

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MEVCUT BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİNİN DOĞRUSAL
OLMAYAN YÖNTEMLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Uğur DEMİR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Haziran 2020

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MEVCUT BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİNİN DOĞRUSAL
OLMAYAN YÖNTEMLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur DEMİR
(Y1713.090021)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

Haziran 2020

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Mevcut Bir Binanın Performans Analizinin Doğrusal Olmayan Yöntemle İncelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../2020)

Uğur DEMİR
/ İmza

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN' a,

Evlatları olmaktan gurur duyduğum, her zaman yanımda olan canım ailem; annem Bahriye Demir'e, babam Muzaffer Demir'e,

Süreç boyunca zorlandığım her zaman sevgisi ve enerjisiyle yanımda olan ve bana daima güç veren çok değerli eşim Nebile Demir'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2020

Uğur DEMİR
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Doğrusal Olmayan Statik Yöntemlerin Uygulanmasındaki Zorluklar.....	3
1.2 Tek ve Çok Modlu Doğrusal Olmayan Analiz.....	4
1.3 Doğrusal Olmayan Statik Yöntemlerin Değerlendirilmesi	12
2. DOĞRUSAL OLMAYAN TEK MODLU İTME ANALİZİNE AİT UYGULAMA	18
2.1 Yapının Genel Bilgileri	18
2.2 Yapının Mevcut Hali	19
2.3 Kesitler	19
2.4 Yapıdaki Yükler	21
2.5 Yapıdaki Dinamik Yükler	22
3. DOĞRUSAL ANALİZ	23
3.1 Modal Hesap Kapsamı	23
3.2 Modal Analiz Sonuçları	23
4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ	27
4.1 Tek Modlu İtme Analizi	27
4.2 Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi	30
4.2.1 Modelleme	30
4.2.2 Yatay yük düzenlemesi	31
4.2.3 Analiz kontrol yönteminin belirlenmesi ve çözümleme	31
5. ANALİZ SONUÇLARI	36
5.1 Program FEM (Finite Element Method)	36
5.2 Kolon, Kirişte Esas Alınan Tasarım Kesme Kuvveti	40
5.2.1 Kirişler	40
5.2.2 Kolonlar	41
5.3 Tek Modlu İtme Analizi	44
5.4 Şekil Değiştirme Sınırları ve Karşılaştırma	46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	69

KISALTMALAR

CG	: Can güvenliği
CÖ	: Çökme Önleme Performans Düzeyleri Oluşturma
GKZK	: Güçlü Kolon-Zayıf Kiriş
HK	: Hemen Kullanım
MDOF	: Çok Serbestlik Dereceli Sistem
SDOF	: Tek Serbestlik Dereceli Sistem

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yükleme durumları.....	21
Çizelge 2.2 : Yükleme kombinasyonları	21
Çizelge 6.1 : Sınırdan geçen kiriş sayıları	61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : MDOF yapısı ve eşdeğer SDOF sisteminin yük-deplasman özellikleri.....	3
Şekil 1.2 : Q^* - X^* ilişkisi	5
Şekil 1.3 : Statik temel kesme ve MDOF çatı deplasmanı	5
Şekil 1.4 : Eleman Deformasyonu	9
Şekil 1.5 : Eleman deformasyon kabul kriterleri ve performans seviyesi	10
Şekil 1.6 : Dinamik dengesizlikle ilişkili ortalama çökme kapasitesini tahmin etmek için basitleştirilmiş yük deplasman sınırı	17
Şekil 2.1 : Yapı tapu bilgileri.....	18
Şekil 2.2 : Yapı geometrik bilgileri	18
Şekil 2.3 : Deprem parametreleri.....	18
Şekil 2.4 : Kullanılan standartlar ve yönetmelikler	18
Şekil 2.5 : Zemin parametreleri	19
Şekil 2.6 : Konum bilgileri	19
Şekil 2.7 : Malzeme bilgileri	19
Şekil 2.8 : Kolonlar.....	19
Şekil 2.9 : Kirişler	20
Şekil 2.10 : Yatay spektrum	22
Şekil 3.1 : Modal katılım kütle oranları.....	23
Şekil 3.2 : Deforme olmuş şekil (mod 2).....	24
Şekil 3.3 : Deforme olmuş şekil (mod 3).....	24
Şekil 3.4 : Modal katılım faktörleri	25
Şekil 3.5 : Modal periyotlar ve frekanslar	26
Şekil 4.1 : Moment - eğilme ilişkisi	28
Şekil 4.2 : $F - \Delta$ grafiği	28
Şekil 4.3 : İtme eğrisinin oluşumu.....	29
Şekil 4.4 : İtme eğrisinin kapasite eğrisine dönüştürülmesi	29
Şekil 4.5 : Elastik tepki spektrumunun standart formattan A-D formatına dönüştürülmesi	30
Şekil 4.6 : Deplasman gereksiniminin belirlenmesi	30
Şekil 4.7 : Yatay yük düzenlemesi	31
Şekil 4.8 : MDOF eşdeğeri SDOF	31
Şekil 4.9 : İtme eğrisi kullanımı (ATC-40)	32
Şekil 4.10 : Kapasite eğrisinin tespiti	32
Şekil 4.11 : Eşdeğer viskoz sönümün tespiti	32
Şekil 4.12 : Eşdeğer sönümlemenin tespiti.....	33
Şekil 4.13 : Tepki spektrumu (% 5 sönümleme)	33
Şekil 4.14 : Azaltılmış spektrum (Etkili sönümleme)	33
Şekil 4.15 : $T_1 > T_B$	35
Şekil 4.16 : $T_1 \leq T_B$	35
Şekil 5.1 : Yapının 3D görünümü.....	36
Şekil 5.2 : Taban kesme kuvveti (Temel reaksiyonları)	37
Şekil 5.3 : İtme kapasite diyagramı X	37

Şekil 5.4 : İtme kapasite diyagramı Y	38
Şekil 5.5 : İtme deplasman joint	38
Şekil 5.6 : Kapasite diyagramları	39
Şekil 5.7 : Plastik mafsal davranışı (a)	39
Şekil 5.8 : Plastik mafsal davranışı (b)	40
Şekil 5.9 : Kirişler (a)	40
Şekil 5.10 : Kirişler (b)	41
Şekil 5.11 : Kolonlar (a)	41
Şekil 5.12 : Kolonlar (b)	42
Şekil 5.13 : Kolonlar (c)	43
Şekil 5.14 : Kolonlar (d)	44
Şekil 5.15 : Modal analiz şekilleri	44
Şekil 5.16 : İtme kapasite diyagramı	45
Şekil 5.17 : Sa – Sd grafiği	45
Şekil 5.18 : $d_{imax} - V_{max}$ sonuçları	45
Şekil 5.19 : K20x30	46
Şekil 5.20 : K25x30	47
Şekil 5.21 : K25x50	48
Şekil 5.22 : K30x30	49
Şekil 5.23 : K35x30	50
Şekil 5.24 : K35x45	51
Şekil 5.25 : K40x30	52
Şekil 5.26 : K50x30	53
Şekil 5.27 : K55x30	54
Şekil 5.28 : K70x30	55
Şekil 5.29 : S60x35	56
Şekil 5.30 : S40x40	57
Şekil 5.31 : S40x60	58
Şekil 5.32 : Elemanların analizi (a)	59
Şekil 5.33 : Elemanların analizi (b)	60
Şekil 6.1 : 5. kat kolonlar	62
Şekil 6.2 : 4. kat kolonlar	62
Şekil 6.3 : 3. kat kolonlar	63
Şekil 6.4 : 2. kat kolonlar	63
Şekil 6.5 : 1. kat kolonlar	64
Şekil 6.6 : Zemin kat kolonlar	64
Şekil 6.7 : Kesit hasar bölgeleri	65

MEVCUT BİR BİNANIN PERFORMANS ANALİZİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLE İNCELENMESİ

ÖZET

Son yıllarda inşaat mühendisleri, bir yapı içerisinde bulunan plastik akma miktarını ve yerini doğrudan tahmin eden doğrusal olmayan statik analiz veya itme analizine yönelmektedir. Türkiye’de bu durumdan önce inşa edilen yapıların onarılması veya güçlendirilmesi gerekebilir ve analizleri, dayanıklılıkları, rijitlikleri veya süneklikleri ile ilgili varsayımlar güvenilir olmayabilir. Mevcut bir binada doğrusal olmayan analiz kullanılarak sismik performans değerlendirmesi yapılmış ve kapasite spektrum yöntemi ile deplasman katsayısı yöntemi performans dayalı bir analiz yöntemi olarak dikkate alınarak bir takım sonuçlara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *İtme Analizi, Kapasite Spektrumu Yöntemi, Deplasman Katsayısı Yöntemi, Sismik Performans.*

INVESTIGATION OF PERFORMANCE ANALYSIS OF AN EXISTING BUILDING WITH NONLINEAR METHOD

ABSTRACT

In recent years, civil engineers have been turning to nonlinear static analysis or thrust analysis, which directly estimates the amount and location of plastic flow in a building. repairing or strengthening of structures built before the situation in Turkey and analysis may be required, durability, stiffness or assumptions regarding ductility may not be reliable. In an existing building, seismic performance evaluation was made using nonlinear analysis and a number of results were obtained by considering the capacity spectrum method and the displacement coefficient method as a performance-based analysis method.

Keywords: *Pushover Analysis, Capacity Spectrum Method, Displacement Coefficient Method, Seismic Performance.*

1. GİRİŞ

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin doğrusal analiz yöntemlerinden daha az hatalı (yani daha doğru) olduğu düşünülmektedir. Akma mekanizmasının müteakip bina tepkisini nasıl etkileyebileceği gibi, aksi takdirde mevcut olmayacak davranışlar hakkında fikir verdikleri düşünülmektedir. Doğrusal olmayan statik yöntemler, düşük katlı binaların ve burkulma destekli çerçevelerin ve özel kafes kirişli moment dayanımlı çerçevelerin çökmesi gibi yoğun doğrusal olmayan düşük katlı sistemlerin rehabilitasyonu için yaygın olarak kullanılır. Yüksek binalar için yararlı kabul edilmez. Genel deplasmanları iyi tahmin ettikleri düşünülüyor, ancak elemanların yüklerini tahmin etmede zayıf bir iş yapıyorlar. Doğrusal olmayan tepki geçmişi analiz yöntemleri genellikle orta katlı ve yüksek katlı binaların rehabilitasyon tasarımı, izolatörlü binalar, yüksek performans hedeflerini amaçlayan binalar, yüksek oranda doğrusal olmayan sistemler ve orta katlı burkulma kısıtlamalı sistemler için kullanılır. Genel olarak, doğrusal olmayan statik analizler, doğrusal olmayan tepki geçmişi analizlerinden daha az bilgilendirici ve daha az güvenilir olarak kabul edilir. Uygulayıcılar her iki yönteminde çatı sapsması için benzer sonuçlar verdiğini bildirmektedir. Belirli bir model için, sonuçlar birbirine yakındır, ancak yüksek doğrusal olmayan tepkilerde farklılık gösterir.

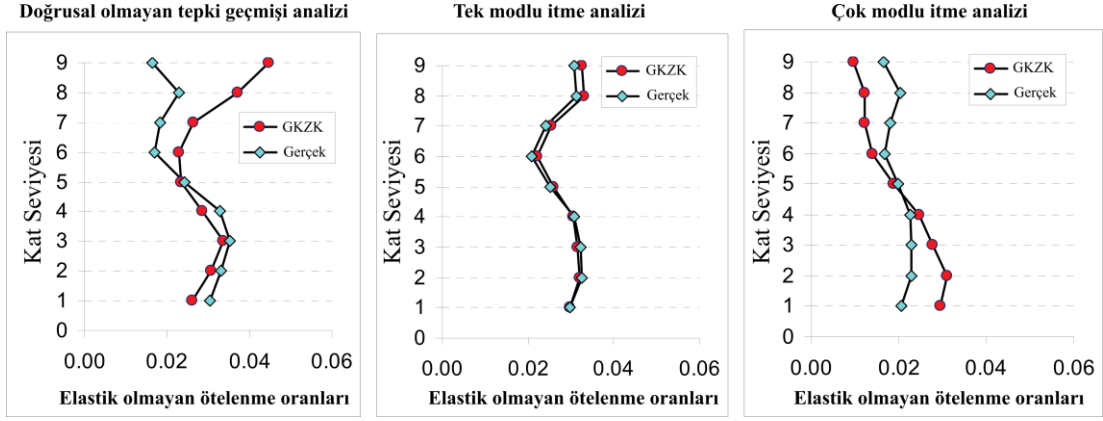
İtme analizinin amacı, statik bir esnek olmayan analizle depreme dayanıklı binaların tasarımındaki mukavemet ve deformasyon taleplerini tahmin ederek ve bu talepleri ilgili performans seviyelerindeki mevcut kapasitelerle karşılaştırarak yapısal bir sistemin beklenen performansını değerlendirmektir. Değerlendirme, toplu ötelenme, katlar arası ötelenme, elastik olmayan eleman deformasyonları (verim değerine göre mutlak veya normalize edilmiş), elemanlar arasındaki deformasyonlar ve bağlantı kuvvetleri (elemanlar ve elastik olmayan deformasyonu sürdüremeyen bağlantılar) şeklindedir.

Elastik olmayan statik itme analizi, yapının artık elastik aralık dahilinde dayanamayacağı atalet kuvvetlerine maruz kaldığında iç kuvvetlerin yeniden dağıtılmasını yaklaşık olarak açıklayan sismik kuvvet ve deformasyon taleplerini tahmin etmek için bir yöntem olarak görülebilir.

İtme işleminin elastik bir statik veya dinamik analizden elde edilemeyen birçok tepki özelliği hakkında bilgi sağlaması beklenir. Aşağıdakiler bu tepki özelliklerinin örnekleridir:

- Kolonlar üzerinde aksenal yük talepleri, destek bağlantılarında yük talepleri, kiriş-kolon bağlantılarında moment talepleri, derin betonarme spandrel kirişlerde kesme kuvveti talepleri, güçlendirilmemiş duvar duvarında kayma kuvveti talepleri gibi potansiyel olarak kırılabilir elemanlar üzerindeki gerçekçi kuvvet talepleri iskeleler vb.
- Deformasyon tahminleri, yapıya verilen enerjiyi yer hareketleriyle dağıtmak için elastik olarak deforme olması gereken elemanlar için talep eder. Bireysel elemanların mukavemet bozulmasının yapısal sistemin davranışı üzerindeki sonuçları.
- Deformasyon taleplerinin yüksek olması beklenen ve ayrıntılı detaylandırmanın odağı haline gelen kritik bölgelerin belirlenmesi.
- Esnek olmayan aralıktaki dinamik özelliklerde değişikliklere yol açacak plan veya yükseklikteki güç süreksizliklerinin belirlenmesi.
- Kuvvet veya sertlik süreksizliklerini açıklayan ve hasarı kontrol etmek ve P-delta etkilerini değerlendirmek için kullanılacak hesaplamalar arası sapmalara ilişkin tahminler. Taşıyıcı sistemin tüm elemanlarını, tüm bağlantıları, önemli mukavemetin sert yapısal olmayan elemanlarını ve temel sistemlerini dikkate alarak yük yolunun eksiksizliğinin ve yeterliliğinin doğrulanması.

Örneğin, şekil 1.1, farklı modelleme varsayımlarının, farklı analitik yöntemler kullanarak modellerin göreceli davranışını nasıl etkileyebileceğini göstermektedir. Şekil ayrıca modeldeki kiriş ve kolon elemanlarının göreceli mukavemetinin değiştiğini göstermektedir. Güçlü kolon-zayıf kiriş (GKZK) modelinde, kolonlar elastik kalırken, gerçek modelde kolonların akmasına izin verilmiştir. Bu modelleme farkı ve kolon doğrusal olmama derecesi, her analitik yöntem için çizilen sonuçlar üzerinde farklı bir etkiye sahipti. Tek modlu itme analizleri için elastik olmayan ötelenme oranları sonuçları bu değişikliğe duyarsızdı, ancak hem doğrusal olmayan tepki geçmişi analizleri hem de çok modlu itme analizleri için sonuçlar farklıydı (Kunnath ve Erduran, 2008).



Şekil 1.1: MDOF yapısı ve eşdeğer SDOF sisteminin yük-deplasman özellikleri

Eleman modeli seçimine (örneğin, dağılmış plastisiteye karşı), P-Delta etkilerinin modellenip modellenmediğine ve analiz takımı için seçilen zemin raporundaki değişkenliğe bağlı olarak farklı maksimum kat ötelenme oranları da gözlenmiştir.

Bu ve diğer sonuçlar doğrusal olmayan statik ve doğrusal olmayan yanıt geçmişi analizlerinin göreceli doğruluğuna ilişkin sonuçların yapının ve analitik modelin detaylarına bağlı olduğunu göstermektedir.

1.1. Doğrusal Olmayan Statik Yöntemlerin Uygulanmasındaki Zorluklar

Doğrusal olmayan statik analiz modellemesi ile ilişkili zorluklar, doğrusal olmayan tepki geçmişi analiz modellemesine benzerdir, ancak analitik sonuçlar daha az değerli olarak kabul edilir. Tüm bozulma modlarını temsil eden iyi hazırlanmış modellerde bile, doğrusal olmayan statik analizlerin önemli davranışları kaçırdığı düşünülmektedir. Doğrusal olmayan statik yöntemlerle ilişkili zorluklar aşağıdakileri içerir:

- Doğrusal olmayan tepkinin gerçekçi olmayan konsantrasyonu
- Kayıttan kayıta değişkenlik ile ilişkili doğrusal olmayan tepkideki varyasyonları yakalayamama
- Uygun yük vektörlerini seçmede zorluk
- Üç boyutlu modellere sınırlı uygulanabilirlik
- İki yönlü ve burulma tepkisini yakalayamama
- Tek bir platform tabanında birden fazla yüksek yapının modellenmesi
- Bileşen mukavemetindeki ani düşüşlerle ilişkili yakınsaklık

- Sistem düzeyinde performansı doğru bir şekilde temsil etmeyen bileşen düzeyinde kabul kriterleri

1.2. Tek ve Çok Modlu Doğrusal Olmayan Analiz

Statik itme analizinin titiz bir teorik temeli yoktur. Tek modlu doğrusal olmayan analiz yapının tepkisinin, tek bir serbestlik derecesi (SDOF) sisteminin tepkisi ile ilişkili olabileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu, yanıtın tek bir mod tarafından kontrol edildiğini ve bu modun şeklinin zaman tanımlı davranış boyunca sabit kaldığını gösterir.

