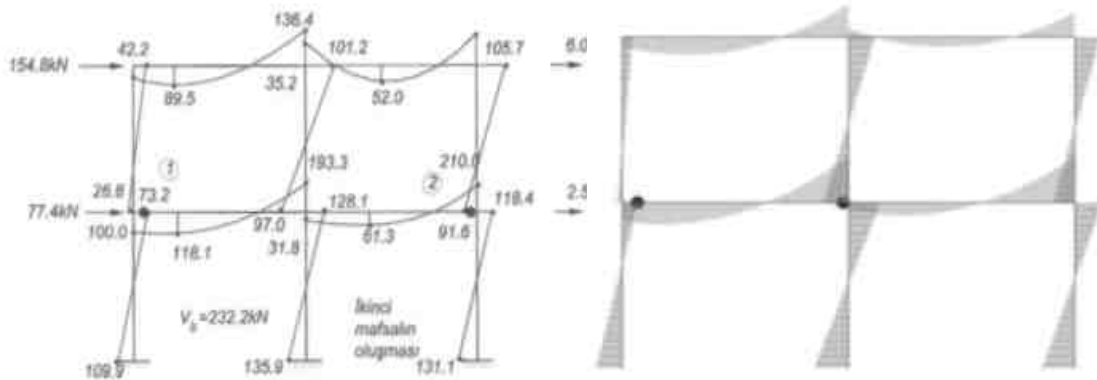
- f) İç kuvvet - plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir.
- g) Betonarme elemanlarda daha gerçekçi olması sebebiyle çatlaklı kesit eğilme rijitlikleri kabul edilir.
- h) Kolonlarda plastik mafsallı kesitlerinin güç tükenmesi çizgileri mevcut malzeme dayanımları kullanılarak belirlenir.

Bu tez çalışması sırasında malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranış yayılı şekil değiştirme durumu esas alınarak temsil edilmiştir. Bu sebepten ötürü yukarıda belirtilen a, c, e, g maddelerinde belirtilen varsayımlar bu çalışma kapsamında geçerli değildir.

2.2.1 Yayılı şekil değiştirme varsayımı

Bu yöntem; şekil değiştirmelerin belirli bir kesitte toplanması prensibinin yerine tüm çubuk boyunca yayılı olması esasına dayanır. Eleman belirli sayıda dilime bölünerek oluşan her bir dilimin bünye bağıntısından yola çıkılarak rijitlik matrisleri elde edilir. Bu varsayımda, kirişler için eğilme momenti kolonlar için ise hem eğilme momenti hem de normal kuvvet durumları göz önüne alınır. Aşağıda yayılı şekil değiştirme yaklaşımına göre çözüm yapan DOC3B programının ürettiği sonuçlar [24] ile [23] tarafından plastik şekil değiştirme varsayımına uygun olarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Şekil 2.2).

Her iki yaklaşım ile elde edilen eğilme momenti diyagramlarının ve plastik kesit yayılımlarının benzer olduğu gözlemlenmektedir.



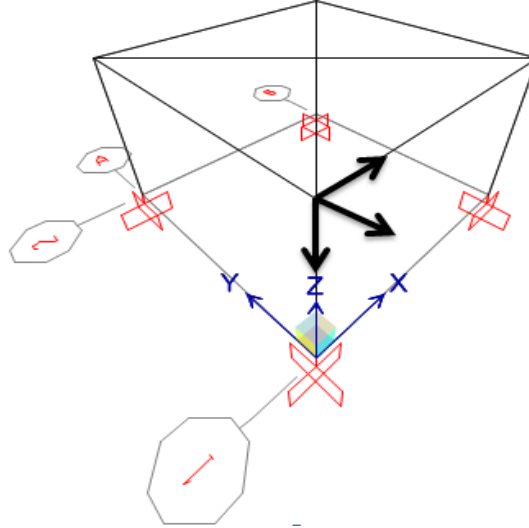
Şekil 2.2 : DOC3B ile üretilen sonuçların [23] de var olan verilerle karşılaştırması.

3. DOC3B YAZILIMININ ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ

3.1 Amaç

Yapı sistemlerinin doğrusal ve doğrusal olmayan statik analizlerinin yapılması için geliştirilen DOC3B yazılımı [1] de incelenen yapı sistemini yatay ve düşey düzlem alt sistemlere ayırmaktadır. Düşey alt sistemler birbirlerine ortogonal olarak bağlanmış çerçeve, perde, perde-çerçeve türü taşıyıcı sistemlerden oluşabilmektedir. Yatay alt sistemler ise boşluk da bulundurabilen döşeme türü elemanlardır.

Mevcut olan yazılımda her düğüm noktasında, iki öteleme türü serbestlik mevcutken, katılan yeni özellik sayesinde üç öteleme serbestliğinin yer aldığı duruma gelinmiştir, yeni durum Şekil 3.1' de gösterilmiştir.

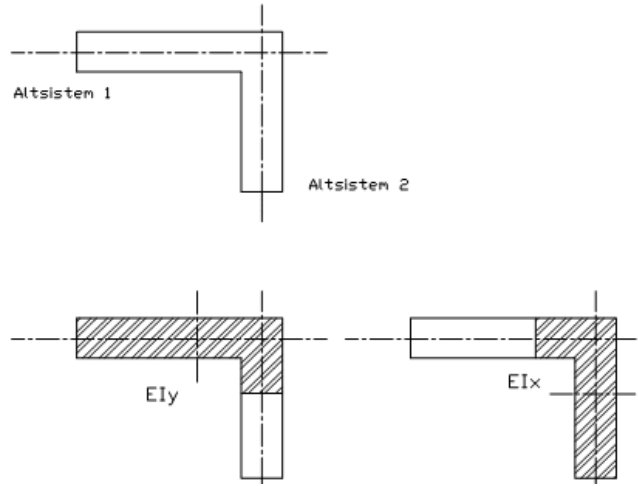


Şekil 3.1 : Üç düğüm noktası öteleme serbestliği.

DOC3B programında yapılan varsayımlar ve yaklaşımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yapı sistemi birbirine göre dik olarak yerleşik düzlem alt sistemlerden oluşmaktadır ya da böyle olduğu varsayılmaktadır.
- Çubukların kendi eksenlerine göre olan burulma rijitlikleri ihmal edilmektedir.

- Düzlem alt sistemlerin kesişim hatları üzerindeki çubuklarda, eğilme rijitlikleri ilgili alt sistemler arasında uygun bir şekilde dağıtılmaktadır. İki alt sistemin kesiştiği dikdörtgen kesitli bir kolonda, kolon I_x ve I_y atalet momentleri ilgili alt sistemlerin kesitlerinde kullanılmaktadır. Perde veya çekirdek türü elemanlarda ise etkin tabla genişliği tanımlanarak, ilgili alt sistemlerde kullanılacak kesit özellikleri Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Kesişen düzlem alt sistemlerde eğilme rijitliklerinin tanımı.

- Malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış, yayılı şekildeğiştirme durumu esas alınarak hesaba katılmaktadır.
- Yerdeğiştirmelerin yeter derecede küçük olmadığı yapı sistemlerinde denge denklemlerinin şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir. Geometri değişimlerinin denge denklemlerinde göz önüne alındığı II. Mertebe teorisine göre hesap yapılmaktadır.
- Malzeme bakımından doğrusal olmayan elemanlarda Başlangıç Kirişi Yöntemi kullanılarak doğrusallaştırma yapılmaktadır. Herhangi bir yük seviyesi için doğrusal olmayan hesap doğrudan gerçekleştirilebilmektedir.
- Geometri değişimi bakımından doğrusal olmayış ise aksenal yükün bir önceki hesap adımından alınmasıyla eleman düzeyinde doğrusallaştırma yapılarak dikkate alınmaktadır. Eğilme momenti ve sabit aksenal kuvvet veya yalnızca eğilme momenti etkisindeki bir betonarme kesitte, deneysel yada kuramsal olarak elde edilen moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak; dayanım, rijitlik, kesit dönme sünekliği, yutulan enerji miktarı, dayanım ve rijitlik kaybı gibi önemli büyüklüklere ulaşılabilmektedir.

3.1.1 Program data dosyaları ve bazı özellikleri

Malzeme ve/veya geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinin hesabı için geliştirilen DOC3B-V2 programı, başlıca DOC3B ve MKAPA isimli iki alt programdan oluşmuştur. DOC3B programı; HAZIRMK.dat, Doc3b.dat, M_Kapa.dat, Duzlem_Alt_Sistemler.dat data dosyalarından veri okumaktadır. Doc3b.dat data dosyası; alt sistemlerin geometrik özelliklerinin, üç boyutlu sistemde düğüm noktası yüklerinin, yapı kütle bilgilerinin ve doğrusal olmayan analiz için yük faktörlerinin girildiği arayüzdür. Duzlem_Alt_Sistemler.dat data dosyası; her alt sistem için nokta sayısı, çubuk sayısı, sistemde yay bulunduran noktası sayısı, tutulmuş nokta sayısı, düğüm noktası koordinat bilgileri ve çubuk eleman bilgilerinin içermektedir. Çubuk eleman bilgileri içinde eğilme rijitlikleri (EI), aksel rijitlikler (EF), kayma rijitlikleri (GOF), yayılı yük bilgileri, bünye bağıntısı tipleri girilir. İki tipte çubuk bünye bağıntısı kullanılır.

- Ardışık yaklaşımın bir önceki adımında belirlenen aksel kuvvet ile moment-eğrilik ilişkisi hesaplanması (ITYPE=0); bu özellik kolon elemanlar için kullanılmaktadır.
- Hazır olarak girilen moment-eğrilik ilişkisi (ITYPE=1); bu özellik kiriş elemanlar için kullanılmaktadır.

Bu iki bünye bağıntısı, çubuk alt dilimlerdeki ortalama iç kuvvet seviyeleri doğrusallaştırılarak dilim sanal rijitliklerine geçilir. Değişken rijitlikli çubuğa dönüşen mesnetlenmiş eleman, birim yerdeğiştirme ve yükleme matrislerinin hesaplanmasının ardından sistem eksen takımına dönüştürülür ve saklanır. Yeni oluşan rijitlik ve yükleme matrisleri kullanılarak yapı sistemi tekrar çözümlenir. Bu hesap döngüsü, hesap başlangıcında esas alınan ve elde edilen rijitlikler aynı oluncaya kadar tekrar edilir ve ϵ yakınsama ölçütüne ulaşıldığında hesap durdurulur.

Bünye bağıntıları, ITYPE=1 olduğunda moment ve eğrilik ilişkisi kullanıcı tarafından girilir, çubuk rijitlikleri ve yükleme matrisleri belli olan sistemin kesit zorları ve deplasman değerleri hesaplanır. ITYPE=0 çubuk rijitlikleri ve yükleme matrisleri altındaki kesit zorları hesaplanır. Hesabın ilk adımında çubuk rijitlik ve yükleme matrisleri ile yayılı yük etkisindeki çubukların basit kiriş zorları hesaplanır.

İkinci hesap adımından sonra DOC3B programı tarafından hesaplanmış ve sistem eksenlerine dönüştürülmüş olan çubuk rijitlik ve yükleme matrisleri hazır olarak alınır.

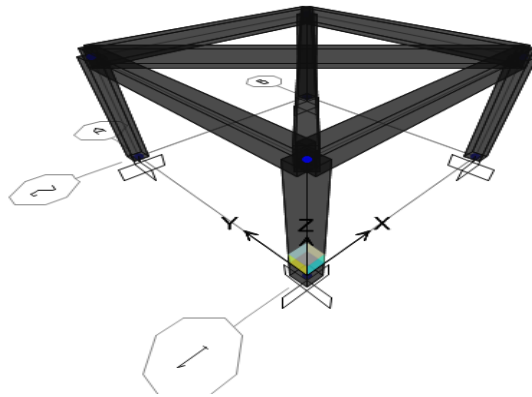
Program döngüsü tamamlandığında çubuk dilimlerindeki her iterasyon ve yük faktörü için iç kuvvet; kütle matrisi; 2 ve 3 boyutlu rijitlik matrisi ve yerdeğiştirmeler basılmaktadır. Programa katılan yeni özellik düzlem alt sistemlerin birbirlerine bağılandığı düğüm noktalarında düşey süreklilik denklemleri yazıldığından dolayı düşey alt sistemler arasında normal kuvvet sürekliliğı sağlanmaktadır.

3.2 Doğrulama Örnekleri

3.2.1 Örnek-1

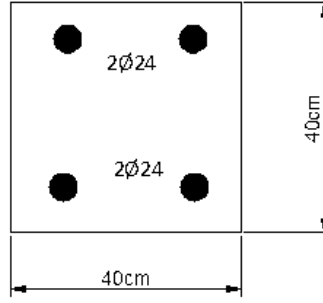
DOC3B ve SAP2000 programı kullanılarak yapılan doğrusal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışın esasını oluşturan moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması için, M-Kapa.For alt programında üretilen sonuçların XTRACT programında üretilenler ile karşılaştırılması yapılmış ve sonuçların yakın olduğı görülmüştür.

Doğrulama örneğı olarak: X ve Y doğrultusunda tek açıklıklı, her açıklığı 6 m ve kat yüksekliğı 4 m olan örnek yapı seçilmiştir, örnek yapı sisteminin taşıyıcı sistemi Şekil 3.3' de gösterilmiştir. Bina için C20 kalitesinde beton ve S420a donatı çeliğı kullanılmıştır.

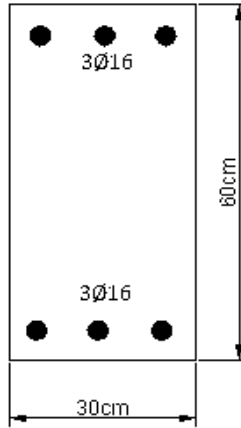


Şekil 3.3 : Tek katlı örnek yapı sisteminin taşıyıcı sistemi.

Tüm kolonlar 40×40 cm, tüm kirişler 30×60 cm boyutundadır. Kolonda %1'lik donatı (4Ø24) ve kirişler içinde toplamda (6Ø16) donatı kullanılmıştır, sırasıyla Şekil 3.4 ve 3.5'de verilmiştir. Ø8 lik tek kollu sargı donatısı kullanılmıştır. Döşemeyi temsil etmesi amacıyla pandüller kullanılmıştır. Pandüller mevcut kirişlerin kesitlerinin 100 katı, rijitliğininde % 0.1 olarak tasarlanmış, EF ve EI değerleri bu veriler ışığında hesaplanmıştır.



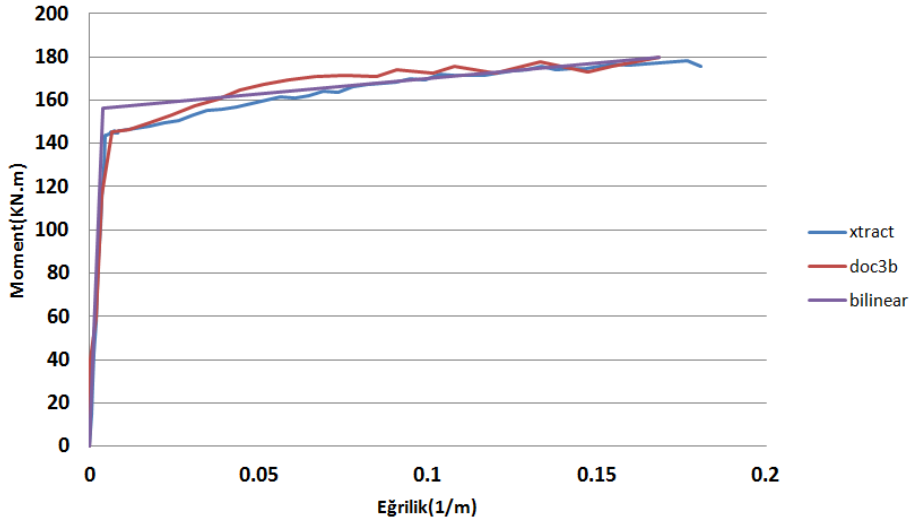
Şekil 3.4 : Tek katlı örnek için kullanılan kolon modeli.



Şekil 3.5 : Tek katlı örnek için kullanılan kiriş modeli.

3.2.1.1 Moment-eğrilik diyagramları

30×60 cm kesitli kiriş için M-Kapa.For programında hazırlanan moment-eğrilik diyagramı, XTRACT programında hazırlanan moment-eğrilik diyagramı ile karşılaştırılmış ve her iki program ile elde edilen sonuçların çok yakın olduğu görülmüştür (Şekil 3.6). Doğrusal olmayan hesapta kullanılacak olan moment eğrilik diyagramı eşit alan prensibine göre doğrusallaştırılmıştır (Şekil 3.6). Eşit alan prensibi; lineerleştirilmiş hal ile gerçek eğri arasında ilave olunan ve dışarıda bırakılan alanların eşitliğini sağlamaktadır. Moment-eğrilik değerleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

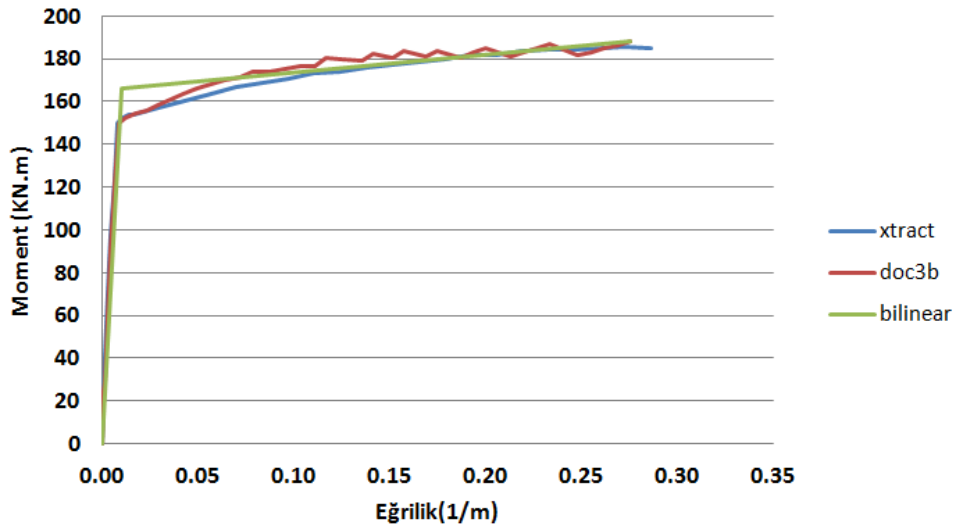


Şekil 3.6 : Örnek-1 30×60 cm kirişi için elde edilen moment eğrilik diyagramı ve lineerleştirilmiş hali.

Çizelge 3.1 : Örnek-1 30×60 cm kiriş moment-eğrilik değerleri.

Tip	Kesit	My(+)(kN.m)	Mu(+)(kN.m)	χ_y (+)	χ_u (+)
Kiriş	30*60	156.3	179.63	0.004	0.168

Örnek sistemin kolonunun M-Kapa.For ve XTRACT programı ile elde edilen moment-eğrilik diyagramları sonuçları karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça yakın çıktığı görülmüştür , Şekil 3.7’de verilmiştir. Moment-eğrilik değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.



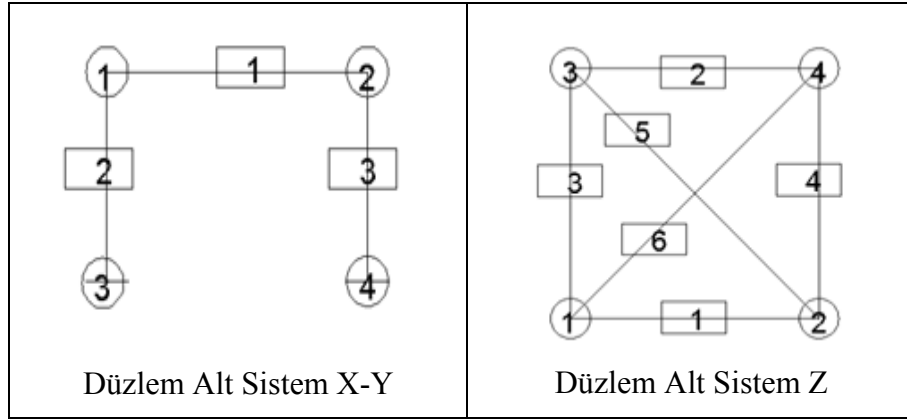
Şekil 3.7 : Örnek-1 40×40 cm kolonun N=120 kN için elde edilen moment eğrilik diyagramı ve lineerleştirilmiş hali.

Çizelge 3.2 : Örnek-1 40×40 cm kolon moment-eğrilik değerleri.

Tip	Kesit	My(+)(kN.m)	Mu(+)(kN.m)	$\chi_y (+)$	$\chi_u (+)$
Kolon	40*40	166.2	188.15	0.01	0.275

3.2.2 DOC3B ve SAP2000 programında doğrusal analiz

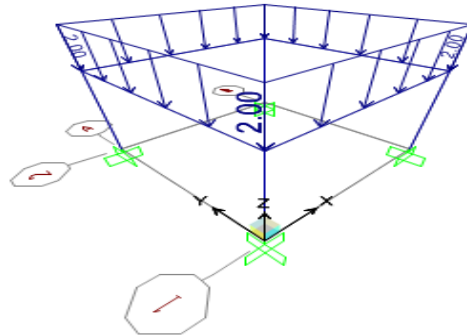
Doğrulama örneği-1'in DOC3B ve SAP2000 programı kullanarak doğrusal analizi yapılmıştır. DOC3B programında yapı alt sistemlere ayrılmış; 2 adet X ve 2 adet Y yönünde olmak üzere toplamda 4 adet alt sistemden oluşmuştur, Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8 : DOC3B programında X,Y ve Z düzlem alt sistem gösterimi.

3.2.2.1 Doğrulama örneği-1'in doğrusal analizi

Sistemin doğrusal analizi DOC3B ve SAP2000 programları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri karşılaştırılmıştır. Sistemin kirişlerine 2 kN/m'lik yayılı yük etkililmiş, Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Karşılaştırma sonucunda elde edilen veriler arasındaki farkın küçük olduğu saptanmıştır, Çizelge 3.3, 3.4, 3.5' de gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Örnek-1 için düşey yükleme durumu.

Çizelge 3.3 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin kesme kuvvet değerleri.

Alt Sistem No- Çubuk No	DOC3B(kN)		SAP2000(kN)		Rölatif Hata(kN)(%)	
	Tsol	Tsağ	Tsol	Tsağ	Tsol	Tsağ
1-1	-6.000	6.000	-6.000	6.000	0.00000	0.00000
2-2	-2.076	-2.076	-2.075	-2.075	0.00048	0.00048
3-3	-2.076	-2.076	-2.075	-2.075	0.00048	0.00048
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.00032	0.00032

Çizelge 3.4 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin normal kuvvet değerleri.

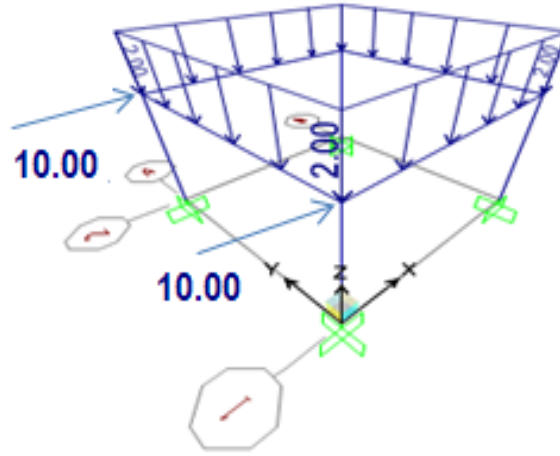
Alt Sistem No- Çubuk No	DOC3B(kN)		SAP2000(kN)		Rölatif Hata(kN)(%)	
	Nsol	Nsağ	Nsol	Nsağ	Nsol	Nsağ
1-1	-2.076	-2.076	-2.075	-2.075	0.00048	0.00048
2-2	-12.00	-12.00	-12.00	-12.00	0.00000	0.00000
3-3	-12.00	-12.00	-12.00	-12.00	0.00000	0.00000
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.00016	0.00016

Çizelge 3.5 : Statik yükleme durumu için örnek alt sistemlerin moment değerleri.

Alt Sistem No- Çubuk No	DOC3B(kN.m)		SAP2000(kN.m)		Rölatif Hata(kN.m)(%)	
	Msol	Msağ	Msol	Msağ	Msol	Msağ
1-1	-5.538	-5.538	-5.537	-5.537	0.00018	0.00018
2-2	-2.767	5.538	-2.764	5.529	0.00110	0.00160
3-3	-2.767	5.538	-2.764	5.529	0.00110	0.00160
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.00066	0.001

3.2.2.2 Doğrulama örneği-1 için yatay ve düşey yükleme altında yapılan doğrusal analiz

Tek katlı çerçeve örneğinde kirişler üzerine etkitilen 2kN/m'lik yayılı yük ile birlikte X doğrultusunda 1. ve 3. nolu düğüm noktalarından 10 kN' luk yatay kuvvetler etkitilerek analizler tekrarlanmıştır, Şekil 3.10'da gösterilmiştir. DOC3B ve SAP2000 programları ile doğrusal analiz yapılmış iç kuvvet durumu ve yerdeğiştirme değerleri için sonuçlar karşılaştırılmıştır, Çizelge 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.10 : Düşey ve yatay yükleme durumu.

Çizelge 3.6 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin deplasman değerleri karşılaştırması.

Alt Sistem-Düğüm Noktası No		X(m)	Z(m)
DOC3B	1-1	0.0011119	6.88E-07
	1-2	0.0011119	9.11E-07
	2-3	0.0011119	6.88E-07
	2-4	0.0011119	9.11E-07
SAP2000	1-1	0.00111	-6.88E-07
	1-2	0.00111	-9.11E-07
	2-3	0.00111	-6.88E-07
	2-4	0.00111	-9.11E-07
RÖLATİF HATA(%)	1-1	0.171	0.0014
	1-2	0.171	0.0120
	2-3	0.171	0.0014
	2-4	0.171	0.0120
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)		0.171	0.0067

Çizelge 3.7 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin kesme kuvveti değerleri karşılaştırması.

Alt Sistem No- Çubuk No	DOC3B(kN)		SAP2000(kN)		Rölatif Hata(kN)(%)	
	Tsol	Tsağ	Tsol	Tsağ	Tsol	Tsağ
1-1	4.330	-7.667	-4.320	7.667	0.232	0.000
2-2	2.926	2.926	-2.928	-2.928	0.068	0.068
3-1	6.000	-6.000	-6.000	6.000	0.000	0.000
4-3	2.076	2.076	-2.080	-2.080	0.192	0.192
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.123	0.065

Çizelge 3.8 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin normal kuvvet değerleri karşılaştırması.

Alt Sistem No-Çubuk No	DOC3B(kN)		SAP2000(kN)		Rölatif Hata(kN)(%)	
	Nsol	Nsağ	Nsol	Nsağ	Nsol	Nsağ
1-1	-7.074	-7.074	-7.072	-7.072	0.028	0.028
2-2	-10.333	-10.333	-10.333	-10.333	0.000	0.000
3-1	-2.076	-2.076	-2.075	-2.075	0.048	0.048
4-3	-13.667	-13.667	-13.667	-13.667	0.000	0.000
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.019	0.019

Çizelge 3.9 : Yapılan yükleme durumu için örnek alt sistemlerin moment değerleri karşılaştırması.

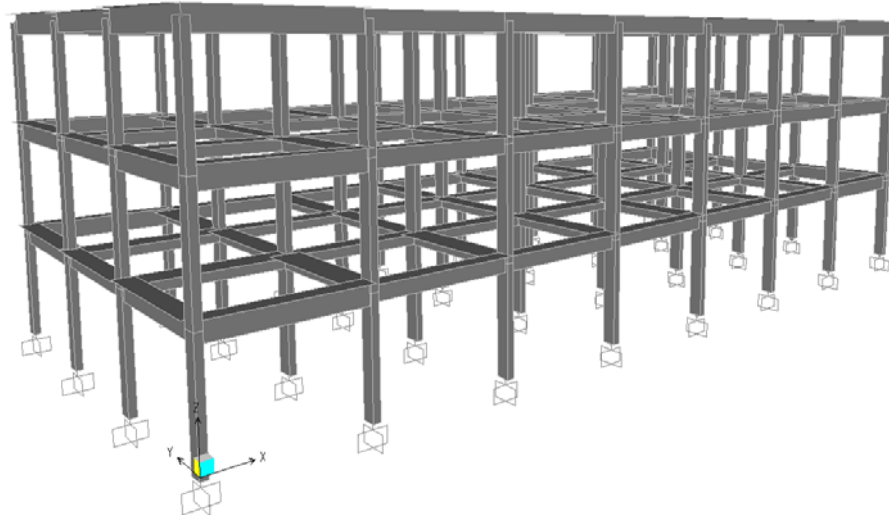
Alt Sistem No-Çubuk No	DOC3B(kN.m)		SAP2000(kN.m)		Rölatif Hata(kN.m)(%)	
	Msol	Msağ	Msol	Msağ	Msol	Msağ
1-1	-0.538	-10.537	-0.530	-10.530	1.510	0.066
2-2	-12.400	-0.538	-12.24	-0.540	1.310	0.370
3-1	-5.538	-5.538	-5.537	-5.537	0.018	0.018
4-3	-2.767	5.538	-2.760	5.530	0.254	0.145
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.773	0.149

4. DOĞRULAMA ÖRNEĞİ-2

Taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme bir yapının DOC3B programı kullanılarak doğrusal analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar SAP2000 programının doğrusal analiz sonunda ürettiği sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar statik yüklerden dolayı ortaya çıkan yerdeğiştirme, iç kuvvetler ve serbest titreşim analizi için yapılmıştır.

4.1 Yapı Sisteminin Özellikleri

Mevcut betonarme yapı, X doğrultusunda 3, Y doğrultusunda 7 açıklığı bulunan 3 katlı bir çerçeve sistemdir. Her iki doğrultuda aks aralıkları 6 m'dir. Tüm kolonların yerleşimleri aynı doğrultudadır. İncelenen üç boyutlu yapı sisteminin genel görünümü ve tipik kat planı sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Üç katlı binanın betonarme taşıyıcı sistemi.

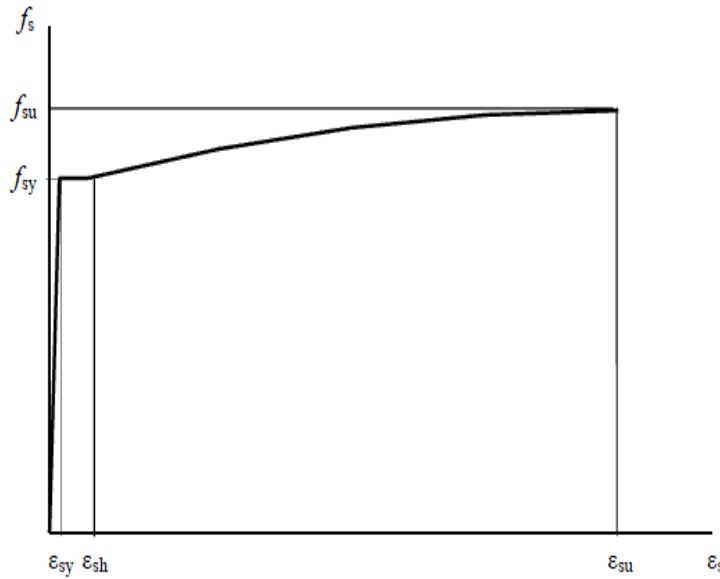
Tüm katların yüksekliği 4.20 m olup, toplam yapı yüksekliği 12.6 m'dir. Yapının tüm katlarında kolon ve kiriş kesitlerinin özellikleri aynıdır. İki tip kolon ve dört tip kiriş kesiti vardır. Tüm katlarda betonarme döşeme kalınlığı 15 cm'dir.

Yapı 1. derece deprem bölgesinde ve Z2 türü zemin üzerinde bulunmaktadır. DBYBHY’de Z2 türü zemin için, $T_a=0.15$ sn, $T_b=0.40$ sn’dir. Bina önem katsayısı 1 olarak tanımlanmaktadır. Performans değerlendirilmesinde 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan en büyük deprem kullanılacaktır.

Binada kullanılan beton basınç dayanımı 18 Mpa’dır. Betonarme elemanların kapasitesinin bulunmasında sargısız beton modeli kullanılmıştır. Beton malzeme özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Beton basınç dayanımı 0.85 şekil katsayısı ile azaltılmıştır. Yapıda kullanılan enine ve boyuna donatı kalitesi S220a’dır. Donatı için iki kollu pekleşmeli davranış modeli kullanılmıştır, S220a donatı çeliğine ait özellikler Şekil 4.2’de ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Beton malzeme özellikleri.

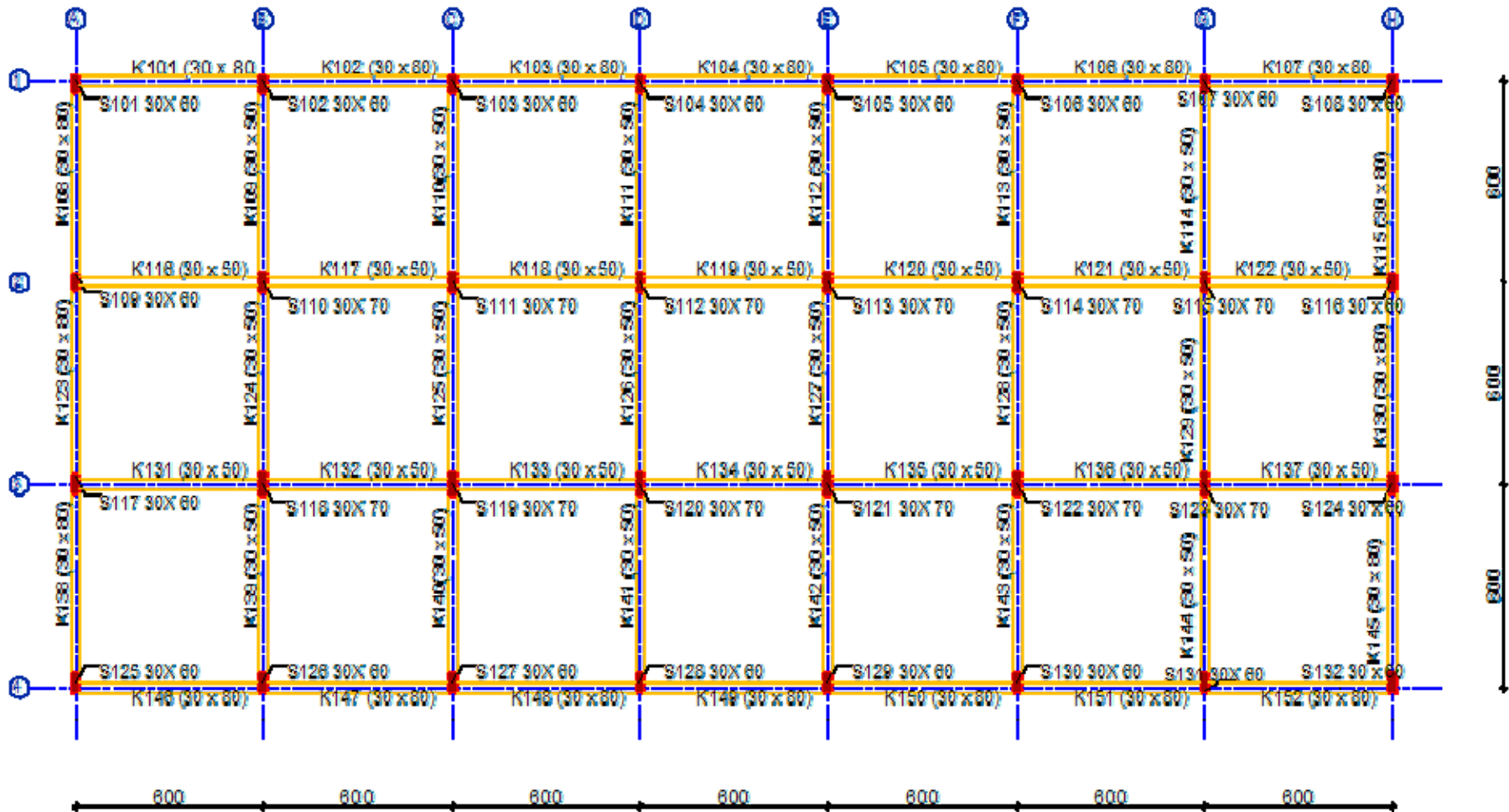
Kalite	f_{co} (Mpa)	ϵ_{co}	ϵ_{cu}	f_c (Mpa)
C18	15.3	0.002	0.004	15.3



Şekil 4.2 : Donatı çelik modeli.

Çizelge 4.2 : Donatı çeliği malzeme özellikleri.

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275



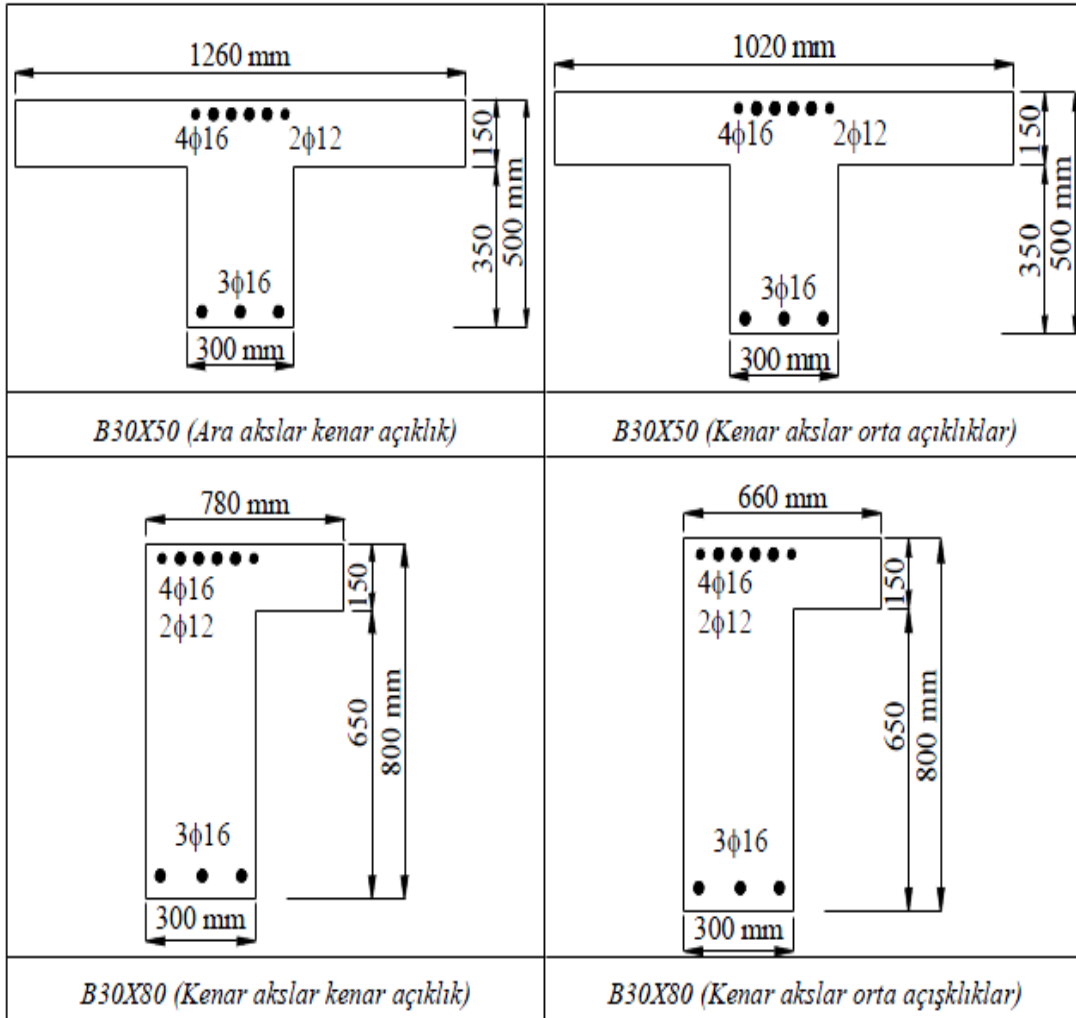
Şekil 4.3 : Tipik kat planı.

4.1.1 Kiriş ve kolon özellikleri

Kenar aks kirişleri 30×80 cm, ara aks kirişleri ise 30×50 cm boyutlarındadır. Her iki tip içinde beton örtü kalınlığı 3 cm'dir. Kiriş kesitlerine ait mekanik özellikler, kiriş kesit geometrisi ve donatı özellikleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 : Kirişlere ait geometrik büyüklükler.

Kiriş Tipi	$I_x(m^4)$	$I_y(m^4)$	$F(m^2)$
30*50 kenar	$5.645 \cdot 10^{-3}$	$25.80 \cdot 10^{-3}$	$294 \cdot 10^{-3}$
30*50 orta	$5.25 \cdot 10^{-3}$	$14.01 \cdot 10^{-3}$	$258 \cdot 10^{-3}$
30*80 kenar	$18.80 \cdot 10^{-3}$	$11.60 \cdot 10^{-3}$	$312 \cdot 10^{-3}$
30*80 orta	$1.76 \cdot 10^{-3}$	$7.18 \cdot 10^{-3}$	$294 \cdot 10^{-3}$

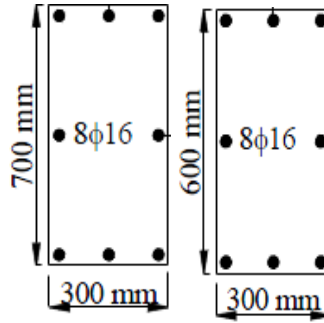


Şekil 4.4 : Kiriş kesit geometrisi ve donatı özellikleri [25].

Kenar aks kolonları, 30×60 cm, ara aks kolonları ise 30×70 cm boyutundadır. Her iki tip içinde beton örtü kalınlığı 3 cm'dir. Kolonlara ait mekanik özellikler, kesit geometrisi ile donatı özellikleri sırasıyla Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Kolonlara ait geometrik büyüklükler.

Kolon Tipi	$I_x(m^4)$	$I_y(m^4)$	$F(m^2)$
30*60	$5.400 \cdot 10^{-3}$	$1.350 \cdot 10^{-3}$	$180 \cdot 10^{-3}$
30*70	$8.575 \cdot 10^{-3}$	$1.575 \cdot 10^{-3}$	$210 \cdot 10^{-3}$



Şekil 4.5 : Kolon kesit geometrisi ve donatı özellikleri [25].

4.1.2 Sistem yük analizi

Yapı sistemine etkiyen düşey yükler betonarme elemanların öz ağırlıkları, duvar ve kaplama yükleri ile ilave yüklerden meydana gelmektedir. Yapının kullanım amacına uygun ilave yük şiddeti $q=2 \text{ kN/m}^2$ 'dir. Tüm kenar akslarda 4.2 kN/m/m şiddetinde tam duvar yükü alınmıştır. Ara bölme duvarlarının ağırlığını temsil etmek üzere, ilave yük şiddeti 1.5 kN/m^2 olarak artırılmıştır. Döşeme için tesviye betonu 2 cm, kaplaması 2cm ve sıvası 2 cm olarak belirlenmiştir.

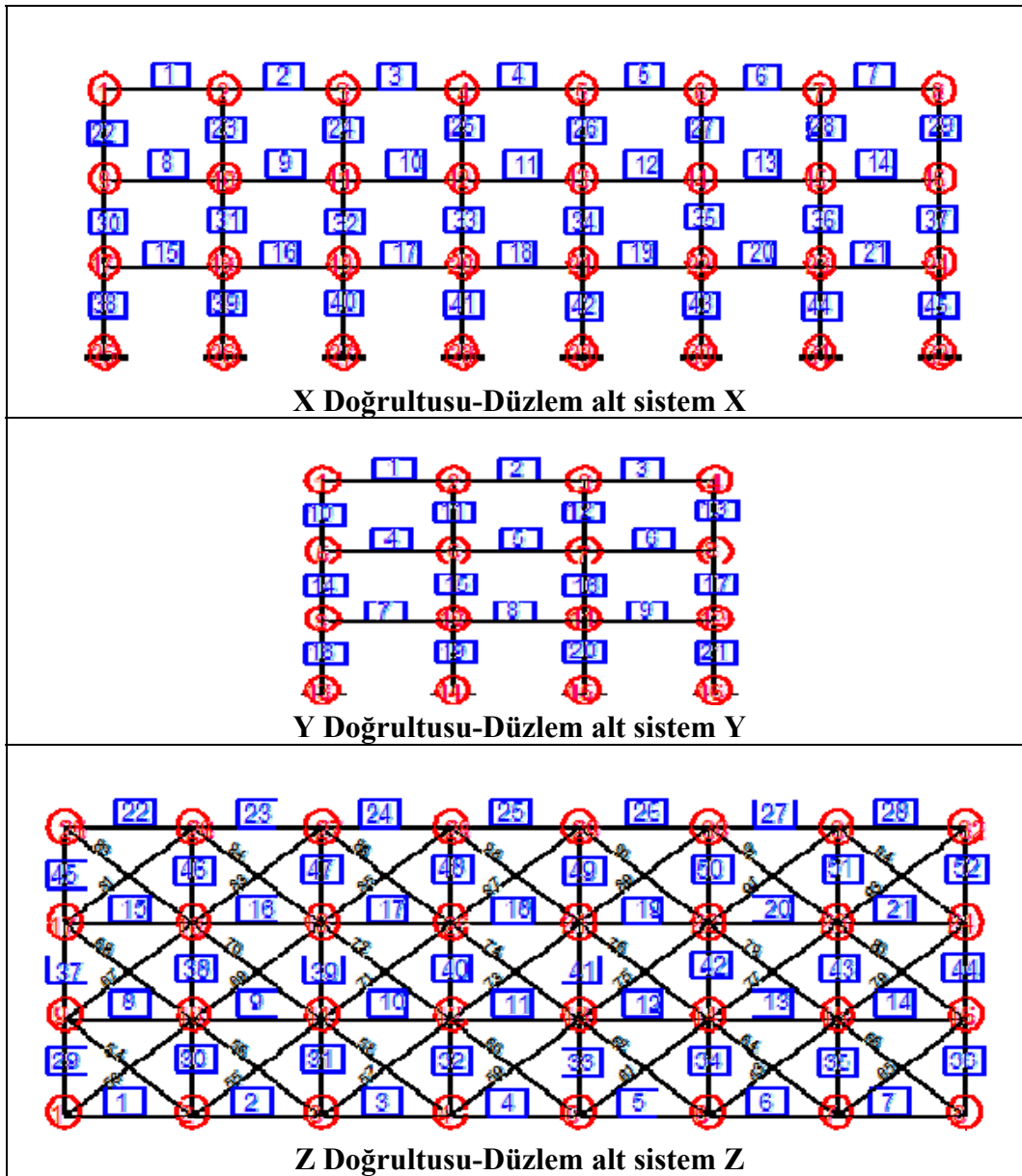
Ölü yüklerin tamamı ile azaltılmış ilave yükler ($G+0.3Q$) birleştirilerek yapı sismik ağırlığı hesaplanmıştır. Kat ağırlıkları; 1. ve 2. katlar için, $W_1=W_2= 9312 \text{ kN}$, 3.kat için de $W_3=5816 \text{ kN}$ olmak üzere toplam $W=24440 \text{ kN}$ 'dur.

4.2 Üç Boyutlu Yapı Sisteminin Alt Sistemlere Ayrılması

Yapı sisteminin DOC3B yazılımı ile çözümü için, sistem X ve Y doğrultularında sırasıyla 4 ve 8 adet, Z doğrultusunda ise 3 adet alt sisteme ayrılmıştır. Bu durumda sistemde toplam 15 adet alt sistem bulunmaktadır. Üç boyutlu yapı sisteminde toplam 96 adet düğüm noktası yer almaktadır. Her düğüm noktasında 3 adet

yerdeğiştirme bileşeni esas alındığından kullanılan toplam bilinmeyen sayısı 288'e eşit olmaktadır. Z doğrultusundaki tüm alt sistemler özdeştir. Döşeme rijitliğinin temsil edilebilmesi için her açıklıkta bir çift pandül çubuk kullanılmıştır.

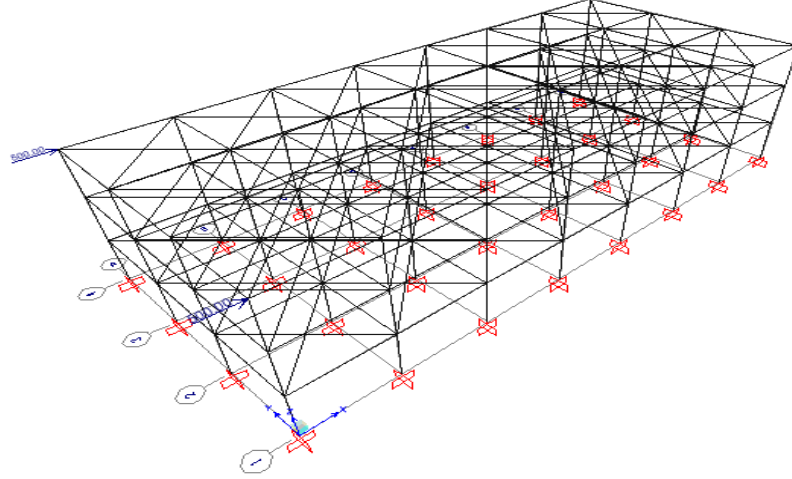
Pandüller için eğilme rijitliği (EI) sıfıra yakın alınmış (% 0.01 mertebesinde), uzama rijitliği ise diğer çubuk elemanların en büyüğünün yaklaşık yüz katı mertebesinde alınmıştır. X, Y, Z doğrultularında tanımlanan örnek alt sistemlerin görünüşü Şekil 4.6'da verilmektedir. Tüm düzlem alt sistemler kendi doğrultularındaki alt sistemlerle özdeştir.



Şekil 4.6 : X,Y ve Z doğrultusundaki alt sistem görünüşleri ve düğüm noktaları.

4.3 Statik Yükler İçin Yapılan Analiz

Yapı sisteminin en üst katında yer alan iki düğüm noktasına X doğrultusunda 500 kN şiddetinde statik yükler etkililmiş ve doğrusal elastik hesap yapılmıştır (Şekil 4.7). Statik yükleme etkisinde elde edilen iç kuvvet ve yerdeğiştirmeler karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.7 : Statik yükleme durumunun sistem üzerinde gösterimi.

DOC3B ve SAP2000 programları kullanılarak elde edilen analiz sonuçlarının düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme değerlerinin bir kısmı örnek teşkil etmesi açısından Çizelge 4.5’de verilmiştir. X doğrultusundaki rölatif hata ortalaması yaklaşık olarak % 0.14 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 : Statik yükleme sonundaki seçilmiş düğüm noktaları için deplasman değerleri karşılaştırması.

	Aks-Kat No	Alt Sistem No	X(m)
DOC3B	4A-3.kat	1	0.0182
	3B-3.kat	2	0.0181
	2C-1.kat	3	0.0056
	4A-1.kat	5	0.0056
SAP2000	4A-3.kat	1	0.0183
	3B-3.kat	2	0.0181
	2C-1.kat	3	0.0056
	4A-1.kat	5	0.0056
RÖLATİF HATA(%)	4A-3.kat	1	0.5500
	3B-3.kat	2	0.0000
	2C-1.kat	3	0.0000
	4A-1.kat	5	0.0000
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)			0.1400

DOC3B ve SAP2000 programlarını kullanarak yapı sisteminin kiriş ve kolonlarına ait eğilme momenti, kesme kuvveti değerleri ve rölatif hataları Çizelge 4.6, 4.7, 4.8, 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Kiriş eğilme momentleri arasındaki farklar.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Msol(kNm)	Msağ(kNm)
DOC3B	3.kat	2	3	35.19	-34.90
	2.kat	3	13	63.95	-61.51
	3.kat	4	4	36.20	-36.13
SAP2000	3.kat	2	3	35.41	-34.96
	2.kat	3	13	63.61	-61.16
	3.kat	4	4	35.81	-35.68
RÖLATIF HATA(%)	3.kat	2	3	0.62	0.17
	2.kat	3	13	0.53	0.57
	3.kat	4	4	1.08	1.25
ORTALAMA RÖLATIF HATA(%)				0.74	0.66

Çizelge 4.7 : Kolon eğilme momentleri arasındaki farklar.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Msol(kNm)	Msağ(kNm)
DOC3B	2.kat	3	36	-68.85	68.65
	1.kat	4	38	-65.10	59.30
	3.kat	1	24	-69.69	71.09
SAP2000	2.kat	3	36	-68.86	68.56
	1.kat	4	38	-65.11	59.32
	3.kat	1	24	-69.81	71.21
HATA(%)	2.kat	3	36	0.015	0.130
	1.kat	4	38	0.015	0.030
	3.kat	1	24	0.170	0.170
ORTALAMA RÖLATIF HATA(%)				0.067	0.110

Çizelge 4.8 : Kiriş kesme kuvvetleri arasındaki farklar.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Tsol(kN)	Tsağ(kN)
DOC3B	2.kat	3	13	-20.91	-20.91
	1.kat	4	7	-16.62	-16.62
	3.kat	1	17	-23.34	-23.34
SAP2000	2.kat	3	13	20.79	20.79
	1.kat	4	7	16.55	16.55
	3.kat	1	17	23.40	23.40
RÖLATIF HATA(%)	2.kat	3	13	0.57	0.57
	1.kat	4	7	0.42	0.42
	3.kat	1	17	0.25	0.25
ORTALAMA RÖLATIF HATA(%)				0.41	0.41

Çizelge 4.9 : Kolon kesme kuvvetleri arasındaki farklar.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Tsol(kN)	Tsağ(kN)
DOC3B	3.kat	2	22	22.75	22.75
	2.kat	3	36	32.74	32.74
	3.kat	1	28	33.82	33.82
SAP2000	3.kat	2	22	-23.02	-23.02
	2.kat	3	36	-32.75	-32.75
	3.kat	1	28	-33.49	-33.49
	3.kat	2	22	1.17	1.17
	2.kat	3	36	0.03	0.03
	3.kat	1	28	0.98	0.98
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.73	0.73

4.4 Serberst Titreşim Analizi

Yapı sisteminin serbest titreşim analizi, başlangıç rijitlikleri kullanılarak hem DOC3B hem de SAP2000 yazılımları ile yapılmıştır. Bu analizlerde her kat kütlesi; yapının orta aksları üzerinde yer alan 4 düğüm noktasına hem X hem de Y doğrultusunda etkilmiştir. 1. ve 2. katlar için kütle miktarı $m_{1-2}=23730 \text{ kg.s}^2/\text{m}$, 3. kat kütle miktarı $m_3=14821 \text{ kg.s}^2/\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Her iki yazılım ile yapılan analizde döşeme düzlem içi rijitliği sonsuz olarak alınmıştır.

SAP2000 yazılımı ile elde edilen serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları Çizelge 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : SAP2000 tarafından üretilen periyot ve kütle katılım değerleri.

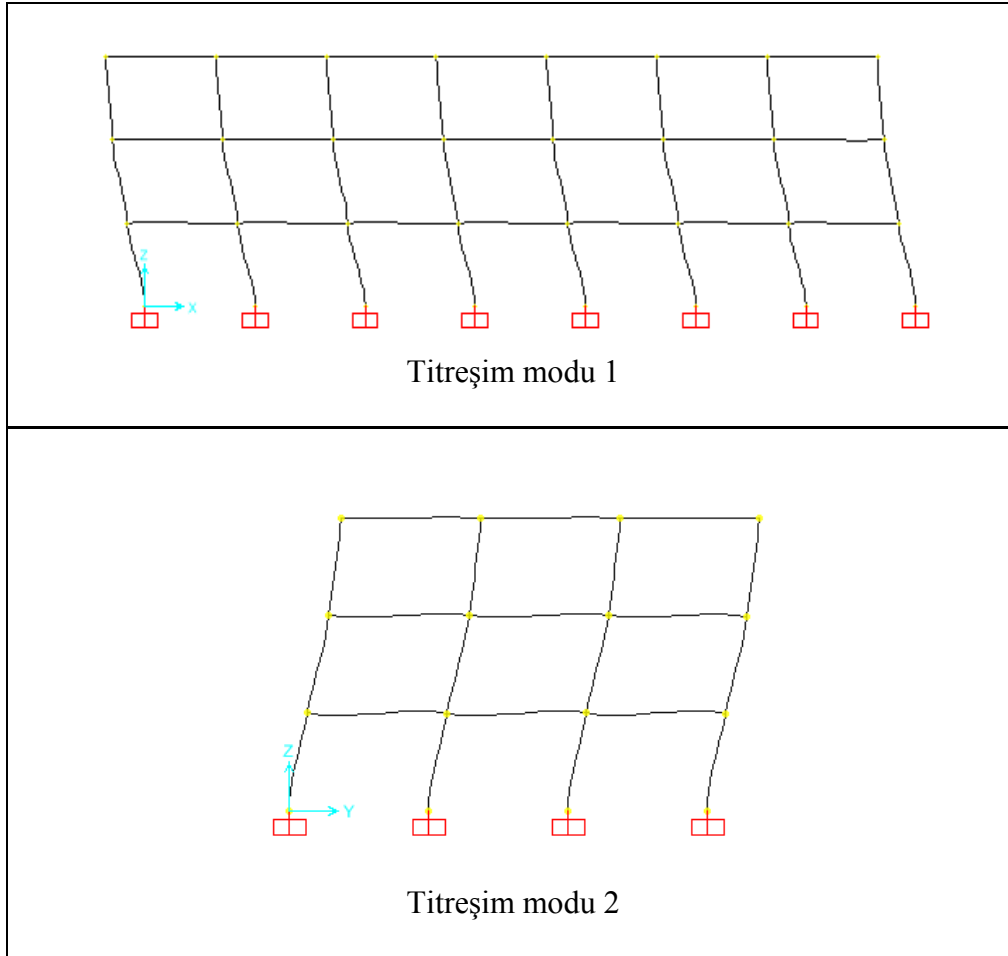
Adım Tipi	Adım		ΣRX	ΣRY	ΣRZ
	Numarası	Periyot			
Mod	1	0.9420	0.0000	0.9863	0.1363
Mod	2	0.5848	0.9948	0.9863	0.8445
Mod	3	0.3376	0.9948	0.9972	0.8565
Mod	4	0.2389	0.9948	1.0000	0.8581
Mod	5	0.2035	0.9968	1.0000	0.9452
Mod	6	0.1668	0.9968	1.0000	0.9747
Mod	7	0.1367	0.9999	1.0000	0.9960
Mod	8	0.0643	0.9999	1.0000	0.9993
Mod	9	0.0492	0.9999	1.0000	0.9999
Mod	10	0.0437	0.9999	1.0000	0.9999
Mod	11	0.0428	0.9999	1.0000	0.9999
Mod	12	0.0345	0.9999	1.0000	0.9999

SAP2000 ve DOC3B programında yapılan serbest titreşim analizi sonucunda elde edilen periyot değerleri ve rölatif hataları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Bu doğrulama sayesinde DOC3B programı ve SAP2000 programının yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

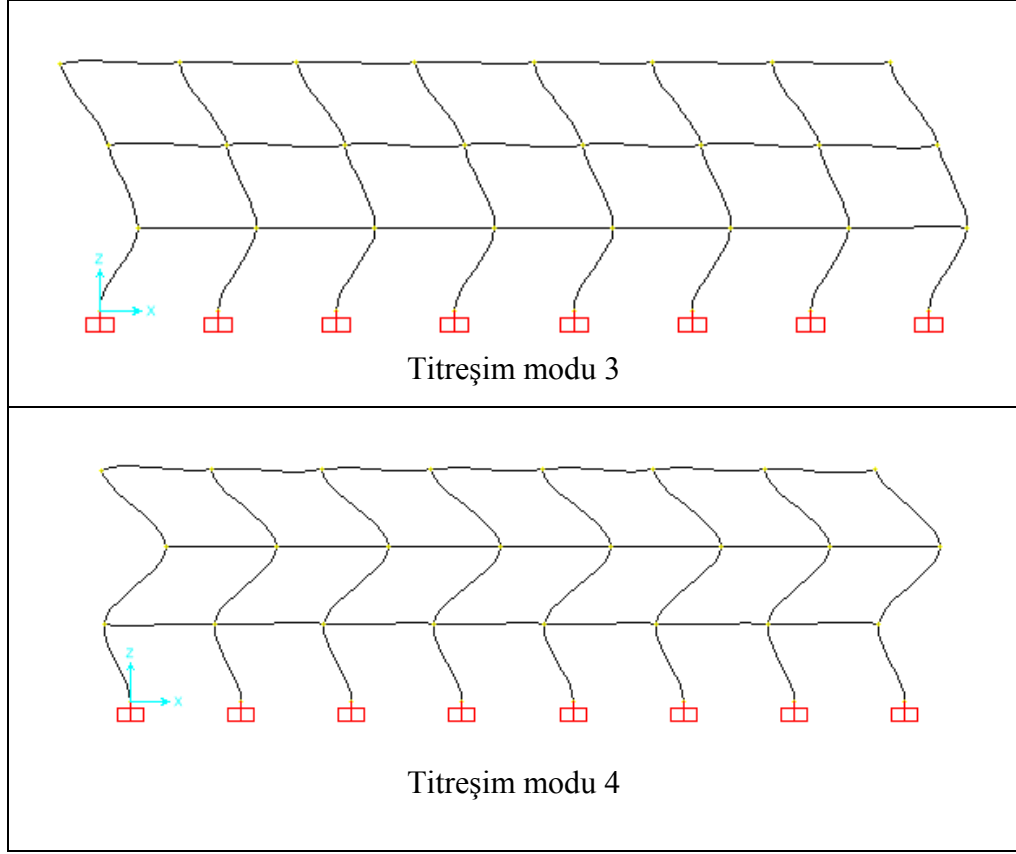
Çizelge 4.11 : Modal analiz sonunda elde edilen periyot değerleri.

Periyot numarası	1	2	3	4
	S _n			
DOC3B	0,941	0,582	0,336	0,237
SAP2000	0,940	0,584	0,337	0,238
RÖLATİF HATA(%)	0.11	0.34	0.29	0.42
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.29

Kütlelerin etkili olduğu alt sistemlerin mod şekilleri Şekil 4.8’de verilmiştir. Mod biçimleri üzerinde yapılan karşılaştırmalar neticesinde her iki programda elde edilen sonuçların yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8 : Modal analiz sonucu elde edilen ilk 4 titreşim modu.



Şekil 4.8 (devamı) : Modal analiz sonucu elde edilen ilk 4 titreşim modu.