Açıkçası, her iki varsayım da yanlıştır, ancak birkaç araştırmacı tarafından yürütülen pilot çalışmalar, bu varsayımların, yanıtlarının tek bir modun baskın olması koşuluyla, çok serbestlik dereceli (MDOF) yapıların maksimum sismik tepkisi hakkında oldukça iyi tahminlere yol açtığını göstermiştir. Eşdeğer SDOF sisteminin formülasyonu benzersiz değildir, ancak tüm yaklaşımlarda ortak olan temel varsayım, MDOF sisteminin saptırılmış şeklinin, deformasyon seviyesine bakılmaksızın, zaman geçmişi boyunca sabit kalan bir şekil vektörü $\{\Phi\}$ ile temsil edilebilmesidir. Bu varsayımı kabul ederek ve bir MDOF sisteminin bağlı yer değiştirme vektörünü $X = \Phi_{X_t}$, ($X_t =$ çatı deplasmanı) olarak tanımlayan bir MDOF sisteminin yönetimsel diferansiyel denklemi şöyle yazılabilir:

$$M\{\Phi\}\ddot{X}_t + C\{\Phi\}\dot{X}_t + Q = -M\{1\}\ddot{X}_g \quad (1)$$

M ve C kütle ve sönümlenme matrisleri olduğunda, Q kat yük kuvveti vektörünü ve \ddot{X}_g zemin ivmesini belirtmektedir. Daha sonra referans SDOF yer değiştirmesinin X^* ile gösterilen tanımı aşağıdaki gibi olacaktır:

$$X^* = \frac{\{\Phi\}^T M\{\Phi\}}{\{\Phi\}^T M\{1\}} X_t \quad (2)$$

(1) ile (2) kullanılarak eşdeğer SDOF sisteminin karşılığı için aşağıdaki diferansiyel denklemi elde ederiz:

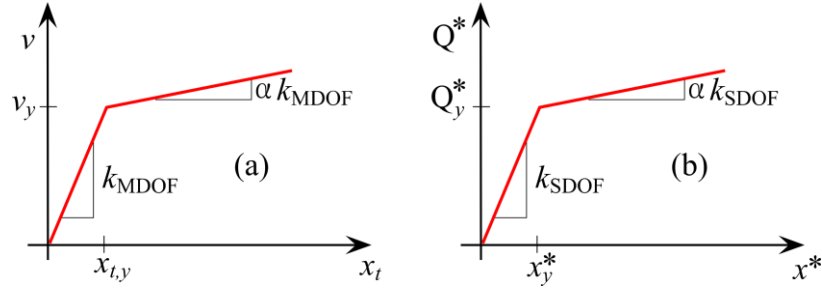
$$M^*\{\Phi\}\ddot{X}_t^* + C^*\{\Phi\}\dot{X}_t^* + Q^* = -M^*\ddot{X}_g \quad (3)$$

$$M^* = \{\Phi\}^T M\{\Phi\} \quad (4)$$

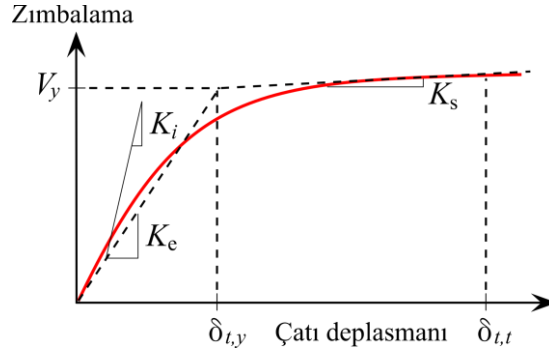
$$Q^* = \{\Phi\}^T Q \quad (5)$$

$$C^* = \{\Phi\}^T C\{\Phi\} \frac{\{\Phi\}^T M\{1\}}{\{\Phi\}^T M\{\Phi\}} \quad (6)$$

Şekil vektörünün $\{\Phi\}$ bilindiği varsayılarak, eşdeğer SDOF sisteminin yük-deformasyon özellikleri ($Q^* - X^*$ ilişkisi, bakınız şekil 1.2), MDOF yapısının doğrusal olmayan artımlı statik analizinin sonuçlarından belirlenebilir, genellikle şekil 1.3'de düz çizgilerle gösterilen tipte bir taban kesme (V) - çatı yer değiştirme (X_t veya δ_t) diyagramı üretir.



Şekil 1.2: $Q^* - X^*$ ilişkisi



Şekil 1.3: Statik temel kesme ve MDOF çatı deplasmanı

Nominal toplam mukavemet ve deplasman miktarlarını tanımlamak için, Şekil 1.3'de gösterilen çoklu doğrusal $V - \delta_t$ diyagramının, etkili bir elastik rijitlik olan V_y , akma dayanımı, $K_e = V_y / \delta_{t,y}$ 'yi tanımlayan çift doğrusal ilişki ile temsil edilmesi gerekir ve sertleştirme (veya yumuşama) rijitliği, yapı için $K_s = \alpha K_e$ olmaktadır. Bu özellikleri tanımlamak için bazı yargılar gerekebilir.

Eşdeğer SDOF sisteminin özelliklerini tanımlamak için basitleştirilmiş çift doğrusal temel kesme-çatı deplasman tepki eğrisi gereklidir. Taban kesme kuvveti V_y 'nin verim değeri ve karşılık gelen çatı deplasmanı $X_{t,y}$ (Şekil 1.3'de $\delta_{t,y}$), eşdeğer SDOF sistemi için yük - deplasman ilişkisini aşağıdaki gibi hesaplamak için (2) ve (5) denklemleri ile birlikte kullanılır:

$$X_y^* = \frac{\{\Phi\}^T M \{\Phi\}}{\{\Phi\}^T M \{1\}} X_{t,y} \quad (7)$$

$$Q_y^* = \{\Phi\}^T Q_y \quad (8)$$

burada Q_y , akmadaki kat yükü vektörüdür;

$$V_y = \{1\}^T Q_y \quad (9)$$

SDOF denklik sisteminin ilk periyodu T_{eq} , şu şekilde hesaplanabilir:

$$T_{eq} = 2\pi \sqrt{\frac{\{X_y^* M^*\}}{Q_y^*}} \quad (10)$$

MDOF yapısının $V - \delta_t$ ilişkisinin α yük sertleştirme oranı, eşdeğer SDOF sisteminin gerilme sertleştirme oranını tanımlar. Eşdeğer SDOF sisteminin temel özellikleri artık bilinmektedir. Yapının çatı yer değiştirmesi X_t , (2) denklemi vasıtasıyla eşdeğer SDOF yer değiştirmesi X^* ile ilişkilidir. Böylece, eşdeğer SDOF sisteminin deplasman talebi tasarım depremi için tahmin edilebilirse hedef deplasman bulunabilir. Esnek olmayan spektral istek bilgilerinin kullanılması, elastik mukavemet isteğinin eşdeğer SDOF sisteminin akma mukavemetine oranının tahmin edilmesini gerektirir, birim kütle eşdeğeri SDOF sisteminin diferansiyel denklemini elde etmek için (3) denklemini M^* 'ye bölmek uygundur:

$$\ddot{X}^* + \frac{C^*}{M^*} \dot{X}^* + \frac{Q^*}{M^*} = -\ddot{X}_g \quad (11)$$

Bu Denklem, periyodu T_{eq} ve akma dayanımı $F_{y,eq}$ olan bir birim kütle SDOF sistemi

$$F_{y,eq} = \frac{Q_y^*}{M^*} \quad (12)$$

Eşdeğer SDOF sisteminin özelliklerini ve hedef yer değiştirmeyi tahmin etmek için T_{eq} ve şekil vektörünün kullanımı ayrıntılı hesaplamalar ve zaman alan yinelemeler gerektirir. İtme prosedürünün doğasında var olan tüm varsayımları ve yaklaşımları kabul ederek, hedef yer değiştirmenin tahminine yol açan hesaplamalarda son derece hassas olmanın iyi bir gerekçesi yoktur.

Birçok çalışma, birinci moddaki yapı periyodu ile T_{eq} arasındaki farkın genellikle küçük olduğunu ve tasarım spektrumundaki küçük değişikliklere karşı çok hassas olmadıkça hedef yer değiştirmesi üzerindeki etkisinin ihmal edilebileceğini göstermiştir. Şekil vektöründeki $\{\phi\}$ sadeleştirmeler de kabul edilebilir olmalıdır. Hedef yer değiştirmede saptırılmış şekle karşılık gelen bir şekil vektörünün kullanımı sadece bir tavsiye niteliğindedir ve teorik bir temeli yoktur.

Gerçekçi bir performans değerlendirmesi için yük dağılımı seçimi muhtemelen hedef yer değiştirmenin doğru belirlenmesinden daha kritiktir. Yük dağılımları, tasarım depremindeki atalet kuvvetlerinin dağılımını temsil etmek ve sınırlamak için tasarlanmıştır. Atalet kuvvetlerinin dağılımının depremin şiddeti ve deprem içindeki zamana göre değişeceği açıktır. Temel varsayımlar, atalet kuvvetlerinin, deprem esnasında yapının katları boyunca makul düzeyde sabit olacağı yönündedir.

Bu varsayım, yapı tepkisi daha yüksek mod etkilerine ciddi bir şekilde bağlı değilse makul olabilir. Atalet kuvvetlerinin zaman varyant dağılımını daha yakından takip eden uyarlanabilir yük dağılımlarının kullanılması caziptir.

Bu konuda birçok farklı prosedür uygulanmıştır. Aşağıda kullanılan ve SAP2000 programına yansıtılan süreç, modal analiz ve yapının spektral tepki hızlandırmasına dayanan sahte yanal yüklerle oluşturulmaktadır. Bir binanın belirli bir yatay doğrultusundaki sahte yanal yük aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenecektir:

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W \quad (13)$$

Burada,

- C_1 = Beklenen maksimum elastik olmayan yer değiştirmeleri doğrusal elastik tepki için hesaplanan yer değiştirmelerle ilişkilendirecek modifikasyon faktörü.
- C_2 = Bu katsayı tasarım değerlerini bileşen histerezis karakteristiklerine, sertlik bozulmasına ve mukavemet bozulmasına göre ayarlar.
- C_3 = Dinamik P- Δ etkilerinden dolayı artan yer değiştirmeleri temsil eden modifikasyon faktörü.
- C_m = Daha yüksek modda kütle katılım etkilerini açıklamak için etkili kütle faktörü

Yanal yük alındıktan sonra, dikey dağılım aşağıdaki gibi tanımlanmalıdır:

$$F_x = C_{vx} V \quad (14)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (15)$$

Burada,

- C_{vx} = Dikey dağılım faktörü

- $T \geq 2.5$ s için $K = 2$ ve $T \leq 0.5$ s için $K = 1$
- W_i = Toplam bina yükü W nin i katına atanan veya i katında bulunan kısmı
- W_x = Toplam bina yükü W nin x taban katında bulunan kısmı
- h_i = Tabandan i . kat seviyesine kadar yükseklik
- h_x = Tabandan x seviyesine kadar yükseklik

İtme analizinde, MDOF yapısı için hedef yer değiştirme, bir şekil vektörü kullanılarak MDOF etki alanına dönüştürülmesine karşılık gelen eşdeğer SDOF sistemi için yer değiştirme talebi olarak tahmin edilebileceği varsayılmaktadır. Bu yaklaşımın doğasında, maksimum MDOF yer değiştirmesinin daha yüksek mod etkilerine bakılmaksızın tek bir şekil vektörü tarafından kontrol edildiği varsayımı vardır. Parametrik çalışmalar, ilk mod süresi 2 saniyeden az olan çerçeve ve duvar yapısı için bu varsayımın elastik sistem için oldukça doğru ve elastik olmayan sistemler için ölçülü olduğunu göstermiştir.

SDOF yer değiştirme talebinin öngörülmesindeki tüm önemli yapısal tepki özellikleri, yapının küresel yük-deformasyon tepkisini uygun histeretik özelliklere sahip eşdeğer bir SDOF sistemi ile temsil etme yeteneğini ifade eder. Bu amaçla, şekil 1.3'de gösterilen basitleştirilmiş çift doğrusal taban kesme-çatı deplasman şeması, bir verim seviyesi ve etkili bir elastik ve sonrası rijitlik tanımlayan bir iskelet görevi görebilir.

Hedef deplasman şu şekilde hesaplanır:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e^2}{4\pi^2} \right) g \quad (16)$$

Burada,

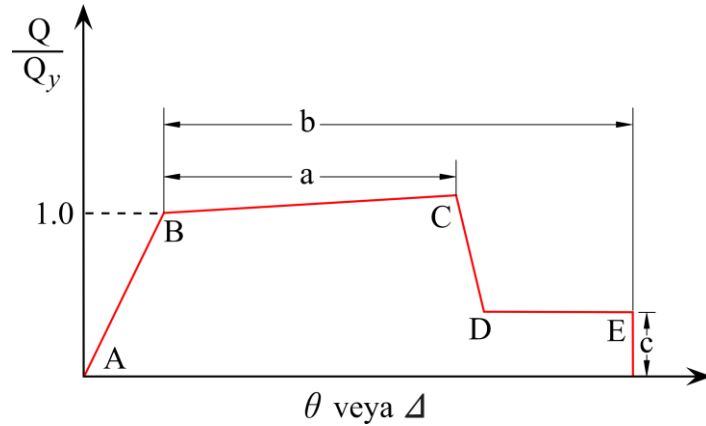
- C_0 = SDOF için değiştirme faktörü \rightarrow MDOF
- C_1 = Beklenen maksimum elastik olmayan yer değiştirmeleri doğrusal elastik sonuç için hesaplanan yer değiştirmelerle ilişkilendiren modifikasyon faktörü
- C_2 = Histerezis şeklinin maksimum yer değiştirme cevabı üzerindeki etkisini temsil eden modifikasyon faktörü
- C_3 = Dinamik P- Δ etkileri nedeniyle artan yer değiştirmeleri temsil eden Modifikasyon Faktörü.
- S_a = Yanıt spektrumu ivmesi
- T_e = Yanıt spektrumunun karakteristik süresi.

Genel olarak, bir binanın, elemanlarının ve bileşenlerinin üç boyutlu bir birleşimi olarak modellenmesi ve analiz edilmesi gerekir. Yanal veya düşey yük sisteminin bir parçası olan ve önemli rijitlik veya sınırlı deformasyon kapasitesine sahip tüm elemanların analitik modelde temsil edilmesi gerekir. Her bir elemanın elastik ve elastik olmayan mukavemet ve rijitlik karakteristiği, binanın tepkisi üzerindeki önemli etkilerinin makul bir şekilde temsil edildiği ölçüde modellenmelidir.

Elemanlar esnek olmayan deformasyon kapasitesine sahipse, ancak mukavemet zayıflamaları mutlaka kabul edilemez performansa yol açmıyorsa, kuvvet deformasyon modelleri şekil 1.4'te gösterildiği gibi bozulma sonrası aralığı içermelidir. Tipik bir binada, birçok yapısal olmayan bileşen de dahil olmak üzere neredeyse tüm unsurlar, binanın genel rijitliğine, kütlesine ve sönümlemesine ve sonuç olarak deprem yer hareketine tepkisine katkıda bulunacaktır.

Bununla birlikte, bu elemanların tümü, yapının kuvvetli zemin sarsıntısına maruz kaldığında çökmeye direnme kabiliyeti için kritik değildir. Bir yapıdaki kuvvetlerin yanal rijitliğini veya dağılımını etkileyen veya yapının yanal deformasyonu sonucu yüklenen elemanlar ve bileşenler, amaçlanan yanal kuvvetler direnç sisteminin bir parçası olmasalar bile birincil veya ikincil olarak sınıflandırılır. Herhangi bir yönde yer hareketi ile indüklenen sismik kuvvetler altında çökmeye dayanma kapasitesini sağlayan elemanlar ve bileşenler birincil olarak sınıflandırılır. Diğer elemanlar ve bileşenler ikincil olarak sınıflandırılır.

Dört temel malzeme türünün herhangi birinde deformasyon kontrollü eylemler için bileşen modelleme ve kabul kriterlerini belirtmek için kullanılan genel kuvvet ve deformasyon eğrileri şekil 1.4'te gösterilmiştir.



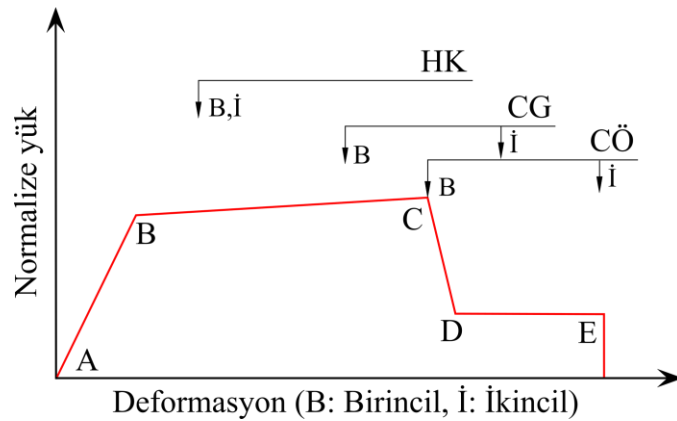
Şekil 1.4: Eleman Deformasyonu

Doğrusal tepki A noktası (yüksüz bileşen) ile etkili bir akma noktası B arasında tasvir edilmiştir. B'den C'ye eğim tipik olarak elastik eğimin küçük bir yüzdesidir (0-10 %) ve gerinim sertleşmesi gibi olguları temsil etmek için dahil edilir. C, elemanın mukavemetini temsil eden bir koordinat ve önemli mukavemet degradasyonunun başladığı deformasyona eşit bir apsis değerine sahiptir. D noktasının ötesinde, eleman E noktasına önemli ölçüde azaltılmış mukavemet ile cevap verir. E noktasından daha büyük deformasyonlarda, eleman mukavemeti esasen sıfırdır.

Şekil 1.4'te C ve D noktaları arasındaki idealize edilmiş eğrilerde gösterildiği gibi keskin geçiş, hesaplama zorluğu ve doğrusal olmayan bilgisayarlı analiz yazılımında modelleme girişi olarak kullanıldığında yakınsama yetersizliği ile sonuçlanabilir. Bu hesaplama dengesizliğini önlemek için, bu eğrilerin C ve D noktaları arasındaki segmentine küçük bir eğim sağlanabilir.

- CÖ: Çökme Önleme Performans Düzeyleri Oluşturma
- CG: Can güvenliği
- HK: Hemen kullanım

CÖ, CG ve HK 'ya karşılık gelen birincil elemanlar ve ikincil elemanlar için deformasyon veya deformasyon oranları için hedeflenen kabul kriterleri şekil 1.5'te gösterilmektedir.



Şekil 1.5: Eleman deformasyon kabul kriterleri ve performans seviyesi

Analiz, düşey yüklerinin ve temsil edilen yanal yük şablonunun uygulanmasından ve her bir yapısal bileşendeki rijitlik değişikliklerine karşılık gelen artışlarla yük şablonunun uygulandığı durum analizinden oluşur. İlk yük basamağı yapının elastik bir analizinden oluşur ve yüklerin, elemanlarda oluşturulan mafsallı serilerinin karşılığı olan yük deformasyon tepkisinde ilk süreksizliğin elde edilmesine karşılık

gelen bir seviyeye ölçeklendirilmesini gösterir. Bir sonraki yük artışı için, söz konusu bileşenin rijitliği değiştirilir ve başka bir elastik analiz gerçekleştirilir; değişen yükler, elemanların herhangi birindeki kuvvet deformasyon yanıtında bir sonraki süreksizliğin elde edilmesine karşılık gelen bir seviyeye ölçeklendirilir. Bu süreç, yapının çatı deplasmanının toplamının hedeflenen deplasmana ulaşmasına kadar devam edecektir. Bu nedenle, bu noktadaki performans seviyesi, başlangıçta hesaplanan hedef yer değiştirmesi olan talep ile karşılaştırılacaktır.

Genel olarak, itme analizi, belirli performans seviyeleriyle ilişkili hedef yer değiştirmelerdeki kuvvet ve deformasyon talepleri hakkında bilgi sağlar. Performans değerlendirmesi, çatı yer değiştirmesi, görelî kat ötelenmesi, elemanlar ve bağlantılardaki elastik olmayan deformasyonlar gibi olaylarla ilgili parametrelerin kapasite / talep değerlendirmesinden oluşur. İtme analizinde en önemli ve kontrol edici faktör, can güvenliği tehlikelerinin öncelikle düşey ve yanal yük kesitlerinin önemli parçaları olan elemanlar ve bağlantılardaki gevrek göçme modlarından kaynaklandığının farkına varılmasıdır. Sonuç olarak, performans tahminindeki vurgu şu şekilde olmalıdır:

- Yeterli bir yük yolunun çıktığının doğrulanması,
- Yük yolunun, hedef yer değiştirme seviyesiyle ilişkili deformasyonda sağlam kaldığının doğrulanması,
- Kritik bağlantıların, yük yolunun bir parçasını oluşturan elemanlar arasında yük aktarabildiğinin doğrulanması,
- Kırılgan modda başarısız olabilecek ve yük yolunun önemli parçaları olan münferit elemanların aşırı yüklenmediğinin doğrulanması,
- Yerel elemanların çökme veya can güvenliği tehlikesi oluşturmadığının doğrulanması. Ayrıca problemlî elemanlara yüklenen yükler güvenli bir şekilde diğer elemanlara aktarılabilir ve problemlî elemanın kendisinin çökme tehlikesi oluşturmaması.