X ve Y doğrultusunda, kütlelerin bulunduğu düğüm noktasının birinci ve ikinci titreşim moduna ait modal yerdeğiştirme değerleri (en üst kat bir birim olacak şekilde normalize edildiğinde ortaya çıkan durum) sırasıyla Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Birinci mod şekli (SAP2000).

Kat No	Modal Yerdeğiştirme
3	1,000
2	0,832
1	0,450

Çizelge 4.13 : İkinci mod şekli (SAP2000).

Kat No	Modal Yerdeğiştirme
3	1,000
2	0,780
1	0,350

4.5 Yayılı Yüklerin ve Kolon Özağırlıklarının Girildiği Analiz

Örnek yapının döşeme yükleri, sistem üzerinde bulunan hareketli ve ölü yükler kiriş üzerine yayılı yük olarak etkilmiştir. DOC3B programına yayılı yük tanımlaması yapılırken üçgen yükler, düzgün yayılı yüke $(p \cdot L_k)/3$ [26], formülü ile çevrilmiştir. $g+0,3q$ kombinasyonu yapılarak yayılı yükler kirişler üzerine etkilmiştir. 1. ve 2. katlardaki yayılı yükler kenar akslardaki kirişler için $g+0,3q$ yüklemesi 31.315 kN/m, orta akslarda 26.945 kN/m; 3. kat da kenar akslarda 16.135 kN/m, orta akslarda 25.145 kN/m olarak etkilmiştir.

30×70cm ve 30×60 cm'lik kolonların özağırlıkları hesaplanarak DOC3B programına düğüm noktası yükü olarak girilmiştir. Örnek teşkil etmesi açısından bir alt sistemin kolon yükleri Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Örnek bir alt sistemin kolon özağırlık değerleri.

YÜKLÜ DÜĞÜM NOKTASI BİLGİLERİ			
NOKTA NO- d1 - d2 - d3			
DOĞRULTUSUNDAKİ TEKİL YÜKLER			
1	0	0	1,890
2	0	0	2,205
3	0	0	2,205
4	0	0	1,890
5	0	0	1,890
6	0	0	2,205
7	0	0	2,205
8	0	0	1,890
9	0	0	1,890
10	0	0	2,205
11	0	0	2,205
12	0	0	1,890

Sistem yüklerinin girilmesinin ardından yapılan analiz sonucunda DOC3B ve SAP2000 programında yapılan karşılaştırmalar sonunda normal kuvvet, moment ve kesme kuvvet değerlerinin oldukça yakın çıktığını göstermek amacıyla örnek alt sistemlerin belirli kiriş ve kolon kesitlerinden alınan değerler sırasıyla Çizelge 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.15 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.

Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	DOC3B(kN)	SAP2000(kN)	Rölatif Hata(kN)(%)
3	1	23	-192.65	-190.71	1.01
2	1	37	-292.49	-299.67	2.40
1	1	44	-794.21	-788.40	0.74
3	3	29	-184.36	-183.04	0.72
2	3	36	-697.83	-695.34	0.36
1	3	38	-757.31	-752.71	0.61
3	6	10	-192.65	-190.71	1.02
2	6	17	-493.53	-489.07	0.91
1	6	20	-1057.16	-1054.85	0.22
3	11	11	-341.61	-340.13	0.44
2	11	14	-493.31	-489.07	0.87
1	11	18	-794.21	-788.40	0.74
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)					0.84

Çizelge 4.16 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kirişlere ait moment değerlerinin karşılaştırılması.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Msol(kN.m)	Msağ(kN.m)
DOC3B	2	2	9	-83.95	-79.97
	1	2	17	-79.95	-81.09
	2	3	11	-80.81	-80.81
	3	6	1	-51.97	-81.82
	1	8	8	-82.07	-80.74
SAP2000	2	2	9	-83.55	-79.90
	1	2	17	-79.91	-81.10
	2	3	11	-80.81	-80.35
	3	6	1	-52.13	-81.68
	1	8	8	-81.47	-81.47
RÖLATİF HATA(%)	2	2	9	0.49	0.09
	1	2	17	0.05	0.01
	2	3	11	0.00	0.57
	3	6	1	0.31	0.17
	1	8	8	0.74	0.90
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.318	0.348

Çizelge 4.17 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kirişlere ait kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Tsol(kN)	Tsağ(kN)
DOC3B	2	2	9	81.50	-80.17
	1	2	18	80.83	-80.84
	2	3	13	80.17	-81.50
	3	6	2	75.34	-75.53
	1	8	7	77.25	-84.42
SAP2000	2	2	9	81.52	-80.15
	1	2	18	80.66	-80.83
	2	3	13	80.14	-81.52
	3	6	2	75.43	-75.28
	1	8	7	77.06	-84.60
RÖLATİF	2	2	9	0.03	0.03
	1	2	18	0.21	0.01
HATA(%)	2	3	13	0.04	0.03
	3	6	2	0.12	0.33
	1	8	7	0.25	0.21
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.13	0.12

Çizelge 4.18 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait moment değerlerinin karşılaştırılması.

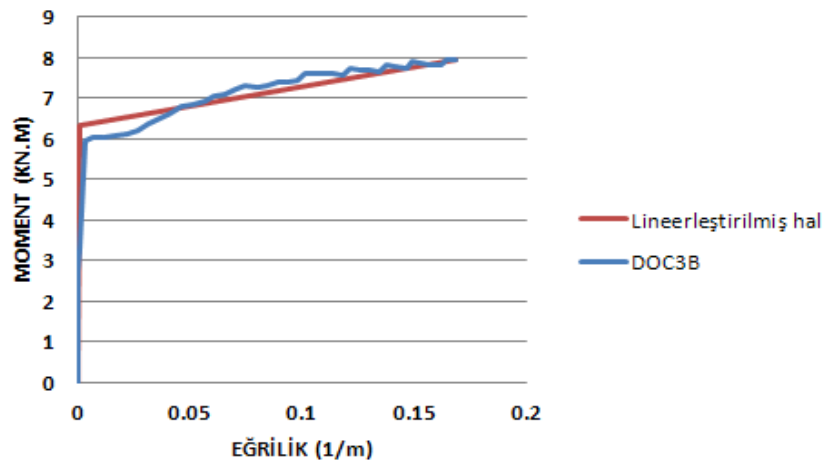
	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Msol(kN.m)	Msağ(kN.m)
DOC3B	2	2	30	23.59	-22.55
	1	2	22	24.80	-28.03
	2	3	36	3.98	-3.37
	1	8	10	39.36	-52.14
SAP2000	2	2	30	23.54	-22.49
	1	2	22	24.90	-28.20
	2	3	36	4.00	-3.39
	1	8	10	39.41	-52.17
RÖLATİF	2	2	30	0.21	0.27
HATA(%)	1	2	22	0.40	0.60
	2	3	36	0.50	0.59
	1	8	10	0.13	0.05
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.31	0.37

Çizelge 4.19 : SAP2000 ve DOC3B programlarından seçilmiş bazı kolonlara ait kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.

	Kat No	Alt Sistem No	Çubuk No	Tsol(kN)	Tsağ(kN)
DOC3B	2	2	31	1.74	1.74
	1	2	42	-0.03	-0.03
	2	3	36	-1.75	-1.75
SAP2000	2	2	31	-1.76	-1.76
	1	2	42	0.03	0.03
	2	3	36	1.76	1.76
RÖLATİF	2	2	31	1.14	1.14
	1	2	42	0.00	0.00
	2	3	36	0.57	0.57
HATA(%)				0.57	0.57
ORTALAMA RÖLATİF HATA(%)				0.57	0.57

4.6 Kiriş ve Kolon Kesitleri İçin Moment Eğrilik İlişkilerinin Belirlenmesi

Örnek teşkil etmesi amacıyla 30×50 cm kenar açıklık kirişinin moment - eğrilik ilişkisi Şekil 4.9'da yer almaktadır. Moment-eğrilik diyagramı elde edilmesi DOC3B programının alt programı M-Kapa.For programı kullanılarak yapılmış ve program sonunda kesite ait malzeme özellikleri Ek-A da verilmiştir.. Kesit akma momenti $M_y=63.38$ kNm, kesit moment taşıma kapasitesi ise $M_u=79.28$ kNm olarak elde edilmiştir. $\chi_y=0.001$, $\chi_u=0.168$ olarak belirlenmiştir. Moment eğrilik ilişkilerini gösteren grafikler eşit alan ilkesi ile lineerleştirilmiştir. Çizelge 4.20'de kiriş tiplerine ait moment eğrilik ilişkileri bulunmaktadır. Her kesite ait özellikler çizelgede yer alan kiriş tip numaraları ile DOC3B de kullanılmıştır. Kiriş kesitleri simetrik olmadığından dolayı negatif ve pozitif moment-eğrilik ilişkileri mevcuttur.



Şekil 4.9 : 30×50 kenar açıklık kirişinin moment eğrilik diyagramı.

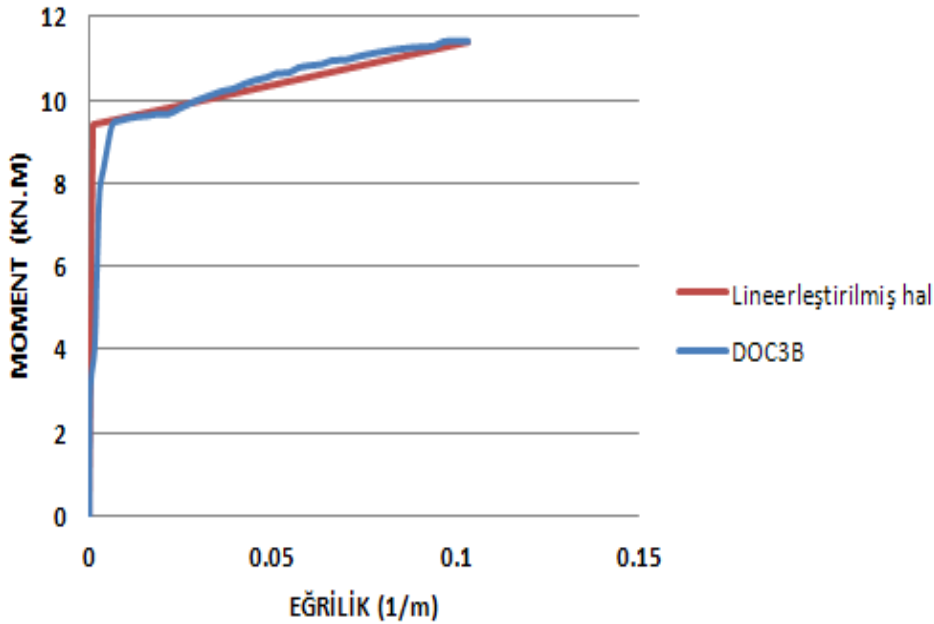
Çizelge 4.20 : Kiriş için elde edilen moment eğrilik ilişkilerinin çizelge halinde gösterimi.

Tip	Kesit	My(+)	Mu(+)	$\chi_{y(+)}$	$\chi_{u(+)}$
1	30*50 kenar açıklık	63.38	79.28	0.001	0.168
3	30*50 orta açıklık	63.20	77.22	0.001	0.160
5	30*80 kenar açıklık	108.00	127.95	0.001	0.149
7	30*80 orta açıklık	109.7	124.88	0.001	0.144

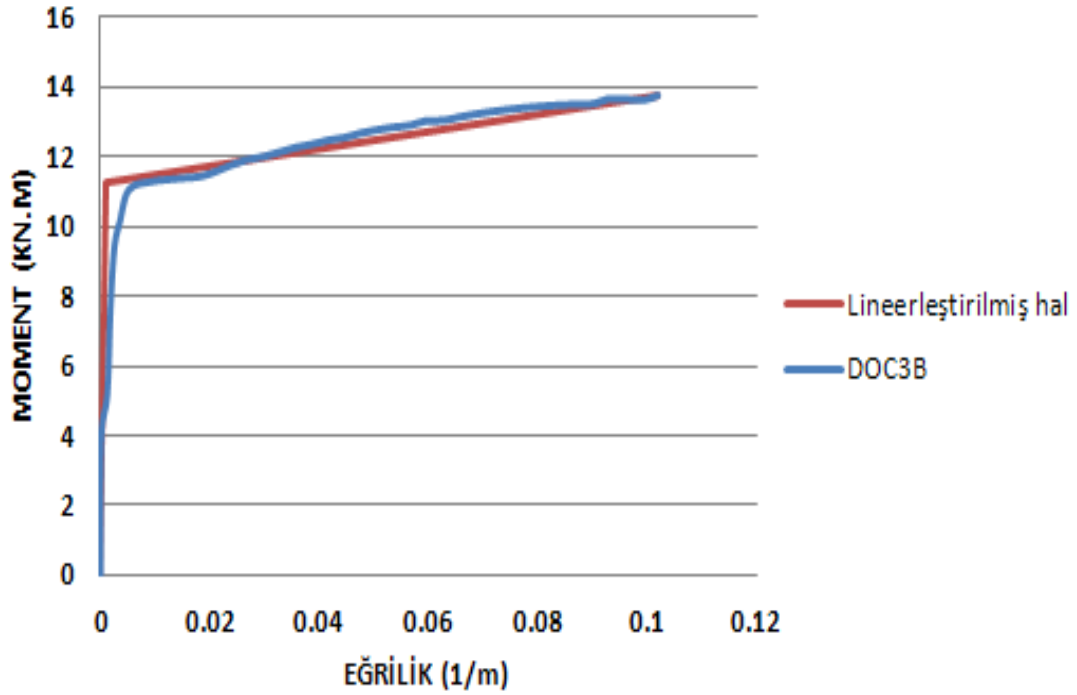
Negatif Moment Değerleri İçin

Tip	Kesit	My(-)	Mu(-)	$\chi_{y(-)}$	$\chi_{u(-)}$
10	30*50 kenar açıklık	97.40	119.34	0.001	0.101
11	30*50 orta açıklık	97.00	119.32	0.001	0.101
12	30*80 kenar açıklık	164.40	199.93	0.001	0.063
13	30*80 orta açıklık	164.2	199.91	0.001	0.063

Yapı kolonlarının moment eğrilik ilişkilerini gösteren değerler Çizelge 4.21’de yer almaktadır. Kolonların moment eğrilik ilişkilerini gösteren diyagram eşit alan ilkesine göre lineerleştirilmiştir. Moment-eğrilik diyagramı Şekil 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Kolonlar kendi düzleminde simetrik olduğundan dolayı negatif-pozitif moment-eğrilik etkileşimi aynıdır. Kolon tipleri DOC3B programında kullanılan numaralandırmaları ile verilmiştir.



Şekil 4.10 : 30x60 kolonun N=0 kN moment eğrilik diyagramı.



Şekil 4.11 : 30×70 kolonun N=0 kN için moment eğrilik diyagramı.

Çizelge 4.21 : Kolonlar için N=0 kN durumunda elde edilen moment eğrilik ilişkilerinin çizelge halinde gösterimi.

Tip	Kesit	Donatı Miktarı	My	Mu	χ_v	χ_u
			(+)	(+)	(+)	(+)
1	30×760	8Ø16	94.10	114.11	0.001	0.103
2	30×70	8Ø16	112.50	137.59	0.001	0.102

4.7 Deprem İsteminin Belirlenmesi

4.7.1 Deprem istemi ve talep spektrumu

Performansa dayalı tasarımda, talep edilen bina performans seviyesi seçilen bir büyüklükteki deprem etkisi için belirlenebilir. Dolayısıyla, analizlerde kullanılmak üzere farklı seviyelerde tanımlanan yer hareketi belirlenmelidir ve değişik büyüklükteki deprem etkileri altında yapının belirli kriterleri sağlaması gerekmektedir. Deprem etki seviyesi spektrum eğrisi ile temsil edilir. Bu tanım, deprem hareketlerinin yapı ömrü içerisindeki 50 yıllık zaman dilimindeki aşılma olasılığı ve dönüş periyodu ile belirlenmektedir. Deprem oluşma parametreleri Çizelge 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 : Deprem etkisi parametreleri.

Deprem Türü	Maksimum Deprem Etkisi (g)	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0.2	%50	72 Yıl
Tasarım Depremi	0.4	%10	475 Yıl
En Büyük Deprem	0.6	%2	2475 Yıl

DBYBHY 2007’de anlatılan ana deprem etkisi aşağıda incelenmiştir:

- **Kullanım Depremi:** 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depremin binanın ömründe en az bir kere ortaya çıkması olasıdır. Maksimum deprem etkisi tasarım depreminin yarısı (0.2g) olarak kabul edilir.
- **Tasarım Depremi:** 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Ortalama dönüş periyodu 474 yıl olan bu deprem bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Maksimum deprem ivmesi 0.4g olarak kabul edilir.
- **En Büyük Deprem:** 50 yılda meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketidir. 2475 yıllık dönüş periyodu ile bölgede jeolojik bilgiler göz önüne alınarak oluşabilecek en büyük deprem olarak kabul edilir. Maksimum depremin etkisi tasarım depreminin 1.5 katı (0.6g) büyüklüğündedir. Deprem yönetmeliğimizde bina önem katsayısının 1’den büyük seçilmesi ile oluşur.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$ ve Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$ Denklem 4.1 ve 4.2 'de verilmiştir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (4.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (4.2)$$

Denklem 4.1’de tanımlanan Etkin Yer İvme Katsayısı A_0 , Çizelge 4.23’de tanımlanmıştır.

Çizelge 4.23 : Etkin yer ivme katsayısı.

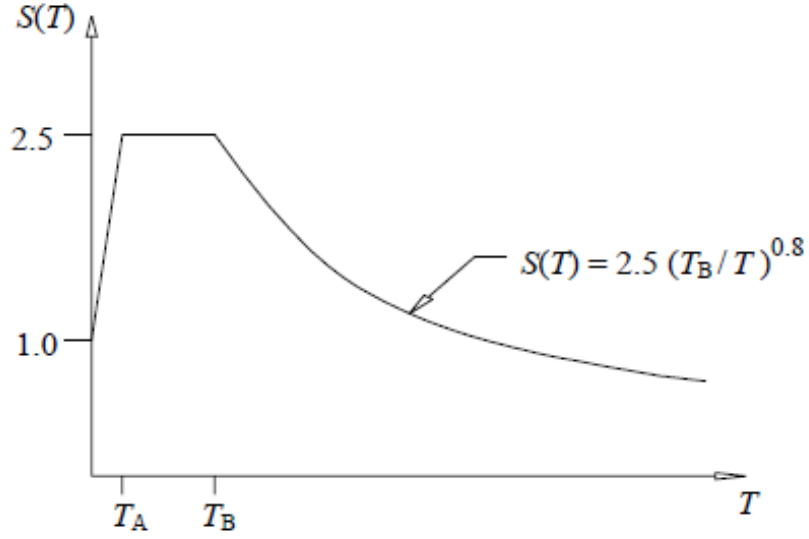
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu (T)'ye bağlı olarak hesaplanacaktır. Denklem 4.3, 4.4 ve 4.5'de verilmiştir. Spektrum katsayısı $S(T)$ nin değişimi Şekil 4.12' de verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (4.3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (4.4)$$

$$S(T) = 2.5 \left[\frac{T_B}{T} \right]^{0.8} \quad T_B \leq T \quad (4.5)$$



Şekil 4.12: Spektrum katsayısı $S(T)$.

Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B ilgili yerel zemin sınıfına göre belirlenir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24: Spektrum karakteristik periyotları.

DBYBHY'e Göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

4.8 Yapısal Performansın Belirlenmesi

4.8.1 Performans kavramı

DBYBHY de performans kavramı “Herhangi bir deprem etkisi altında binada oluşması muhtemel hasarların düzeyine ve bina içerisindeki dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği” olarak tanımlanmaktadır. Performans esaslı tasarımda yapı elemanlarının elastik ötesi davranış gösterdiği durum gözönüne alınarak hesap yapılmaktadır.

4.8.2 Betonarme elemanlardaki hasar sınır değerleri ve bölgeleri

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda Çizelge 4.25’de tanımlanmıştır [27].

Çizelge 4.25 : Kesit bazında hasar sınırları.

Kesit Hasar Sınırı	Sargısız Beton		Sargılı Beton	
	Beton Birim Şekil Değiştirmesi	Çelik Birim Şekil Değiştirmesi	Beton Birim Şekil Değiştirmesi	Çelik Birim Şekil Değiştirmesi
MN	0.0035	0.010	0.0035	0.010
GV	0.0035	0.040	0.014	0.040
GÇ	0.004	0.060	0.018	0.060

- **Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN):** İlgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını tanımlamaktadır. Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

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

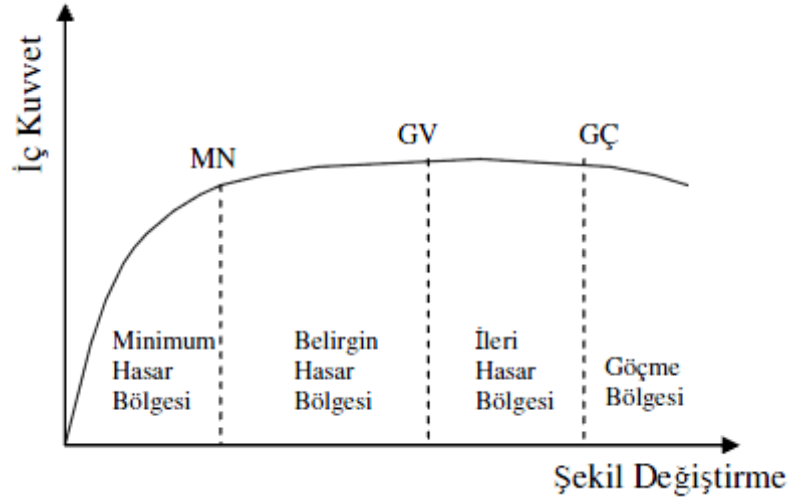
- **Kesit Güvenlik Sınırı (GV):** İlgili kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlamaktadır. Etriye içindeki bölgenin dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

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

- **Kesit Göçme Sınırı (GÇ):** Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Etriye içindeki bölgenin dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

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

- Burada göz önüne alınan enine donatıların özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş olması zorunludur.
- Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise göçme bölgesinde yer almaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : Betonarme elemanlardaki hasar bölgeleri.

Doğrusal elastik veya doğrusal olmayan elastik yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekildeğiştirmelerin, yukarıda tanımlanan sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir.

4.9 Deprem Performansının Belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemlerinin Belirlenmesi

DBYBHY de tanımlanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında artımsal yapılan dinamik hesabı kapsamaktadır.

İlk iki yöntem, yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

Bu tez çalışmasında yönetmelikte yer alan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ele alınmıştır. Doğrusal olmayan bu analiz yönteminde, binanın toplam taban kesme kuvveti ile tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi gösteren kapasite eğrisiyle, sismik yer hareketini temsil eden Deprem Talep spektrum eğrisi grafiksel bir ortamda birleştirilerek, hedef performans noktası belirlenir. Sistem hedef performans noktasına ulaşıncaya kadar hakim titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde yatay kuvvet değerleri artırılır. Sistem hedef deplasmana ulaştığında eleman uçlarında oluşan birim şekildeğiştirmelerden hasar tespiti yapılır. Hasar dağılımından ise bina performans seviyesi saptanır.

4.9.1 DBYBHY 2007 artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi

4.9.1.1 Sabit tek modlu itme analizi

Mod şekliyle orantılı olacak şekilde deprem istem (talep) sınırına kadar monotonik olarak adım adım artırılan yatay yükler altında yapıların performansının belirlenmesi olarak tanımlanır. Talep, kapasite ve performans kavramları bu yöntemin temelini oluşturan önemli kavramlardır. Talep, deprem yer hareketinin; kapasite ise yapının deprem talebine karşılık verebilme yeteneğidir. Performans ise kapasitenin talebe karşılık verebilmesi olarak tanımlanır. Talep (deprem talep spektrumu) ve kapasite (itme eğrisi) değerlerinin bir araya getirilip grafik tabanda kesiştirilmeleri ile performans (hedef deplasman) noktasına ulaşılır.

- **Kapasite:** Yapının toplam kapasitesi yapıyı bünyesindeki elemanların dayanım ve deformasyon yapabilme kapasiteleri (süneklik) ile ilişkilidir. Doğrusal analiz yöntemleri ile binanın elastik sınırına kadar olan deformasyon yapabilme kapasitesi elde edilebilir fakat elastik sınırın ötesindeki kapasiteleri belirlemek için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanılması gereklidir. Artımsal Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi'nde, yapıyı oluşturan elemanların akma sınırlarına ulaştığı kabulü ile sisteme ardışık olarak arttırılan yatay yükler çatlamış kesitler üzerinden uygulanır. Bu yöntemle yapının yapısal modeli, akma noktasına gelen elemanlar için azaltılmış dayanım değerleri hesaba katılarak yeniden düzenlenir. Yapı labil

hale gelinceye veya önceden belirlenmiş hedef deplasman sınırına ulaşınca kadar itme analizine devam edilir. Bu analizin sonucunda tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti dikkate alınarak çizilen itme eğrisi yani kapasite eğrisi ortaya çıkar [28].

- **Talep:** İtme eğrisi ile birleştirilen %10 aşılma olasılığı için tasarlanmış ivme bazlı deprem talep spektrumuna karşı gelmektedir [28].
- **Performans:** İtme eğrisi ve deprem talep spektrumu belirlendikten sonra bu eğrilerin birleştirilmesi sonucunda bulunan hedef deplasman noktasına karşı gelmektedir [28].

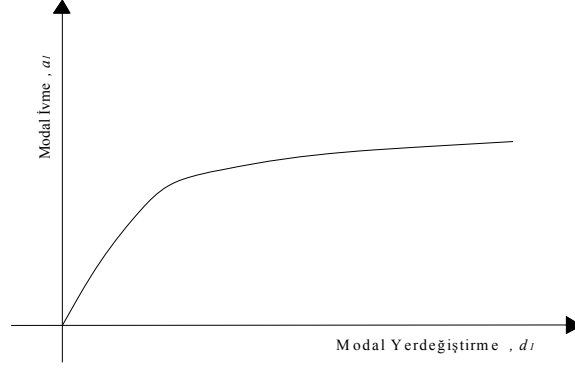
Artımsal eşdeğer deprem yükünün uygulanabilmesi için bazı şartların sağlanması gerekmektedir:

- ✓ Bina kat adedi bodrum kat hariç kat adedi 8'i geçmeyen binalar,
- ✓ Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlayan binalar,
- ✓ Deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim modunun kütle katılım oranı $\beta_1 > 0.7$ olan binalar.

Yöntemin uygulanma sırası aşağıdaki gibidir [24]:

- ✓ Kapasite eğrisi belirlenir.
- ✓ Spektral ivme ve spektral yerdeğiştirme boyutuna dönüştürülür.
- ✓ Deprem etkisinin talep spektrumu belirlenir.
- ✓ İki eğri uygun bir yöntemle kesiştirilerek performans noktası belirlenir.
- ✓ Performans durumunda iç kuvvetler ve şekildeğiştirme durumu incelenerek sağlanan performans durumunun hedeflere uygun olup olmadığı tespit edilir.

Taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışı, kesit ve malzeme özellikleri ve sistem geometrisi gözönüne alınarak statik itme analizi ile belirlenir. Yapı genel davranışını ifade eden tepe yerdeğiştirmesi–taban kesme kuvveti ilişkisinden koordinatları modal yerdeğiştirme–modal ivme olan modal kapasite diyagramına geçilir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 : Modal kapasite diyagramı.

Modal kapasite diyagramının elde edilmesi için, (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki gibi belirlenir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (4.6)$$

$a_1^{(i)}$: Birinci moda ait modal ivme.

$V_{x1}^{(i)}$: x deprem doğrultusunda (i). itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti.

M_{x1} : x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle değerlerini göstermektedir.

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ 'nin hesabı şöyle yapılır:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (4.7)$$

$d_1^{(i)}$: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme.

$u_{xN1}^{(i)}$: Bina tepesinde (n. katında) deprem doğrultusunda (i). itme adımı sonunda elde edilen yerdeğiştirme.

Φ_{xN1} : Binanın tepesinde (n. katında) deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği.

Γ_{x1} : x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı.

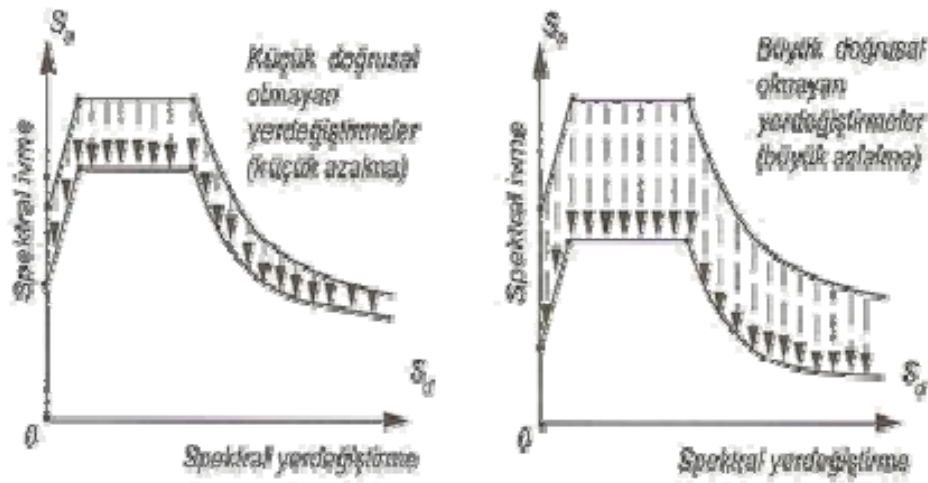
Birinci moda ait modal katkı çarpanı 4.8 denklemi ile belirlenmektedir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.8)$$

Deprem talebini ifade eden S_a - T formundaki spektral eğrinin S_a - S_d eksenlerinde ifade edilmesi için de aşağıdaki dönüşüm uygulanır.

$$S_a = \frac{S_d}{\omega_1^2} = S_d \frac{T^2}{(2\pi)^2} \quad (4.9)$$

Kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi ile deprem talebi için performans noktası belirlenir. ATC40 da önerildiği gibi, depremin elastik talep eğrisi sistemin doğrusal olmayan davranışı gözününe alınarak azaltıldıktan sonra kesişme noktası bulunabilir. Büyük elasto-plastik yerdeğiştirmeler büyük eşdeğer sönüme sebep olacağı için, elastik spektrum eğrisinin uygun oranda azaltılması gerekmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Elastik spektrum eğrisinin azaltılarak elasto-plastik spektrumun elde edilmesi [24].

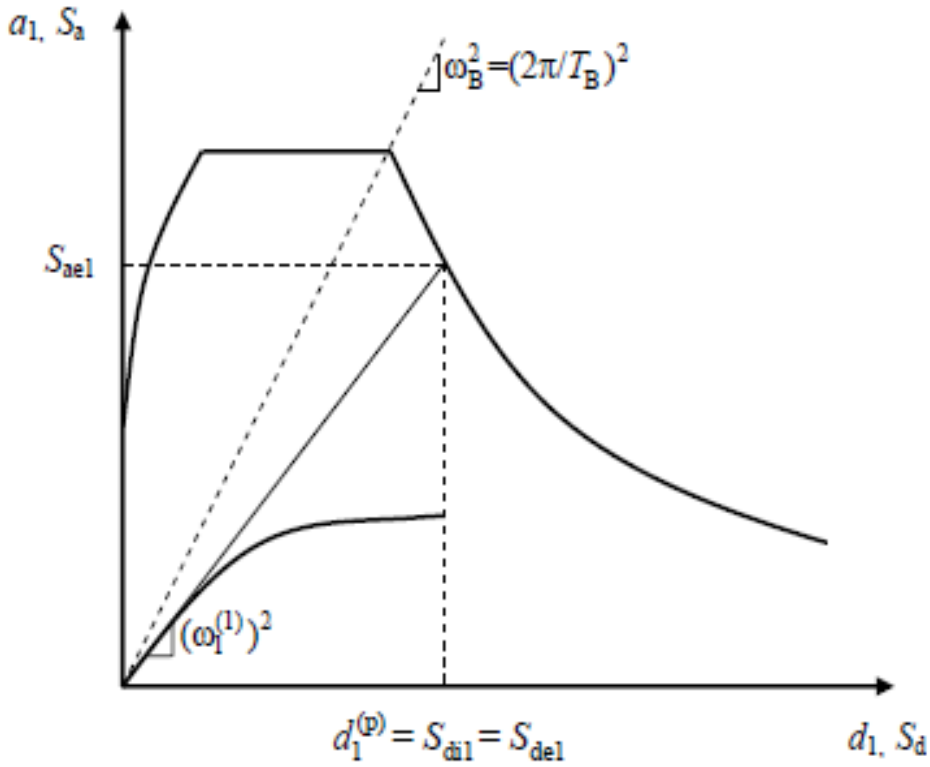
DBYBHY de kapasite eğrisinin talep eğrisi gibi elastik duruma çevrilmesi önerilmektedir. Bunun için kapasite eğrisinin başlangıç teğeti çizilir. Bu teğetle elastik talep (spektrum) eğrisinin kesim noktası hem gözönüne alınan deprem talebini hemde sistemin yatay yerdeğiştirme talebini vermektedir. Ancak, her iki eğri de elastik tabanlı olduğu için bulunan nokta sistemin elastik davranışı ile, yani taşıyıcı sistemin hasarsız olarak depremi karşılaması ile ilgilidir. Eşit yerdeğiştirme kuralı kullanılarak elastik sistem için elde edilen d_{\max}^e elastik yerdeğiştirmeden d_{\max}^{ep} elasto-plastik olana geçilir. Buna göre periyodu büyük yapılarda elastik ve elasto-plastik yerdeğiştirmelerin yaklaşık olarak eşit olduğu kabul edilirken, periyodu küçük yapılarda elasto-plastik yerdeğiştirme elastik yerdeğiştirmenin bir katsayı ile büyütülmesi ile elde edilir:

$$d_{\max}^{ep} = C_{R1} d_{\max}^e \quad (4.10)$$

Burada belirtilen spektral ivme yerdeğiştirme oranı C_{R1} , $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumunda bulunduğu konuma göre farklı yaklaşımlar ile hesaplanmaktadır. Buna göre:

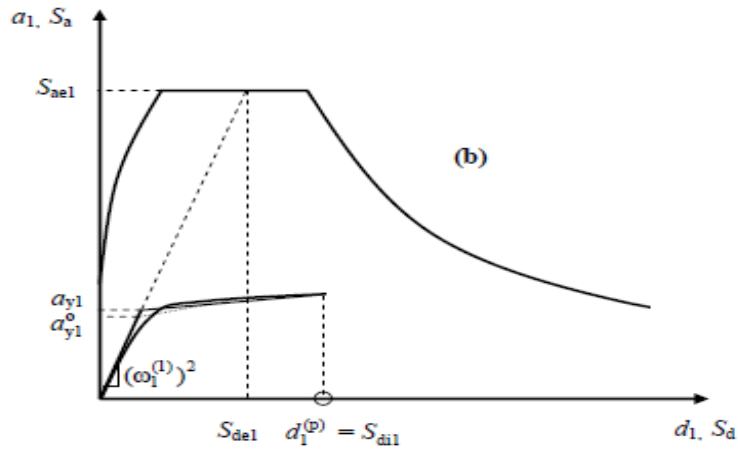
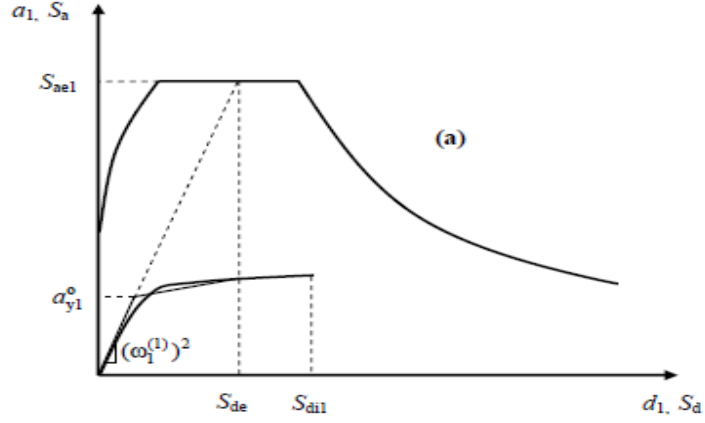
- $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$); elastik yerdeğiştirmenin elasto-plastik yerdeğiştirmeye eşit olacağı kabulü yapılmıştır. Bu nedenle C_{R1} katsayısı 1'e eşitir (şekil 4.16).

$$C_{R1} = 1 \quad (4.11)$$



şekil 4.16 : $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun T_B karakteristik periyodundan büyük olması.

- $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$); C_{R1} ardışık yaklaşım yapılmak suretiyle (4.10) de belirtildiği gibi belirlenir. Ardışık yaklaşımın ilk adımımda $C_{R1}=1$ kabulü yapılır. şekil 4.17'de hedef performans noktası bulunduktan sonra bu eğrinin eşit alan kuralı ile doğrusallaştırılarak a_{y1} , R_{y1} , C_{R1} değerleri belirlenir.



Şekil 4.17 : $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun T_B karakteristik periyodundan küçük olması.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (4.12)$$

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (4.13)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.14)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (4.15)$$

R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını belirtmektedir.

Burada belirlenen hedef spektral deplasman değeri $d_1^{(p)}$ ile hedef deplasman değeri hesaplanır. Bu deplasman değeri üst sınır alınmak suretiyle itme analizinin yenilenmesi sonucu eleman kesitlerinde oluşan hasar tipleri belirlenir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.16)$$

Hesaplanan bu değere karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşınca kadar yapılan yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır

4.10 Yapı Sisteminin DOC3B Programında Doğrusal Olmayan Analizi

DOC3B-V2 programında doğrusal olmayan analiz yayılı şekildeğiştirme durumuna göre yapılmıştır. Doğrusal olmayan analiz bir parametrik çalışma başlığı altında bölümlere ayrılarak gerçekleştirilmiştir:

1. Tüm elamanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizi,
2. Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği itme analizi,
3. Sargılı beton modeli (Mander beton modeli) kullanılarak yapılan itme analizi,
4. Sargılı beton modeli ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi.

Doğrusal olmayan analiz için gerekli bilgiler:

- 1. ve 2. titreşim moduna ait modal kütle katılım oranı : % 91 ve %87.
- 1. ve 2. moda ait mod şekli genliği $\Phi \times N_i$: 0.0263; 0.0277
- 1. ve 2. modal modal kütle $M_1 = 226.65 \text{ t.s2/m}$; $M_2 = 216.43 \text{ t.s2/m}$.

4.10.1 Tüm elemanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizi

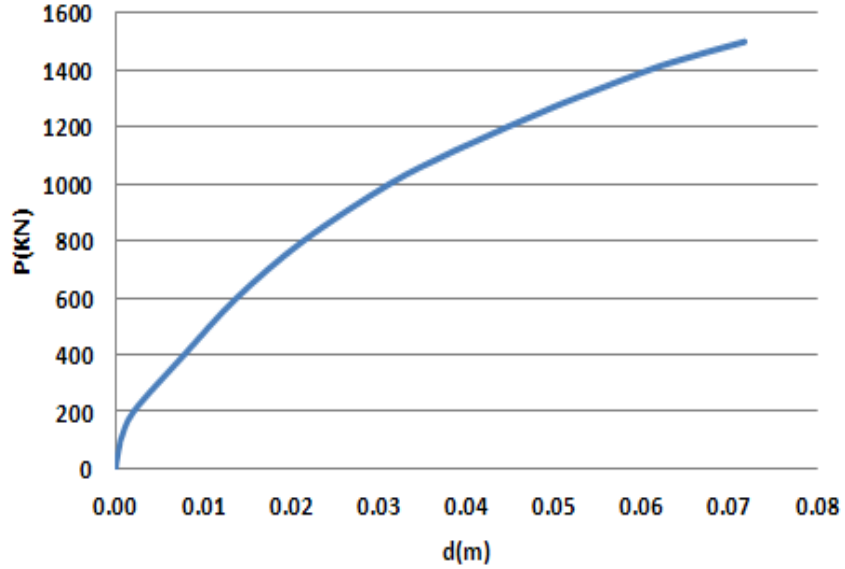
Sistemin geometrik modeli doğrusal hesap yaparken oluşturulmuş, kesit ve malzeme özellikleri atanmıştır. Doğrusal olmayan analiz yaparken kolon malzeme ve donatı özelliklerinin girildiği M_Kapa.dat data dosyası analize dahil edilmiştir. Analiz 3 boyutlu betonarme sistemin 3., 2. ve 1. katlarının 2-D ve 3-D akslarından hem X hemde Y doğrultusunda, 1. ve 2. mod şekline göre toplamda 1 birimlik kuvvet ile itilmiş, her itme adımı için artan yük faktörleri analize katılmıştır.

Analiz için sargısız beton modeli yaklaşımı kullanılmıştır. Sargısız beton; dayanımı ve sünekliği düşük olan betondur. Bu yaklaşımla yapılan analizin en elverişsiz şartlar altında yapıldığı varsayılmıştır:

- Eleman uçlarında (kolon-kiriş birleşim bölgelerinde) sıklaştırmanın mevcut olmadığı,

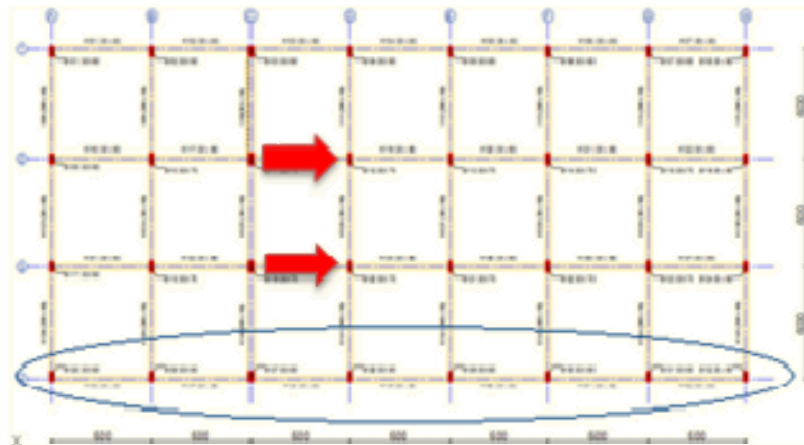
- Düğüm noktası içinde ve yakın çevresinde özel önlemlerin alınmadığı,
- Beton kalitesi düşük alındığı,
- Etriyeler 90° kıvrımlı olduğu durum için icra gerçekleştirilmiştir.

Sargısız beton modeli için X doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda sistem 1500 KN' luk yük parametresi ve 0.717 m'ye kadar itilmiş bu durumda kapasitesine ulaşmıştır (Şekil 4.18).

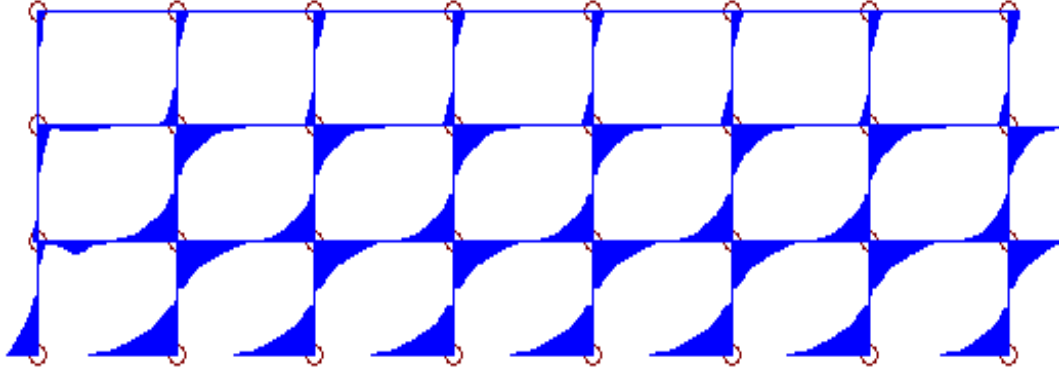


Şekil 4.18 : Sargısız beton modelinin kullanıldığı X doğrultusundaki kapasite diyagramı.

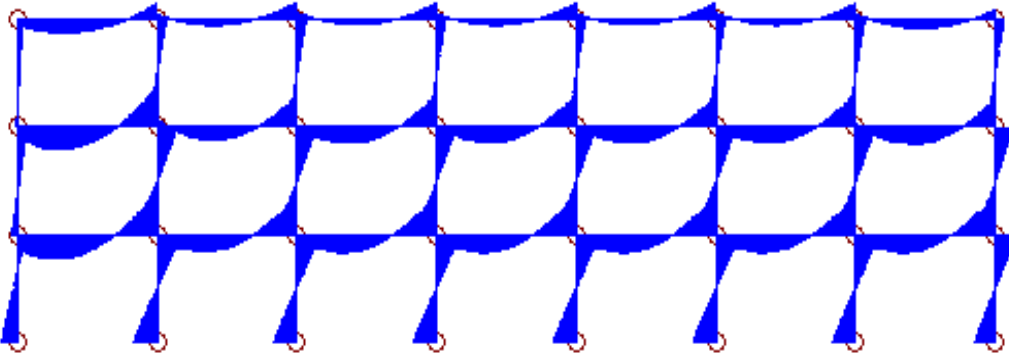
Şekil 4.19'da okların bulunduğu düğüm noktalarından itilen ve örnek teşkil etmesi için daire içine alınan alt sistem 1'in sonuncu itme adımı için elde edilen χ χ_u ve moment diyagramları Şekil 4.20 ve 4.21'de verilmiş ve incelenmiştir.



Şekil 4.19 : χ χ_u ve moment diyagramlarının incelendiği alt sistem.



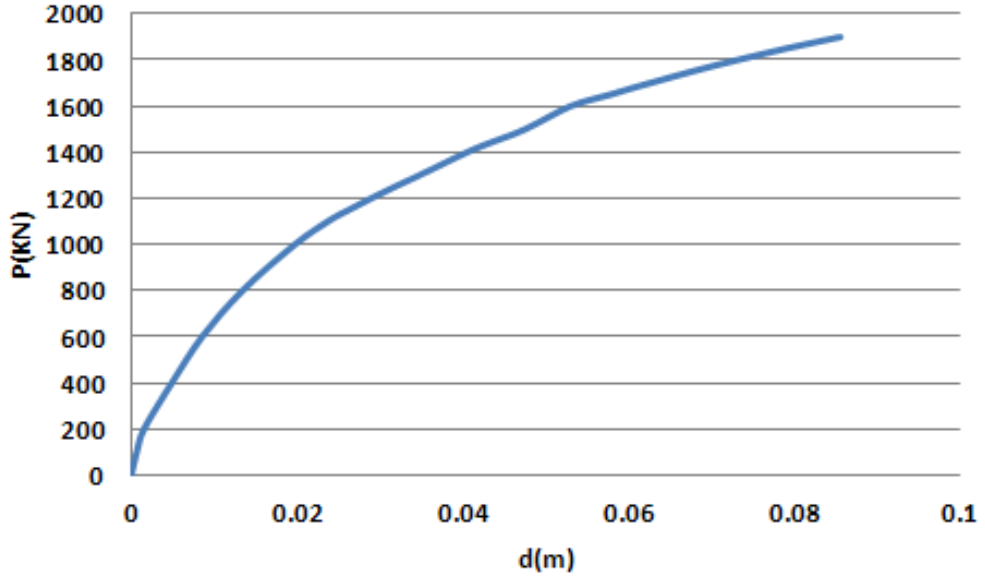
Şekil 4.20 : Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-1 için en son yük faktörü sonucunda oluşan χ / χ_u .



Şekil 4.21 : Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-1 için en son yük faktörü sonucunda oluşan moment diyagramı.

Toplam eğrilik χ ile kesitin kapasite durumunu gösteren χ_u oransal değerleri kesit kapasiteleri hakkında bilgi vermektedir. Diyagramlardan da görüldüğü gibi yatay yüklerin etkisi düşey yüklerin etkisinden daha fazladır. Alt kat kolonlarında kapasite ulaşımı daha fazladır. Bazı kirişlerde plastikleşmeler açıklık ortasında meydana gelmiştir. Çünkü DOC3B programına donatı girdisi yapılırken açıklık için ek donatı tanımlaması yapılamamaktadır, mesnet bölgelerinde ne kadarlık donatı varsa o donatı hesaba katılmaktadır. Açıklıklarda gerekli olan ek donatı bırakılmaması nedeniyle plastikleşmeler ilk buralarda görülmüştür.

Y doğrultusunda yapılan itme analizinde ise sistem 1900 KN'luk yük faktörüne ve 0.855 m deplasman yapıncaya (Şekil 4.22) kadar kapasitesini korumuş ve bunun sonunda kapasitesine ulaşmıştır. Şekil 4.23'de yapının Y doğrultusunda ok ile gösterilen noktalardan itilmiş, bunun sonunda örnek teşkil etmesi için 5. alt sistemin en son yük parametrisine göre elde edilen moment ve χ / χ_u diyagramları incelenmiştir (Şekil 4.24-4.25).

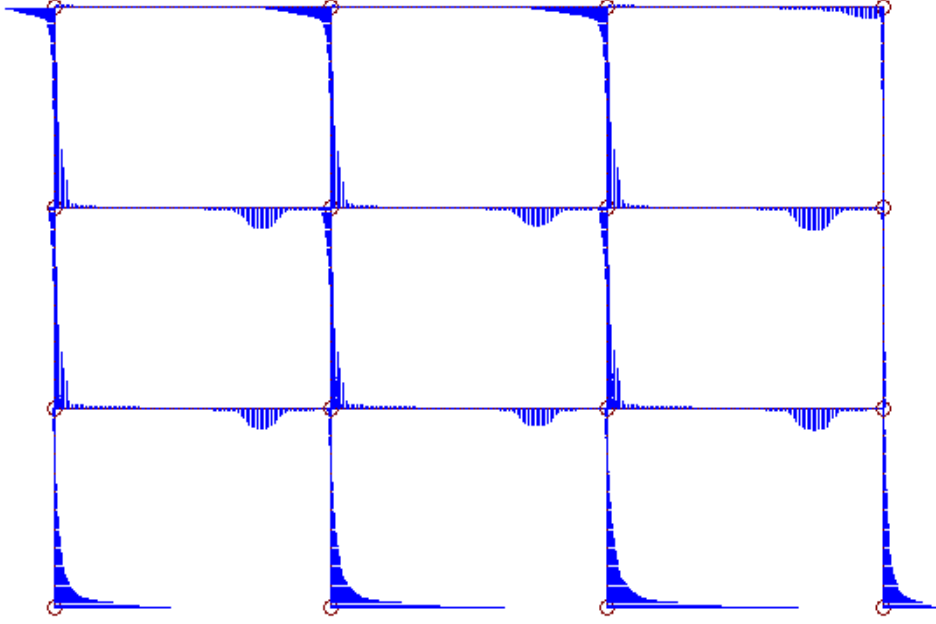


Şekil 4.22 : Sargısız beton modelinin kullanıldığı Y doğrultusundaki kapasite diyagramı.

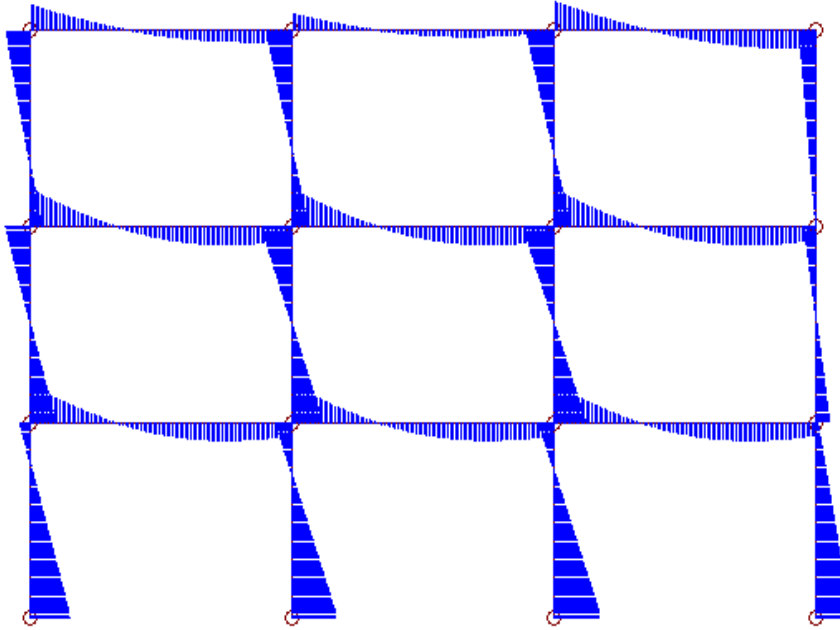
Y doğrultusunda kolonlarda meydana gelen deformasyonların X doğrultusuna göre daha az olduğu anlaşılmaktadır çünkü kolonların kuvvetli yönleri Y doğrultusunda yer almaktadır. Y doğrultusundaki moment diyagramında yatay kuvvetlerin düşey yüklerden daha etkili olduğu görülmüştür. Kiriş açıklıklarında plastikleşmelerin mesnet bölgelerinden daha fazla olması programsal donatı girdisinden kaynaklı olduğu açıklanmaktadır.



Şekil 4.23 : χ χ_u ve moment diyagramlarının incelendiği alt sistem.

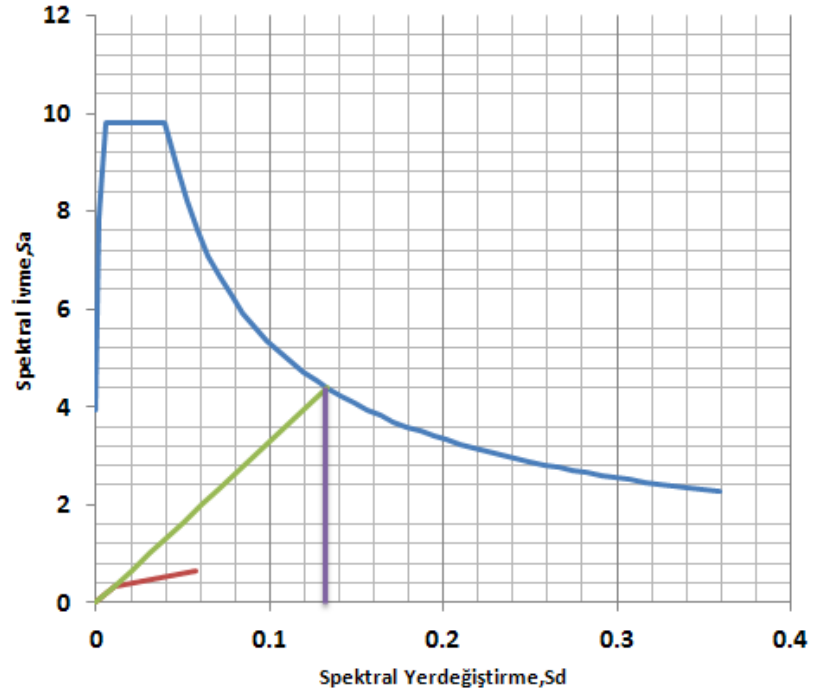


Şekil 4.24 : Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-5 için en son yük faktörü sonucunda oluşan γ/χ_u .

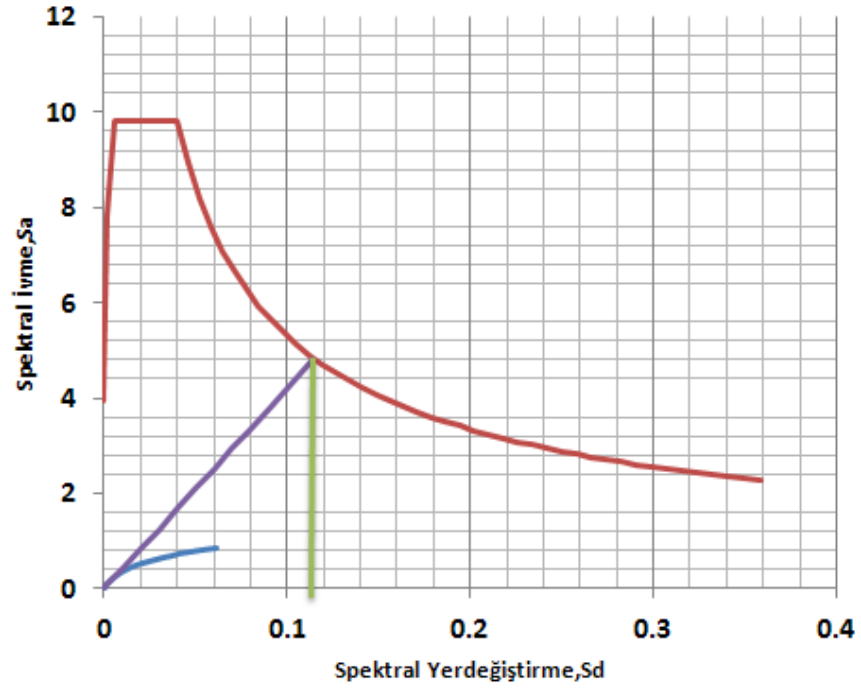


Şekil 4.25 : Sargısız beton modeli sonundaki analizde alt sistem-5 için en son yük faktörü sonucunda oluşan moment diyagramı.

Her iki doğrultuda itme eğrisi elde edildikten sonra performans değerlendirmesi yapabilmek için spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme değerleri deprem yönetmeliğindeki formüllere göre hesap edilmiş ve modal kapasite diyagramı ile karşılaştırılmıştır. Hem X hemde Y doğrultusunda bu çakışma sağlanamamış, yapı sisteminin deprem istemine cevap veremediği görülmüştür (Şekil 4.26-4.27).



Şekil 4.26 : X doğrultusundaki performans noktası.

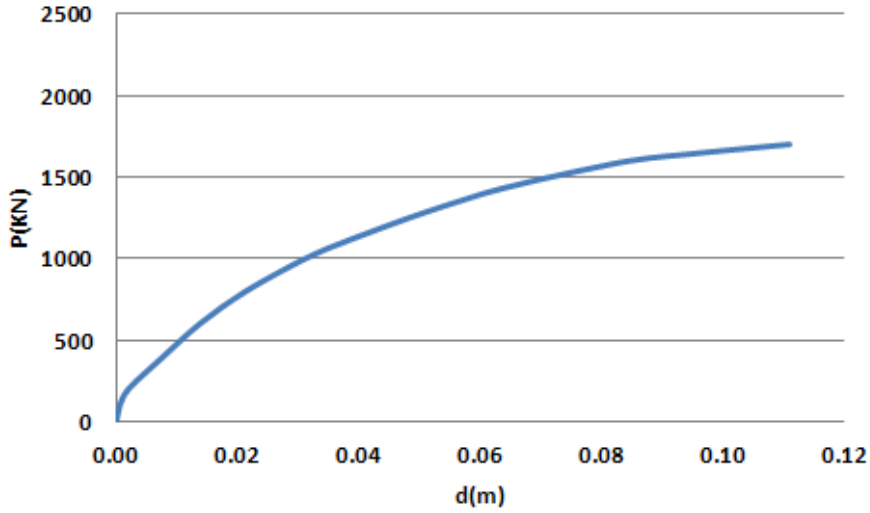


Şekil 4.27 : Y doğrultusundaki performans noktası.

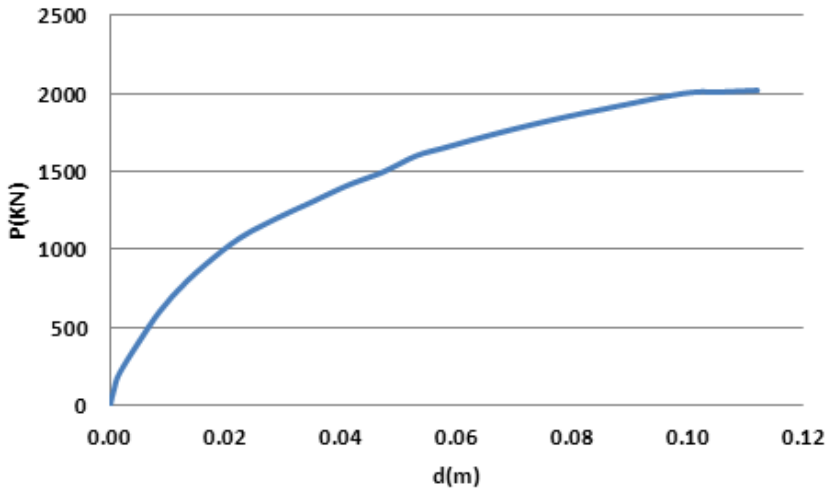
4.10.2 Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin (χ_u) sonsuz verildiği itme analizi

Sistemin geometrik modeli doğrusal hesap yaparken oluşturulmuş, kesit ve malzeme özellikleri atanmıştır. Doğrusal olmayan analiz yaparken kolon malzeme ve donatı

özelliklerinin girildiği M_Kapa.dat programı analize dahil edilmiştir. Analiz üç boyutlu betonarme sistemin 3., 2. ve 1. katlarının 2-D ve 3-D akslarından 2. mod şekline göre normalize edilmiş toplamda 1 birimlik kuvvet ile hem X hemde Y doğrultusunda itilmiştir (Şekil 4.28-4.29). Her itme adımı artan yük faktörleri ile analize katılmıştır.

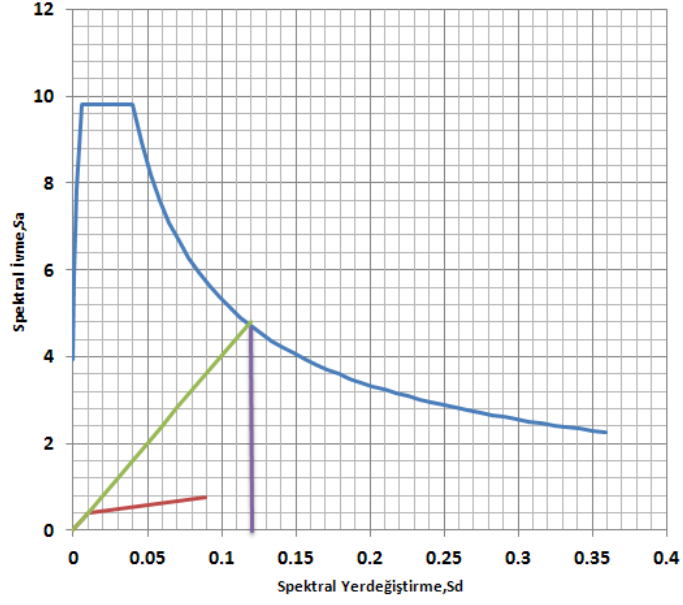


Şekil 4.28 : Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği X doğrultusundaki itme eğrisi.