İtme analizinin uygulanmasında modelleme önemli adımlardan biridir. Model, yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışını dikkate almalıdır. Böyle bir model, yapıdaki mukavemet ve deformasyon kapasiteleri ile ölçülen bileşenin belirlenmesini gerektirir. Bir bileşenin nihai deformasyon kapasitesi, nihai eğrilik ve plastik mafsallık uzunluğuna bağlıdır. Nihai eğrilik ve farklı plastik mafsallık uzunluğu için farklı

kriterlerin kullanılması farklı deformasyon kapasitelerine neden olabilir. Pratik kullanımda, çoğu zaman kolaylık ve basitlik nedeniyle FEMA-356 belgelerinde sağlanan varsayılan özellikler tercih edilir. Bu varsayılan özellikler, SAP2000 gibi iyi bilinen doğrusal ve doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz programlarında uygulanabilir.

SAP2000'de, yoğun plastik mafsallarda çerçeve elemanları içinde doğrusal olmayan davranışın olduğu varsayılmaktadır. Varsayılan tipler arasında, ayrık moment mafsalları, bağlantısız eksenel mafsallar, bağlantısız makas mafsalları ve birleştirilmiş eksenel kuvvet ve çift eksenli bükülme moment mafsalları bulunur. SAP2000'deki analiz sürecinin temel öğeleri şunlardır:

- Kontrol düğümünün tanımı: kontrol düğümü, yapının yer değiştirmelerini izlemek için kullanılan düğümdür. Zemin kaymasına karşı yapının yer değiştirmesi kapasite (itme) eğrisini oluşturur.
- Yük dağılımlarının değerlendirilmesini içeren itme eğrisinin geliştirilmesi: Deprem nedeniyle gerçek yer değiştirmeye benzer veya yakın yer değiştirmeye sahip olmak için, eylemsizlik kuvvetlerinin beklenen dağılımına eşdeğer bir yük yer değiştirmesinin dikkate alınması önemlidir. Deprem yük yoğunluğunu temsil etmek için farklı kuvvet dağılımları kullanılabilir.
- Deplasman talebinin tahmini: Bu, itme analizi kullanılırken çok önemli bir adımdır. Kontrol, söz konusu deprem yoğunluğundan kaynaklanan maksimum beklenen yer değiştirmeyi temsil eden talep yer değiştirmesine ulaşmaya itilir.
- Performans seviyesinin değerlendirilmesi: Performans değerlendirmesi, performansa dayalı bir tasarımın temel amacıdır. Bir bileşen veya eylem, öngörülen bir performansa uyuyorsa tatmin edici kabul edilir.

Şekil 1.5'te gösterildiği gibi, mafsalın yük sapma davranışını tanımlamak için A, B, C, D ve E etiketli beş nokta ve mafsal için kabul kriterlerini tanımlamak için HK, CG ve CÖ etiketli üç nokta kullanılır.

1.3. Doğrusal Olmayan Statik Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Genel olarak, doğrusal olmayan analiz yöntemleri doğrusal yöntemlerden daha yararlı ve tartışmalı olarak daha doğru sonuçlar verir. Bu yöntemlerin birçoğunun belirli uygulamalarda belirgin avantajları vardır, ancak hepsi ek hesaplamalar

gerektirmektedir ve hiçbirinin genel olarak tüm koşullar için geçerli olduğu söylenemez. Tanım olarak, doğrusal olmayan statik yöntemler, çok basit durumlar dışında, dinamik yükleme için kesin istem tahminleri sağlayamaz. Literatürde bu etkileri açıklamak için birçok girişim bildirilmiştir, ancak çoğu durumda uygulama için gereken çaba basitleştirilmiş analizin amacını bozmaktadır. Doğrusal olmayan bir statik yöntemin kullanımı için gerekçe, kullanılan yöntem, yapısal sistemin tipine ve konfigürasyonuna, beklenen elastik olmayan tepki derecesine ve analiz çabasının amaçlarına bağlıdır.

Genel olarak, doğrusal olmayan statik analiz her zaman yararlıdır ve hedef talep parametrelerinin titiz bir şekilde ölçülmesi olsun ya da olmasın esnek olmayan davranışlarla ilgili her değerlendirmede sürecin bir parçası olmalıdır. Aşağıdakiler, doğrusal olmayan statik analizin değerli olduğu durumların bir listesidir:

- Doğrusal olmayan bir analiz modelinin kontrol ve hata ayıklanmasında kullanılması
- Modelleme varsayımlarının uygunluğunun değerlendirilmesi
- Çökme mekanizmalarının ve deformasyon gereksinmelerinin daha iyi anlaşılması
- Davranışların ve yeterli bir yük yolunun varlığının anlaşılması
- Alternatif tasarım parametrelerinin araştırılması ve bileşen özelliklerindeki değişimlerin elastik olmayan tepki üzerine etkisi
- Çökmeye yakın davranışların anlaşılmasını arttırmak
- Yapının yanal mukavemetinin bir tahmininin yapılması
- Sismik tasarım yüklerine göre yapının aşırı mukavemetinin tahmin edilmesi
- Tek serbestlik dereceli sistem kullanarak çatı deplasmanı gibi toplam tepki özelliklerini tahmin etmek için bir yapının yük-deplasman kapasite sınırı oluşturulmasına yardımcı olmak için bilgi sağlanması
- Teğet sertliğin açıkça negatif olduğu, akma sonrası rijitlik ve deplasman tahminleri dahil çatı deplasmanı tepkisine karşı temel kesmenin genel olarak anlaşılmasını sağlamak
- Daha ayrıntılı çalışmanın odağı olması gereken aşırı deformasyon taleplerinin bulunduğu yerleri keşfetmek
- Sünekliği yetersiz bileşenlerin aşırı yüklenmesi nedeniyle ortaya çıkabilecek potansiyel sorunların keşfedilmesi

- Kat temelli dayanım ve rijitlik süreksizliklerinin neden olduğu potansiyel problemleri keşfetmek
- P-Delta etkileri ve mukavemet bozulmasının neden olduğu potansiyel problemleri keşfetmek

Talep parametrelerinin ve talep-kapasite oranlarının ölçülmesi için doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinin kullanılması pratikte caziptir çünkü bu tür analizler yer hareketi kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesine gerek kalmadan tek ve net bir sonuç üretir. Bununla birlikte, bu sonuç bir dizi temsili yer hareketi ile doğrusal olmayan tepki geçmişi analizinden elde edilen ortalama sonuçtan sapacaktır. Sapma miktarı, daha yüksek mod katkılarının ve esnek olmayan yeniden dağıtımın önemine bağlıdır. Ayrıca, tek bir deterministik cevap, yapı farklı frekans özelliklerine sahip bir dizi yer hareketine maruz bırakıldığında potansiyel olarak gelişebilecek tüm mekanizmalar hakkında bilgi sağlamayacaktır. Son olarak, yanal dinamik dengesizlik doğrusal olmayan statik analiz yöntemleriyle doğrudan ele alınamaz.

Değişmez yük modelli tek modlu doğrusal olmayan statik analiz için statik ve yanıt geçmişi analizleri arasındaki talep tahminlerindeki farklılıklar:

- Tek modlu doğrusal olmayan statik analizden talep tahminlerinin doğruluğu, sistem tipine ve konfigürasyonuna, ilk moddaki kütle katılımına (sistem tipi ve kat sayısı ile ilgili), esnek olmayan deformasyonların boyutuna, modal periyotlarda bağıl spektral ivmeler üzerine, uygulanan yük modelinde kat akma dayanımının duyarlılığına, kat dayanımı ve rijitliğin yükseklik üzerindeki değişimine ve elastik olmayan tepkiyi kontrol eden mekanizmaya bağlıdır.
- Dikkate alınan normal 2 katlı sistemler için, birinci mod doğrusal olmayan statik analize ait tepki miktarları genellikle doğrusal olmayan tepki geçmişi analizinin ortalama sonuçları ile uyumludur.
- Doğrusal olmayan tepki geçmişi analiz sonuçlarının medyanından sapma, yükseklik arttıkça artar. Tepkinin önemsiz olması çoğunlukla üst katlarda gerçekleşir ve kat kayması, kat kesmesi ve döşemenin devrildiği moment tepkileri arasında önemli ölçüde değişir.

- Genel olarak, betonarme perde duvar yapıları için talep parametrelerinin tahminleri, hedef deplasmanın tahmininin makul olması koşuluyla, aynı yükseklikte moment çerçeve yapıları için olanlardan daha iyidir.
- Etkili bir elastik rijitliğe dayanan katsayı yöntemi, eğer genel itme eğrisinin ön ve son çatlama rijitlikleri açıkça farklıysa, genellikle hedeflenen yer değiştirmenin iyi bir tahmini ile sonuçlanmaz. Bu gibi durumlarda, eşdeğer SDOF sistemlerinin doğrusal olmayan tepki geçmişi analizinden hedef yer değiştirmesinin hesaplanması tavsiye edilir.
- Hedef yer değiştirme, itme eğrisinin negatif teğet rijitlik bölgesinde ise, eşdeğer bir SDOF sisteminin doğrusal olmayan tepki geçmişi analizinden hesaplanması önerilir. ASCE / SEI 41-06 katsayısı yönteminden hedef yer değiştirmelerin tahmini bu gibi durumlarda yetersiz olacaktır.
- Değişmez yük modeli, katların göreceli dayanımı yük modeline duyarlıysa zayıf bir kat oluşturabilir. İtme, tek bir katda sapmayı yoğunlaştıran bir düzensizlik gösteriyorsa, zayıf bir katın gerçekten olup olmadığını veya zayıf bir kat algısının değişmez bir yük modelinin uygulanmasıyla yaratılıp yaratılmadığını değerlendirmek için mekanik ilkeler kullanılmalıdır.
- Eğer bir yük düzensizliği mevcutsa ve tek bir katda yoğunlaşıyorsa, ilk mod doğrusal olmayan statik prosedürün ötelenme ve yük talep parametreleri hakkında iyi tahminler sağlaması beklenir.
- Birden fazla katda yük düzensizlikleri varsa, değişmez bir yük modelinin birden fazla düzensizliği tespit etmesi olası değildir. Bu gibi durumlarda, doğrusal olmayan tepki geçmişi analizi önerilir.
- Değişmez bir yük paterni olan iticiler baskın akma modu için yanıtıcı olabilir. Çalışmalar, bükülme momentinin kesme kuvvetine (M/V oranı) göreceli büyüklüğünün, doğrusal olmayan dinamik tepki sırasında önemli ölçüde değişebileceğini ve taban kesme kuvvetinin dinamik amplifikasyon nedeniyle önemli ölçüde artabileceğini göstermiştir. Eğilme halinde vermesi beklenen perde duvarları aslında kesmede verim sağlayabilir. Bu gibi durumlarda, bir kesme amplifikasyon faktörü veya doğrusal olmayan tepki geçmişi analizi uygulanması önerilir.
- Değişmez bir yük yapısı olan iticiler baskın akma modu için yanıtıcı olabilir. Çalışmalar, bükülme momentinin kesme kuvvetine (M/V oranı) göreceli

büyükliğünün, doğrusal olmayan dinamik tepki sırasında önemli ölçüde değişebileceğini ve taban kesme kuvvetinin dinamik amplifikasyon nedeniyle önemli ölçüde artabileceğini göstermiştir. Eğilme halinde vermesi beklenen perde duvarları aslında kesmede verim sağlayabilir. Bu gibi durumlarda, bir kesme amplifikasyon faktörü veya doğrusal olmayan tepki geçmişi analizi uygulanması önerilir.

- Çökme emniyeti özel olarak odaklanmış çalışmalarda ele alınmamıştır, ancak hedef deplasman itme eğrisinin negatif tanjant rijitlik bölgesinde ise çökme önemli bir konudur. Hedef deplasman çok büyük olursa çökmeyi önlemek için R_{di} parametresinin kullanılmasını önerir. Bu parametre, hedeflenen amaç için yararlıdır, ancak denklemdeki üçüncü terim, genel bir yapı itme eğrisi için nadiren güvenle ölçülebilir. İtme eğrisinin tüm bölümleri iyi tanımlanmamışsa ve çökmeye yakın önemli bir belirsizlik varsa, sistemin yanal dinamik dengesizliğini değerlendirmede R_{di} denklemindeki üçüncü terimi ortadan kaldırmak olağandır.

Yanal dinamik dengesizlik için ortalama hedefli minimum güç gereksinimi (maksimum R değeri) R_{di} , denklem (17)'de verilmiştir:

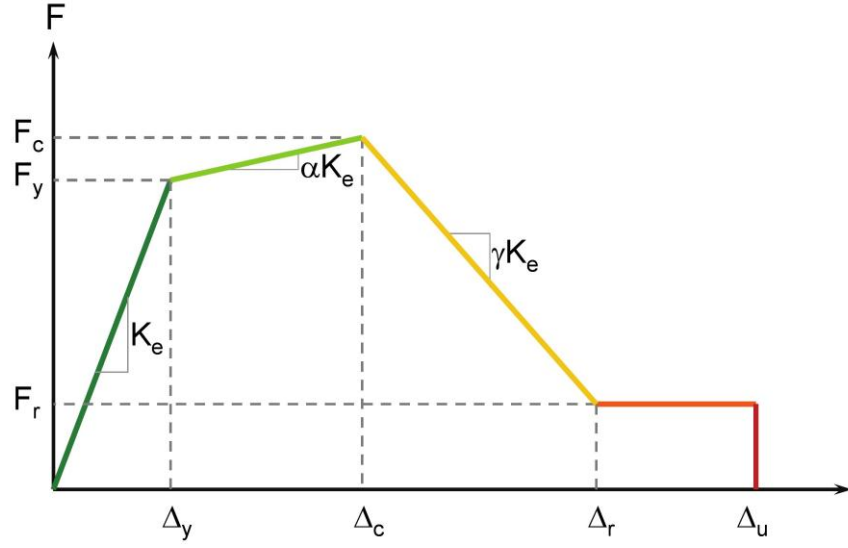
$$R_{di} = \left(\frac{\Delta_c}{\Delta_y} \right)^a + b \frac{T_e}{3|\gamma|} + \frac{F_r}{F_c} \left(\frac{\Delta_u - \Delta_r}{\Delta_y} \right) \sqrt[3]{T_e} \quad (17)$$

burada T_e , yapının vibrasyonunun etkili temel vibrasyon periyodudur, Δ_y , Δ_c , Δ_r ve Δ_u akma dayanımı, F_y başlık mukavemeti, F_c kalıcı mukavemet ve F_r kesin deformasyon kapasitesine karşılık gelen yer değiştirmelerdir. a ve b parametreleri aşağıdakiler tarafından verilen fonksiyonlardır:

$$a = 1 - e^{-dT_e} \quad (18)$$

$$b = 1 - \left(\frac{F_r}{F_c} \right)^2 \quad (19)$$

d parametresi, rijitlik bozulması olan sistemler için 4'e ve rijitlik bozulması olmayan sistemler için 5'e eşit bir sabittir. γ parametresi, kolon başlığı eğiminin (bozunma rijitliği) ilk etkili eğime (elastik sertlik) oranıdır.



Şekil 1.6: Dinamik dengesizlikle ilişkili ortalama çökme kapasitesini tahmin etmek için basitleştirilmiş yük deplasman sınırı.

2. DOĞRUSAL OLMAYAN TEK MODLU İTME ANALİZİNE AİT UYGULAMA

2.1. Yapının Genel Bilgileri

Yapı İli :	İSTANBUL
Yapı İlçesi :	KÜÇÜKÇEKMECE
Yapı Pafta No :	G21B01B1C
Yapı Ada No :	-
Yapı Parsel No :	E:6556 Y:9260

Şekil 2.1: Yapı tapu bilgileri

Kat Sayısı :	7
Yapı Yüksekliği :	21.42 (m)
Rijit Bodrum Üstü Yapı Yüksekliği :	18.00 (m)
Rijit Bodrum Katı Sayısı :	1
Rijit Bodrum Kat Numarası :	-1
Maksimum Kat Yüksekliği :	3.50 (m)
Maksimum Kiriş Açıklığı :	7.04 (m)
Planlanan Kullanım :	Konut + Dükkan
Rijit Diyafram Sayısı :	7

Şekil 2.2: Yapı geometrik bilgileri

Bina Önem Katsayısı (I) :	1
Bina Kullanım Sınıfı (BKS) :	3
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Girilen) (X/Y) :	1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Seçilen) (X/Y) :	1
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (X/Y) :	1
Eksantriste Oranı :	0.05
Süneklik Düzeyi :	Yüksek
Deprem Yer Hareketi Düzeyi :	DD-2
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) :	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) :	5
Normal Performans Hedefi :	KH
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı :	ŞDGT

Şekil 2.3: Deprem parametreleri

TS 500 (Subat 2000)
TBDY 2018
ATC-40

Şekil 2.4: Kullanılan standartlar ve yönetmelikler

Zemin Tipi :	ZC
Spektrum Karakteristik Periyotları :	Ta : 0.07, Tb : 0.33
Zemin Taşıma Gücü :	
Yatak Katsayısı :	
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (Ss) :	1.198
1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı (S1) :	0.312
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDs) :	1.438
1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SD1) :	0.468
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA) :	0.492
En Büyük Yer Hızı (PGV) :	31.314

Şekil 2.5: Zemin parametreleri

2.2. Yapının Mevcut Hali

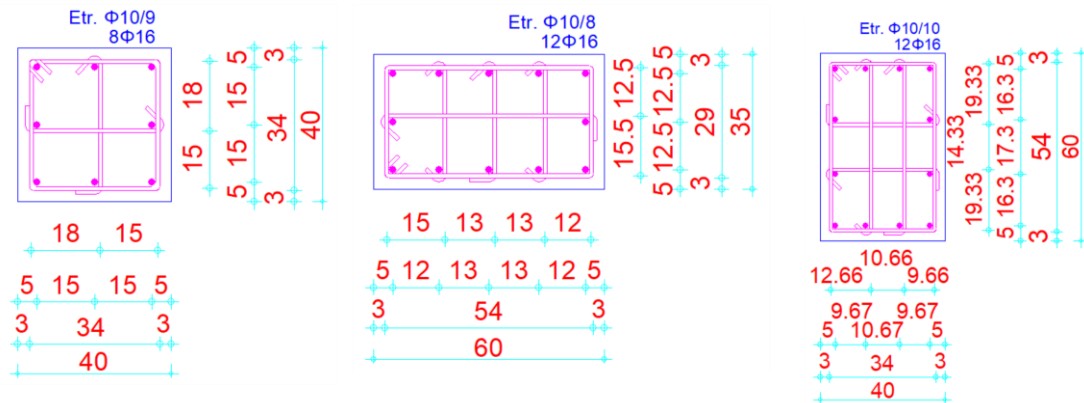
Enlem :	40.991966
Boylam :	28.777884
Adres :	Cennet Mah. Yahya Kemal Beyatlı Cad. K.çekmece/İstanbul