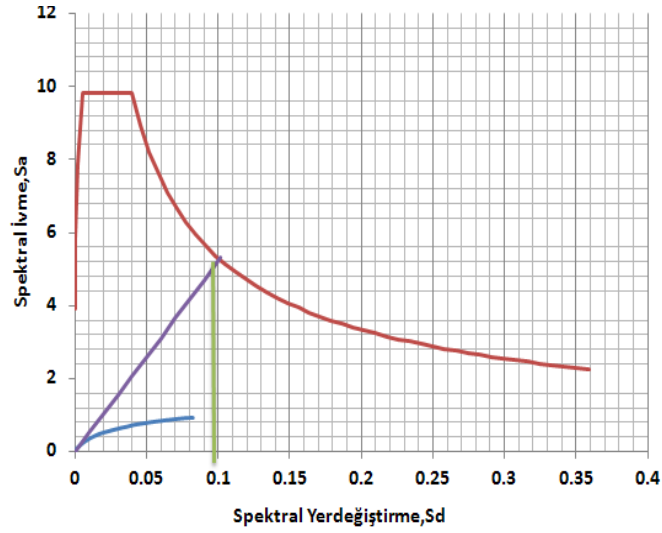


Şekil 4.29 : Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği Y doğrultusundaki itme eğrisi.

Hem X hemde Y doğrultusunda oluşturulan spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme grafiği ile karşılaştırılmış (Şekil 4.30- 4.31) ancak kapasite eğrisi deprem istemine cevap verememiştir. Ancak sargısız beton ile yapılan analizden daha iyi sonuç alındığı, kapasitesinin arttığı görülmüştür.



Şekil 4.30 : X doğrultusundaki performans noktası.



Şekil 4.31 : Y doğrultusundaki performans noktası.

Bu parametrik çalışmada sargısız beton modeli ile birlikte kirişlerin şekildeğiştirme kapasiteleri sonsuz verilmiştir çünkü depremlerden sonra yapılan gözlemlere dayalı olarak döşemelerin de kirişlerle büyük ölçüde birlikte, bütünleşik çalıştığı düşünülmüştür.

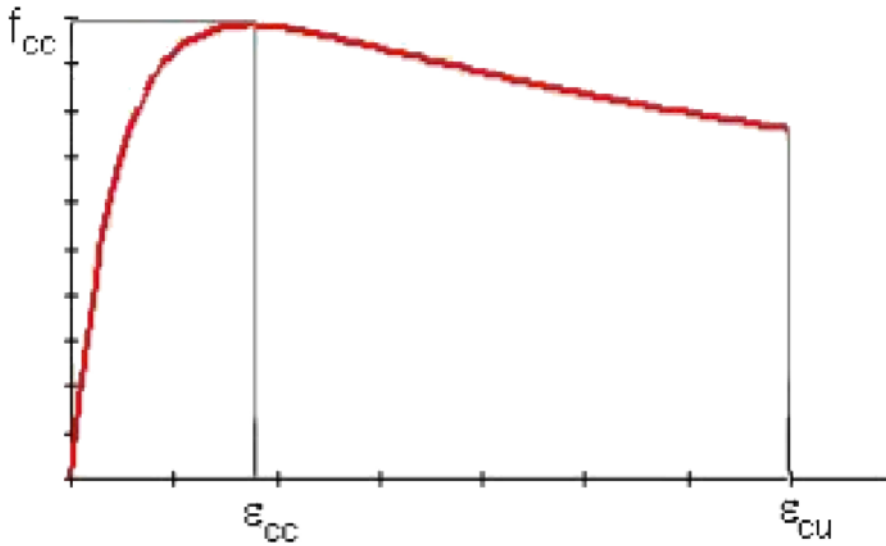
Kirişlerin şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verilmesinin yerdeğiştirme kapasitesini artırdığını ancak performans değerlendirmesi için yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Kiriş şekildeğiştirme kapasitesinin artışı yapının genel kapasite eğrisinde artışa sebep olmuştur ancak beklendiği gibi başlangıç rijitliğinin ve akmaya kadar olan eğim üzerinde etkisi yoktur.

4.10.3 Sargılı beton modeli (Mander beton modeli) kullanılarak yapılan itme analizi ve belirli kesitlerin hasar sınırlarının belirlenmesi

Deprem etkisinin ortaya çıkaracağı enerjinin, yapı elemanlarının elastik ötesi şekildeğişimleri ile yutulmasını sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Bu sonuç yapının belli dayanım düzeyi ile birlikte belli bir süneklığe de sahip olacak şekilde boyutlandırılması zorunluluğunu da ortaya çıkarmıştır.

Elastik sınır ötesinde şekildeğişimlere maruz kalan betonarme kesitlerde, yük taşıma kapasitesinin kaybedilmemesi büyük ölçüde enine donatı ile sarılmış beton davranışına bağlıdır.

Enine donatılar ile sarılan betonun önemli ölçüde süneklilik ve dayanım kazanacağı kanıtlanmıştır. Yapılan analizde Mander sargılı beton modeli kullanılmıştır (Şekil 4.32 ve Çizelge 4.26).

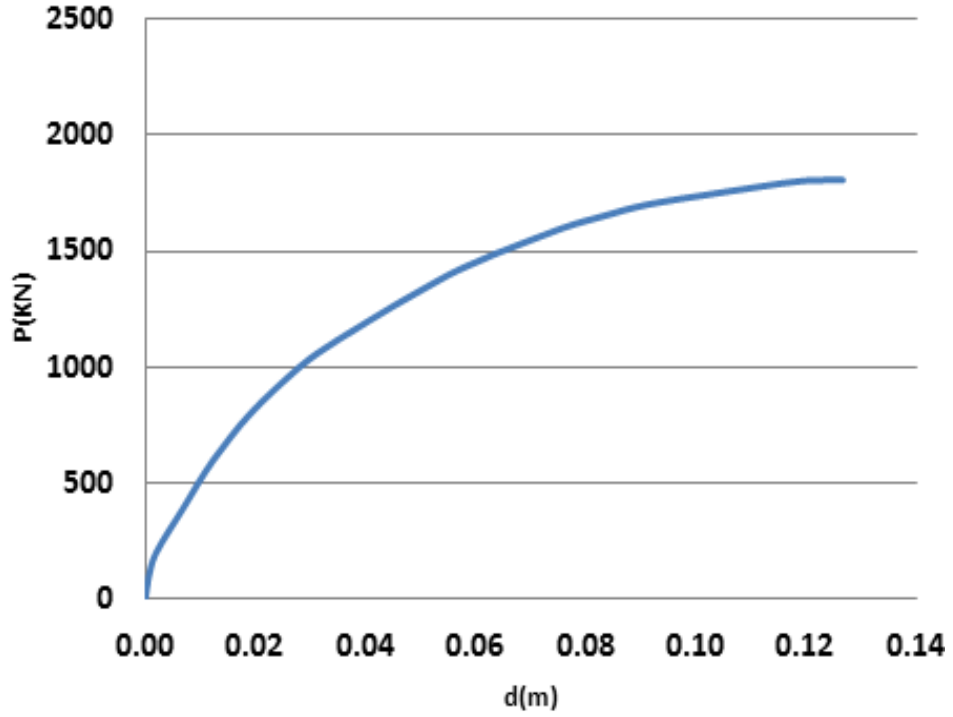


Şekil 4.32 : Mander sargılı beton modeli.

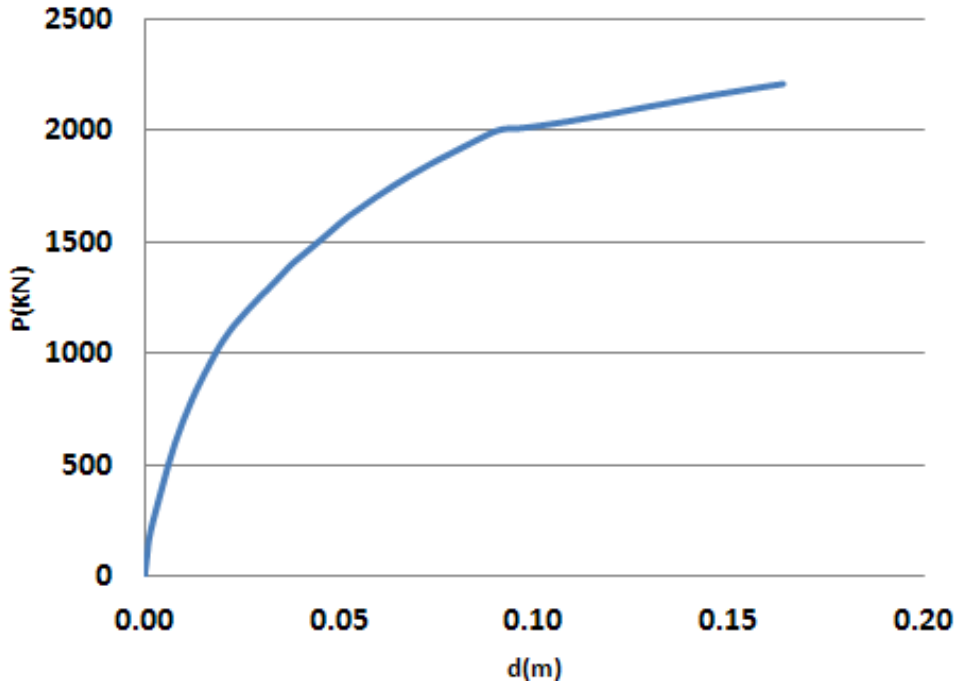
Çizelge 4.26 : Mander sargılı beton modeli.

f_c (Mpa)	ϵ_{co}	ϵ_{cu}	f_c (Mpa)
20.82	0.00231	0.0105	16.40

Sargısız beton modelinde uygulanan prosedürler sargılı beton modeli içinde gerçekleştirilmiş, X ve Y doğrultusunda itme eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.33-4.34). X ve Y doğrultusunda oluşan en büyük taban kesme kuvvetleri 1805 KN ve 2210 KN dur.

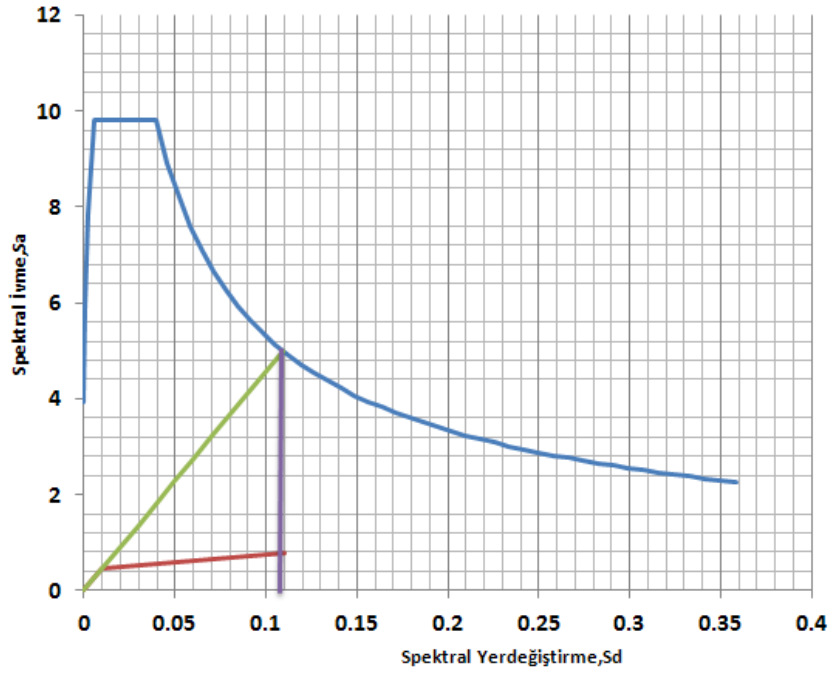


Şekil 4.33 : X doğrultusundaki itme eğrisi.

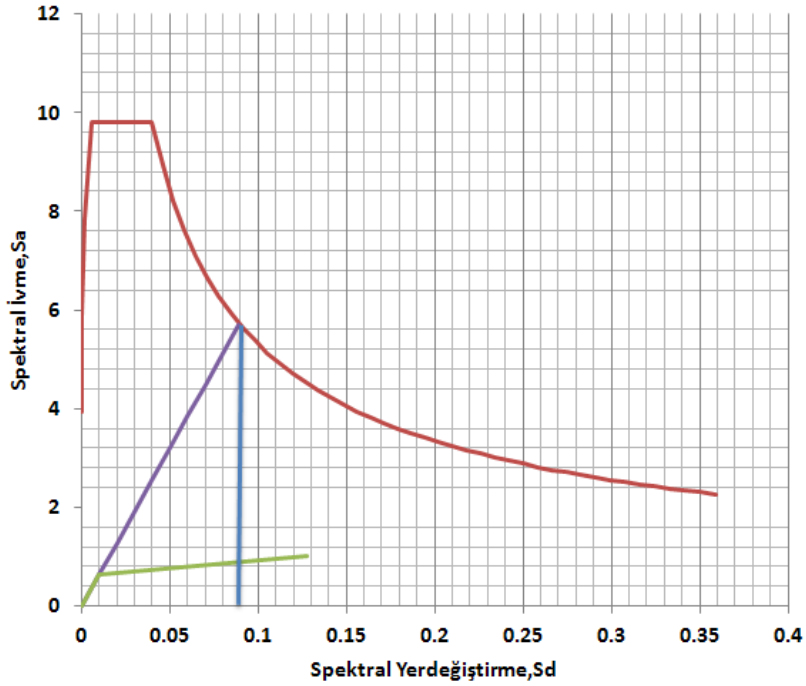


Şekil 4.34 : Y doğrultusundaki itme eğrisi.

Hem X hemde Y doğrultusunda oluşturulan spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme grafiği ile karşılaştırılmıştır, sırasıyla Şekil 4.35 ve Şekil 4.36' da verilmiştir. Her iki doğrultudaki performans noktaları $S_{dx}=0.108$ $S_{dy}=0.089$ olarak belirlenmiştir. Fiziksel yerdeğiştirme karşılıkları $d_x=13$ cm ve $d_y=12$ cm dir.



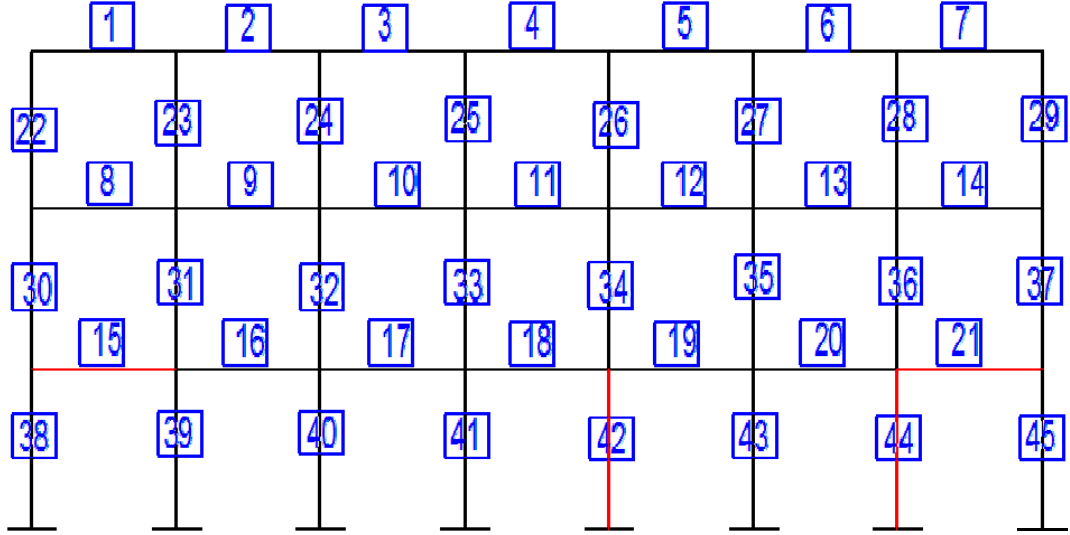
Şekil 4.35 : X doğrultusundaki performans noktası tayini.



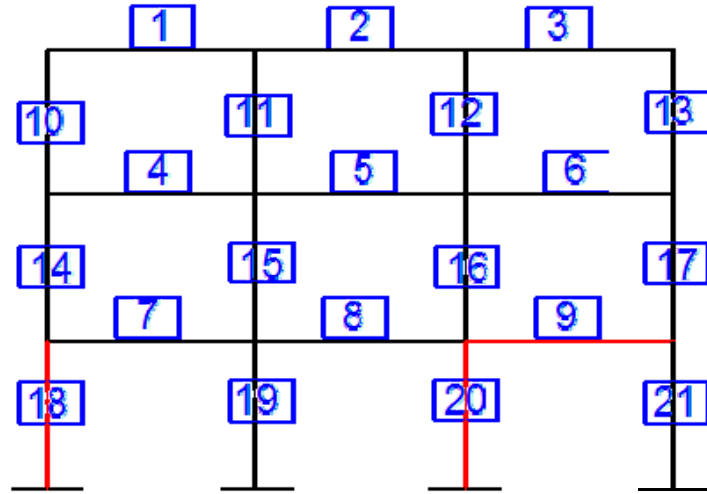
Şekil 4.36 : Y doğrultusundaki performans noktası tayini.

Deprem talebine karşı gelen yerdeğiştirme bulunduktan sonra sistem DOC3B programında o deplasman sınırına kadar itilmiş ve elemanlarda meydana gelen birim şekildeğiştirmeler ile DBYBHY 2007 de belirtilen sınır değerler ile kıyaslanarak kesitlerin hasar sınırları tesbit edilmiştir. Elemanlarda meydana gelen şekildeğiştirme değerleri Ek-A'da verilmiştir. Bu değerler DOC3B programının alt programı

Mkapa_For programından elde edilmiştir. Hasar sınırı değerlendirmesi Şekil 4.37 ve Şekil 4.38' de kırmızı renk ile çizilmiş hem X hemde Y doğrultusundaki belirli kesitler için yapılmış ve sırasıyla Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28' de verilmiştir.



Şekil 4.37 : X doğrultusunda hasar sınırları belirlenen kesitler.



Şekil 4.38 : Y doğrultusunda hasar sınırları belirlenen kesitler.

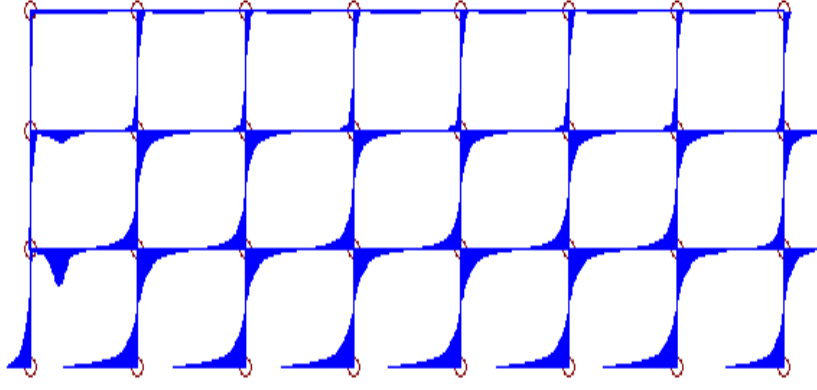
Çizelge 4.27 : X doğrultusundaki kesitlerin hasar tespitleri.

Alt Sistem No	Çubuk No	Kolon-Kiriş	Hasar Bölgesi
1	44	Kolon	Minimum hasar bölgesi
2	42	Kolon	Minimum hasar bölgesi
2	15	Kiriş	Göçme Bölgesi
1	15	Kiriş	Belirgin hasar bölgesi
2	21	Kiriş	Göçme Bölgesi

Çizelge 4.28 : Y doğrultusundaki kesitlerin hasar tespitleri.

Alt Sistem No	Çubuk No	Kolon-Kiriş	Hasar Bölgesi
5	9	Kiriş	Göçme Bölgesi
5	20	Kolon	Belirgin hasar bölgesi
8	9	Kiriş	Göçme Bölgesi
8	18	Kolon	İleri hasar bölgesi
6	20	Kolon	Belirgin hasar bölgesi

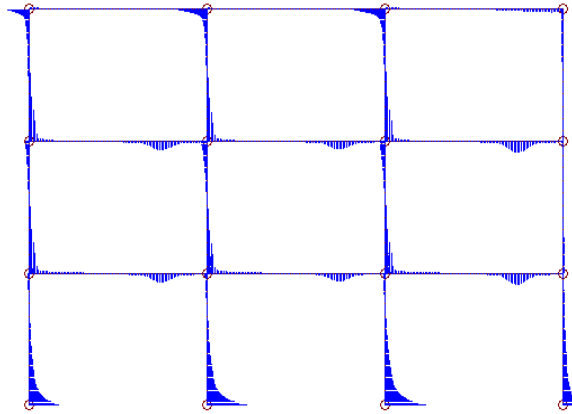
Hasar bölgesi tespit edilen çubukların X doğrultusundaki kolonlarında kapasite ulaşımı kirişlere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir ve örnek teşkil etmesi için alt sistem 1' in (Şekil 4.19) χ/χ_u diyagramı Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39 : Sargılı beton modeli için alt sistem 1'in χ/χ_u diyagramı.

Kirişler kolonlara yük aktarımını tamamladıktan sonra kolonlar kapasitelerine ulaşmışlardır. Kolonlarda kirişlere göre daha erken kapasite ulaşımı; kirişlerin kolonlardan daha güçlü olması ve daha fazla yük alması olarak açıklanmıştır.

Y doğrultusunda belirli kesitlerin hasar bölgeleri tespit edilmiş ve alt sistem-5 için (Şekil 4.23) χ/χ_u diyagramı Şekil 4.40'da verilmiştir.

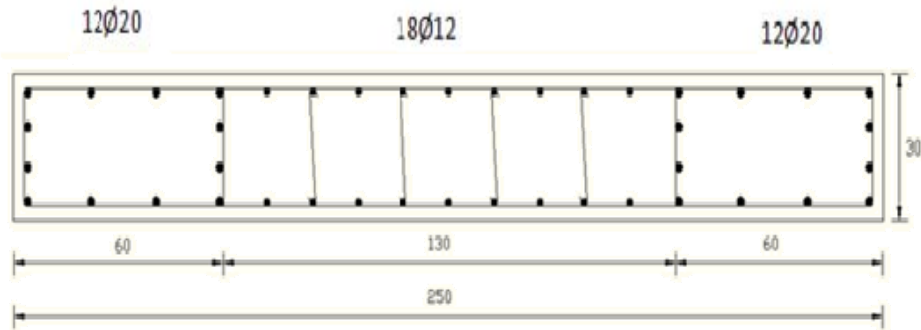


Şekil 4.40 : Sargılı beton modeli için alt sistem 5'in χ/χ_u diyagramı.

Y doğrultusundaki kolon alt uçlarındaki kapasite ulaşımının kolon üst uçlarından daha fazla olduğu görülmüştür. X doğrultusunda yapılan analizde kolonlarda meydana gelen plastikleşmeler Y doğrultusundakilerden daha fazladır çünkü kolonlar Y doğrultusundan güçlü yönlerindedir. Y doğrultusunda yapılan analizde kirişler kolonlardan daha güçlüdür. Kirişlerde açıklıklardaki plastikleşme mesnet bölgelerinden daha fazla olması programsal donatı veri girişinden kaynaklı olduğu söylenmiştir.

4.10.4 Sargılı beton modeli etkisi ve perdeleri güçlendirilmiş sistemin itme analizi

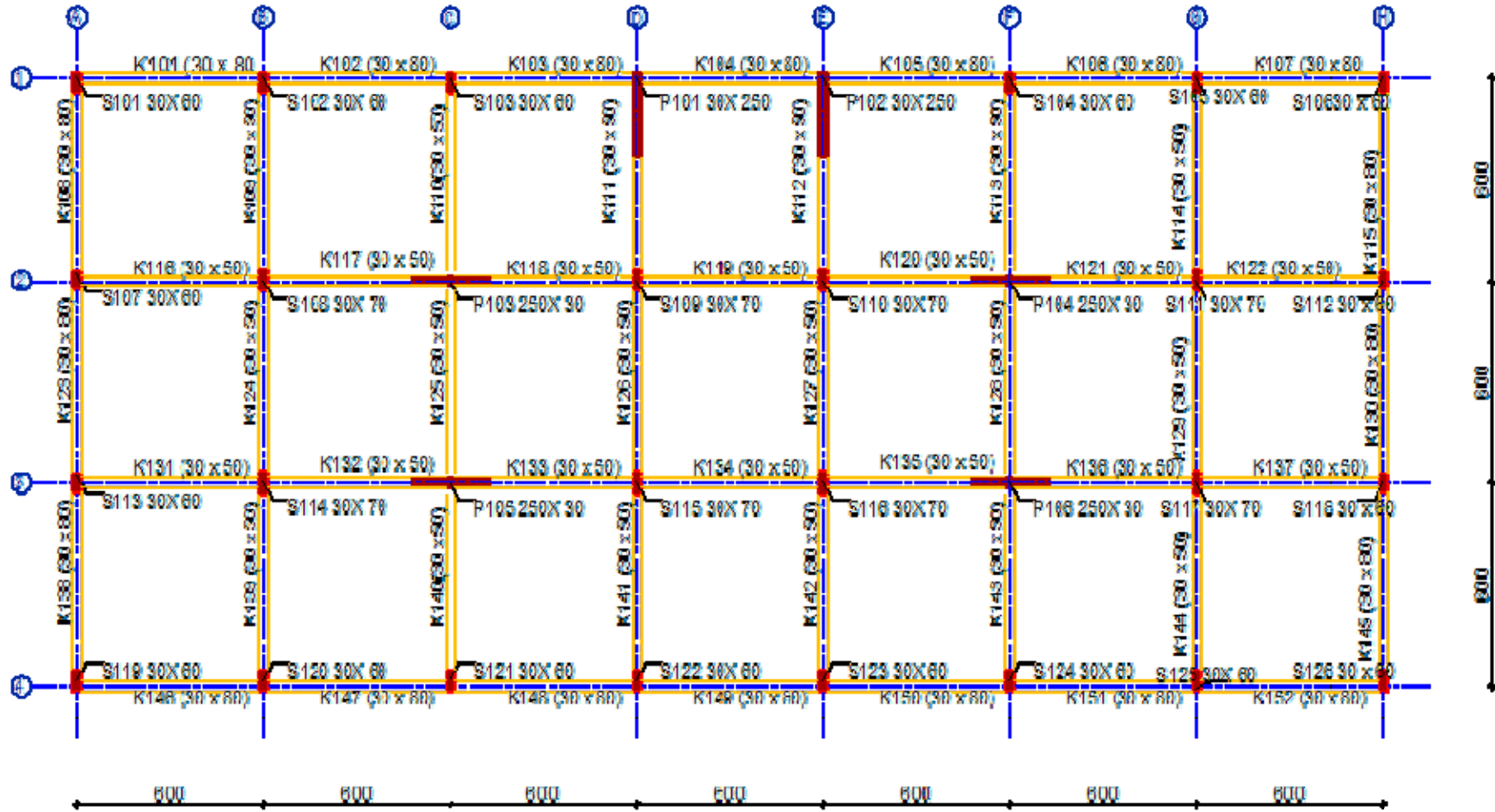
Sargılı beton modeli ile yapılan çözümlenme ile karşılaştırılması açısından analizi yapılan üç boyutlu düzenli bina örneği 250×30 cm boyutundaki perdeler ile kolonların zayıf olduğu yönde 4 adet ve bu yönün tersi istikametinde 2 adet 30×250 cm boyutunda perdeler ile güçlendirilmiştir. Perdenin geometrik özellikleri Şekil 4.41’de verilmiştir. Tipik kat planı Şekil 4.42’de verilmiştir.



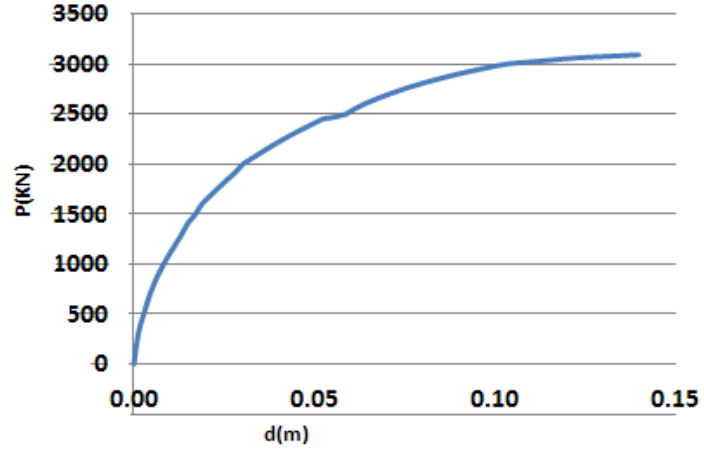
Şekil 4.41 : Perde geometrik özelliği.

Bu şekilde yapılan statik itme analizi sonucunda X doğrultusundaki en büyük taban kesme kuvveti 3090 KN, buna denk gelen tepe yerdeğiştirme değeri 0.14 m ve Y doğrultusundaki taban kesme kuvveti 3760 KN, tepe yerdeğiştirme 0.175 m olarak belirlenmiştir. Perdeli sistemin taban kesme tepe yerdeğiştirme grafikleri sırasıyla Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’de verilmiştir.

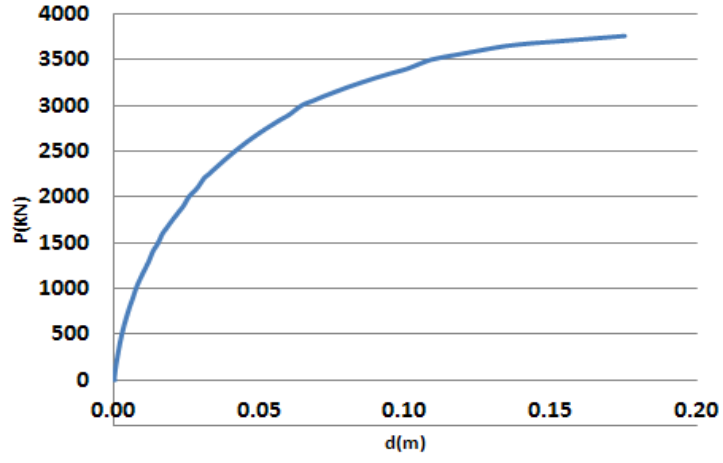
X ve Y doğrultusunda taban kesme kuvveti tepe yerdeğiştirme elde edilen sistemin performans tayini yapılmış ve performans noktası belirlenmiş sırasıyla Şekil 4.45 ve Şekil 4.46’da gösterilmiştir. Her iki doğrultudaki performans noktaları $S_{dx}=0.072$ $S_{dy}=0.063$ olarak belirlenmiştir. Fiziksel yerdeğiştirme karşılıkları $dx=0.90$ m ve $dy=0.82$ m dir.



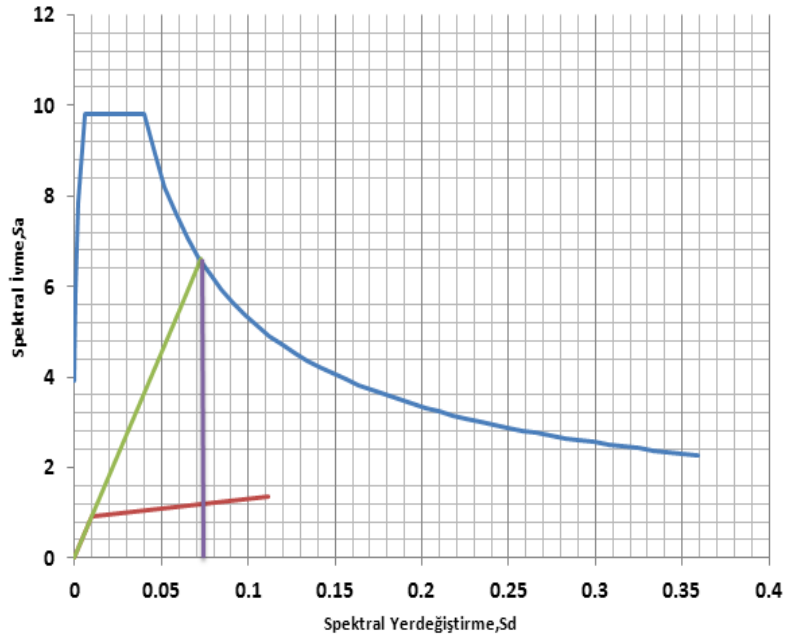
Şekil 4.42 : Perdeli sistem tipik kat planı.



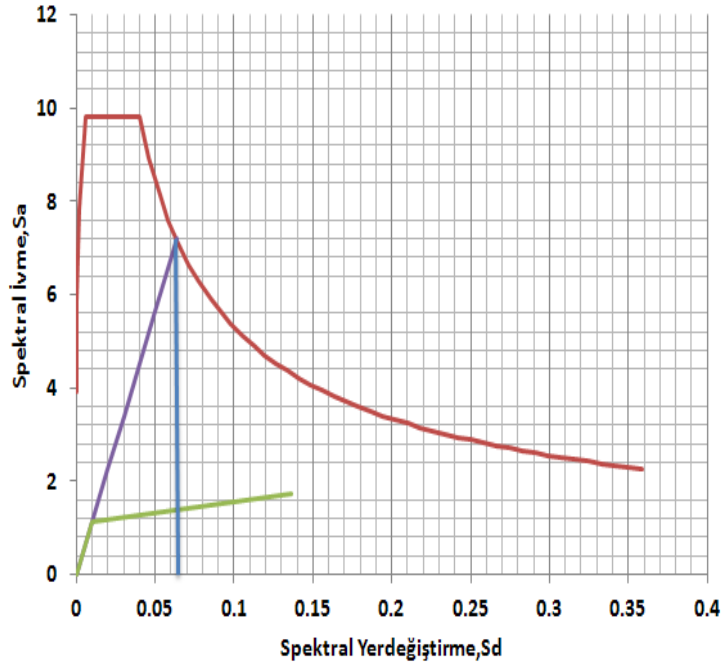
Şekil 4.43 : X doğrultusu itme eğrisi.



Şekil 4.44 : Y doğrultusu itme eğrisi.

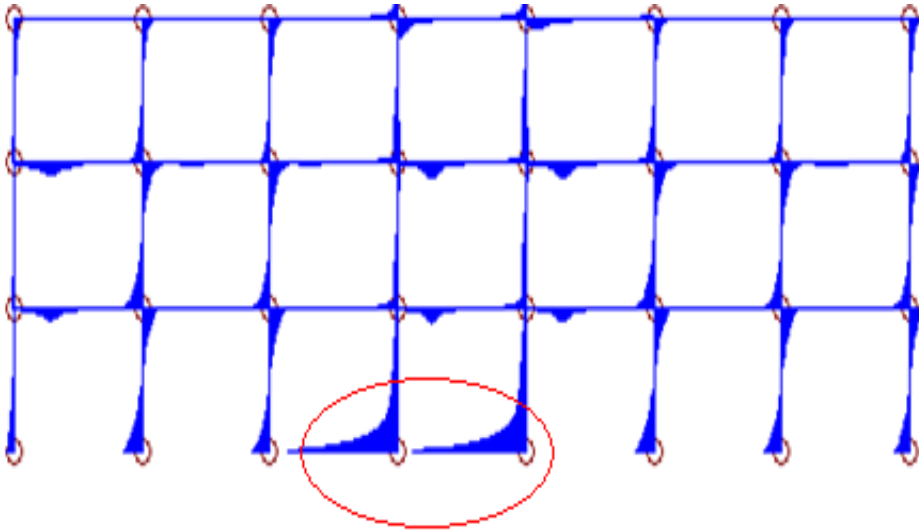


Şekil 4.45 : X doğrultundaki performans noktası.



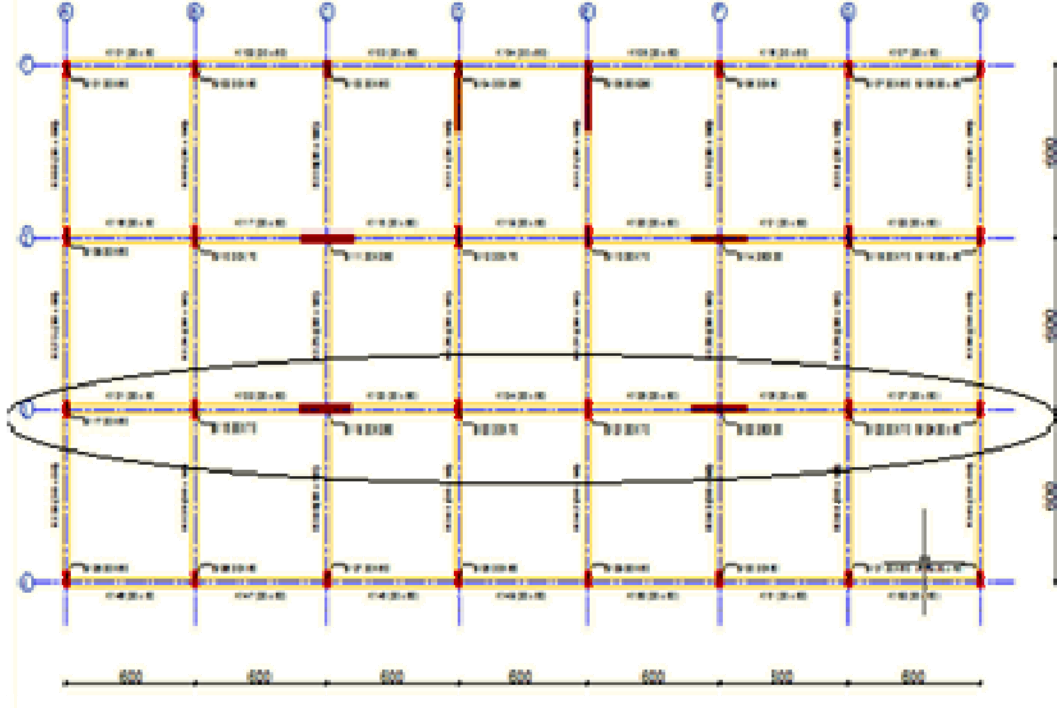
Şekil 4.46 : Y doğrultundaki performans noktası.

Y doğrultusunda bırakılan perde uçlarında maksimum kapasite ulaşımı meydana gelmiştir (Şekil 4.47). Çünkü kirişler kapasitelerine ulaşmadan yükleri perdelerle aktarmıştır ve en büyük deformasyonlar perdede oluşmuştur.

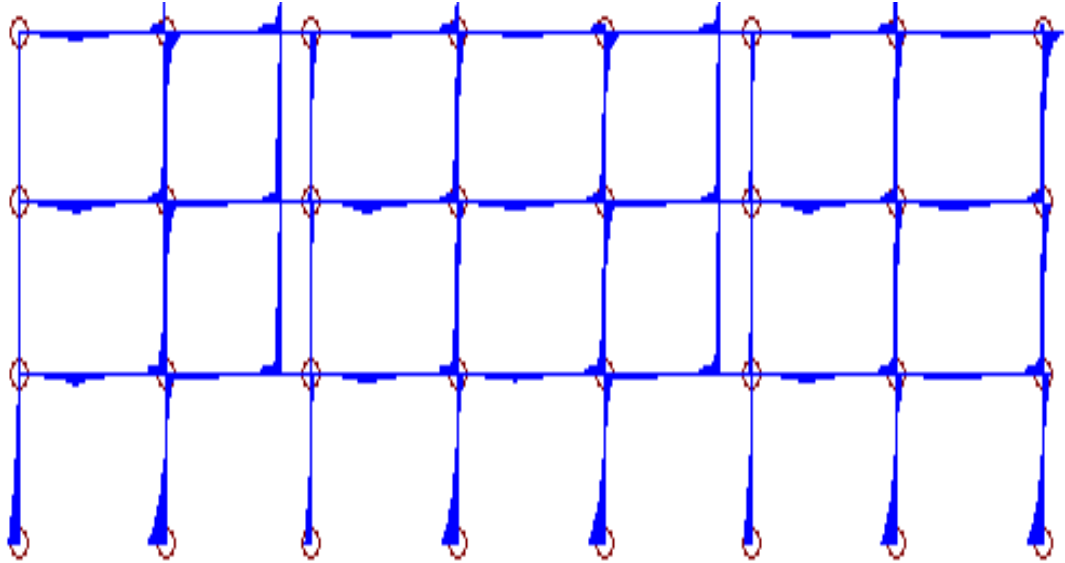


Şekil 4.47 : Y yönündeki perde elemanda meydana gelen χ / χ_u .

X doğrultusunda, perdenin güçlü yönde bırakıldığı (Şekil 4.48) durum incelenmiş, kirişlerde kapasite ulaşım oranı kolon ve perdelerle göre daha fazla olduğu görülmüş, Şekil 4.49'da gösterilmiştir. Kirişlerden perdelerle belirli miktarda yük aktarımı olduktan sonra kapasitelerine ulaşmışlardır.

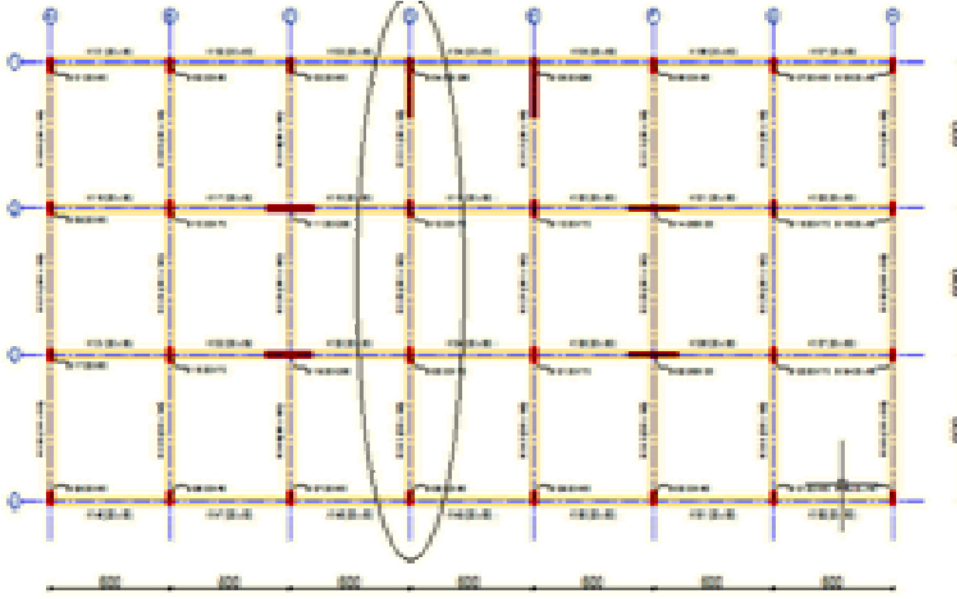


Şekil 4.48 : X doğrultusunda perdelerin güçlü doğrultularında olduğu alt sistem.

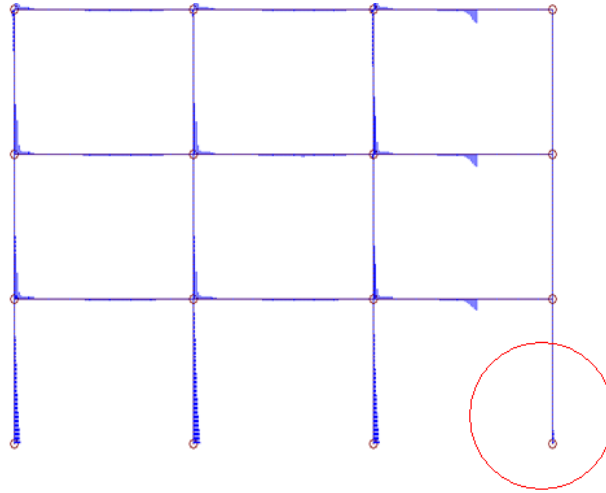


Şekil 4.49 : Perdenin güçlü olduğu doğrultudaki elemanlarda meydana gelen χ / χ_u .

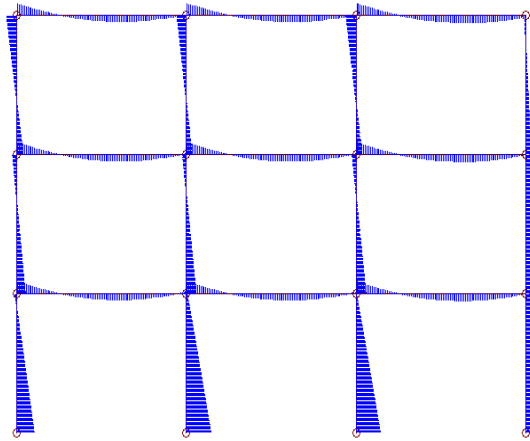
Y yönünde perdenin güçlü olduğu doğrultuda Şekil 4.50 'de gösterilen alt sistem için oluşan χ / χ_u ve moment diyagramı Şekil 4.51 ve Şekil 4.52'de verilmiştir. Perdenin bağlandığı kirişler kapasitelerine ulaştığı için perdelerle yük aktarımı az olmuştur. Perdelerde ihmal edilebilecek oranda deformasyon meydana gelmiştir. Üzerine gelen yükler yüzünden kolon alt uçlarında plastikleşmeler görülmüştür.



Şekil 4.50 : Y doğrultusunda perdenin güçlü olduğu doğrultudaki alt sistem.



Şekil 4.51 : Y doğrultusundaki perdede meydana gelen $\chi \chi_u$ diyagramı.



Şekil 4.52 : Y doğrultusundaki perdede meydana gelen moment diyagramı.

Performans hedefi belirlendikten sonra sargılı beton modelindeki hasar sınırları belirlenen kesitler için mevcut durum irdelenmiştir, sırasıyla X ve Y yönündeki belirli kesitdeki hasar tesbitleri Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.29 : X doğrultusundaki kesitlerdeki hasar sınırları.

Alt Sistem No	Çubuk No	Kolon-Kiriş	Hasar Bölgesi
1	44	Kolon	Minimum hasar bölgesi
2	42	Kolon	Minimum hasar bölgesi
2	15	Kiriş	Minimum hasar bölgesi
1	15	Kiriş	Belirgin hasar bölgesi
2	21	Kiriş	Belirgin hasar bölgesi

Çizelge 4.30 : Y doğrultusundaki kesitlerdeki hasar sınırları.

Alt Sistem No	Çubuk No	Kolon-Kiriş	Hasar Bölgesi
5	9	Kiriş	Belirgin hasar bölgesi
5	20	Kolon	Minimum hasar bölgesi
8	9	Kiriş	Minimum hasar bölgesi
8	18	Kolon	Minimum hasar bölgesi
6	20	Kolon	Belirgin hasar bölgesi

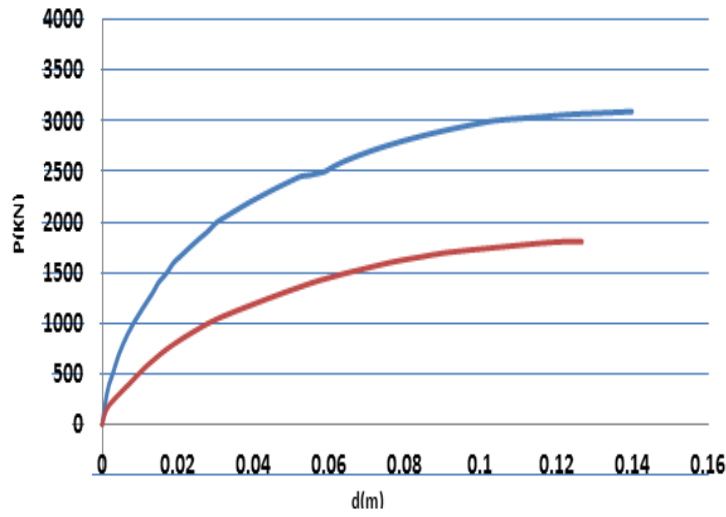
Sargılı beton ve sargılı beton-perde ile güçlendirilmiş sistemde hasar sınırları Çizelge 4.31 ve 4.32’ de karşılaştırılmış, perdelerin sistemin yapı kapasitesini artırdığını ve deprem istemine daha fazla yanıt verebildiği anlaşılmıştır (Şekil 4.53-4.54).

Çizelge 4.31 : X doğrultusunda sargılı beton ve sargılı beton-perdeyle güçlendirilmiş sistemde hasar sınırları karşılaştırması.

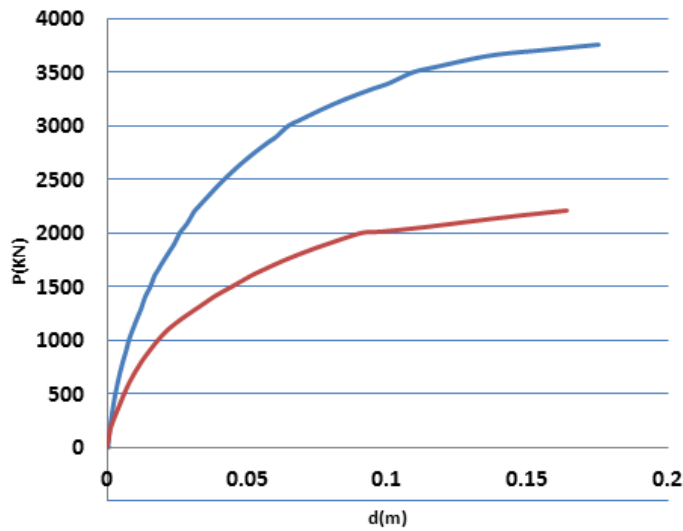
	Alt Sistem No	Çubuk No	Hasar Bölgesi
Perde ile güçlendirilmiş sistem	1	44	Minimum hasar bölgesi
	2	42	Minimum hasar bölgesi
	2	15	Minimum hasar bölgesi
	1	15	Belirgin hasar bölgesi
	2	21	Belirgin hasar bölgesi
Sargılı beton modeli kullanılmış	1	44	Minimum hasar bölgesi
	2	42	Minimum hasar bölgesi
	2	15	Göçme Bölgesi
	1	15	Belirgin hasar bölgesi
	2	21	Göçme Bölgesi

Çizelge 4.32 : Y doğrultusunda sargılı beton ve sargılı beton-perdeyle güçlendirilmiş sistemde hasar sınırları karşılaştırması.

	Alt Sistem No	Çubuk No	Hasar Bölgesi
Perde ile güçlendirilmiş sistem	5	9	Belirgin hasar bölgesi
	5	20	Minimum hasar bölgesi
	8	9	Minimum hasar bölgesi
	8	18	Minimum hasar bölgesi
	6	20	Belirgin hasar bölgesi
Sargılı beton modeli kullanılmış	5	9	Göçme Bölgesi
	5	20	Belirgin hasar bölgesi
	8	9	Göçme Bölgesi
	8	18	İleri hasar bölgesi
	6	20	Belirgin hasar bölgesi



Şekil 4.53 : X doğrultusundaki kapasite eğrileri karşılaştırması.



Şekil 4.54 : Y doğrultusundaki kapasite eğrileri karşılaştırması.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, geliştirilme sürecinde olan, yapı sistemlerinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan analizini yapabilen DOC3B-V2 programı kullanılmıştır. Program, yapı sistemini yatay ve düşey alt sistemlere ayırmış ve sistem çözümlemesi için dört ara data dosyası kullanmıştır. Düşey alt sistemler birbirlerine ortogonal olarak bağlanmış, çerçeve veya perde çerçeve türü taşıyıcı sistemlerden oluşmuştur. Yatay alt sistemler ise yatay yük dağıtıcı döşeme sistemlere karşı gelmektedir.

DOC3B programının farklı özelliklerinin doğrulanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. İlk doğrulama örneği olarak tek katlı yapı sistemi ele alınmış, statik yükler altındaki iç kuvvet değerleri ve serbest titreşim analizi sonucundaki değerleri SAP2000 programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların yeterli yakınlıkta olduğu görülmüştür.

İkinci doğrulama örneği olarak üç boyutlu düzenli betonarme yapı sistemi seçilmiş, doğrusal elastik davranış durumu için statik yükler (düşey yükler, yatay yükler) altında yapılan analiz ve serbest titreşim analizi (periyotlar, mod biçimleri, modal katılım oranları vb...) sonuçları 3 boyutlu genel analiz yapan bir paket program (SAP2000) sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçların yakın çıktığı görülmüştür.

DOC3B ve SAP2000 program analizi için hazırlanan yapı sistemlerinin hazırlanma süreçleri karşılaştırıldığında SAP2000 ile hazırlanma sürecinin daha kısa olduğu görülmüştür.

Malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışın esasını oluşturan moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması ile üretilen büyüklükler XTRACT programı sonuçları ile karşılaştırılmış , sonuçların yakın olduğu görülmüştür.

Tez kapsamında üç katlı düzenli betonarme yapı sistemi, DOC3B-V2 programın analizi için modellenmiştir. Sistem 12 adet düşey ve 3 adet yatay alt sistemden oluşmuştur.

DOC3B programı ile elde edilen doğrusal analiz sonuçlarından sonra yapı sisteminin doğrusal olmayan analizi yayılı şekildeğiştirme durumuna göre yapılmıştır.

Statik itme analizi belli malzeme ve kesit özelliklerine sahip bir yapının belirli bir yük dağılımında adım adım deplasman yapmaya zorlanması, bu zorlanma sonucunda genel ve eleman bazında uygulanan yük dağılımına nasıl cevap verdiğinin incelenmesi olarak nitelendirilendirilmiştir. İlk olarak hangi yer hareketi için hangi performans seviyesinde cevap verdiği belirlenmiş, ikinci olarak ise uygulanan yükleme sonucunda kapasite eğrisi hesaplanmıştır. Kapasite eğrisi, deprem spektrumu ile kesiştirilmiş ve sonuçlar bu kesişim yeri için irdelenmiştir. Doğrusal olmayan analiz bir parametrik çalışma olarak yapılmıştır:

- Tüm elamanlarda sargısız beton modeli esas alınarak yapılan itme analizi,
- Sargısız beton modeli ve kirişlerde şekildeğiştirme kapasitelerinin sonsuz verildiği itme analizi,
- Sargılı beton modeli (Mander beton modeli) kullanılarak yapılan itme analizi,
- Sargılı beton modeli ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi.

Sargısız beton modeli ile yapılan çalışmada yapı deprem istemine cevap verememiş ; kiriş şekildeğiştirme kapasitelerin sonsuz olarak verildiği çalışma ile karşılaştırılmıştır. Kiriş şekildeğiştirme kapasiteleri sonsuz olarak verilerek analizi yapılan sistemin sargısız beton için yapılan modelden daha çok deprem istemine cevap verdiği görülmüş ancak yapı yine de deprem talebini karşılayamamıştır. Bunun sonucunda yapı sisteminin güçlendirilmesi gerçeği ve sargılı beton modeli kullanılması gerçeği ortaya çıkmıştır.

Sargılı beton modeli ile yapılan çalışma, deprem istemine cevap vermiş ve performans tayini yapılarak belirli kesitlerin hasar sınırları belirlenmiştir.

Sargılı beton modeli ve perdeler ile güçlendirilmiş sistemin itme analizi ve performans tayini yapılmış, belirli kesitlerin hasar sınırları belirlenmiştir. Güçlendirilmiş sistem ile sargılı beton modeli ile yapılan sistem karşılaştırılmış, güçlendirilmiş sistemin yapı kapasitesini arttırdığı ve perdenin yapı üzerindeki olumlu etkisi görülmüştür.

Parametrik çalışmalar sonucundaki her alt sistem ve her kesit için oluşan moment ve χ χ_u değerlerine ulaşılmıştır. χ χ_u değerleri sayesinde kesitlerin kapasiteleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Moment ve χ χ_u diyagramları görsel olarak dışarı basılabilmektedir.

Tez çalışması sonunda belirli kesitlerin hasar sınırları belirlenmiş ve performans analizi uygulama bir örnek üzerinde anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Yüksel, E.**(1998). Bazı Düzensizlikleri İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] **Yüksel, E., Karadoğan, F.** (2009). Simplified Calculation Approach of Load-Deformation Relationships of Beam-Column Element”, *G.U. Journal of Science*, Vol **22(4)**, 341-350.
- [3] **Özer, E., Aksoylu, G.**(2007). Betonarme yapı sistemlerinin doğrusal olmayan hesabı için bir artımsal analiz yöntemi, *İTÜ Dergisi Mühendislik*, Cilt 6, Sayı 3
- [4] **Arısoy, B., Arel, H.Ş.**(2010).Yapısal özellikleri farklı ba binaların performansa dayalı analizi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 25, No 3,
- [5] **Türker, K., İrtem, E.**(2007).Binaların deprem etkisi altındaki lineer olmayan davranışının belirlenmesi için çok modlu uyarlamalı yük artımı yöntemi, *İTÜ Dergisi Mühendislik*, Cilt:6, Sayı:2,
- [6] **Öztürk, D.**(2011).Çok katlı yapıların statik itme eğrisinin elde edilmesi için pratik bir yöntem, *e-Journal of New World Sciences Academy 2011*, Volume: 6, Number: 4
- [7] **Korkmaz, A., Düzgün, M.** (2007). Doğrusal olmayan yapısal analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi, *İTÜ Dergisi Mühendislik*, Cilt:6, Sayı:3,
- [8] **İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H., B.** (2007). Orta yükseklikteki betonarme binaların deprem performanslarının afet yönetmeliğine göretayini, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:13, Sayı:1,
- [9] **Kuran, F., Bayülke, N., Kocaman, C.**,1502 tipi afet konutunun nonlinear statik karşılaştırılması itme analizi ve deprem hasarının karşılaştırması.
- [10] **Anıl, Ö.** (2011). Performance based design modeling for pushover analysis use of the pushover curve, *Yüksel Proje Sunum* ,2011.
- [11] **Fajfar, P., Fischinger, M.**, N2-Method For Non-linear Seismic Analysis Of Regular Buildings, *Proceeding Of Ninth World Conference On Earthquakes Engineering*, Ağustos,1988.
- [12] **Coşgun, T., (2003).** Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi İçin Bir Bilgisayar Programı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2.
- [13] **Aydınoğlu, N.,** Süneklik Düzeyi Yüksek 6 Katlı Betonarme Çerçevesel Bina Sisteminin Performansının Doğrusal Olmayan Yöntem (Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi) İle Değerlendirilmesi.

- [14]İnel,M.,Bilgin,H.,Özmen, H.,B. (2007).Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- [15]Fahjan, Y., Başak, K., Kubin, J., Tan, M., (2011). Perdeli Betonarme Yapılar İçin Doğrusal Olmayan Analiz Metotları, *Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 30 Mayıs-3 Haziran, 2011, İstanbul.
- [16]Aydemir, C., Zorbozan, M., Alacalı Noyan, S., (2009). Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonların Mp Moment Kapasitelerinin Belirlenmesi,*İMO Teknik Dergi* 2009, Yazı 301.
- [17]İrtem, E., Türker, K., Hasgöl, U., (2004). *Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, 6-8 Ekim 2004 Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [18]Kolgu, S., Kerem, P., (2003). Betonarme Kesit Davranışında Eksenel Yük, Malzeme Modeli ve Sargı Donatısı Oranının Etkisi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- [19]Bilgin, H., Özmen, H.B., İnel, M.,(2005). Kamu Yapılarının Performanslarının Doğrusal Ötesi Davranış Modelleriyle Değerlendirilmesi, *Kocaeli Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
- [20]Kutunis, M.,Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-2, *İMO Sakarya Bülteni*.
- [21]Habibi, A., Moharrami, H., (2010). Nonlinear Sensitivity Analysis Reinforced Concrete Frames, *Finite Elements in Analysis and Design Books-Page* 571-584.
- [22]Aydınoglu,M.N.,Önem, G. (2007). Yapıların deprem performansının değerlendirilmesi için artımsal spektrum analizi (ARSA) yöntemi. 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul.
- [23] Celep, Z., (2007). *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [24]Sönmez, İ.K., (2009). Betonarme Yapı Sistemlerinde Yapısal Performans Düzeyini Belirleyen Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [25]Özkaynak, H. (2010). Dolgu Duvarları Lifli Polimerler ile Sargılanmış Betonarme Çerçeve Sistemlerin Deprem Davranışı Ve Yapısal Sönüm Özellikleri, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [26]Topçu,A. (2011). Betonarme II Ders Notları, Eskişehir.
- [27] **Deprem bölgelerinde Yapılacak yapılar hakkında yönetmelik.**(2007). *DBYYHY 2007*. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [28]Köse, D., (2008). Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Betonarme Bir Yapının Performans Seviyenin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

EKLER

EK A: DOC3B programının ton-m biriminde verdiği kesitlere ait malzeme özellikleri.