Şekil 2.6: Konum bilgileri

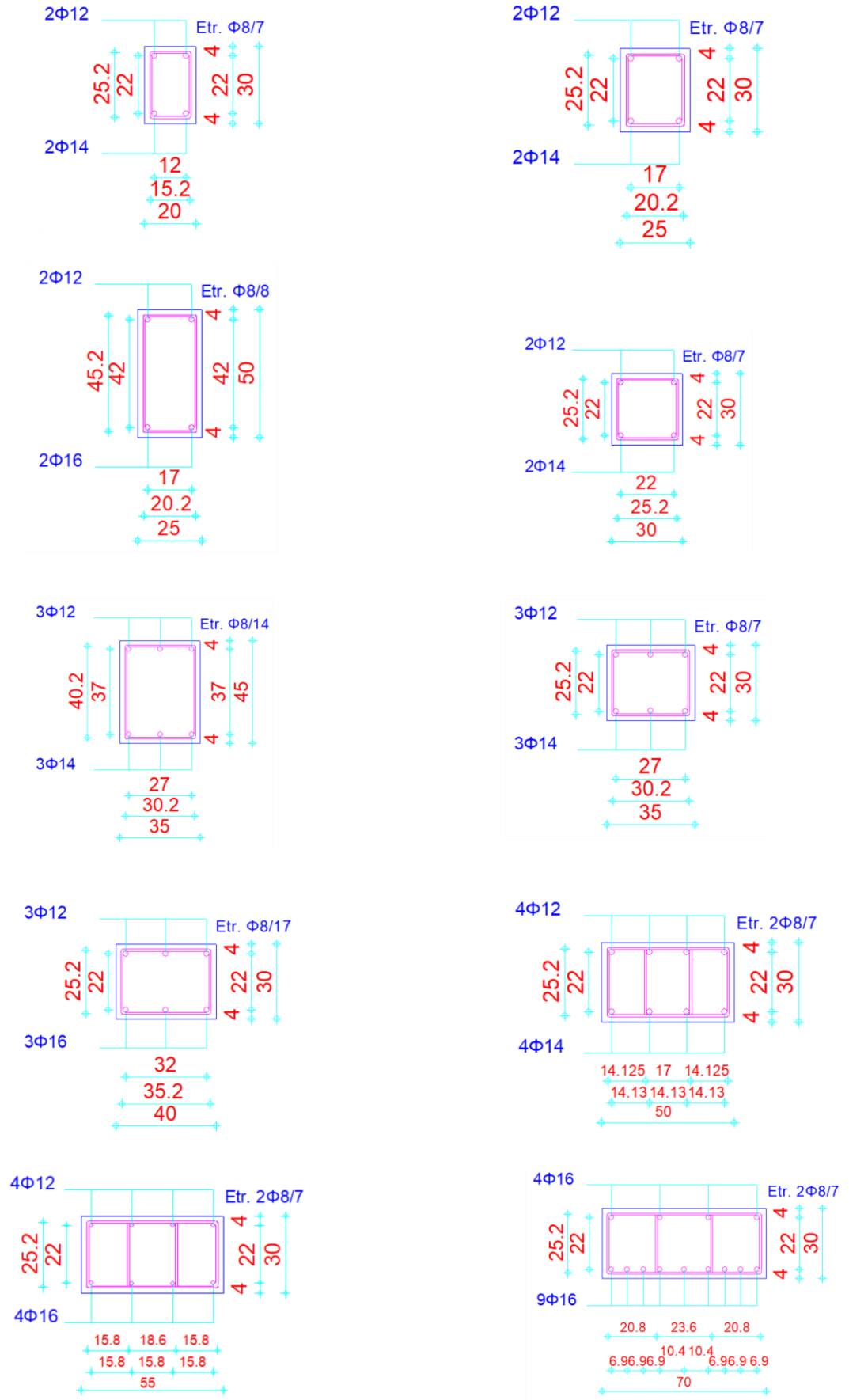
Kolonlar :	C30 S420
Perdeler :	C30 S420
Kirişler :	C30 S420
Döşemeler :	C30 S420
Temeller :	C30 S420
Beton Güvenlik Katsayısı :	1.50
Donatı Güvenlik Katsayısı :	1.15
Beton Birim Hacim Ağırlığı :	2.50

Şekil 2.7: Malzeme bilgileri

2.3. Kesitler



Şekil 2.8: Kolonlar



Şekil 2.9: Kirişler

2.4. Yapıdaki Yükler

Çizelge 2.1: Yükleme durumları

Yükleme Durumları	Açıklama
G	Zati Yük
Q	Hareketli Yük
EX	Statik Deprem Yüğü
EY	Statik Deprem Yüğü
SPX	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu
SPY	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu
PUSH0	Doğrusal Olmayan Düşey Yüğü
PUSHX	Doğrusal Olmayan İtme Yüğü
PUSHY	Doğrusal Olmayan İtme Yüğü
G	Zati Yük
Q	Hareketli Yük
EX	Statik Deprem Yüğü

Çizelge 2.2: Yükleme kombinasyonları

Yükleme Kombinasyonları
1.4G+1.6Q
G+0.3Q G+Q+EX
G+Q+SPX G+Q+EY
G+Q+SPY 0.9G+EX
0.9G+SPX 0.9G+EY
0.9G+SPY G+0.3Q+EX+0.3EY
G+0.3Q+SPX+0.3SPY G+0.3Q+EX-0.3EY
G+0.3Q+SPX-0.3SPY G+0.3Q-EX-0.3EY
G+0.3Q-SPX-0.3SPY G+0.3Q-EX+0.3EY
G+0.3Q-SPX+0.3SPY G+0.3Q+EY+0.3EX
G+0.3Q+SPY+0.3SPX G+0.3Q-EY-0.3EX
G+0.3Q-SPY-0.3SPX
1.4G+1.6Q
G+0.3Q G+Q+EX
G+Q+SPX G+Q+EY
G+Q+SPY 0.9G+EX
0.9G+SPX 0.9G+EY
0.9G+SPY G+0.3Q+EX+0.3EY

Çizelge 2.2: Yükleme kombinasyonları Devam

G+0.3Q+SPX+0.3SPY G+0.3Q+EX-0.3EY

G+0.3Q+SPX-0.3SPY G+0.3Q-EX-0.3EY

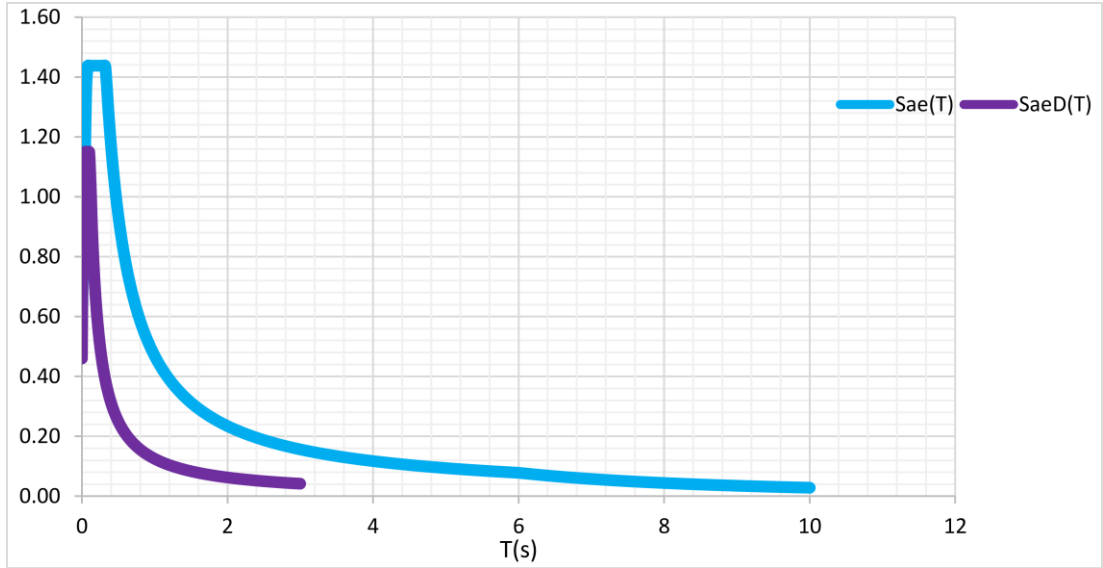
G+0.3Q-SPX-0.3SPY G+0.3Q-EX+0.3EY

G+0.3Q-SPX+0.3SPY G+0.3Q+EY+0.3EX

G+0.3Q+SPY+0.3SPX G+0.3Q-EY-0.3EX

G+0.3Q-SPY-0.3SPX

2.5. Yapıdaki Dinamik Yükler



Şekil 2.10: Yatay spektrum

3. DOĞRUSAL ANALİZ

3.1. Modal Hesap Kapsamı

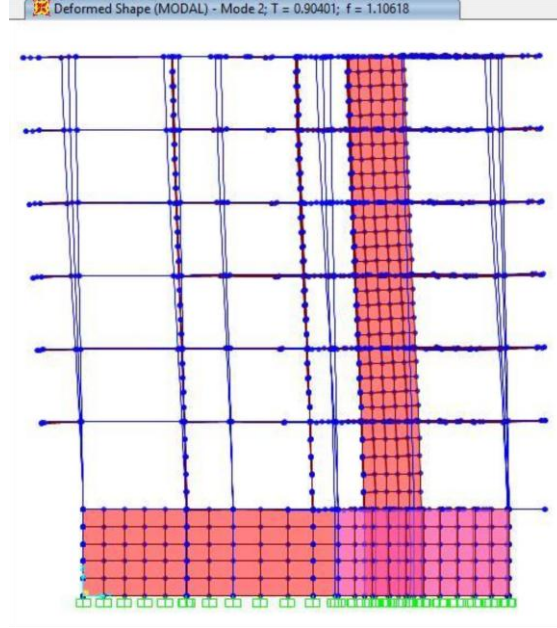
Yapı deplasmanı her bir modda ki deplasmanın birleşimi şeklinde ifade edilir. Her modda yapı tek dereceli bir sistem gibi analiz edilir, elde edilen kuvvet ve deplasman modların katılımı (ağırlığı) oranında birleştirilir.

3.2. Modal Analiz Sonuçları

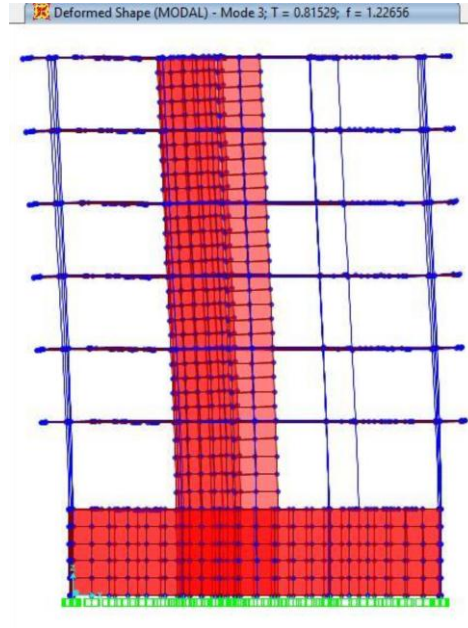
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,100	0,0560	0,0783	0,056	0,078
MODAL Y	Mode	2	0,904	0,1041	0,4623	0,160	0,541
MODAL X	Mode	3	0,815	0,5074	0,1541	0,668	0,695
MODAL	Mode	4	0,330	0,0060	0,0093	0,674	0,704
MODAL	Mode	5	0,251	0,0119	0,0853	0,685	0,789
MODAL	Mode	6	0,199	0,1176	0,0201	0,803	0,809
MODAL	Mode	7	0,168	0,0032	0,0021	0,806	0,811
MODAL	Mode	8	0,141	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	9	0,139	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	10	0,138	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	11	0,137	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	12	0,136	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	13	0,136	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	14	0,135	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	15	0,135	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	16	0,134	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	17	0,134	0,0000	0,0001	0,806	0,811
MODAL	Mode	18	0,134	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	19	0,133	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	20	0,121	0,0000	0,0000	0,806	0,811
MODAL	Mode	21	0,120	0,0000	0,0003	0,806	0,812

Şekil 3.1: Modal katılım kütle oranları

X yönünde periyot: 0.815 s ve Y yönünde periyot: 0.904 s dir.



Şekil 3.2: Deforme olmuş şekil (mod 2)



Şekil 3.3: Deforme olmuş şekil (mod 3)

Kapasite spektrumu yöntemi, yer değiştirmeleri tahmin etmek ve bir yapının kapasitesini deprem yer hareketi talepleri ile karşılaştırmak için geliştirilen doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinden biridir. Deprem talebinin belirlenmesi için kullanılan elastik olmayan mukavemet ve yer değiştirme spektrumları, elastik olmayan SDOF sistemlerinin doğrusal olmayan analizi ile elde edilebilir. Bu yöntem, yapı akma noktasının ötesinde sarsıldığında, etkili sönümlenmenin ve etkili periyodun artacağını kabul eder.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	ModalMass	ModalStiff
Text	Text	Unitless	Sec	KN-m	KN-m	KN-m-s2	KN-m
MODAL	Mode	1	1,100	-0,00037	-0,00044	0,00001	0,00033
MODAL	Mode	2	0,904	0,00051	0,00107	0,00001	0,00048
MODAL	Mode	3	0,815	0,00112	-0,00062	0,00001	0,00059
MODAL	Mode	4	0,330	0,00012	0,00015	0,00001	0,00363
MODAL	Mode	5	0,251	0,00017	0,00046	0,00001	0,00628
MODAL	Mode	6	0,199	-0,00054	0,00022	0,00001	0,01001
MODAL	Mode	7	0,168	-0,00009	-0,00007	0,00001	0,01404
MODAL	Mode	8	0,141	-0,00001	0,00001	0,00001	0,01988
MODAL	Mode	9	0,139	0,00001	0,00000	0,00001	0,02043
MODAL	Mode	10	0,138	-0,00001	0,00000	0,00001	0,02078
MODAL	Mode	11	0,137	0,00000	0,00000	0,00001	0,02108
MODAL	Mode	12	0,136	0,00000	0,00000	0,00001	0,02125
MODAL	Mode	13	0,136	0,00000	0,00000	0,00001	0,02145
MODAL	Mode	14	0,135	0,00000	0,00000	0,00001	0,02154
MODAL	Mode	15	0,135	0,00000	0,00000	0,00001	0,02181
MODAL	Mode	16	0,134	0,00000	0,00000	0,00001	0,02183
MODAL	Mode	17	0,134	0,00000	-0,00001	0,00001	0,02194
MODAL	Mode	18	0,134	0,00000	0,00000	0,00001	0,02211
MODAL	Mode	19	0,133	0,00000	0,00000	0,00001	0,02219
MODAL	Mode	20	0,121	0,00000	0,00001	0,00001	0,02703
MODAL	Mode	21	0,120	-0,00001	-0,00003	0,00001	0,02735

Şekil 3.4: Modal katılım faktörleri

Maksimum yapısal tepkinin kapasite eğrisinin talep spektrumunu geçtiği nokta olduğu tahmin edilmektedir. Bu yöntem, yer hareketinin % 5 sönümlü elastik spektrumunu, yapının tepkisine uygun olarak daha düşük bir spektruma indirmeyi amaçlamaktadır. Kapasite eğrisinde, yani yapının yaşadığı daha yüksek sönümlemede ve daha uzun süre yer hareketi durumuna uygun olarak maksimum yer değiştirme ve ivme belirleyerek, belirli bir yer hareketinde yapısal tepki tahmin edilebilir.

İtme analizi genel olarak, belirli bir yer değiştirme seviyesine karşılık gelen ve bir yapının olası zayıf noktalarını belirleyerek, yapıya belirtilen doğrudan yanal yükler örüntüsünü uygulayarak analiz eden bir yöntemdir. Yapının performansı, belirtilen deprem seviyesine (verilen tepki spektrumu) karşılık gelen performans noktasında mafsalların durumu kullanılarak değerlendirilir. Talep tüm mafsal konumlarında kapasiteden daha azsa, performans tatmin edicidir. Yükleme ve değerlendirme yöntemleri gerçek deprem olaylarına göre neredeyse doğru olduğundan, birçok yönden kesin dinamik analizden farklıdır.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1,100	0,909	5,712	32,626
MODAL	Mode	2	0,904	1,106	6,950	48,307
MODAL	Mode	3	0,815	1,227	7,707	59,393
MODAL	Mode	4	0,330	3,030	19,040	362,533
MODAL	Mode	5	0,251	3,988	25,057	627,857
MODAL	Mode	6	0,199	5,035	31,637	1000,881
MODAL	Mode	7	0,168	5,963	37,464	1403,531
MODAL	Mode	8	0,141	7,096	44,587	1987,995
MODAL	Mode	9	0,139	7,194	45,204	2043,392
MODAL	Mode	10	0,138	7,256	45,588	2078,302
MODAL	Mode	11	0,137	7,307	45,908	2107,590
MODAL	Mode	12	0,136	7,336	46,094	2124,660
MODAL	Mode	13	0,136	7,372	46,318	2145,333
MODAL	Mode	14	0,135	7,387	46,414	2154,252
MODAL	Mode	15	0,135	7,432	46,696	2180,510
MODAL	Mode	16	0,134	7,436	46,723	2182,997
MODAL	Mode	17	0,134	7,454	46,836	2193,613
MODAL	Mode	18	0,134	7,484	47,022	2211,049
MODAL	Mode	19	0,133	7,498	47,109	2219,290
MODAL	Mode	20	0,121	8,275	51,994	2703,404
MODAL	Mode	21	0,120	8,323	52,293	2734,556

Şekil 3.5: Modal periyotlar ve frekanslar

4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ

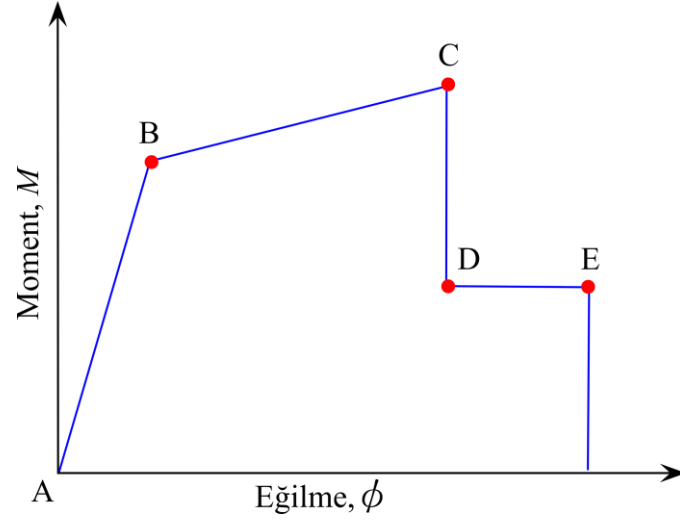
4.1. Tek Modlu İtme Analizi

Yapıların yatay yükler etkisindeki davranış özelliklerinin ve performanslarının tespitine yönelik olarak yapılan itme (pushover) analizleri, genel olarak yapıda adım adım arttırılan yanal yüklerin etkisinde rijitlik ile dayanım değişiminin yapı elemanlarındaki inelastik davranış özellikleri dikkate alınarak hesaplandığı ve bu hesapların belli performans değerleri için tariflendiği sayısal bir inceleme yöntemidir.

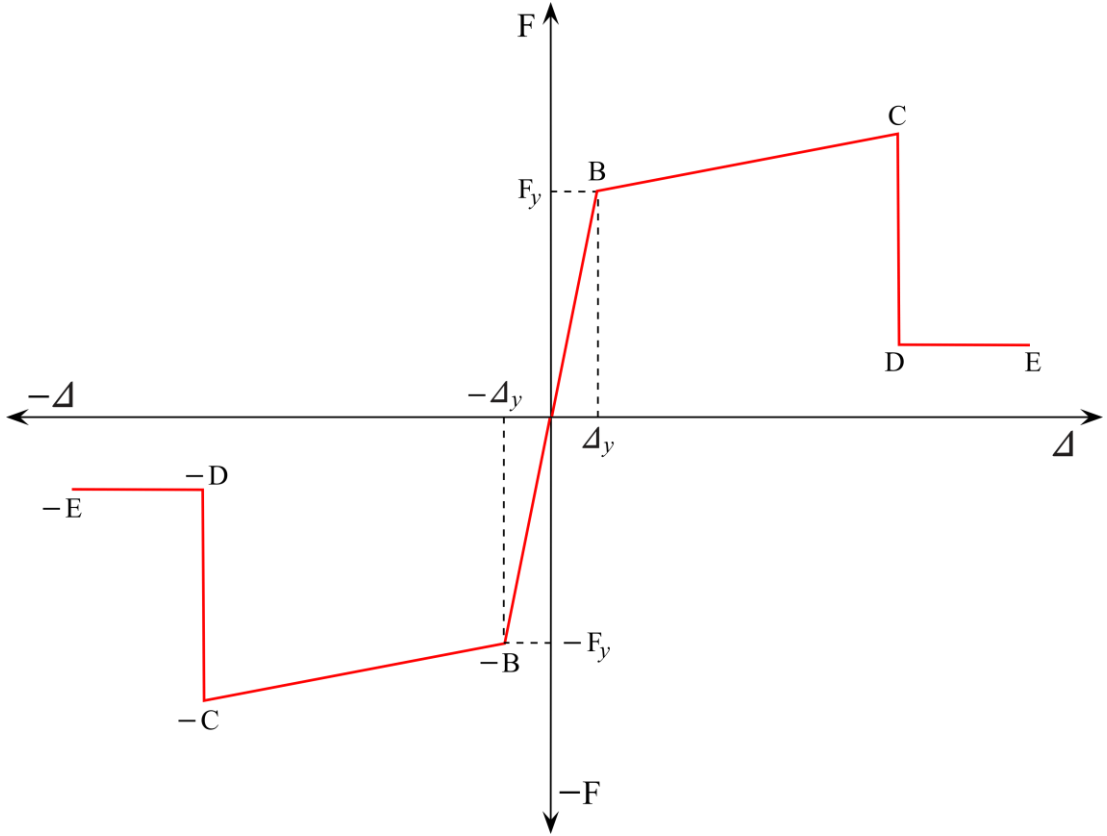
Yöntemin esasında çok serbestlik dereceli sistemlerin, tek serbestlik dereceli sisteme eşdeğer kabulü olduğundan yaklaşık sonuçlar üretilir. Analiz yöntemi rijit veya mafsallı olarak bağlanmış inelastik çerçeve analizi için uygun bir prosedüre sahiptir. Bu prosedür esasen yarı rijit bağlar ile oluşturulmuş elastik çerçeve analizi prosedürünün farklı bir uzantısı sayılabilir.