EK A

Eğrilik	Moment	Eps_C	C(Ustten)	Eps_C	Sigma_C	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2
0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.001619	3.5724	0.000100	0.061750	0.000100	176.009	0.000051	1028.340	0.000661	13222.672
0.003828	5.9824	0.000200	0.052250	0.000200	344.125	0.000085	1703.349	0.001599	22000.000
0.008108	6.0435	0.000300	0.037000	0.000299	504.074	0.000057	1135.135	0.003511	22000.000
0.013115	6.0837	0.000400	0.030500	0.000398	656.167	0.000007	131.148	0.005764	22000.000
0.018349	6.1417	0.000500	0.027250	0.000498	800.514	0.000050	1009.174	0.008124	22000.000
0.023762	6.1898	0.000600	0.025250	0.000597	937.129	0.000113	2257.426	0.010568	22000.000
0.029167	6.3314	0.000700	0.024000	0.000696	1066.048	0.000175	3500.000	0.013008	22451.443
0.034409	6.5026	0.000800	0.023250	0.000796	1187.292	0.000232	4645.161	0.015372	22918.896
0.040000	6.6073	0.000900	0.022500	0.000895	1300.787	0.000300	6000.000	0.017900	23355.511
0.044944	6.7895	0.001000	0.022250	0.000994	1406.670	0.000348	6966.292	0.020124	23694.522
0.050575	6.8590	0.001100	0.021750	0.001094	1504.764	0.000417	8344.828	0.022670	24039.386
0.055814	6.9690	0.001200	0.021500	0.001193	1595.206	0.000474	9488.372	0.025033	24324.141
0.061176	7.0477	0.001300	0.021250	0.001292	1677.935	0.000535	10705.882	0.027453	24585.933
0.065882	7.2019	0.001400	0.021250	0.001392	1753.024	0.000576	11529.412	0.029565	24792.876
0.071429	7.2284	0.001500	0.021000	0.001491	1820.333	0.000643	12857.143	0.032071	25015.911
0.076190	7.3472	0.001600	0.021000	0.001590	1880.002	0.000686	13714.286	0.034210	25189.071
0.080952	7.4525	0.001700	0.021000	0.001690	1931.960	0.000729	14571.429	0.036348	25348.325
0.085714	7.5446	0.001800	0.021000	0.001789	1976.207	0.000771	15428.571	0.038486	25495.140
0.091566	7.4805	0.001900	0.020750	0.001889	2012.699	0.000847	16939.759	0.041136	25661.754
0.096386	7.5400	0.002000	0.020750	0.001988	2041.533	0.000892	17831.325	0.043301	25786.559
0.101205	7.5871	0.002100	0.020750	0.002087	2062.658	0.000936	18722.892	0.045466	25902.251
0.106024	7.6218	0.002200	0.020750	0.002187	2076.073	0.000981	19614.458	0.047631	26009.676
0.109524	7.8135	0.002300	0.021000	0.002286	2081.781	0.000986	19714.286	0.049176	26081.690
0.114286	7.8299	0.002400	0.021000	0.002386	2077.914	0.001029	20571.429	0.051314	26175.490
0.119048	7.8345	0.002500	0.021000	0.002485	2072.549	0.001071	21428.571	0.053452	26263.002
0.123810	7.8682	0.002600	0.021000	0.002585	2067.184	0.001114	22000.000	0.055590	26344.742
0.131707	7.8419	0.002700	0.020500	0.002684	2061.841	0.001251	22000.000	0.059202	26470.987
0.138272	7.8689	0.002800	0.020250	0.002783	2056.488	0.001348	22000.000	0.062188	26565.258
0.143210	7.9538	0.002900	0.020250	0.002882	2051.125	0.001396	22000.000	0.064409	26630.085
0.150000	7.9641	0.003000	0.020000	0.002981	2045.774	0.001500	22000.000	0.067500	26713.471
0.156962	7.9668	0.003100	0.019750	0.003080	2040.424	0.001609	22000.000	0.070672	26791.509
0.164103	7.9626	0.003200	0.019500	0.003179	2035.075	0.001723	22000.000	0.073928	26864.467
0.169231	8.0227	0.003300	0.019500	0.003279	2029.713	0.001777	22000.000	0.076238	26912.233
0.176623	8.0072	0.003400	0.019250	0.003378	2024.366	0.001899	22000.000	0.079613	26976.557
0.181818	8.0585	0.003500	0.019250	0.003477	2019.004	0.001955	22000.000	0.081955	27017.686
0.189474	8.0335	0.003600	0.019000	0.003576	2013.659	0.002084	22000.000	0.085453	27074.234
0.194737	8.0774	0.003700	0.019000	0.003676	2008.298	0.002142	22000.000	0.087826	27109.515
0.202667	8.0443	0.003800	0.018750	0.003775	2002.954	0.002280	22000.000	0.091453	27159.003
0.208000	8.0820	0.003900	0.018750	0.003874	1997.594	0.002340	22000.000	0.093860	27189.103
0.213333	8.1170	0.004000	0.018750	0.003973	1992.233	0.002400	22000.000	0.096267	27217.175
0.221622	8.0743	0.004100	0.018500	0.004072	1986.892	0.002549	22000.000	0.100062	27257.615

Şekil A.1 : Sargılı beton modeli için 30×50 kenar açıklık kirişinin malzeme özellikleri.

Eğrilik	Moment	Eps_C	C(Ustten)	Eps_C	Sigma_C	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2
0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.002551	9.8510	0.000200	0.078400	0.000199	344.072	0.000123	2469.388	0.001764	22000.000
0.005725	9.9322	0.000300	0.052400	0.000299	503.867	0.000128	2564.885	0.004108	22000.000
0.009615	10.0084	0.000400	0.041600	0.000398	655.744	0.000112	2230.769	0.007004	22000.000
0.014045	10.0144	0.000500	0.035600	0.000497	799.785	0.000079	1573.034	0.010315	22000.000
0.018293	10.3282	0.000600	0.032800	0.000596	936.209	0.000051	1024.390	0.013485	22550.958
0.022727	10.6132	0.000700	0.030800	0.000695	1064.915	0.000018	363.636	0.016800	23172.789
0.027027	10.9238	0.000800	0.029600	0.000795	1185.987	0.000011	216.216	0.020011	23678.230
0.031690	11.0983	0.000900	0.028400	0.000894	1299.309	0.000051	1014.085	0.023501	24143.161
0.036232	11.2903	0.001000	0.027600	0.000993	1404.997	0.000087	1739.130	0.026899	24528.416
0.041045	11.3812	0.001100	0.026800	0.001092	1502.971	0.000131	2626.866	0.030504	24879.202
0.045455	11.5705	0.001200	0.026400	0.001191	1593.362	0.000164	3272.727	0.033800	25157.030
0.050000	11.6995	0.001300	0.026000	0.001290	1676.064	0.000200	4000.000	0.037200	25408.271
0.054688	11.7688	0.001400	0.025600	0.001389	1751.085	0.000241	4812.500	0.040709	25635.997
0.058594	12.0391	0.001500	0.025600	0.001488	1818.547	0.000258	5156.250	0.043617	25803.990
0.063492	12.0114	0.001600	0.025200	0.001587	1878.216	0.000305	6095.238	0.047289	25993.204
0.067460	12.2243	0.001700	0.025200	0.001687	1930.323	0.000324	6476.190	0.050244	26129.376
0.072581	12.1018	0.001800	0.024800	0.001785	1974.657	0.000377	7548.387	0.054087	26287.848
0.076613	12.2596	0.001900	0.024800	0.001885	2011.418	0.000398	7967.742	0.057092	26398.945
0.080645	12.3988	0.002000	0.024800	0.001984	2040.501	0.000419	8387.097	0.060097	26500.133
0.084677	12.5196	0.002100	0.024800	0.002083	2061.906	0.000440	8806.452	0.063102	26592.459
0.088710	12.6221	0.002200	0.024800	0.002182	2075.633	0.000461	9225.806	0.066106	26676.824
0.094262	12.3047	0.002300	0.024400	0.002281	2081.675	0.000528	10557.377	0.070282	26782.296
0.098361	12.3561	0.002400	0.024400	0.002380	2078.205	0.000551	11016.393	0.073338	26851.741
0.102459	12.3906	0.002500	0.024400	0.002480	2072.852	0.000574	11475.410	0.076393	26915.325
0.106557	12.4100	0.002600	0.024400	0.002579	2067.499	0.000597	11934.426	0.079449	26973.576
0.110656	12.4162	0.002700	0.024400	0.002678	2062.147	0.000620	12393.443	0.082505	27026.960
0.112903	12.8857	0.002800	0.024800	0.002777	2056.774	0.000587	11741.935	0.084135	27053.600
0.116935	12.8834	0.002900	0.024800	0.002877	2051.421	0.000608	12161.290	0.087140	27099.563
0.120968	12.8712	0.003000	0.024800	0.002976	2046.068	0.000629	12580.645	0.090145	27141.745
0.125000	12.8502	0.003100	0.024800	0.003075	2040.714	0.000650	13000.000	0.093150	27180.440
0.129032	12.8213	0.003200	0.024800	0.003174	2035.361	0.000671	13419.355	0.096155	27215.914
0.133065	12.7851	0.003300	0.024800	0.003273	2030.008	0.000692	13838.710	0.099160	27248.406
0.137097	12.7421	0.003400	0.024800	0.003373	2024.654	0.000713	14258.065	0.102165	27278.131
0.141129	12.6932	0.003500	0.024800	0.003472	2019.301	0.000734	14677.419	0.105169	27305.286
0.145161	12.6386	0.003600	0.024800	0.003571	2013.948	0.000755	15096.774	0.108174	27330.048
0.149194	12.5789	0.003700	0.024800	0.003670	2008.594	0.000776	15516.129	0.111179	27352.579
0.150794	13.1107	0.003800	0.025200	0.003770	2003.215	0.000724	14476.190	0.112311	27360.519
0.154762	13.0546	0.003900	0.025200	0.003869	1997.861	0.000743	14857.143	0.115267	27379.908
0.158730	12.9945	0.004000	0.025200	0.003968	1992.507	0.000762	15238.095	0.118222	27397.456
0.162698	12.9305	0.004100	0.025200	0.004067	1987.153	0.000781	15619.048	0.121178	27413.275
0.166667	12.8630	0.004200	0.025200	0.004167	1981.799	0.000800	16000.000	0.124133	27427.471
0.170635	12.7922	0.004300	0.025200	0.004266	1976.445	0.000819	16380.952	0.127089	27440.140
0.174603	12.7183	0.004400	0.025200	0.004365	1971.091	0.000838	16761.905	0.130044	27451.370
0.178571	12.6416	0.004500	0.025200	0.004464	1965.737	0.000857	17142.857	0.133000	27461.245

Şekil A.2 : Sargılı beton modeli için 30×80 kenar
açıklık kirişinin malzeme özellikleri.

Eğrilik	Moment	Eps_c	C(ustten)	Eps_c	Sigma_c	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2	Eps_s_3	Sigma_s_3
0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.000333	3.6903	0.000200	0.600000	0.000200	344.830	0.000190	3800.000	0.000100	2000.000	0.000010	200.000
0.000500	5.4301	0.000300	0.600000	0.000300	505.546	0.000285	5700.000	0.000150	3000.000	0.000015	300.000
0.000667	7.0997	0.000400	0.600000	0.000400	658.462	0.000380	7600.000	0.000200	4000.000	0.000020	400.000
0.000904	9.3624	0.000500	0.553200	0.000500	803.564	0.000473	9457.701	0.000229	4577.007	0.000015	303.688
0.001275	11.9635	0.000600	0.470700	0.000600	940.841	0.000562	11235.182	0.000218	4351.816	0.000127	2531.549
0.001688	14.1092	0.000700	0.414600	0.000700	1070.315	0.000649	12986.975	0.000193	3869.754	0.000262	5247.467
0.002137	16.0164	0.000800	0.374400	0.000800	1191.990	0.000736	14717.949	0.000159	3179.487	0.000418	8358.974
0.002611	17.7883	0.000900	0.344700	0.000900	1305.867	0.000822	16433.420	0.000117	2334.204	0.000588	11765.013
0.003104	19.4778	0.001000	0.322200	0.001000	1411.949	0.000907	18137.803	0.000069	1378.026	0.000769	15381.750
0.003612	21.1112	0.001100	0.304500	0.001099	1510.237	0.000992	19832.512	0.000016	325.123	0.000959	19182.266
0.004158	22.4726	0.001200	0.288600	0.001199	1600.728	0.001075	21505.198	0.000047	948.025	0.001170	22000.000
0.004772	23.0293	0.001300	0.272400	0.001299	1683.421	0.001157	22000.000	0.000132	2634.361	0.001420	22000.000
0.005389	23.4807	0.001400	0.259800	0.001399	1758.324	0.001238	22000.000	0.000217	4332.564	0.001672	22000.000
0.006017	23.8932	0.001500	0.249300	0.001499	1825.437	0.001319	22000.000	0.000305	6101.083	0.001930	22000.000
0.006658	24.2656	0.001600	0.240300	0.001599	1884.760	0.001400	22000.000	0.000398	7950.062	0.002195	22000.000
0.007312	24.6014	0.001700	0.232500	0.001699	1936.294	0.001481	22000.000	0.000494	9870.968	0.002468	22000.000
0.007958	24.9287	0.001800	0.226200	0.001799	1980.041	0.001561	22000.000	0.000587	11745.358	0.002736	22000.000
0.008617	25.2162	0.001900	0.220500	0.001899	2015.998	0.001641	22000.000	0.000685	13700.680	0.003012	22000.000
0.009272	25.4867	0.002000	0.215700	0.001999	2044.167	0.001722	22000.000	0.000782	15632.823	0.003285	22000.000
0.009915	25.7488	0.002100	0.211800	0.002099	2064.549	0.001803	22000.000	0.000875	17490.085	0.003552	22000.000
0.010567	25.9746	0.002200	0.208200	0.002198	2077.142	0.001883	22000.000	0.000970	19400.576	0.003823	22000.000
0.011209	26.1855	0.002300	0.205200	0.002298	2081.947	0.001964	22000.000	0.001063	21251.462	0.004089	22000.000
0.011887	26.3289	0.002400	0.201900	0.002398	2077.239	0.002043	22000.000	0.001166	22000.000	0.004376	22000.000
0.012626	26.3872	0.002500	0.198000	0.002498	2071.848	0.002121	22000.000	0.001288	22000.000	0.004697	22000.000
0.013354	26.4430	0.002600	0.194700	0.002598	2066.457	0.002199	22000.000	0.001406	22000.000	0.005012	22000.000
0.014063	26.5044	0.002700	0.192000	0.002698	2061.066	0.002278	22000.000	0.001519	22000.000	0.005316	22000.000
0.014791	26.5367	0.002800	0.189300	0.002798	2055.675	0.002356	22000.000	0.001637	22000.000	0.005631	22000.000
0.015516	26.5644	0.002900	0.186900	0.002898	2050.284	0.002435	22000.000	0.001755	22000.000	0.005944	22000.000
0.016234	26.5914	0.003000	0.184800	0.002998	2044.893	0.002513	22000.000	0.001870	22000.000	0.006253	22000.000
0.016940	26.6211	0.003100	0.183000	0.003097	2039.502	0.002592	22000.000	0.001982	22000.000	0.006556	22000.000
0.017660	26.6343	0.003200	0.181200	0.003197	2034.111	0.002670	22000.000	0.002098	22000.000	0.006866	22000.000
0.018364	26.6550	0.003300	0.179700	0.003297	2028.720	0.002749	22000.000	0.002209	22000.000	0.007167	22000.000
0.019080	26.6628	0.003400	0.178200	0.003397	2023.329	0.002828	22000.000	0.002324	22000.000	0.007475	22000.000
0.019774	26.6816	0.003500	0.177000	0.003497	2017.938	0.002907	22000.000	0.002432	22000.000	0.007771	22000.000
0.020513	26.6676	0.003600	0.175500	0.003597	2012.547	0.002985	22000.000	0.002554	22000.000	0.008092	22000.000
0.021191	26.6899	0.003700	0.174600	0.003697	2007.156	0.003064	22000.000	0.002657	22000.000	0.008379	22000.000
0.021915	26.6811	0.003800	0.173400	0.003797	2001.765	0.003143	22000.000	0.002774	22000.000	0.008691	22000.000
0.022609	26.6879	0.003900	0.172500	0.003897	1996.373	0.003222	22000.000	0.002883	22000.000	0.008987	22000.000
0.023310	26.6879	0.004000	0.171600	0.003997	1990.982	0.003301	22000.000	0.002993	22000.000	0.009287	22000.000
0.024019	26.6818	0.004100	0.170700	0.004096	1985.591	0.003379	22000.000	0.003106	22000.000	0.009591	22000.000
0.024691	26.6936	0.004200	0.170100	0.004196	1980.200	0.003459	22000.000	0.003207	22000.000	0.009874	22000.000
0.025369	26.7004	0.004300	0.169500	0.004296	1974.809	0.003539	22000.000	0.003311	22000.000	0.010160	22000.000
0.026097	26.6788	0.004400	0.168600	0.004396	1969.418	0.003617	22000.000	0.003429	22000.000	0.010475	22000.000
0.026786	26.6766	0.004500	0.168000	0.004496	1964.026	0.003696	22000.000	0.003536	22000.000	0.010768	22000.000
0.027430	26.6957	0.004600	0.167700	0.004596	1958.635	0.003777	22000.000	0.003629	22000.000	0.011035	22008.365
0.028127	26.6973	0.004700	0.167100	0.004696	1953.244	0.003856	22000.000	0.003738	22000.000	0.011332	22078.555
0.028777	26.7183	0.004800	0.166800	0.004796	1947.852	0.003937	22000.000	0.003833	22000.000	0.011603	22141.336
0.029483	26.7131	0.004900	0.166200	0.004896	1942.461	0.004016	22000.000	0.003945	22000.000	0.011905	22210.239

Şekil A.3 : Sargılı beton modeli için 30×60 alt sistem-1'deki 44 nolu kolonun N=767.3 KN için malzeme özellikleri.

0.030139	26.7279	0.005000	0.165900	0.004995	1937.069	0.004096	22000.000	0.004042	22000.000	0.012179	22271.629
0.030797	26.7398	0.005100	0.165600	0.005095	1931.678	0.004176	22000.000	0.004139	22000.000	0.012454	22332.312
0.031458	26.7491	0.005200	0.165300	0.005195	1926.286	0.004256	22000.000	0.004237	22000.000	0.012731	22392.300
0.032121	26.7560	0.005300	0.165000	0.005295	1920.895	0.004336	22000.000	0.004336	22000.000	0.013009	22451.603
0.032787	26.7605	0.005400	0.164700	0.005395	1915.504	0.004416	22000.000	0.004436	22000.000	0.013289	22510.230
0.033455	26.7628	0.005500	0.164400	0.005495	1910.112	0.004496	22000.000	0.004536	22000.000	0.013569	22568.193
0.034063	26.7861	0.005600	0.164400	0.005595	1904.720	0.004578	22000.000	0.004619	22000.000	0.013816	22618.343
0.034735	26.7845	0.005700	0.164100	0.005695	1899.329	0.004658	22000.000	0.004720	22000.000	0.014099	22674.968
0.035344	26.8040	0.005800	0.164100	0.005795	1893.937	0.004740	22000.000	0.004803	22000.000	0.014346	22723.742
0.036020	26.7988	0.005900	0.163800	0.005895	1888.546	0.004819	22000.000	0.004906	22000.000	0.014631	22779.074
0.036697	26.7920	0.006000	0.163500	0.005994	1883.154	0.004899	22000.000	0.005009	22000.000	0.014917	22833.791
0.037309	26.8066	0.006100	0.163500	0.006094	1877.762	0.004981	22000.000	0.005093	22000.000	0.015166	22880.601
0.037920	26.8197	0.006200	0.163500	0.006194	1872.370	0.005062	22000.000	0.005176	22000.000	0.015415	22926.768
0.038603	26.8084	0.006300	0.163200	0.006294	1866.979	0.005142	22000.000	0.005281	22000.000	0.015704	22979.640
0.039216	26.8188	0.006400	0.163200	0.006394	1861.587	0.005224	22000.000	0.005365	22000.000	0.015953	23024.572
0.039828	26.8279	0.006500	0.163200	0.006494	1856.195	0.005305	22000.000	0.005449	22000.000	0.016202	23068.896
0.040516	26.8128	0.006600	0.162900	0.006594	1850.804	0.005385	22000.000	0.005555	22000.000	0.016494	23120.013
0.041130	26.8196	0.006700	0.162900	0.006694	1845.412	0.005466	22000.000	0.005639	22000.000	0.016744	23163.169
0.041743	26.8252	0.006800	0.162900	0.006794	1840.020	0.005548	22000.000	0.005723	22000.000	0.016994	23205.749
0.042357	26.8297	0.006900	0.162900	0.006894	1834.629	0.005629	22000.000	0.005807	22000.000	0.017244	23247.766
0.042971	26.8332	0.007000	0.162900	0.006994	1829.237	0.005711	22000.000	0.005891	22000.000	0.017494	23289.230
0.043585	26.8357	0.007100	0.162900	0.007093	1823.845	0.005792	22000.000	0.005976	22000.000	0.017743	23330.151
0.044199	26.8373	0.007200	0.162900	0.007193	1818.453	0.005874	22000.000	0.006060	22000.000	0.017993	23370.539
0.044895	26.8154	0.007300	0.162600	0.007293	1813.062	0.005953	22000.000	0.006169	22000.000	0.018290	23417.864
0.045510	26.8152	0.007400	0.162600	0.007393	1807.670	0.006035	22000.000	0.006253	22000.000	0.018541	23457.220
0.046125	26.8143	0.007500	0.162600	0.007493	1802.278	0.006116	22000.000	0.006338	22000.000	0.018792	23496.072
0.046654	26.8350	0.007600	0.162900	0.007593	1796.886	0.006200	22000.000	0.006396	22000.000	0.018993	23526.956
0.047268	26.8325	0.007700	0.162900	0.007693	1791.494	0.006282	22000.000	0.006480	22000.000	0.019243	23564.824
0.047882	26.8292	0.007800	0.162900	0.007793	1786.102	0.006364	22000.000	0.006565	22000.000	0.019493	23602.214
0.048496	26.8252	0.007900	0.162900	0.007893	1780.710	0.006445	22000.000	0.006649	22000.000	0.019743	23639.135
0.049110	26.8206	0.008000	0.162900	0.007993	1775.318	0.006527	22000.000	0.006733	22000.000	0.019993	23675.596
0.049724	26.8153	0.008100	0.162900	0.008093	1769.926	0.006608	22000.000	0.006817	22000.000	0.020243	23711.605
0.050338	26.8093	0.008200	0.162900	0.008192	1764.534	0.006690	22000.000	0.006901	22000.000	0.020492	23747.169
0.050952	26.8028	0.008300	0.162900	0.008292	1759.143	0.006771	22000.000	0.006985	22000.000	0.020742	23782.297
0.051565	26.7957	0.008400	0.162900	0.008392	1753.751	0.006853	22000.000	0.007070	22000.000	0.020992	23816.995
0.052083	26.8101	0.008500	0.163200	0.008492	1748.358	0.006938	22000.000	0.007125	22000.000	0.021188	23843.809
0.052696	26.8018	0.008600	0.163200	0.008592	1742.966	0.007019	22000.000	0.007209	22000.000	0.021437	23877.675
0.053309	26.7930	0.008700	0.163200	0.008692	1737.574	0.007101	22000.000	0.007293	22000.000	0.021686	23911.134
0.053922	26.7837	0.008800	0.163200	0.008792	1732.183	0.007182	22000.000	0.007376	22000.000	0.021935	23944.193
0.054434	26.7958	0.008900	0.163500	0.008892	1726.790	0.007267	22000.000	0.007430	22000.000	0.022128	23969.419
0.055046	26.7855	0.009000	0.163500	0.008992	1721.398	0.007349	22000.000	0.007514	22000.000	0.022376	24001.703
0.055657	26.7747	0.009100	0.163500	0.009092	1716.006	0.007430	22000.000	0.007597	22000.000	0.022625	24033.607
0.056166	26.7852	0.009200	0.163800	0.009192	1710.613	0.007515	22000.000	0.007650	22000.000	0.022815	24057.722
0.056777	26.7735	0.009300	0.163800	0.009291	1705.222	0.007597	22000.000	0.007733	22000.000	0.023063	24088.892
0.057387	26.7614	0.009400	0.163800	0.009391	1699.830	0.007678	22000.000	0.007816	22000.000	0.023311	24119.701
0.057998	26.7489	0.009500	0.163800	0.009491	1694.438	0.007760	22000.000	0.007899	22000.000	0.023559	24150.155
0.058501	26.7575	0.009600	0.164100	0.009591	1689.045	0.007845	22000.000	0.007950	22000.000	0.023746	24172.877
0.059110	26.7442	0.009700	0.164100	0.009691	1683.653	0.007927	22000.000	0.008033	22000.000	0.023993	24202.646

Şekil A.3(devamı) : Sargılı beton modeli için 30×60 cm alt sistem-1'deki 44 nolu kolonun N=767.3KN için malzeme özellikleri.

Eğrilik	Moment	Eps_c	C(Ustten)	Eps_c	Sigma_c	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2	Eps_s_3	Sigma_s_3
0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.000333	3.6903	0.000200	0.600000	0.000200	344.830	0.000190	3800.000	0.000100	2000.000	0.000010	200.000
0.000500	5.4301	0.000300	0.600000	0.000300	505.546	0.000285	5700.000	0.000150	3000.000	0.000015	300.000
0.000667	7.0997	0.000400	0.600000	0.000400	658.462	0.000380	7600.000	0.000200	4000.000	0.000020	400.000
0.000878	9.1516	0.000500	0.569400	0.000500	803.570	0.000474	9473.130	0.000237	4731.296	0.000001	10.537
0.001240	11.8520	0.000600	0.483900	0.000600	940.848	0.000563	11256.045	0.000228	4560.446	0.000107	2135.152
0.001646	14.0562	0.000700	0.425400	0.000700	1070.323	0.000651	13012.694	0.000206	4126.939	0.000238	4758.815
0.002085	15.9949	0.000800	0.383700	0.000800	1191.999	0.000737	14749.023	0.000175	3490.227	0.000388	7768.569
0.002551	17.7838	0.000900	0.352800	0.000900	1305.877	0.000823	16469.388	0.000135	2693.878	0.000554	11081.633
0.003036	19.4811	0.001000	0.329400	0.001000	1411.959	0.000909	18178.506	0.000089	1785.064	0.000730	14608.379
0.003539	21.1168	0.001100	0.310800	0.001099	1510.247	0.000994	19876.448	0.000038	764.479	0.000917	18347.490
0.004053	22.6738	0.001200	0.296100	0.001199	1600.742	0.001078	21568.389	0.000016	316.109	0.001110	22000.000
0.004649	23.2459	0.001300	0.279600	0.001299	1683.435	0.001161	22000.000	0.000095	1896.996	0.001350	22000.000
0.005255	23.7070	0.001400	0.266400	0.001399	1758.338	0.001242	22000.000	0.000177	3531.532	0.001595	22000.000
0.005875	24.1223	0.001500	0.255300	0.001499	1825.450	0.001324	22000.000	0.000263	5252.644	0.001849	22000.000
0.006504	24.5041	0.001600	0.246000	0.001599	1884.773	0.001405	22000.000	0.000351	7024.390	0.002107	22000.000
0.007137	24.8591	0.001700	0.238200	0.001699	1936.307	0.001486	22000.000	0.000441	8821.159	0.002368	22000.000
0.007782	25.1752	0.001800	0.231300	0.001799	1980.051	0.001567	22000.000	0.000535	10692.607	0.002636	22000.000
0.008422	25.4772	0.001900	0.225600	0.001899	2016.007	0.001647	22000.000	0.000627	12531.915	0.002901	22000.000
0.009070	25.7450	0.002000	0.220500	0.001999	2044.175	0.001728	22000.000	0.000721	14421.769	0.003170	22000.000
0.009709	26.0013	0.002100	0.216300	0.002099	2064.554	0.001809	22000.000	0.000813	16252.427	0.003434	22000.000
0.010343	26.2365	0.002200	0.212700	0.002198	2077.145	0.001890	22000.000	0.000903	18059.238	0.003696	22000.000
0.010984	26.4379	0.002300	0.209400	0.002298	2081.947	0.001970	22000.000	0.000995	19902.579	0.003961	22000.000
0.011611	26.6257	0.002400	0.206700	0.002398	2077.237	0.002052	22000.000	0.001083	21666.183	0.004218	22000.000
0.012291	26.7310	0.002500	0.203400	0.002498	2071.846	0.002131	22000.000	0.001187	22000.000	0.004506	22000.000
0.012994	26.7958	0.002600	0.200100	0.002598	2066.454	0.002210	22000.000	0.001298	22000.000	0.004806	22000.000
0.013699	26.8450	0.002700	0.197100	0.002698	2061.063	0.002289	22000.000	0.001410	22000.000	0.005108	22000.000
0.014403	26.8842	0.002800	0.194400	0.002798	2055.672	0.002368	22000.000	0.001521	22000.000	0.005410	22000.000
0.015104	26.9181	0.002900	0.192000	0.002898	2050.281	0.002447	22000.000	0.001631	22000.000	0.005709	22000.000
0.015798	26.9506	0.003000	0.189900	0.002998	2044.890	0.002526	22000.000	0.001739	22000.000	0.006005	22000.000
0.016507	26.9639	0.003100	0.187800	0.003098	2039.499	0.002605	22000.000	0.001852	22000.000	0.006309	22000.000
0.017204	26.9814	0.003200	0.186000	0.003197	2034.108	0.002684	22000.000	0.001961	22000.000	0.006606	22000.000
0.017886	27.0057	0.003300	0.184500	0.003297	2028.716	0.002763	22000.000	0.002066	22000.000	0.006895	22000.000
0.018579	27.0171	0.003400	0.183000	0.003397	2023.325	0.002843	22000.000	0.002174	22000.000	0.007190	22000.000
0.019284	27.0168	0.003500	0.181500	0.003497	2017.934	0.002921	22000.000	0.002285	22000.000	0.007492	22000.000
0.019967	27.0282	0.003600	0.180300	0.003597	2012.543	0.003001	22000.000	0.002390	22000.000	0.007781	22000.000
0.020659	27.0303	0.003700	0.179100	0.003697	2007.151	0.003080	22000.000	0.002498	22000.000	0.008076	22000.000
0.021324	27.0466	0.003800	0.178200	0.003797	2001.760	0.003160	22000.000	0.002597	22000.000	0.008355	22000.000
0.021997	27.0554	0.003900	0.177300	0.003897	1996.369	0.003240	22000.000	0.002699	22000.000	0.008638	22000.000

Şekil A.4 : Sargılı beton modeli için 30×60 cm alt sistem-5'deki 20 nolu kolonun N=790.5 KN için malzeme özellikleri.