Pushover analizlerinde uygulanan iki farklı hesaplama yöntemi; Deplasman kontrollü analiz ve yük kontrollü analizdir. Deplasman kontrollü yöntemde, yapının en üst katında (tepesinde) ağırlık merkezinin bulunduğu nokta belirli bir deplasman seviyesine ulaşınca kadar yatay yükleme yapılır. Kuvvet kontrollü yöntemde ise yapı belli bir yatay yük seviyesine ulaşınca kadar yüklenir. Bu yüklemeler belirli aralıklar ile arttırılarak her bir adımda yapı elemanlarında ortaya çıkan kuvvet-deplasman ilişkileri incelenir ve yapının hasar düzeyi belirlenir.

Genel uygulamada mevcut yapıların incelenmesi amacıyla yönelik olarak kullanılan performans analizi yöntemleri yeni yapılacak yapılar için de kullanılabilir bir hesap yöntemidir. Pushover analizi, bir çerçevede inelastik davranışı ortaya çıkaran yüklemeler için gerçek (işlevsel) rijitliğin değişimini gösterir. Yarı rijit bağlantıların analizi için daha önce tanımlanan rijitlik faktörü kavramına bağlı olarak, burada artan yükler altında çerçeve elemanlarının rijitliklerindeki değişimlerin belirlenmesine yönelik olarak plastisite faktörünün kullanımı incelenecektir.



Şekil 4.1: Moment - eğilme ilişkisi

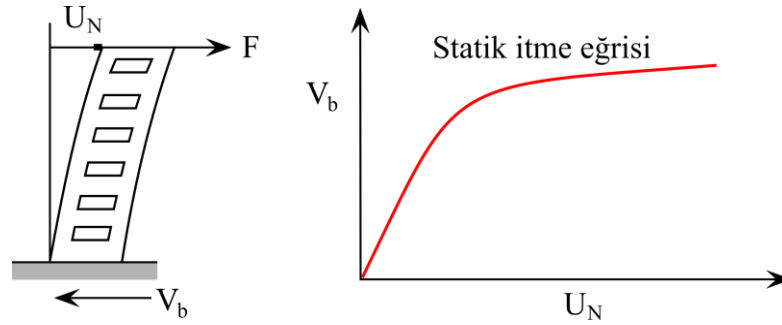


Şekil 4.2: F - Δ grafiği

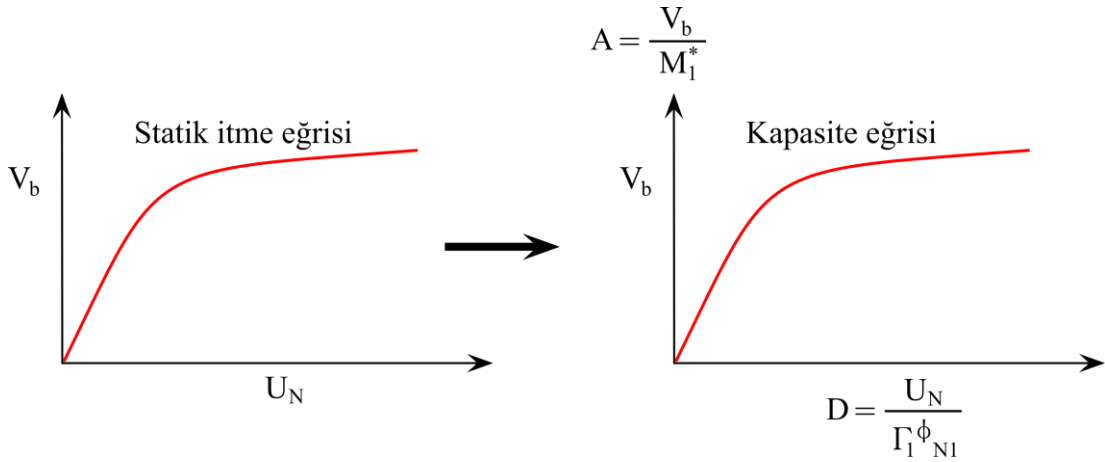
Yönetmeliklerce nonlinear analizler için çeşitli yöntemlerin tespit edilmesine karşın hala geliştirilmekte olan bu analiz yönteminde problemin odak noktasını yapının çeşitli modlarının nonlinear analizde göz önüne alınmasına ait prosedür ile değişen yapı rijitliği ve davranışına karşı yapıya gelen etkilerin değişiminin de belirlenmesi ve plastik mafsallardaki dönmelerin tespit edilmesinin güçlüğü oluşturmaktadır. Bu

amaçla farklı yöntemler geliştirilmekte ve tartışılmaktadır (Modal Pushover Analizi – Chopra, Artımsal Spektrum Yöntemi – Aydınöglu gibi). FEMA ve ATC dokümanlarında verilen prosedür son zamanlarda özellikle eleman mafsallaşmalarının tespiti konusunda ciddi eleştiriler almaktadır.

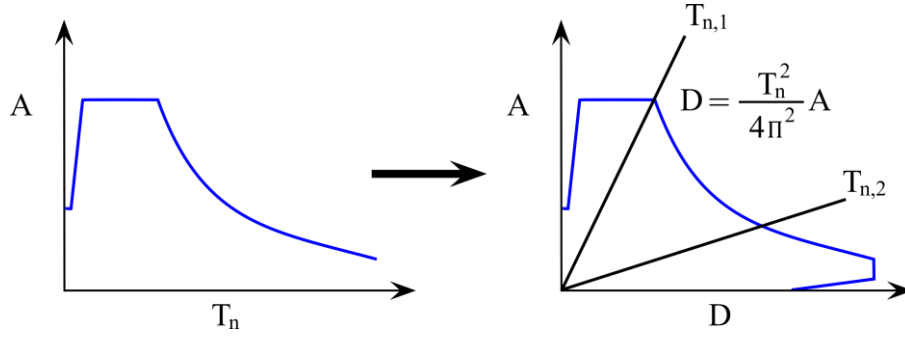
Pushover analizinde bu yönetmeliklere göre inceleme yaparken hata oranlarının da yüksek olduğu göz önüne alınmalıdır. Kat ötelenmeleri ve kat deplasmanları için belirlenecek değerlerin daha yakınsak sonuçlar vermesi nedeniyle bu değerlerin yapının performansını tespit etmede öncelikli olarak dikkate alınması faydalı olur. Pushover analizinin genel mantığı içerisinde akma davranışının dağılımındaki veya plastik mafsal oluşumundaki kümülatif değerlendirme işlemi bulunmamaktadır.



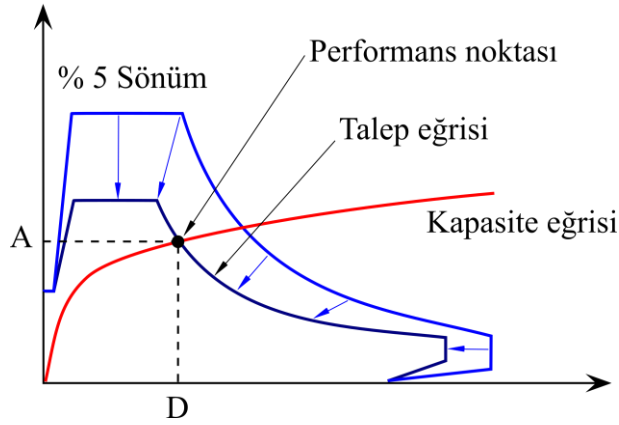
Şekil 4.3: İtme eğrisinin oluşumu



Şekil 4.4: İtme eğrisinin kapasite eğrisine dönüştürülmesi



Şekil 4.5: Elastik tepki spektrumunun standart formattan A-D formatına dönüştürülmesi



Şekil 4.6: Deplasman gereksiniminin belirlenmesi

Burada temel olarak Statik İtme Analizleri (nonlineer statik analiz) için kullanılan ATC-40 ve FEMA356 yönetmeliklerindeki hesap esaslarından bahsedilecektir. Her iki hesap esasının da plastik mafsal dönmelerinin tespiti açısından hata oranlarının yüksek olduğu ve özellikle düzensiz yapılar için üretilen sonuçların bu nedenle iyi incelenmesi gerektiği hatırlanmalıdır. Ancak her iki yöntem de düzenli yapılarda ve yapısal süneklik ile kat ötelenmeleri - taban kesme kuvvetleri bazında iyi fikir verebilecek sonuçlar üretir.

4.2. Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi

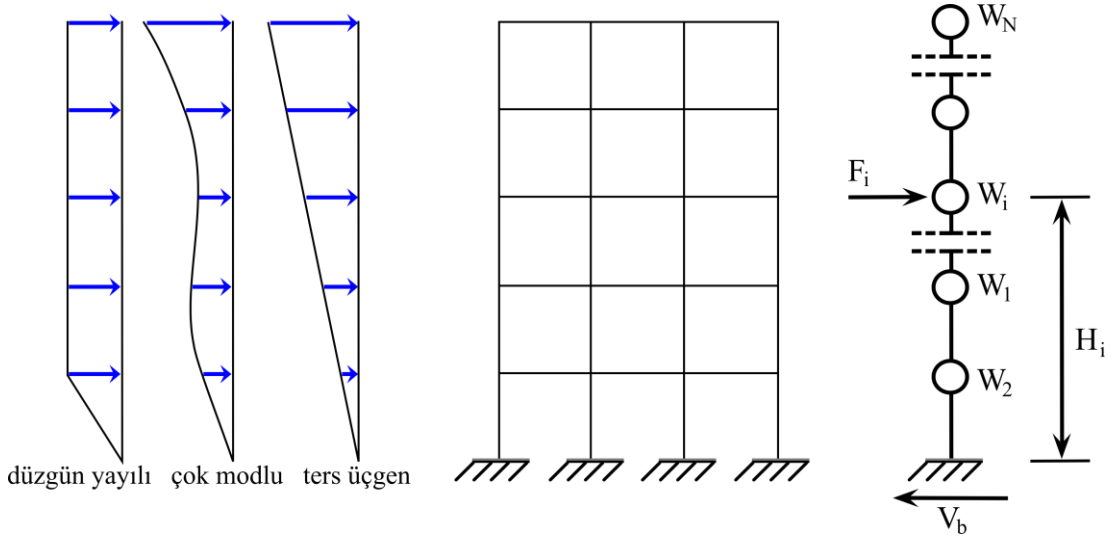
4.2.1. Modelleme

Yapının iki ya da üç boyutlu modelinin oluşturulması, ana ve tali taşıyıcı elemanların belirlenmesi, zemin yapı etkileşim modeli, ikinci mertebe etkilerinin tanımlanması, taşıyıcı sistem elemanlarının karakterlerinin belirlenmesi (kiriş, kolon, kayma paneli, yay...), kuvvet-deformasyon ilişkilerinin çevrimsel davranışının tanımlanması,

mafsallaşma karakterlerinin tarifi, kolonlarda karşılıklı etkileşim davranışının belirlenmesi.

4.2.2. Yatay yük düzenlemesi

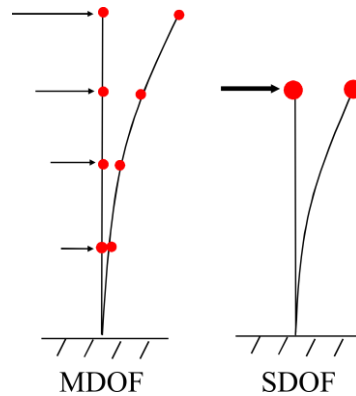
Öncelikli olarak sistemdeki düşey yüklerin uygun yük katsayıları ile tanımlanması, yatay yük desenlerinin her iki doğrultu için pozitif ve negatif yönde tanımlanması (üniform, eşdeğer yük, modal...), burulma ve düzensizliklerden kaynaklanan etkilerin değerlendirilmesi (burada üniform yük deseninin aynı deplasman değeri için daha büyük taban kesme kuvvetleri vereceği göz önüne alınmalı).



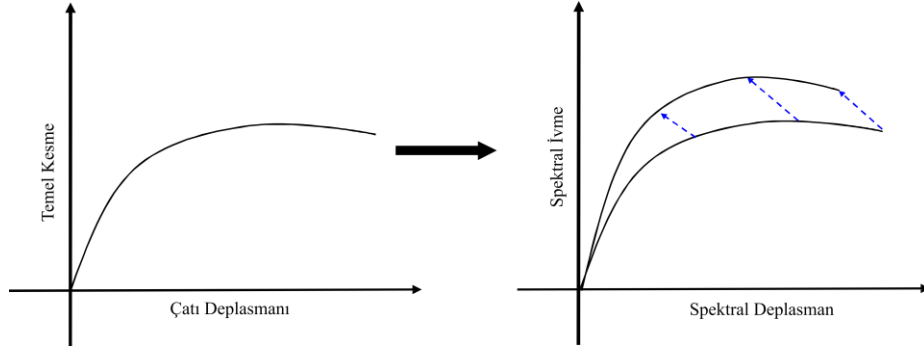
Şekil 4.7: Yatay yük düzenlemesi

4.2.3. Analiz kontrol yönteminin belirlenmesi ve çözümleme

Deplasman kontrollü analiz, kuvvet kontrollü analiz, kapasite eğrisinin belirlenmesi. Bu aşamada esas olarak iki farklı yöntem uygulanmaktadır, bunlardan biri kapasite spektrumu metodu, diğeri de deplasman katsayıları metodudur.



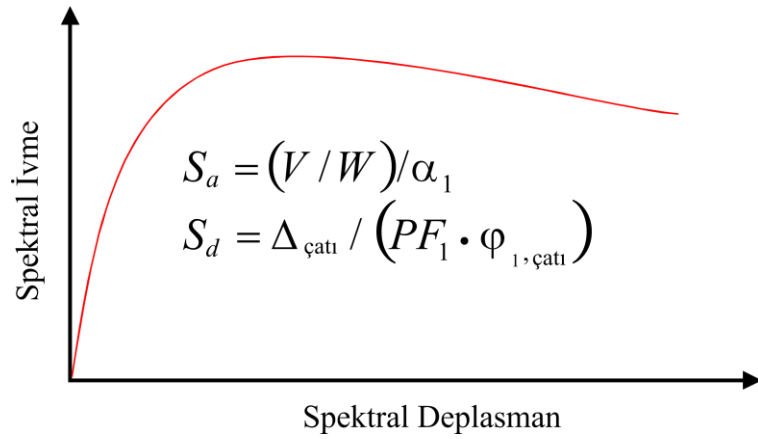
Şekil 4.8: MDOF eşdeğeri SDOF



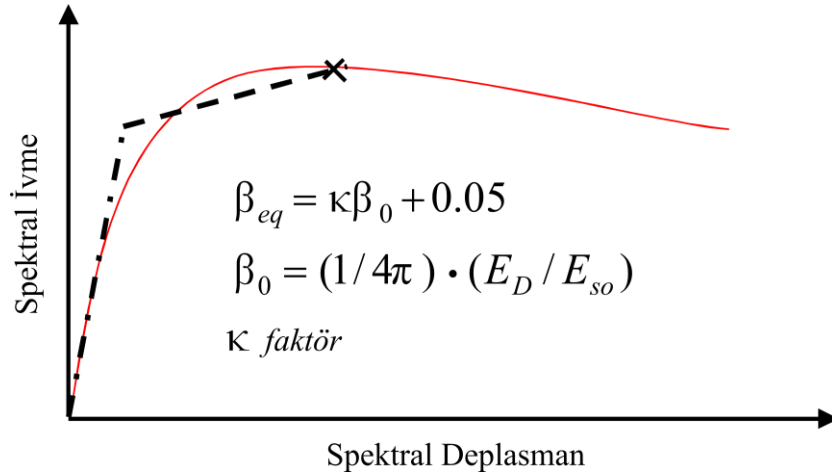
Şekil 4.9: İtme eğrisi kullanımı (ATC-40)

Bu binayı kapasite spektrumu metodu ile incelersek ($S_d = S_a T^2 / 4r^2$);

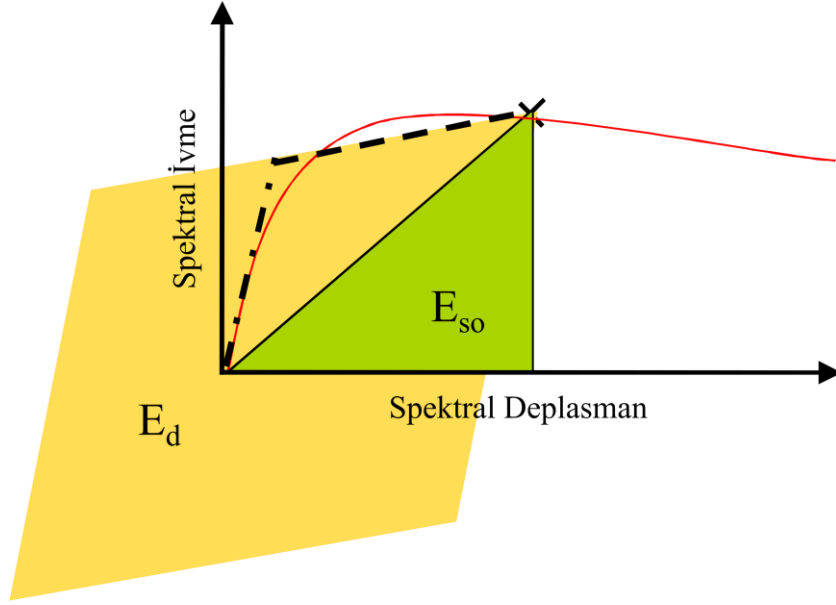
- α : kütle katılımı – taban kesme kuvvetine bağlı
- PF_1 : Tek serbestlik dereceli sistemin çatı deplasmanına ait katılım faktörü
- S_a : Spektral ivme
- S_d : Spektral deplasman



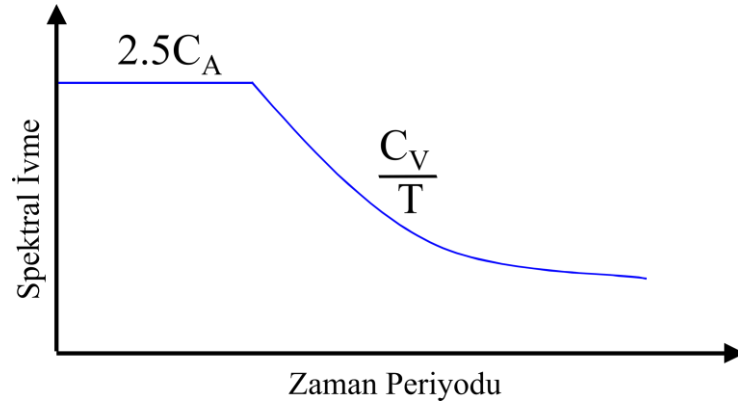
Şekil 4.10: Kapasite eğrisinin tespiti



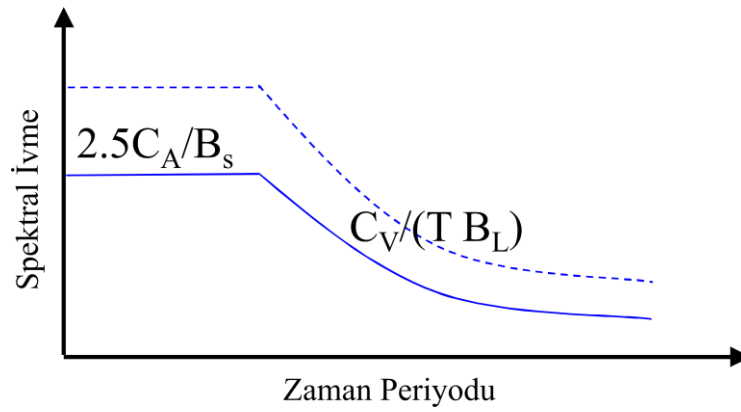
Şekil 4.11: Eşdeğer viskoz sönümün tespiti



Şekil 4.12: Eşdeğer sönümlenmenin tespiti



Şekil 4.13: Tepki spektrumu (% 5 sönümleme)



Şekil 4.14: Azaltılmış spektrum (Etkili sönümleme)

C_A ve C_V şunlara bağlıdır:

- Sismik bölge (0.075 - 0.4)
- Hataya ve kaynak tipine yakınlık (1 - 2)
- Toprak tipi (1 - 2.5)
- Deprem seviyesi (0.5 - 1.5)

Deprem modal yer değiştirme talebinin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında modal kapasite diyagramı tarafından temsil edilen modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesinin hesabına karşı gelmektedir. Modal tek serbestlik dereceli sistemde en büyük yer değiştirme, doğrusal olmayan spektral yer değiştirme olarak tanımlanır.

$$d_{1,\max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (20)$$

Burada $d_{1,\max}^{(X)}$ modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirmesini, $S_{di}(T_1)$ ise taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen ve denklem (21) ile tanımlanan doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeyi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (21)$$

Burada $S_{de}(T_1)$ elastik tasarım spektral yer değiştirmesini, C_R ise denklem (22)'de tanımlanan spektral yer değiştirme oranını göstermektedir.