0.023362	27.0533	0.004100	0.175500	0.004096	1985.586	0.003399	22000.000	0.002909	22000.000	0.009216	22000.000
0.024055	27.0434	0.004200	0.174600	0.004196	1980.195	0.003478	22000.000	0.003016	22000.000	0.009511	22000.000
0.024713	27.0513	0.004300	0.174000	0.004296	1974.803	0.003559	22000.000	0.003114	22000.000	0.009786	22000.000
0.025375	27.0546	0.004400	0.173400	0.004396	1969.412	0.003639	22000.000	0.003212	22000.000	0.010064	22000.000
0.026087	27.0302	0.004500	0.172500	0.004496	1964.021	0.003717	22000.000	0.003326	22000.000	0.010370	22000.000
0.026713	27.0484	0.004600	0.172200	0.004596	1958.629	0.003799	22000.000	0.003414	22000.000	0.010626	22000.000
0.027389	27.0396	0.004700	0.171600	0.004696	1953.238	0.003878	22000.000	0.003517	22000.000	0.010912	22000.000
0.028070	27.0351	0.004800	0.171000	0.004796	1947.846	0.003958	22000.000	0.003621	22000.000	0.011200	22047.470
0.028705	27.0531	0.004900	0.170700	0.004896	1942.455	0.004039	22000.000	0.003712	22000.000	0.011462	22108.786
0.029343	27.0681	0.005000	0.170400	0.004996	1937.063	0.004120	22000.000	0.003803	22000.000	0.011725	22169.416
0.029982	27.0802	0.005100	0.170100	0.005096	1931.671	0.004201	22000.000	0.003895	22000.000	0.011990	22229.370
0.030624	27.0897	0.005200	0.169800	0.005195	1926.280	0.004281	22000.000	0.003987	22000.000	0.012256	22288.658
0.031268	27.0967	0.005300	0.169500	0.005295	1920.888	0.004362	22000.000	0.004081	22000.000	0.012523	22347.291
0.031915	27.1014	0.005400	0.169200	0.005395	1915.496	0.004443	22000.000	0.004174	22000.000	0.012791	22405.277
0.032564	27.1039	0.005500	0.168900	0.005495	1910.105	0.004523	22000.000	0.004269	22000.000	0.013061	22462.625
0.033215	27.1043	0.005600	0.168600	0.005595	1904.713	0.004604	22000.000	0.004364	22000.000	0.013332	22519.346
0.033868	27.1028	0.005700	0.168300	0.005695	1899.322	0.004684	22000.000	0.004460	22000.000	0.013605	22575.447
0.034462	27.1218	0.005800	0.168300	0.005795	1893.930	0.004766	22000.000	0.004539	22000.000	0.013843	22623.876
0.035119	27.1167	0.005900	0.168000	0.005895	1888.538	0.004846	22000.000	0.004636	22000.000	0.014118	22678.730
0.035714	27.1324	0.006000	0.168000	0.005995	1883.146	0.004929	22000.000	0.004714	22000.000	0.014357	22725.873
0.036374	27.1241	0.006100	0.167700	0.006095	1877.755	0.005009	22000.000	0.004812	22000.000	0.014633	22779.520
0.036971	27.1367	0.006200	0.167700	0.006194	1872.363	0.005091	22000.000	0.004891	22000.000	0.014873	22825.422
0.037634	27.1255	0.006300	0.167400	0.006294	1866.971	0.005171	22000.000	0.004990	22000.000	0.015152	22877.900
0.038232	27.1354	0.006400	0.167400	0.006394	1861.579	0.005253	22000.000	0.005070	22000.000	0.015392	22922.604
0.038829	27.1439	0.006500	0.167400	0.006494	1856.187	0.005335	22000.000	0.005149	22000.000	0.015633	22966.717
0.039427	27.1513	0.006600	0.167400	0.006594	1850.795	0.005417	22000.000	0.005228	22000.000	0.015873	23010.250
0.040096	27.1352	0.006700	0.167100	0.006694	1845.404	0.005497	22000.000	0.005329	22000.000	0.016155	23060.474
0.040694	27.1402	0.006800	0.167100	0.006794	1840.012	0.005579	22000.000	0.005408	22000.000	0.016396	23102.890
0.041293	27.1442	0.006900	0.167100	0.006894	1834.620	0.005661	22000.000	0.005488	22000.000	0.016637	23144.758
0.041891	27.1472	0.007000	0.167100	0.006994	1829.228	0.005743	22000.000	0.005567	22000.000	0.016878	23186.086
0.042490	27.1491	0.007100	0.167100	0.007094	1823.836	0.005825	22000.000	0.005647	22000.000	0.017119	23226.884
0.043088	27.1502	0.007200	0.167100	0.007194	1818.444	0.005907	22000.000	0.005726	22000.000	0.017360	23267.163
0.043686	27.1503	0.007300	0.167100	0.007293	1813.052	0.005989	22000.000	0.005806	22000.000	0.017601	23306.931
0.044285	27.1496	0.007400	0.167100	0.007393	1807.660	0.006071	22000.000	0.005885	22000.000	0.017842	23346.198
0.044883	27.1480	0.007500	0.167100	0.007493	1802.268	0.006154	22000.000	0.005965	22000.000	0.018083	23384.973
0.045482	27.1456	0.007600	0.167100	0.007593	1796.876	0.006236	22000.000	0.006045	22000.000	0.018325	23423.264
0.046080	27.1425	0.007700	0.167100	0.007693	1791.484	0.006318	22000.000	0.006124	22000.000	0.018566	23461.081
0.046679	27.1387	0.007800	0.167100	0.007793	1786.092	0.006400	22000.000	0.006204	22000.000	0.018807	23498.430
0.047277	27.1341	0.007900	0.167100	0.007893	1780.700	0.006482	22000.000	0.006283	22000.000	0.019048	23535.321
0.047876	27.1289	0.008000	0.167100	0.007993	1775.308	0.006564	22000.000	0.006363	22000.000	0.019289	23571.762
0.048474	27.1230	0.008100	0.167100	0.008093	1769.916	0.006646	22000.000	0.006442	22000.000	0.019530	23607.760

Şekil A.4(devamı) : Sargılı beton modeli için 30×60cm alt sistem-5'deki 20 nolu kolonun N=790.5 KN için malzeme özellikleri.

Eğrilik	Moment	Eps_c	C(ustten)	Eps_c	Sigma_c	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2	Eps_s_3	Sigma_s_3
0.00000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.000286	4.9309	0.000200	0.700000	0.000200	344.830	0.000191	3828.571	0.000100	2000.000	0.000009	171.429
0.000429	7.2529	0.000300	0.700000	0.000300	505.546	0.000287	5742.857	0.000150	3000.000	0.000013	257.143
0.000571	9.4794	0.000400	0.700000	0.000400	658.462	0.000383	7657.143	0.000200	4000.000	0.000017	342.857
0.000714	11.6102	0.000500	0.700000	0.000500	803.579	0.000479	9571.429	0.000250	5000.000	0.000021	428.571
0.000951	14.9469	0.000600	0.630700	0.000600	940.874	0.000571	11429.206	0.000267	5340.733	0.000037	747.741
0.001270	18.2461	0.000700	0.551250	0.000700	1070.354	0.000662	13238.095	0.000256	5111.111	0.000151	3015.873
0.001619	21.0089	0.000800	0.494200	0.000800	1192.034	0.000751	15028.733	0.000233	4668.555	0.000285	5691.623
0.001995	23.4604	0.000900	0.451150	0.000900	1305.914	0.000840	16803.059	0.000202	4035.687	0.000437	8731.686
0.002391	25.7150	0.001000	0.418250	0.001000	1411.997	0.000928	18565.451	0.000163	3263.598	0.000602	12038.255
0.002804	27.8401	0.001100	0.392350	0.001100	1510.285	0.001016	20317.828	0.000119	2374.665	0.000778	15568.498
0.003225	29.8621	0.001200	0.372050	0.001199	1600.779	0.001103	22000.000	0.000071	1422.389	0.000961	19219.997
0.003645	31.3300	0.001300	0.356650	0.001299	1683.482	0.001191	22000.000	0.000024	484.789	0.001142	22000.000
0.004128	32.0322	0.001400	0.339150	0.001399	1758.385	0.001276	22000.000	0.000045	895.769	0.001366	22000.000
0.004628	32.6438	0.001500	0.324100	0.001499	1825.496	0.001361	22000.000	0.000120	2397.408	0.001601	22000.000
0.005136	33.1973	0.001600	0.311500	0.001599	1884.816	0.001446	22000.000	0.000198	3955.056	0.001841	22000.000
0.005654	33.6923	0.001700	0.300650	0.001699	1936.345	0.001530	22000.000	0.000279	5580.908	0.002088	22000.000
0.006181	34.1335	0.001800	0.291200	0.001799	1980.085	0.001615	22000.000	0.000363	7269.231	0.002341	22000.000
0.006710	34.5380	0.001900	0.283150	0.001899	2016.036	0.001699	22000.000	0.000449	8971.570	0.002596	22000.000
0.007233	34.9223	0.002000	0.276500	0.001999	2044.198	0.001783	22000.000	0.000532	10632.911	0.002846	22000.000
0.007762	35.2594	0.002100	0.270550	0.002099	2064.570	0.001867	22000.000	0.000617	12333.765	0.003101	22000.000
0.008292	35.5574	0.002200	0.265300	0.002199	2077.154	0.001951	22000.000	0.000702	14047.493	0.003356	22000.000
0.008821	35.8233	0.002300	0.260750	0.002298	2081.948	0.002035	22000.000	0.000787	15744.966	0.003610	22000.000
0.009342	36.0624	0.002400	0.256900	0.002398	2077.231	0.002120	22000.000	0.000870	17395.095	0.003859	22000.000
0.009852	36.2837	0.002500	0.253750	0.002498	2071.839	0.002204	22000.000	0.000948	18965.517	0.004101	22000.000
0.010361	36.4753	0.002600	0.250950	0.002598	2066.447	0.002289	22000.000	0.001026	20524.407	0.004342	22000.000
0.010865	36.6457	0.002700	0.248500	0.002698	2061.055	0.002374	22000.000	0.001103	22000.000	0.004580	22000.000
0.011412	36.7269	0.002800	0.245350	0.002798	2055.663	0.002458	22000.000	0.001194	22000.000	0.004846	22000.000
0.011974	36.7720	0.002900	0.242200	0.002898	2050.272	0.002541	22000.000	0.001291	22000.000	0.005122	22000.000
0.012531	36.8114	0.003000	0.239400	0.002998	2044.880	0.002624	22000.000	0.001386	22000.000	0.005396	22000.000
0.013083	36.8498	0.003100	0.236950	0.003098	2039.489	0.002708	22000.000	0.001479	22000.000	0.005666	22000.000
0.013626	36.8912	0.003200	0.234850	0.003198	2034.097	0.002791	22000.000	0.001569	22000.000	0.005929	22000.000
0.014178	36.9119	0.003300	0.232750	0.003298	2028.705	0.002875	22000.000	0.001662	22000.000	0.006199	22000.000
0.014719	36.9415	0.003400	0.231000	0.003397	2023.314	0.002958	22000.000	0.001752	22000.000	0.006461	22000.000
0.015267	36.9548	0.003500	0.229250	0.003497	2017.922	0.003042	22000.000	0.001844	22000.000	0.006729	22000.000
0.015824	36.9534	0.003600	0.227500	0.003597	2012.530	0.003125	22000.000	0.001938	22000.000	0.007002	22000.000
0.016364	36.9668	0.003700	0.226100	0.003697	2007.139	0.003209	22000.000	0.002028	22000.000	0.007264	22000.000
0.016911	36.9686	0.003800	0.224700	0.003797	2001.747	0.003293	22000.000	0.002119	22000.000	0.007531	22000.000
0.017438	36.9881	0.003900	0.223650	0.003897	1996.355	0.003377	22000.000	0.002203	22000.000	0.007783	22000.000
0.017998	36.9696	0.004000	0.222250	0.003997	1990.964	0.003460	22000.000	0.002299	22000.000	0.008058	22000.000
0.018535	36.9709	0.004100	0.221200	0.004097	1985.572	0.003544	22000.000	0.002387	22000.000	0.008319	22000.000
0.019048	36.9932	0.004200	0.220500	0.004197	1980.180	0.003629	22000.000	0.002467	22000.000	0.008562	22000.000
0.019594	36.9794	0.004300	0.219450	0.004297	1974.788	0.003712	22000.000	0.002558	22000.000	0.008828	22000.000
0.020114	36.9880	0.004400	0.218750	0.004396	1969.396	0.003797	22000.000	0.002640	22000.000	0.009077	22000.000
0.020671	36.9614	0.004500	0.217700	0.004496	1964.005	0.003880	22000.000	0.002735	22000.000	0.009349	22000.000
0.021198	36.9583	0.004600	0.217000	0.004596	1958.613	0.003964	22000.000	0.002819	22000.000	0.009603	22000.000
0.021729	36.9501	0.004700	0.216300	0.004696	1953.221	0.004048	22000.000	0.002905	22000.000	0.009858	22000.000
0.022263	36.9371	0.004800	0.215600	0.004796	1947.829	0.004132	22000.000	0.002992	22000.000	0.010117	22000.000
0.022764	36.9491	0.004900	0.215250	0.004896	1942.437	0.004217	22000.000	0.003067	22000.000	0.010352	22000.000

Şekil A.5 : Sargılı beton modeli için 30×70 alt sistem-2'deki 42 nolu kolonun N=1020.48 KN için malzeme özellikleri.

0.026359	36.9510	0.005600	0.212450	0.005595	1904.693	0.004809	22000.000	0.003626	22000.000	0.012061	22245.223
0.026874	36.9475	0.005700	0.212100	0.005695	1899.301	0.004894	22000.000	0.003706	22000.000	0.012306	22299.664
0.027391	36.9415	0.005800	0.211750	0.005795	1893.909	0.004978	22000.000	0.003787	22000.000	0.012552	22353.560
0.027909	36.9332	0.005900	0.211400	0.005895	1888.518	0.005063	22000.000	0.003868	22000.000	0.012799	22406.917
0.028382	36.9508	0.006000	0.211400	0.005995	1883.125	0.005149	22000.000	0.003934	22000.000	0.013016	22453.082
0.028903	36.9381	0.006100	0.211050	0.006095	1877.733	0.005233	22000.000	0.004016	22000.000	0.013265	22505.348
0.029377	36.9515	0.006200	0.211050	0.006195	1872.341	0.005319	22000.000	0.004082	22000.000	0.013483	22550.377
0.029900	36.9349	0.006300	0.210700	0.006295	1866.949	0.005403	22000.000	0.004165	22000.000	0.013733	22601.585
0.030375	36.9446	0.006400	0.210700	0.006395	1861.557	0.005489	22000.000	0.004231	22000.000	0.013951	22645.515
0.030901	36.9245	0.006500	0.210350	0.006495	1856.165	0.005573	22000.000	0.004315	22000.000	0.014204	22695.695
0.031376	36.9308	0.006600	0.210350	0.006595	1850.773	0.005659	22000.000	0.004382	22000.000	0.014422	22738.562
0.031852	36.9355	0.006700	0.210350	0.006694	1845.380	0.005744	22000.000	0.004448	22000.000	0.014641	22780.901
0.032327	36.9386	0.006800	0.210350	0.006794	1839.988	0.005830	22000.000	0.004514	22000.000	0.014859	22822.721
0.032857	36.9124	0.006900	0.210000	0.006894	1834.596	0.005914	22000.000	0.004600	22000.000	0.015114	22870.908
0.033333	36.9128	0.007000	0.210000	0.006994	1829.204	0.006000	22000.000	0.004667	22000.000	0.015333	22911.733
0.033810	36.9118	0.007100	0.210000	0.007094	1823.811	0.006086	22000.000	0.004733	22000.000	0.015552	22952.066
0.034286	36.9095	0.007200	0.210000	0.007194	1818.419	0.006171	22000.000	0.004800	22000.000	0.015771	22991.913
0.034762	36.9061	0.007300	0.210000	0.007294	1813.027	0.006257	22000.000	0.004867	22000.000	0.015990	23031.285
0.035238	36.9014	0.007400	0.210000	0.007394	1807.634	0.006343	22000.000	0.004933	22000.000	0.016210	23070.189
0.035714	36.8956	0.007500	0.210000	0.007494	1802.242	0.006429	22000.000	0.005000	22000.000	0.016429	23108.632
0.036190	36.8888	0.007600	0.210000	0.007594	1796.850	0.006514	22000.000	0.005067	22000.000	0.016648	23146.623
0.036667	36.8809	0.007700	0.210000	0.007694	1791.457	0.006600	22000.000	0.005133	22000.000	0.016867	23184.169
0.037143	36.8720	0.007800	0.210000	0.007794	1786.065	0.006686	22000.000	0.005200	22000.000	0.017086	23221.278
0.037619	36.8621	0.007900	0.210000	0.007893	1780.673	0.006771	22000.000	0.005267	22000.000	0.017305	23257.957
0.038095	36.8514	0.008000	0.210000	0.007993	1775.280	0.006857	22000.000	0.005333	22000.000	0.017524	23294.213
0.038571	36.8397	0.008100	0.210000	0.008093	1769.888	0.006943	22000.000	0.005400	22000.000	0.017743	23330.052
0.039048	36.8272	0.008200	0.210000	0.008193	1764.496	0.007029	22000.000	0.005467	22000.000	0.017962	23365.482
0.039524	36.8139	0.008300	0.210000	0.008293	1759.103	0.007114	22000.000	0.005533	22000.000	0.018181	23400.510
0.039933	36.8267	0.008400	0.210350	0.008393	1753.710	0.007202	22000.000	0.005577	22000.000	0.018355	23428.123
0.040409	36.8118	0.008500	0.210350	0.008493	1748.318	0.007288	22000.000	0.005643	22000.000	0.018574	23462.361
0.040884	36.7962	0.008600	0.210350	0.008593	1742.926	0.007373	22000.000	0.005709	22000.000	0.018792	23496.215
0.041360	36.7798	0.008700	0.210350	0.008693	1737.533	0.007459	22000.000	0.005776	22000.000	0.019011	23529.693
0.041766	36.7894	0.008800	0.210700	0.008793	1732.140	0.007547	22000.000	0.005818	22000.000	0.019183	23555.777
0.042240	36.7716	0.008900	0.210700	0.008893	1726.748	0.007633	22000.000	0.005884	22000.000	0.019401	23588.516
0.042715	36.7532	0.009000	0.210700	0.008993	1721.356	0.007719	22000.000	0.005950	22000.000	0.019619	23620.897
0.043189	36.7341	0.009100	0.210700	0.009092	1715.963	0.007804	22000.000	0.006016	22000.000	0.019837	23652.925
0.043592	36.7408	0.009200	0.211050	0.009192	1710.570	0.007892	22000.000	0.006057	22000.000	0.020006	23677.584
0.044065	36.7206	0.009300	0.211050	0.009292	1705.178	0.007978	22000.000	0.006123	22000.000	0.020224	23708.921
0.044539	36.6997	0.009400	0.211050	0.009392	1699.786	0.008064	22000.000	0.006189	22000.000	0.020441	23739.921
0.044939	36.7044	0.009500	0.211400	0.009492	1694.393	0.008152	22000.000	0.006228	22000.000	0.020609	23763.577
0.045412	36.6825	0.009600	0.211400	0.009592	1689.000	0.008238	22000.000	0.006294	22000.000	0.020826	23793.920
0.045885	36.6600	0.009700	0.211400	0.009692	1683.608	0.008323	22000.000	0.006360	22000.000	0.021043	23823.942
0.046281	36.6629	0.009800	0.211750	0.009792	1678.215	0.008412	22000.000	0.006398	22000.000	0.021208	23846.646
0.046753	36.6394	0.009900	0.211750	0.009892	1672.823	0.008497	22000.000	0.006464	22000.000	0.021425	23876.042
0.047148	36.6411	0.010000	0.212100	0.009992	1667.429	0.008586	22000.000	0.006502	22000.000	0.021589	23898.141
0.047619	36.6166	0.010100	0.212100	0.010092	1662.037	0.008671	22000.000	0.006567	22000.000	0.021805	23926.930
0.048091	36.5917	0.010200	0.212100	0.010192	1656.645	0.008757	22000.000	0.006632	22000.000	0.022021	23955.423
0.048482	36.5917	0.010300	0.212450	0.010292	1651.252	0.008846	22000.000	0.006669	22000.000	0.022183	23976.647
0.048953	36.5660	0.010400	0.212450	0.010391	1645.859	0.008931	22000.000	0.006733	22000.000	0.022398	24004.562
0.049342	36.5649	0.010500	0.212800	0.010491	1640.466	0.009020	22000.000	0.006770	22000.000	0.022559	24025.231

Şekil A.5(devamı) : Sargılı beton modeli için 30×70 alt sistem-2'deki 42 nolu kolonun N=1020.48 KN için malzeme özellikleri.

Eğrilik	Moment	Eps_C	C(Ustten)	Eps_C	Sigma_C	Eps_s_1	Sigma_s_1	Eps_s_2	Sigma_s_2	Eps_s_3	Sigma_s_3
0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0.000
0.000333	3.6903	0.000200	0.600000	0.000200	344.830	0.000190	3800.000	0.000100	2000.000	0.000010	200.000
0.000500	5.4301	0.000300	0.600000	0.000300	505.546	0.000285	5700.000	0.000150	3000.000	0.000015	300.000
0.000667	7.0997	0.000400	0.600000	0.000400	658.462	0.000380	7600.000	0.000200	4000.000	0.000020	400.000
0.000838	8.7466	0.000500	0.597000	0.000500	803.578	0.000475	9497.487	0.000249	4974.874	0.000023	452.261
0.001186	11.6320	0.000600	0.506100	0.000600	940.859	0.000564	11288.678	0.000244	4886.781	0.000076	1515.116
0.001577	13.9415	0.000700	0.444000	0.000700	1070.336	0.000653	13054.054	0.000227	4540.541	0.000199	3972.973
0.002002	15.9414	0.000800	0.399600	0.000800	1192.014	0.000740	14798.799	0.000199	3987.988	0.000341	6822.823
0.002455	17.7647	0.000900	0.366600	0.000900	1305.893	0.000826	16527.005	0.000164	3270.049	0.000499	9986.907
0.002929	19.4795	0.001000	0.341400	0.001000	1411.976	0.000912	18242.531	0.000121	2425.308	0.000670	13391.916
0.003420	21.1220	0.001100	0.321600	0.001099	1510.264	0.000997	19947.761	0.000074	1477.612	0.000850	16992.537
0.003922	22.7118	0.001200	0.306000	0.001199	1600.759	0.001082	21647.059	0.000024	470.588	0.001035	20705.882
0.004463	23.5758	0.001300	0.291300	0.001299	1683.457	0.001166	22000.000	0.000039	776.519	0.001244	22000.000
0.005045	24.0666	0.001400	0.277500	0.001399	1758.360	0.001249	22000.000	0.000114	2270.270	0.001476	22000.000
0.005643	24.5038	0.001500	0.265800	0.001499	1825.472	0.001331	22000.000	0.000193	3860.045	0.001717	22000.000
0.006260	24.8882	0.001600	0.255600	0.001599	1884.793	0.001412	22000.000	0.000278	5558.685	0.001968	22000.000
0.006877	25.2496	0.001700	0.247200	0.001699	1936.325	0.001494	22000.000	0.000363	7262.136	0.002220	22000.000
0.007500	25.5799	0.001800	0.240000	0.001799	1980.068	0.001575	22000.000	0.000450	9000.000	0.002475	22000.000
0.008130	25.8772	0.001900	0.233700	0.001899	2016.021	0.001656	22000.000	0.000539	10780.488	0.002734	22000.000
0.008749	26.1660	0.002000	0.228600	0.001999	2044.186	0.001738	22000.000	0.000625	12493.438	0.002987	22000.000
0.009383	26.4090	0.002100	0.223800	0.002099	2064.562	0.001818	22000.000	0.000715	14300.268	0.003249	22000.000
0.010005	26.6430	0.002200	0.219900	0.002198	2077.149	0.001900	22000.000	0.000801	16027.285	0.003503	22000.000
0.010619	26.8578	0.002300	0.216600	0.002298	2081.948	0.001981	22000.000	0.000886	17711.911	0.003753	22000.000
0.011236	27.0393	0.002400	0.213600	0.002398	2077.234	0.002063	22000.000	0.000971	19415.730	0.004004	22000.000
0.011837	27.2106	0.002500	0.211200	0.002498	2071.842	0.002145	22000.000	0.001051	21022.727	0.004247	22000.000
0.012452	27.3434	0.002600	0.208800	0.002598	2066.450	0.002226	22000.000	0.001136	22000.000	0.004498	22000.000
0.013139	27.3864	0.002700	0.205500	0.002698	2061.059	0.002306	22000.000	0.001242	22000.000	0.004789	22000.000
0.013807	27.4366	0.002800	0.202800	0.002798	2055.667	0.002386	22000.000	0.001342	22000.000	0.005070	22000.000
0.014471	27.4803	0.002900	0.200400	0.002898	2050.276	0.002466	22000.000	0.001441	22000.000	0.005349	22000.000
0.015152	27.5015	0.003000	0.198000	0.002998	2044.885	0.002545	22000.000	0.001545	22000.000	0.005636	22000.000
0.015824	27.5228	0.003100	0.195900	0.003098	2039.493	0.002625	22000.000	0.001647	22000.000	0.005920	22000.000
0.016486	27.5474	0.003200	0.194100	0.003198	2034.102	0.002705	22000.000	0.001746	22000.000	0.006197	22000.000
0.017134	27.5776	0.003300	0.192600	0.003297	2028.710	0.002786	22000.000	0.001840	22000.000	0.006466	22000.000
0.017820	27.5738	0.003400	0.190800	0.003397	2023.319	0.002865	22000.000	0.001946	22000.000	0.006757	22000.000
0.018460	27.6000	0.003500	0.189600	0.003497	2017.927	0.002946	22000.000	0.002038	22000.000	0.007022	22000.000
0.019139	27.5946	0.003600	0.188100	0.003597	2012.536	0.003026	22000.000	0.002142	22000.000	0.007309	22000.000
0.019797	27.6009	0.003700	0.186900	0.003697	2007.144	0.003106	22000.000	0.002239	22000.000	0.007584	22000.000
0.020430	27.6204	0.003800	0.186000	0.003797	2001.753	0.003187	22000.000	0.002329	22000.000	0.007845	22000.000
0.021104	27.6106	0.003900	0.184800	0.003897	1996.361	0.003267	22000.000	0.002431	22000.000	0.008129	22000.000
0.021751	27.6155	0.004000	0.183900	0.003997	1990.970	0.003347	22000.000	0.002525	22000.000	0.008398	22000.000
0.022404	27.6142	0.004100	0.183000	0.004097	1985.578	0.003428	22000.000	0.002621	22000.000	0.008670	22000.000
0.023026	27.6291	0.004200	0.182400	0.004197	1980.186	0.003509	22000.000	0.002708	22000.000	0.008925	22000.000

Şekil A.6 : Sargılı beton modeli için 30×60 alt sistem-8'deki 18 nolu kolonun N=828.68 KN için malzeme özellikleri.

0.023691	27.6168	0.004300	0.181500	0.004296	1974.795	0.003589	22000.000	0.002807	22000.000	0.009204	22000.000
0.024323	27.6217	0.004400	0.180900	0.004396	1969.403	0.003670	22000.000	0.002897	22000.000	0.009464	22000.000
0.025000	27.6001	0.004500	0.180000	0.004496	1964.012	0.003750	22000.000	0.003000	22000.000	0.009750	22000.000
0.025641	27.5965	0.004600	0.179400	0.004596	1958.620	0.003831	22000.000	0.003092	22000.000	0.010015	22000.000
0.026242	27.6116	0.004700	0.179100	0.004696	1953.228	0.003913	22000.000	0.003173	22000.000	0.010258	22000.000
0.026891	27.6009	0.004800	0.178500	0.004796	1947.837	0.003993	22000.000	0.003267	22000.000	0.010528	22000.000
0.027544	27.5870	0.004900	0.177900	0.004896	1942.445	0.004074	22000.000	0.003363	22000.000	0.010800	22000.000
0.028153	27.5944	0.005000	0.177600	0.004996	1937.053	0.004155	22000.000	0.003446	22000.000	0.011047	22011.279
0.028765	27.6067	0.005100	0.177300	0.005096	1931.661	0.004237	22000.000	0.003529	22000.000	0.011296	22070.034
0.029428	27.5949	0.005200	0.176700	0.005196	1926.270	0.004317	22000.000	0.003629	22000.000	0.011574	22134.730
0.030045	27.6021	0.005300	0.176400	0.005295	1920.878	0.004399	22000.000	0.003714	22000.000	0.011826	22192.301
0.030664	27.6069	0.005400	0.176100	0.005395	1915.486	0.004480	22000.000	0.003799	22000.000	0.012079	22249.267
0.031232	27.6310	0.005500	0.176100	0.005495	1910.094	0.004563	22000.000	0.003870	22000.000	0.012302	22298.942
0.031854	27.6315	0.005600	0.175800	0.005595	1904.702	0.004644	22000.000	0.003956	22000.000	0.012557	22354.683
0.032479	27.6301	0.005700	0.175500	0.005695	1899.311	0.004726	22000.000	0.004044	22000.000	0.012813	22409.844
0.033105	27.6268	0.005800	0.175200	0.005795	1893.919	0.004807	22000.000	0.004132	22000.000	0.013070	22464.435
0.033676	27.6433	0.005900	0.175200	0.005895	1888.527	0.004890	22000.000	0.004203	22000.000	0.013329	22511.620
0.034305	27.6366	0.006000	0.174900	0.005995	1883.135	0.004971	22000.000	0.004292	22000.000	0.013554	22565.057
0.034877	27.6498	0.006100	0.174900	0.006095	1877.743	0.005054	22000.000	0.004363	22000.000	0.013780	22611.044
0.035510	27.6401	0.006200	0.174600	0.006195	1872.351	0.005135	22000.000	0.004453	22000.000	0.014041	22663.361
0.036082	27.6503	0.006300	0.174600	0.006295	1866.959	0.005218	22000.000	0.004525	22000.000	0.014267	22708.191
0.036655	27.6592	0.006400	0.174600	0.006395	1861.567	0.005300	22000.000	0.004597	22000.000	0.014493	22752.447
0.037292	27.6455	0.006500	0.174300	0.006494	1856.175	0.005381	22000.000	0.004688	22000.000	0.014756	22803.133
0.037866	27.6519	0.006600	0.174300	0.006594	1850.783	0.005464	22000.000	0.004760	22000.000	0.014983	22846.290
0.038439	27.6571	0.006700	0.174300	0.006694	1845.391	0.005547	22000.000	0.004832	22000.000	0.015210	22888.901
0.039080	27.6399	0.006800	0.174000	0.006794	1839.999	0.005628	22000.000	0.004924	22000.000	0.015476	22938.032
0.039655	27.6430	0.006900	0.174000	0.006894	1834.607	0.005710	22000.000	0.004997	22000.000	0.015703	22979.598
0.040230	27.6450	0.007000	0.174000	0.006994	1829.215	0.005793	22000.000	0.005069	22000.000	0.015931	23020.648
0.040805	27.6460	0.007100	0.174000	0.007094	1823.822	0.005876	22000.000	0.005141	22000.000	0.016159	23061.189
0.041379	27.6461	0.007200	0.174000	0.007194	1818.430	0.005959	22000.000	0.005214	22000.000	0.016386	23101.232
0.041954	27.6452	0.007300	0.174000	0.007294	1813.038	0.006041	22000.000	0.005286	22000.000	0.016614	23140.786
0.042529	27.6435	0.007400	0.174000	0.007394	1807.646	0.006124	22000.000	0.005359	22000.000	0.016841	23179.857
0.043103	27.6410	0.007500	0.174000	0.007494	1802.254	0.006207	22000.000	0.005431	22000.000	0.017069	23218.456
0.043678	27.6376	0.007600	0.174000	0.007593	1796.862	0.006290	22000.000	0.005503	22000.000	0.017297	23256.590
0.044253	27.6335	0.007700	0.174000	0.007693	1791.469	0.006372	22000.000	0.005576	22000.000	0.017524	23294.267
0.044828	27.6287	0.007800	0.174000	0.007793	1786.077	0.006455	22000.000	0.005648	22000.000	0.017752	23331.494
0.045402	27.6231	0.007900	0.174000	0.007893	1780.685	0.006538	22000.000	0.005721	22000.000	0.017979	23368.280
0.045977	27.6169	0.008000	0.174000	0.007993	1775.293	0.006621	22000.000	0.005793	22000.000	0.018207	23404.632
0.046552	27.6100	0.008100	0.174000	0.008093	1769.901	0.006703	22000.000	0.005866	22000.000	0.018434	23440.557
0.047045	27.6230	0.008200	0.174300	0.008193	1764.508	0.006789	22000.000	0.005914	22000.000	0.018616	23468.883
0.047619	27.6149	0.008300	0.174300	0.008293	1759.116	0.006871	22000.000	0.005986	22000.000	0.018843	23503.973
0.048193	27.6061	0.008400	0.174300	0.008393	1753.723	0.006954	22000.000	0.006058	22000.000	0.019070	23538.657
0.048766	27.5968	0.008500	0.174300	0.008493	1748.331	0.007037	22000.000	0.006130	22000.000	0.019297	23572.942
0.049340	27.5869	0.008600	0.174300	0.008593	1742.939	0.007120	22000.000	0.006202	22000.000	0.019524	23606.835
0.049828	27.5968	0.008700	0.174600	0.008693	1737.546	0.007205	22000.000	0.006248	22000.000	0.019702	23633.159

Şekil A.6(devamı) : Sargılı beton modeli için 30×60 alt sistem-8'deki 18 nolu kolonun N=828.68 KN için malzeme özellikleri.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Pınar Sezin ÖZTÜRK

Adres: Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaatMühendisliği
Beşevler/ANKARA

E-Posta: sezinozturk@gazi.edu.tr

Lisans: Anadolu Üniversitesi

Mesleki Deneyim: Türkerler Holding Ankara-Bütçe Planlama Mühendisi

(05.09.2011-05.11.2011)

Gazi Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Araştırma Görevlisi

(30.11.2011-....)