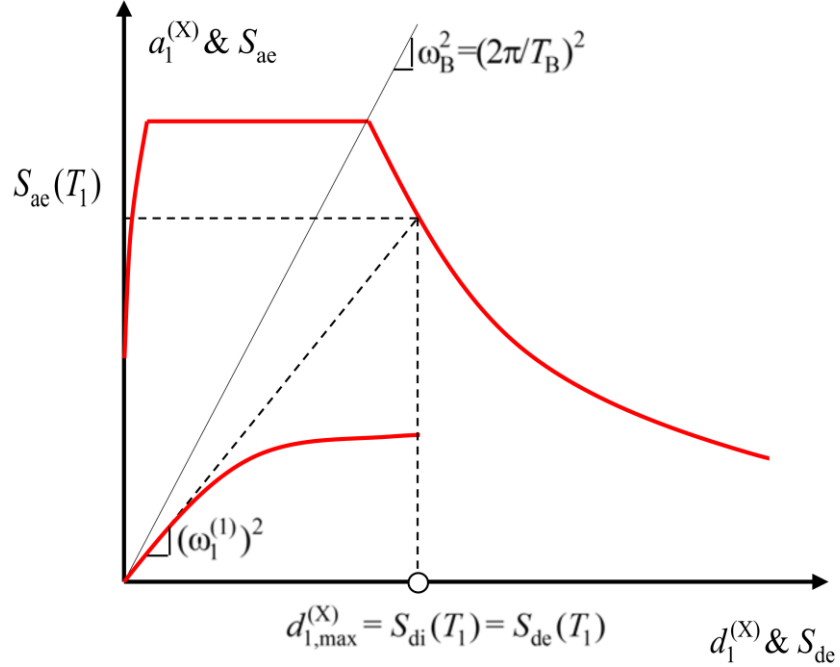
$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (22)$$

Burada akma dayanımı azaltma katsayısını gösteren R_y , dayanıma göre tasarım yaklaşımı için, öngörülen süneklik kapasitesine bağlı olarak tanımlanan bir büyüklüğü değil, itme hesabından doğrudan elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir:

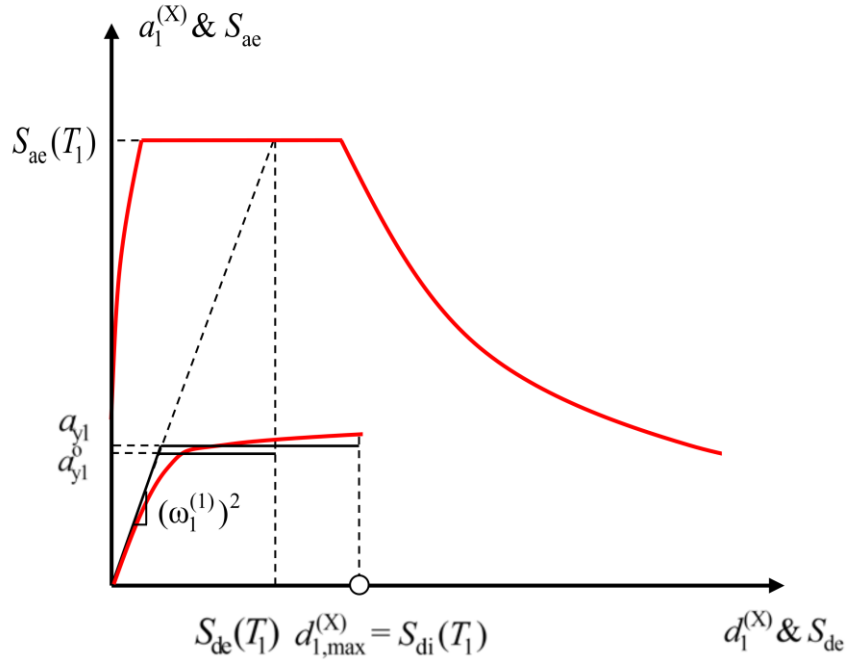
$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \quad (23)$$

Bu bağıntıda f_e ve $S_{ae}(T_1)$ elastik dayanım talebini ve ona karşı gelen elastik spektral ivmeyi, f_y ve a_{y1} ise akma dayanımını ve ona karşı gelen akma sözde-ivmesini temsil etmektedir (Şekil 4.16). $\mu(R_y, T_1)$, akma dayanımına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ifade edilen süneklik talebidir.

Şekil 4.15 ve şekil 4.16’da birinci (hâkim) titreşim moduna ait ve koordinatları modal yer değıştirme – modal sözde-ivme (d_1, a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yer değıştirme – spektral ivme (S_{de}, S_{ae}) olan doğrusal deprem spektrumu bir arada çizilmiştir.



Şekil 4.15: $T_1 > T_B$



Şekil 4.16: $T_1 \leq T_B$

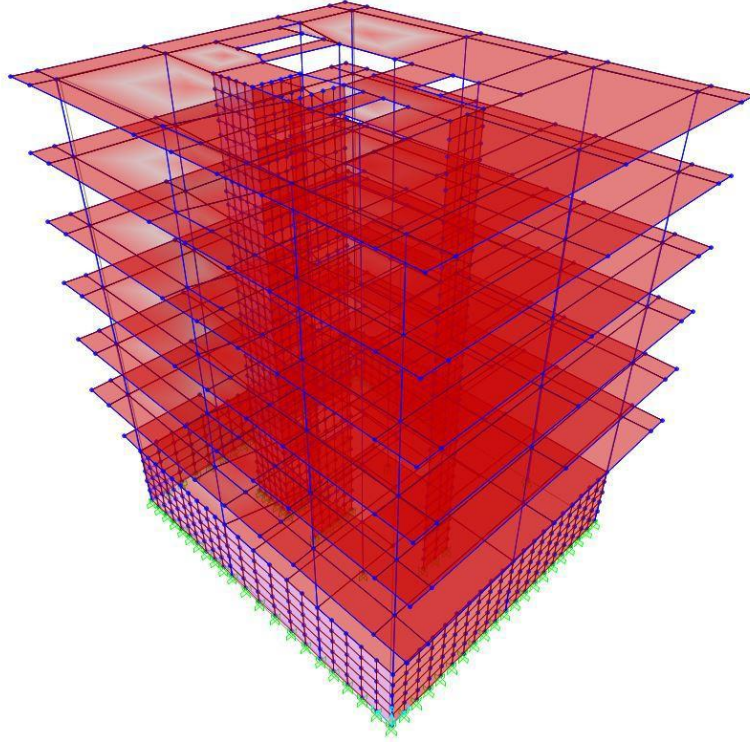
5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1. Program FEM (Finite Element Method)

SAP2000 programını kullanarak iki ve üç boyutlu projeler çizebilir, basit ve karmaşık geometrik yapılar tasarlanabilir, analiz yapıp raporlanabilir. Nesne tabanlı ara yüze sahip olan ve modelleme için gerekli şablonları bünyesinde bulunduran

SAP2000 modelleme sürecini hızlandırır. SAP2000 yapı türleri için kirişler, kafesler, merdivenler, borular gibi parametrik şablonlar içerir. Yapılan modellemeleri başarılı olarak görüntüleyen SAP2000 karmaşık geometriye sahip modellemeleri de kolaylıkla görüntüleyip değiştirmeye olanak sağlıyor.

SAP2000 ızgaraları kartezyen veya silindirik olarak tanımlar, ızgara sayısında bir sınırlama tanımaz ve ızgaralar istenilen yönde döndürülebilir. Yapılan modelin her ızgara hattındaki plan ve yükseklik görünümünü otomatik olarak oluşturur.



Şekil 5.1: Yapının 3D görünümü

Yapılan modellerin verilerini bir tablo görünümünde düzenlemesine olanak tanıyan SAP2000 bu özelliği ile modelde değişiklik yapma kolaylığı sunar. SAP2000 yapısal nesnelere birbirine bağlarken kesişim noktalarını otomatik olarak oluşturur.

SAP2000 bünyesinde uluslararası standart beton, çelik ve kompozit kesit özelliklerine sahip bir kütüphane bulundurulur. Doğrusal olmayan malzemelerin davranışları fiber mafsallar kullanılarak modellenilebilir. SAP2000 yerel ve uluslararası sismik ve rüzgar yüklerini otomatik olarak üretip ve uygulama özelliğine de sahip ve gelişmiş bir hareketli yük üreticisine de sahiptir. Dalga yükleme özelliği ile bu durumu oluşturan kaynaklardan yapı üzerinde otomatik olarak yükleme oluşturur. Analiz yapma özelliğine de sahip olan SAP2000 çok aşamalı statik analiz yapabilir. SAP2000 ile yapılan yapıların raporları da çıkarılabilir.

OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Max	10171,54	6490,51	24427,90	300962,93	-21515,54	124588,05
G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Min	-10171,54	-6490,51	24170,17	106814,31	-325073,24	-124588,06
G+0.3Q+SPX-0.3SPY	Max	10171,54	6490,51	24427,90	300962,93	-21515,54	124588,05
G+0.3Q+SPX-0.3SPY	Min	-10171,54	-6490,51	24170,17	106814,31	-325073,24	-124588,06
G+0.3Q-SPX-0.3SPY	Max	10171,54	6490,51	24427,90	300962,93	-21515,54	124588,05
G+0.3Q-SPX-0.3SPY	Min	-10171,54	-6490,51	24170,17	106814,31	-325073,24	-124588,06
G+0.3Q-SPX+0.3SPY	Max	10171,54	6490,51	24427,90	300962,93	-21515,54	124588,05
G+0.3Q-SPX+0.3SPY	Min	-10171,54	-6490,51	24170,17	106814,31	-325073,24	-124588,06
G+0.3Q+SPY+0.3SPX	Max	6765,49	9254,93	24419,41	344036,80	-72075,90	90885,66
G+0.3Q+SPY+0.3SPX	Min	-6765,49	-9254,93	24178,66	63740,44	-274512,89	-90885,66
G+0.3Q-SPY-0.3SPX	Max	6765,49	9254,93	24419,41	344036,80	-72075,90	90885,66
G+0.3Q-SPY-0.3SPX	Min	-6765,49	-9254,93	24178,66	63740,44	-274512,89	-90885,66

Şekil 5.2: Taban kesme kuvveti (Temel reaksiyonları)

LoadCase	Step	Displacement	BaseForce
Text	Unitless	m	KN
PUSHX	0	-0,000498	0
PUSHX	1	-0,001672	115,336
PUSHX	2	-0,014583	1279,592
PUSHX	3	-0,014588	1278,914
PUSHX	4	-0,021699	1793,011
PUSHX	5	-0,021704	1791,54
PUSHX	6	-0,050156	3567,639
PUSHX	7	-0,050161	3576,237
PUSHX	8	-0,100532	5982,031
PUSHX	9	-0,151201	8003,228
PUSHX	10	-0,157666	8248,296

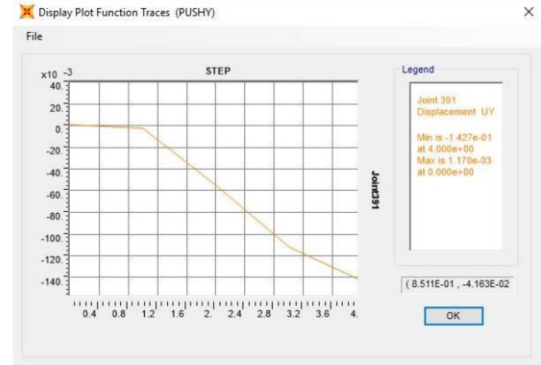
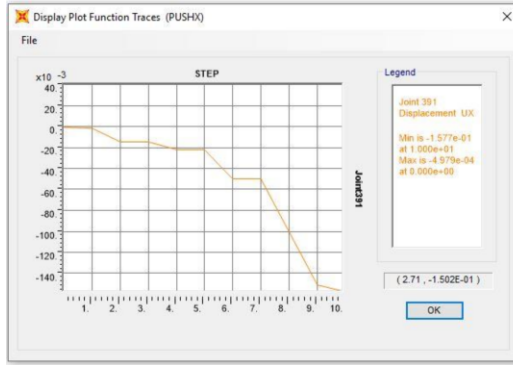
Şekil 5.3: İtme kapasite diyagramı X

LoadCase	Step	Displacement	BaseForce
Text	Unitless	m	KN
PUSHY	0	0,00117	0
PUSHY	1	-0,002737	325,495
PUSHY	2	-0,054843	3066,572
PUSHY	3	-0,112096	4931,475
PUSHY	4	-0,14272	5708,385

Şekil 5.4: İtme kapasite diyagramı Y

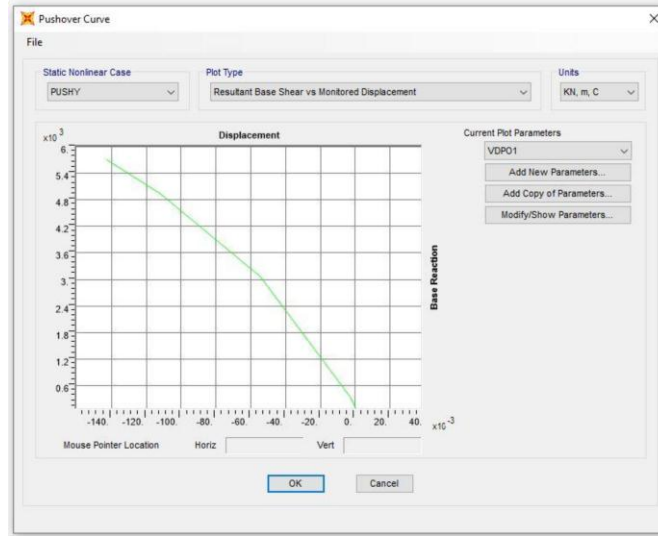
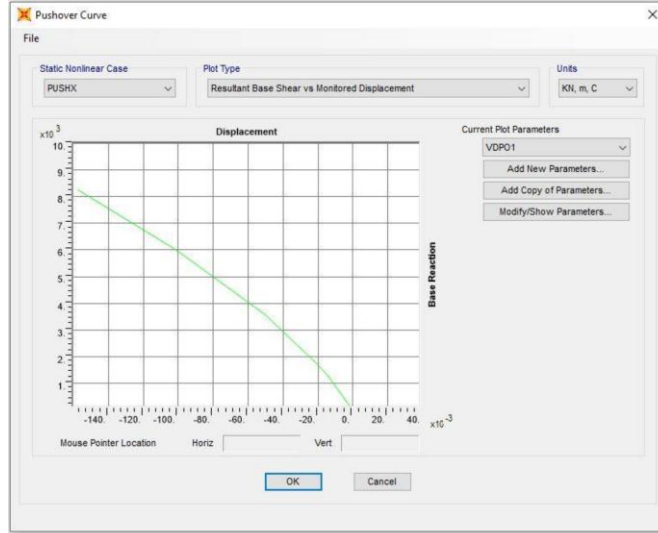
İtme X Adımları	
Mafsal 391	
Adım	Deplasman (m)
0	-4.98E-01
1	-0.00167
2	-0.01458
3	-0.01459
4	-0.0217
5	-0.0217
6	-0.05016
7	-0.05016
8	-0.10053
9	-0.1512
10	-0.15767

İtme Y Adımları	
Mafsal 391	
Adım	Deplasman (m)
0	0.00117
1	-0.00274
2	-0.05484
3	-0.1121
4	-0.14272

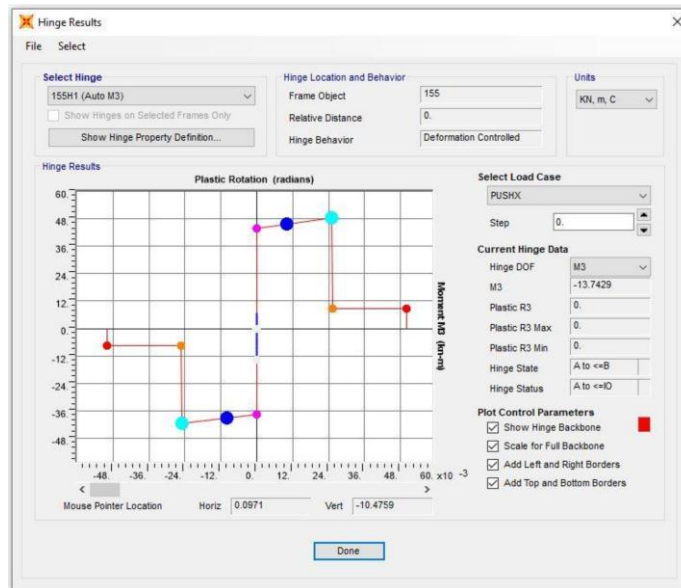


Şekil 5.5: İtme deplasman joint

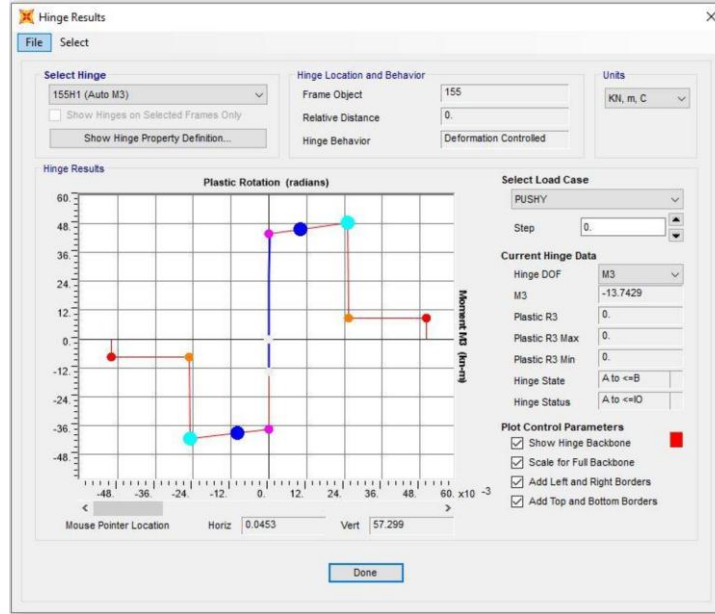
Kapasite spektrum yöntemi doğrusal olmayan bir sistemin eşdeğer doğrusallaştırılmasına dayanır. Buradaki önemli varsayım, doğrusal olmayan bir SDOF sisteminin elastik olmayan yer değiştirmesinin, doğal zaman periyodu ve sönümleme değerlerinin doğrusal olmayan sistemdekiler için başlangıç değerlerinden daha büyük olan doğrusal SDOF sisteminin maksimum elastik yer değiştirmesine yaklaşık olarak eşit olacaktır.



Şekil 5.6: Kapasite diyagramları



Şekil 5.7: Plastik mafsal davranışı (a)



Şekil 5.8: Plastik mafsal davranışı (b)

5.2. Kolon, Kirişte Esas Alınan Tasarım Kesme Kuvveti

TBDY2018 göre, 15.7.1.4 – Şekil değiştirme hesabı yapılan betonarme kesitin kesme kuvveti oranı $V_e / (b_w d f_{ctm}) < 0.65$ ise 15.7.1.3'e göre hesaplanan şekil değiştirme üst sınırları geçerlidir. Kesme kuvveti oranı 1.30'dan büyük ise 15.7.1.3'e göre hesaplanan şekil değiştirme üst sınırları 0.50 ile çarpılarak azaltılacaktır. Ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

5.2.1. Kirişler

	$V_e = 1.25f_{yk}(A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
K40x30	$= 1.25 \times 420 \times (942) - 0 = 494550 \text{ N}$	$\frac{494550}{400 \times 300 \times 1.2} = 3,43 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K50x30	$= 1.25 \times 420 \times (1068) - 0 = 280350 \text{ N}$	$\frac{280350}{500 \times 300 \times 1.2} = 3.12 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K55x30	$= 1.25 \times 420 \times (1257) - 0 = 659925 \text{ N}$	$\frac{659925}{550 \times 300 \times 1.2} = 3.33 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K70x30	$= 1.25 \times 420 \times (2614) - 0 = 1372350 \text{ N}$	$\frac{1372350}{700 \times 300 \times 1.2} = 5.45 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$

Şekil 5.9: Kirişler (a)

	$V_e = 1.25f_{yk}(A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
K20x30	$= 1.25 \times 420 \times (534) - 0 = 280350 \text{ N}$	$\frac{280350}{200 \times 262 \times 1.2} = 4.45 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K25x30	$= 1.25 \times 420 \times (534) - 0 = 280350 \text{ N}$	$\frac{280350}{250 \times 262 \times 1.2} = 3.56 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K25x50	$= 1.25 \times 420 \times (628) - 0 = 329700 \text{ N}$	$\frac{329700}{250 \times 452 \times 1.2} = 2,43 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K30x30	$= 1.25 \times 420 \times (534) - 0 = 280350 \text{ N}$	$\frac{280350}{300 \times 300 \times 1.2} = 2,60 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K35x30	$= 1.25 \times 420 \times (801) - 0 = 420525 \text{ N}$	$\frac{420525}{350 \times 300 \times 1.2} = 3,34 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
K35x45	$= 1.25 \times 420 \times (801) - 0 = 420525 \text{ N}$	$\frac{420525}{350 \times 450 \times 1.2} = 2,23 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$

Şekil 5.10: Kirişler (b)

5.2.2. Kolonlar

	$V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_a}{l_n}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
S40x40 Eleman 106	$= \frac{292.67 + 373.28}{2.9} = 229.63 \text{ kN}$	$\frac{229630}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.2 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.46$
S40x40 Eleman 91	$= \frac{276 + 274}{2.9} = 189.65 \text{ kN}$	$\frac{189655}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.99 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.38$
S40x40 Eleman 76	$= \frac{306 + 304}{2.9} = 210.34 \text{ kN}$	$\frac{210344}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.10 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.42$
S40x40 Eleman 61	$= \frac{312 + 290}{2.9} = 207.58 \text{ kN}$	$\frac{207586}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.08 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.42$
S40x40 Eleman 46	$= \frac{319 + 257}{2.9} = 198,62 \text{ kN}$	$\frac{198620}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.03 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.4$
S40x40 Eleman 31	$= \frac{270 + 148}{3.5} = 119,43 \text{ kN}$	$\frac{119428}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.62 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.24$
S40x40 Eleman 107	$= \frac{347 + 477}{2.9} = 284.14 \text{ kN}$	$\frac{284137}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.48 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
S40x40 Eleman 92	$= \frac{319 + 326}{2.9} = 222.41 \text{ kN}$	$\frac{222413}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.16 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.45$
S40x40 Eleman 77	$= \frac{354 + 367}{2.9} = 248.62 \text{ kN}$	$\frac{248620}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.29 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
S40x40 Eleman 62	$= \frac{358 + 349}{2.9} = 243.79 \text{ kN}$	$\frac{243793}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.27 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.49$

Şekil 5.11: Kolonlar (a)

	$V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_a}{l_n}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
S40x40 Eleman 47	$= \frac{365 + 311}{2.9} = 233,10 \text{ kN}$	$\frac{233103}{400 \times 400 \times 1.2} = 1.21 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.47$
S40x40 Eleman 32	$= \frac{289 + 176}{3.5} = 132.86 \text{ kN}$	$\frac{132857}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.69 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.27$
S40x40 Eleman 97	$= \frac{174 + 212}{2.9} = 133.10 \text{ kN}$	$\frac{133103}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.69 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.27$
S40x40 Eleman 82	$= \frac{164 + 149}{2.9} = 107.93 \text{ kN}$	$\frac{107931}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.56 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.22$
S40x40 Eleman 67	$= \frac{190 + 171}{2.9} = 124.48 \text{ kN}$	$\frac{124482}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.65 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.25$
S40x40 Eleman 52	$= \frac{205 + 167}{2.9} = 128.28 \text{ kN}$	$\frac{128276}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.67 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.26$
S40x40 Eleman 37	$= \frac{215 + 141}{2.9} = 122.759 \text{ kN}$	$\frac{122758}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.64 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.25$
S40x40 Eleman 22	$= \frac{319 + 111}{3.5} = 122.86 \text{ kN}$	$\frac{122857}{400 \times 400 \times 1.2} = 0.64 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.25$
S40x60 Eleman 103	$= \frac{257 + 488}{2.9} = 256.90 \text{ kN}$	$\frac{256896}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.89 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.34$
S40x60 Eleman 88	$= \frac{462 + 343}{2.9} = 277.59 \text{ kN}$	$\frac{277586}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.96 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.37$
S40x60 Eleman 73	$= \frac{439 + 504}{2.9} = 325.17 \text{ kN}$	$\frac{325172}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.13 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.43$
S40x60 Eleman 58	$= \frac{541 + 511}{2.9} = 362.76 \text{ kN}$	$\frac{362759}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.26 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.48$
S40x60 Eleman 43	$= \frac{571 + 420}{2.9} = 341.72 \text{ kN}$	$\frac{341724}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.19 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.46$
S40x60 Eleman 28	$= \frac{1224 + 322}{3.5} = 441.71 \text{ kN}$	$\frac{441.714}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.53 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
S40x60 Eleman 108	$= \frac{255 + 546}{2.9} = 276.21 \text{ kN}$	$\frac{276207}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.96 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.38$
S40x60 Eleman 93	$= \frac{277 + 362}{2.9} = 220.34 \text{ kN}$	$\frac{220345}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.77 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.30$
S40x60 Eleman 78	$= \frac{347 + 407}{2.9} = 260 \text{ kN}$	$\frac{260000}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.90 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.35$
S40x60 Eleman 43	$= \frac{571 + 420}{2.9} = 341.72 \text{ kN}$	$\frac{341724}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.19 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.46$

Şekil 5.12: Kolonlar (b)

	$V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_a}{l_n}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
S40x60 Eleman 63	$= \frac{402 + 370}{2.9} = 266.21 \text{ kN}$	$\frac{266.207}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.92 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.35$
S40x60 Eleman 48	$= \frac{445 + 281}{2.9} = 250.34 \text{ kN}$	$\frac{250344}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.87 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.33$
S40x60 Eleman 33	$= \frac{687 + 134}{3.5} = 234.57 \text{ kN}$	$\frac{234571}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.81 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.31$
S40x60 Eleman 96	$= \frac{284 + 469}{2.9} = 259.66 \text{ kN}$	$\frac{259655}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.90 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.35$
S40x60 Eleman 81	$= \frac{304 + 357}{2.9} = 227.93 \text{ kN}$	$\frac{227931}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.79 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.3$
S40x60 Eleman 66	$= \frac{357 + 388}{2.9} = 256.90 \text{ kN}$	$\frac{256897}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.89 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.34$
S40x60 Eleman 51	$= \frac{413 + 375}{2.9} = 271.72 \text{ kN}$	$\frac{271724}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.94 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.36$
S40x60 Eleman 36	$= \frac{394 + 293}{2.9} = 236.90 \text{ kN}$	$\frac{236897}{400 \times 600 \times 1.2} = 0.82 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.32$
S40x60 Eleman 21	$= \frac{986 + 230}{3.5} = 347.43 \text{ kN}$	$\frac{347429}{400 \times 600 \times 1.2} = 1.21 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.47$
S60x35 Eleman 98	$= \frac{344 + 210}{2.9} = 191.634 \text{ kN}$	$\frac{191634}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.75 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.29$
S60x35 Eleman 83	$= \frac{244 + 225}{2.9} = 161.724 \text{ kN}$	$\frac{161724}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.64 < 0.65 \rightarrow \text{Katsayısı} = 1$
S60x35 Eleman 68	$= \frac{272 + 269}{2.9} = 186.551 \text{ kN}$	$\frac{186551}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.74 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.28$
S60x35 Eleman 53	$= \frac{312 + 248}{2.9} = 193.103 \text{ kN}$	$\frac{193103}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.76 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.30$
S60x35 Eleman 38	$= \frac{334 + 184}{2.9} = 178.620 \text{ kN}$	$\frac{178620}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.70 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.27$
S60x35 Eleman 23	$= \frac{564 + 98}{3.5} = 189.142 \text{ kN}$	$\frac{189142}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.75 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.29$
S60x35 Eleman 99	$= \frac{294 + 492}{2.9} = 271 \text{ kN}$	$\frac{271000}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.07 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.41$
S60x35 Eleman 84	$= \frac{345 + 307}{2.9} = 224.827 \text{ kN}$	$\frac{224827}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.82 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.34$
S60x35 Eleman 69	$= \frac{381 + 367}{2.9} = 259.310 \text{ kN}$	$\frac{259310}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.03 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.40$

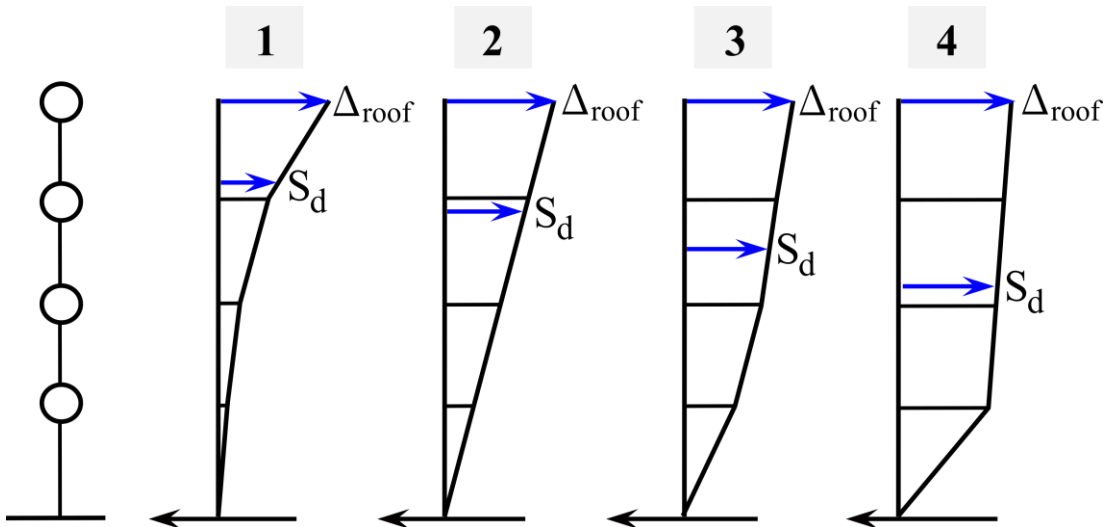
Şekil 5.13: Kolonlar (c)

	$V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_a}{l_n}$	$\frac{V_e}{b_w \times d \times f_{ctm}}$
S60x35 Eleman 54	$= \frac{413 + 357}{2.9} = 265.517 \text{ kN}$	$\frac{265517}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.05 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.4$
S60x35 Eleman 39	$= \frac{438 + 276}{2.9} = 246.206 \text{ kN}$	$\frac{246206}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.97 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.37$
S60x35 Eleman 24	$= \frac{641 + 145}{3.5} = 224.571 \text{ kN}$	$\frac{224571}{600 \times 350 \times 1.2} = 0.89 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.34$
S60x35 Eleman 109	$= \frac{660 + 347}{2.9} = 347.241 \text{ kN}$	$\frac{347241}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.37 > 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.5$
S60x35 Eleman 94	$= \frac{411 + 327}{2.9} = 254.482 \text{ kN}$	$\frac{254482}{600 \times 350 \times 1.2} = 1 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.39$
S60x35 Eleman 79	$= \frac{486 + 418}{2.9} = 311.724 \text{ kN}$	$\frac{311724}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.2 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.47$
S60x35 Eleman 64	$= \frac{475 + 455}{2.9} = 320.690 \text{ kN}$	$\frac{320690}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.27 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.49$
S60x35 Eleman 49	$= \frac{527 + 374}{2.9} = 310.690 \text{ kN}$	$\frac{310690}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.23 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.47$
S60x35 Eleman 34	$= \frac{739 + 189}{3.5} = 265.142 \text{ kN}$	$\frac{265142}{600 \times 350 \times 1.2} = 1.05 < 1.3 \rightarrow \text{Katsayısı} = 0.4$

Şekil 5.14: Kolonlar (d)

5.3. Tek Modlu İtme Analizi

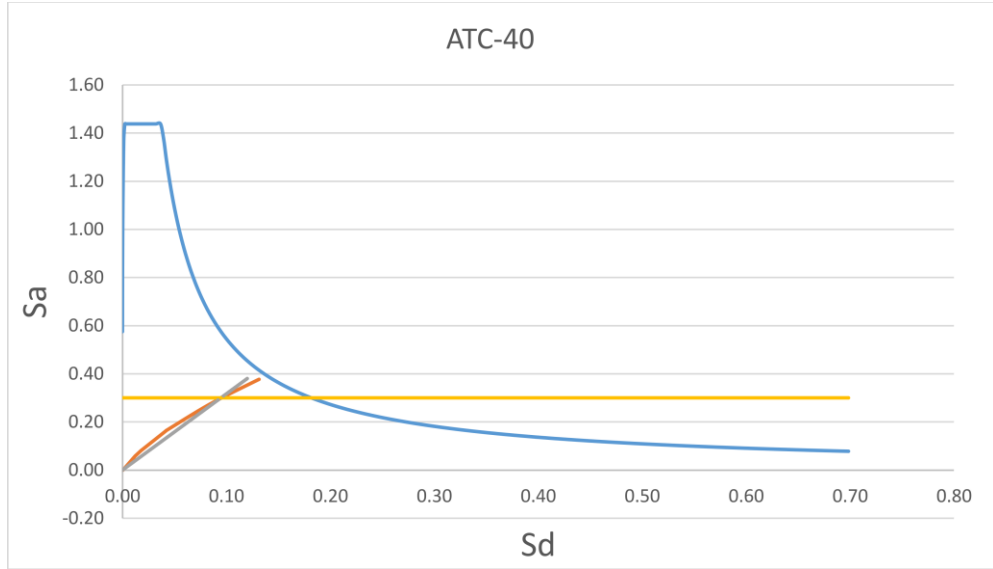
Pushover adım sayısı 10 ve $G + nQ$ (KN) = 24300 olarak alalım. Kullanacağımız modal analiz şekli aşağıdaki Şekil 5.15 deki 3 numaralı şekildir.



Şekil 5.15: Modal analiz şekilleri

Adım	D (m)	V (KN)	Sd	Sa
0	0.000498	0	0.000415	0
1	0.001672	115.336	0.001393333	0.005274
2	0.014583	1279.592	0.0121525	0.058509
3	0.014588	1278.914	0.012156667	0.058478
4	0.021699	1793.011	0.0180825	0.081985
5	0.021704	1791.54	0.018086667	0.081918
6	0.050156	3567.639	0.041796667	0.163129
7	0.050161	3576.237	0.041800833	0.163522
8	0.100532	5982.031	0.083776667	0.273527
9	0.151201	8003.228	0.126000833	0.365945
10	0.157666	8248.296	0.131388333	0.377151

Şekil 5.16: İtme kapasite diyagramı



Şekil 5.17: Sa – Sd grafiği

TA :	0.07
TB :	0.33
TL :	6
T1 :	0.815

$$R_y = 1.9500$$

$$C_R = 1$$

$$d_{1,max} = S_{di}(T_1) = \mathbf{0.16} \text{ (m)} \quad d_{imax} = \mathbf{0.145} \text{ (m)} \quad \checkmark$$



$$\text{Taban Kesme Kuvveti } V_{max} = \mathbf{13000} \text{ (KN)} \quad V_{max} = \mathbf{10171} \text{ (KN)} \quad \checkmark$$

Şekil 5.18: $d_{imax} - V_{max}$ sonuçları

5.4. Şekil Değişirme Sınırları ve Karşılaştırma

d_b	0.014	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	6.72	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.70E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	1.01E-02	Akma eğriliği [m-1]
M_y	28.681	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	60.44	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	20.678	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	152	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	152	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	125600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	534	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.013009018	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	2.92	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.004809524	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.300589513	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.018682794	
$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$	0.008967401	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	0.0252	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.006725551	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.0189	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	2148.050363	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.19: K20x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	5.004	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.70E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	9.85E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	29.397	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	151.63	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	129	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	202	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	202	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	154600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	534	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.007126499	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.18	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.004809524	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.351553632	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.02185041	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.009412754	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.0235	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.007059565	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.001763	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	1616.221679	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.20: K25x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	2.94	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.5	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	2.04E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	5.50E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	66.645	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	638	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	415	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	202	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	80	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	202	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	452	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	410600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	628	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.005716066	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.54	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.002525	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.18310974	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.005975012	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.006591928	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.018897	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.004943946	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.014172	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	5974.776765	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.21: K25x50

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	2.16	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.30E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	9.66E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	29.974	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	221	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	159	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	252	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	193600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	534	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.007630056	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.39	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.004809524	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.364746604	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.022670404	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.009522678	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.02106	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.007142008	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.01579	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	1820.08163	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.22: K30x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	1.84	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.70E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	9.90E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	43.832	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	198	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	149	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	302	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	302	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	242600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	801	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.007591653	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.33	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.004777673	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.356834843	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.022031779	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.009437242	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.0236	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.007077932	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.0177	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	2557.482251	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.23: K35x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	2.2	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.45	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.06E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	7.98E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	53.682	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	354	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	500	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	302	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	140	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	302	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	402	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	419600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	801	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.005780963	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	0.71	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.001603175	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.268979926	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.005572712	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.006486024	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.02434	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.004864518	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.018255	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	2191.49524	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.24: K35x45

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	4	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.32E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	9.62E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	39.238	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	245	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	176	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	101	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	352	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	170	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	352	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	301600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	942	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.007613291	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.39	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.001687834	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.217818405	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.004751058	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.006257117	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.021233078	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.004692837	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.0159248	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	2391.479145	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.25: K40x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	3.175	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.69E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	9.84E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	58.829	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	744	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	476	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	201	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	452	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	452	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	234406	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	1068	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.008250419	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.56	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.003192162	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.521951726	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.021531841	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.009369493	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.023751378	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.00702712	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.01781354	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	3715.011579	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.26: K50x30

d_b	0.012	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	6.7	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.69E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	1.01E-02	Akma eğriliği [m-1]
M_y	74.93	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	235	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	127	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	201	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	502	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	502	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	246584	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	1257	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.009320367	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	1.85	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.002874217	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.540828875	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.020088403	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.009169343	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.023872638	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.006877007	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.017904479	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	4958.67449	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.27: K55x30

d_b	0.016	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	4.125	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.3	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	3.73E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	1.09E-02	Akma eğriliği [m-1]
M_y	158.253	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	360	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	180	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	101	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	201	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	652	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	70	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	652	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	252	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	381248	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kiriş	
A_s	2614	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.010899134	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	2.00	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.002212971	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.499744793	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.014291899	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.008281949	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.026383206	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.006211462	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.019787404	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	9679.851647	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.28: K70x30

d_b	0.016	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	3.5	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.35	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	1.83E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	7.89E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	179	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	751	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	265	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	236	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	393	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	530	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	80	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	530	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	280	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	187700	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kolon	
A_s	2413	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.010504719	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	2.83	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.005566038	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.625400498	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.044985267	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.011983892	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.011413764	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.008987919	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.008560323	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	16096.86914	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.29: S60x35

d_b	0.016	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	3.5	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.4	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	2.84E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	7.60E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	87.758	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	327	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	124	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	236	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	236	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	330	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	90	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	330	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	330	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	219600	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kolon	
A_s	1608	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.009748639	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	2.64	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.006555556	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.495190447	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.041951519	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.011692828	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.012258738	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.008769621	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.009194054	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	7913.115905	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.30: S40x40

d_b	0.016	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
l	3.5	kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın [m]
h	0.6	Kesit yüksekliği [m]
φ_u	1.79E-01	Göçme öncesi eğrilik [m-1]
φ_y	4.80E-03	Akma eğriliği [m-1]
M_y	196.56	Etkin akma momenti [kNm]
M_{max}	988	Eleman momenti [kNm]
V_{max}	341	Eleman kesme kuvveti [kN]
A_{shx}	314	Enine donatı alanı X yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
A_{shy}	314	Enine donatı alanı Y yönü (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	330	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
S	100	Sargı donatısı aralığı [mm]
b_0	330	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
h_0	530	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
$\sum a_i^2$	226307	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
f_{ywe}	504	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ce}	39	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
Kesit	Kolon	
A_s	2413	Boyuna donatı alanı [mm ²]
η	1	
θ_y	0.007376482	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
L_s	2.90	Kesme açıklığı [m]
$\rho_{sh,min}$	0.005233333	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
α_{se}	0.602722366	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ω_{we}	0.040762577	
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	0.011575898	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	0.048	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	0.019542957	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	0.008681923	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	0.036	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	0.014655722	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(SH)}$	0.0025	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(SH)}$	0.0075	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	0	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$(EI)_e$	25735.17578	Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, ba kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

Şekil 5.31: S40x60

No.	Eleman Adı	Eleman Türü	B (m)	H (m)	Lc (m)	My (KN.m)	EI (KN.m ²)	θ_y	Φ_y (m-1)	Δ (m)	θ_i	θ_{ki}	Φ_t (m-1)	θ_p (SH)	θ_p (KH)	θ_p (GÖ)	Kontrol
1	329	Kiriş	0.2	0.3	1.5	28.681	1477	0.007	0.010	0	0.009	0.026	0.12	0	0.018	0.025	✓
2	317	Kiriş	0.2	0.3	6.8	28.681	2193	0.014	0.010	0	0.009	0.033	0.17	0	0.019	0.025	✓
3	406	Kiriş	0.2	0.3	1.5	28.681	1478	0.007	0.010	0	0.010	0.026	0.12	0	0.018	0.025	✓
4	394	Kiriş	0.2	0.3	6.8	28.681	2193	0.014	0.010	0	0.010	0.033	0.16	0	0.019	0.025	✓
5	405	Kiriş	0.2	0.3	6.72	28.681	2148	0.013	0.010	0	0.009	0.032	0.17	0	0.019	0.025	✓
6	363	Kiriş	0.25	0.3	5.004	29.397	1477	0.007	0.010	0	0.006	0.008	0.03	0	0.002	0.023	X
7	440	Kiriş	0.25	0.3	5.004	29.397	1460	0.007	0.010	0	0.006	0.008	0.03	0	0.002	0.023	X
8	517	Kiriş	0.25	0.3	5.004	29.397	1432	0.007	0.010	0	0.006	0.008	0.03	0	0.002	0.023	X
9	171	Kiriş	0.25	0.3	5.004	29.397	1562	0.007	0.010	0	0.002	0.009	0.06	0	0.002	0.023	✓
10	206	Kiriş	0.25	0.3	5.004	29.397	1616	0.007	0.010	0	0.004	0.009	0.04	0	0.002	0.024	X
11	596	Kiriş	0.25	0.5	5.683	66.645	8157	0.008	0.006	0	0.006	0.022	0.07	0	0.015	0.020	✓
12	501	Kiriş	0.25	0.5	2.94	66.645	5886	0.006	0.006	0	0.008	0.020	0.05	0	0.014	0.019	✓
13	442	Kiriş	0.25	0.5	5.683	66.645	8127	0.008	0.006	0	0.008	0.022	0.06	0	0.015	0.020	✓
14	365	Kiriş	0.25	0.5	5.683	66.645	8164	0.008	0.006	0	0.009	0.022	0.06	0	0.015	0.020	✓
15	270	Kiriş	0.25	0.5	2.94	66.645	5975	0.006	0.006	0	0.008	0.020	0.05	0	0.014	0.019	✓
16	597	Kiriş	0.3	0.3	2.16	29.974	1659	0.007	0.010	0	0.007	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
17	527	Kiriş	0.3	0.3	2.068	29.974	1775	0.007	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
18	434	Kiriş	0.3	0.3	3.5	29.974	1866	0.008	0.010	0	0.008	0.024	0.11	0	0.016	0.021	✓
19	373	Kiriş	0.3	0.3	2.068	29.974	1746	0.007	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
20	289	Kiriş	0.3	0.3	2.16	29.974	1820	0.008	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
21	590	Kiriş	0.35	0.3	1.84	43.832	2573	0.008	0.010	0	0.008	0.025	0.13	0	0.018	0.024	✓
22	513	Kiriş	0.35	0.3	1.84	43.832	2569	0.008	0.010	0	0.006	0.025	0.14	0	0.018	0.024	✓
23	436	Kiriş	0.35	0.3	1.84	43.832	2559	0.008	0.010	0	0.006	0.025	0.14	0	0.018	0.024	✓
24	359	Kiriş	0.35	0.3	1.84	43.832	2557	0.008	0.010	0	0.007	0.025	0.14	0	0.018	0.024	✓
25	282	Kiriş	0.35	0.3	1.84	43.832	2560	0.008	0.010	0	0.006	0.025	0.14	0	0.018	0.024	✓
26	602	Kiriş	0.35	0.45	2.2	53.682	1982	0.006	0.008	0	0.008	0.024	0.08	0	0.018	0.024	✓
27	525	Kiriş	0.35	0.45	2.2	53.682	2005	0.006	0.008	0	0.008	0.024	0.08	0	0.018	0.024	✓
28	448	Kiriş	0.35	0.45	2.2	53.682	2204	0.006	0.008	0	0.009	0.024	0.08	0	0.018	0.024	✓
29	371	Kiriş	0.35	0.45	2.2	53.682	2191	0.006	0.008	0	0.009	0.024	0.08	0	0.018	0.024	✓
30	294	Kiriş	0.35	0.45	2.2	53.682	2191	0.006	0.008	0	0.008	0.024	0.08	0	0.018	0.024	✓
31	510	Kiriş	0.4	0.3	4	39.238	2260	0.007	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
32	433	Kiriş	0.4	0.3	4	39.238	2302	0.007	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
33	356	Kiriş	0.4	0.3	4	39.238	2336	0.007	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
34	279	Kiriş	0.4	0.3	4	39.238	2365	0.008	0.010	0	0.008	0.023	0.11	0	0.016	0.021	✓
35	196	Kiriş	0.4	0.3	4	39.238	2394	0.008	0.010	0	0.008	0.024	0.11	0	0.016	0.021	✓
36	418	Kiriş	0.5	0.3	3.175	58.829	3720	0.008	0.010	0	0.010	0.026	0.12	0	0.018	0.024	✓
37	589	Kiriş	0.5	0.3	6.5	58.829	4252	0.010	0.010	0	0.010	0.028	0.14	0	0.018	0.024	✓
38	341	Kiriş	0.5	0.3	3.175	58.829	3721	0.008	0.010	0	0.010	0.026	0.12	0	0.018	0.024	✓
39	387	Kiriş	0.5	0.3	1	58.829	2979	0.007	0.010	0	0.010	0.024	0.11	0	0.017	0.023	✓
40	264	Kiriş	0.5	0.3	3.175	58.829	3715	0.008	0.010	0	0.010	0.026	0.12	0	0.018	0.024	✓
41	600	Kiriş	0.55	0.3	6.7	74.93	4955	0.009	0.010	0	0.006	0.027	0.15	0	0.018	0.024	✓
42	504	Kiriş	0.55	0.3	4.3	74.93	5243	0.010	0.010	0	0.008	0.028	0.15	0	0.018	0.024	✓
43	446	Kiriş	0.55	0.3	6.7	74.93	4948	0.009	0.010	0	0.008	0.027	0.14	0	0.018	0.024	✓
44	350	Kiriş	0.55	0.3	4.3	74.93	5251	0.010	0.010	0	0.008	0.028	0.15	0	0.018	0.024	✓
45	369	Kiriş	0.55	0.3	6.7	74.93	4959	0.009	0.010	0	0.008	0.027	0.14	0	0.018	0.024	✓
46	601	Kiriş	0.7	0.3	4.125	158.253	9568	0.011	0.011	0	0.010	0.030	0.15	0	0.020	0.026	✓
47	536	Kiriş	0.7	0.3	1.5	158.253	8275	0.009	0.011	0	0.008	0.028	0.15	0	0.020	0.026	✓
48	447	Kiriş	0.7	0.3	4.125	158.253	9539	0.011	0.011	0	0.011	0.030	0.14	0	0.020	0.026	✓
49	382	Kiriş	0.7	0.3	1.5	158.253	8246	0.009	0.011	0	0.008	0.028	0.14	0	0.020	0.026	✓
50	293	Kiriş	0.7	0.3	4.125	158.253	9680	0.011	0.011	0	0.010	0.031	0.15	0	0.020	0.026	✓
51	106	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6362	0.007	0.008	0.03	0.005	0.006	0.01	0	0.017	0.022	✓
52	91	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6042	0.007	0.008	0.02	0.006	0.001	0.02	0	0.014	0.018	✓
53	76	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6026	0.007	0.008	0.024	0.006	0.002	0.02	0	0.015	0.020	✓
54	61	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6026	0.007	0.008	0.0236	0.007	0.002	0.02	0	0.015	0.020	✓
55	46	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6364	0.007	0.008	0.0212	0.006	0.001	0.02	0	0.014	0.019	✓

Şekil 5.32: Elemanların analizi (a)

No.	Eleman Adı	Eleman Türü	B (m)	H (m)	Lc (m)	My (KN.m)	EI (KN.m ²)	θy	Φy (m-1)	Δ (m)	θi	θki	Φt (m-1)	θp (SH)	θp (KH)	θp (GÖ)	Kontrol
56	31	Kolon	0.4	0.4	3.5	87.758	7493	0.009	0.008	0.0148	0.005	0.001	0.01	0	0.009	0.012	✓
57	107	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6398	0.007	0.008	0.021	0.004	0.004	0.01	0	0.018	0.024	✓
58	92	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6070	0.007	0.008	0.0226	0.006	0.002	0.01	0	0.016	0.022	✓
59	77	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6023	0.007	0.008	0.0237	0.006	0.002	0.01	0	0.018	0.024	✓
60	62	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6124	0.007	0.008	0.0236	0.006	0.002	0.01	0	0.018	0.023	✓
61	47	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6322	0.007	0.008	0.0212	0.006	0.002	0.01	0	0.018	0.023	✓
62	32	Kolon	0.4	0.4	3.5	87.758	7383	0.009	0.008	0.0174	0.005	0.000	0.01	0	0.018	0.013	✓
63	97	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	5954	0.007	0.008	0.021	0.006	0.001	0.02	0	0.018	0.013	✓
64	82	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6770	0.008	0.008	0.0229	0.007	0.000	0.03	0	0.008	0.011	✓
65	67	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6800	0.008	0.008	0.0244	0.008	0.001	0.03	0	0.009	0.012	✓
66	52	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6572	0.008	0.008	0.025	0.008	0.001	0.03	0	0.009	0.013	✓
67	37	Kolon	0.4	0.4	2.9	87.758	6467	0.007	0.008	0.0233	0.008	0.000	0.03	0	0.009	0.012	✓
68	22	Kolon	0.4	0.4	3.5	87.758	7913	0.010	0.008	0.0192	0.007	0.001	0.02	0	0.009	0.012	✓
69	103	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	21409	0.006	0.005	0.0234	0.007	0.001	0.01	0	0.010	0.014	✓
70	88	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	19769	0.006	0.005	0.027	0.009	0.001	0.02	0	0.011	0.015	✓
71	73	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	18904	0.006	0.005	0.0298	0.009	0.001	0.02	0	0.013	0.017	✓
72	58	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	17849	0.006	0.005	0.031	0.010	0.001	0.03	0	0.014	0.019	✓
73	43	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	19319	0.006	0.005	0.0295	0.010	0.000	0.03	0	0.014	0.019	✓
74	28	Kolon	0.4	0.6	3.5	196.56	25398	0.007	0.005	0.0251	0.009	0.002	0.02	0	0.016	0.021	✓
75	108	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	19004	0.006	0.005	0.0215	0.006	0.001	0.01	0	0.011	0.015	✓
76	93	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	17381	0.006	0.005	0.0236	0.008	0.000	0.02	0	0.009	0.012	✓
77	78	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	17132	0.006	0.005	0.0249	0.008	0.001	0.02	0	0.010	0.014	✓
78	63	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	18587	0.006	0.005	0.025	0.008	0.000	0.02	0	0.011	0.014	✓
79	48	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	20506	0.006	0.005	0.0226	0.008	0.000	0.02	0	0.010	0.013	✓
80	33	Kolon	0.4	0.6	3.5	196.56	22030	0.006	0.005	0.0188	0.007	0.001	0.01	0	0.010	0.013	✓
81	96	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	19879	0.006	0.005	0.021	0.007	0.001	0.01	0	0.011	0.014	✓
82	81	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	18652	0.006	0.005	0.0229	0.008	0.000	0.02	0	0.009	0.012	✓
83	66	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	18299	0.006	0.005	0.0244	0.008	0.000	0.02	0	0.010	0.014	✓
84	51	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	18613	0.006	0.005	0.025	0.008	0.000	0.02	0	0.011	0.014	✓
85	36	Kolon	0.4	0.6	2.9	196.56	19928	0.006	0.005	0.0233	0.008	0.000	0.02	0	0.010	0.013	✓
86	21	Kolon	0.4	0.6	3.5	196.56	25735	0.007	0.005	0.0192	0.007	0.002	0.01	0	0.015	0.020	✓
87	99	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13906	0.008	0.008	0.0215	0.006	0.001	0.02	0	0.009	0.012	✓
88	84	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12774	0.007	0.008	0.0236	0.008	0.001	0.03	0	0.008	0.010	✓
89	69	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12583	0.007	0.008	0.025	0.008	0.001	0.03	0	0.008	0.011	✓
90	54	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12727	0.007	0.008	0.025	0.009	0.000	0.04	0	0.009	0.011	✓
91	39	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13561	0.008	0.008	0.0228	0.008	0.000	0.03	0	0.008	0.010	✓
92	24	Kolon	0.6	0.35	3.5	179	16222	0.011	0.008	0.0188	0.007	0.001	0.02	0	0.007	0.010	✓
93	98	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	14128	0.008	0.008	0.0209	0.006	0.001	0.02	0	0.007	0.008	✓
94	83	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13143	0.008	0.008	0.0226	0.008	0.000	0.03	0	0.021	0.028	✓
95	68	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12930	0.008	0.008	0.0236	0.008	0.000	0.03	0	0.008	0.008	✓
96	53	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13118	0.008	0.008	0.0236	0.008	0.000	0.04	0	0.008	0.008	✓
97	38	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	14012	0.008	0.008	0.0214	0.007	0.000	0.03	0	0.008	0.008	✓
98	23	Kolon	0.6	0.35	3.5	179	16615	0.011	0.008	0.0175	0.006	0.001	0.02	0	0.007	0.008	✓
99	109	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13995	0.008	0.008	0.0222	0.006	0.002	0.02	0	0.011	0.014	✓
100	94	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12186	0.007	0.008	0.0248	0.008	0.001	0.03	0	0.008	0.011	✓
101	79	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12377	0.007	0.008	0.0268	0.008	0.001	0.04	0	0.010	0.013	✓
102	64	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	12516	0.007	0.008	0.0262	0.009	0.000	0.04	0	0.010	0.014	✓
103	49	Kolon	0.6	0.35	2.9	179	13328	0.008	0.008	0.0264	0.008	0.001	0.04	0	0.010	0.013	✓
104	34	Kolon	0.6	0.35	3.5	179	16097	0.011	0.008	0.0211	0.008	0.001	0.03	0	0.009	0.011	✓

Şekil 5.33: Elemanların analizi (b)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elastik yüksek katlı binalar için sıradan tepki spektrum analizi doğrusal olmayan itme analizi olarak yeniden formüle edilebilir. İtme analizi ile yanal yüklemeye maruz kalan elastik bir yapının tepe tepkisi tahmin edilebilir ve simetrik olmayan yapılarda doğru sismik talep tahminini verebilir. Kiriş kolon eklemlerinin davranışını ve plastik mafsalların başarısızlık şeklini analiz etmek, etkili ve yararlı bir yaklaşım olabilir.

Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu kabul edilir:

(a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla % 35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadar ileri hasar bölgesine geçebilir.

(b) İleri hasar bölgesindeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir.

Çizelge 6.1: Sınırdan geçen kiriş sayıları

Katlar	Kiriş Sayısı	Sınırdan Geçen Eleman Sayısı	%	Kontrol
5. Kat	61	4	6	✓
4. Kat	64	3	5	✓
3. Kat	64	4	6	✓
2. Kat	64	3	5	✓
1.Kat	64	0	0	✓
Zemin Kat	64	0	0	✓
1. Bodrum Kat	29	0	0	✓

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
95	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	127.058	4.00%
96	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	253.597	7.97%
97	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	150.249	4.72%
98	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	196.924	6.19%
99	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	276.933	8.71%
100	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	188.622	5.93%
101	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	363.467	11.43%
102	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	450.547	14.17%
103	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	259.208	8.15%
104	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	210.873	6.63%
105	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	187.713	5.90%
106	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	234.69	7.38%
107	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	280.03	8.81%
			Toplam	Max	3179.911	100.00%

Şekil 6.1: 5. kat kolonlar

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
80	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	101.707	3.73%
81	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	215.965	7.92%
82	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	115.409	4.23%
83	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	158.982	5.83%
84	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	224.396	8.23%
85	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	174.162	6.38%
86	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	327.965	12.02%
87	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	391.534	14.35%
88	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	274.266	10.05%
89	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	180.336	6.61%
90	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	152.495	5.59%
91	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	191.391	7.02%
92	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	219.347	8.04%
			Toplam	Max	2727.955	100.00%

Şekil 6.2: 4. kat kolonlar

Daha yüksek rijitliğe sahip perde duvarlar, dinamik analizi daha kolay ve basit hale getirir. Genellikle dikey düzensizliklerin çatı yer değiştirmeleri üzerinde hiçbir etkisi yoktur, ancak amaçlanan sürüklenme aynıdır. Kesme etkilerinin dikkate alınması ve dengesiz kuvvet yaklaşımının uygulanması güvenli ve gerçekçi sismik tepki için esastır.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
65	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	116.854	3.73%
66	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	240.812	7.69%
67	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	133.629	4.27%
68	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	181.395	5.79%
69	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	257.268	8.22%
70	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	203.83	6.51%
71	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	380.179	12.14%
72	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	462.809	14.78%
73	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	317.913	10.16%
74	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	205.554	6.57%
75	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	171.924	5.49%
76	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	212.389	6.78%
77	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	245.834	7.85%
			Toplam	Max	3130.39	100.00%

Şekil 6.3: 3. kat kolonlar

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
50	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	120.585	3.69%
51	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	256.112	7.83%
52	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	136.243	4.16%
53	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	186.801	5.71%
54	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	261.498	7.99%
55	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	215.562	6.59%
56	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	406.939	12.44%
57	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	491.685	15.03%
58	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	355.463	10.87%
59	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	214.546	6.56%
60	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	174.915	5.35%
61	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	209.098	6.39%
62	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	241.811	7.39%
			Toplam	Max	3271.258	100.00%

Şekil 6.4: 2. kat kolonlar

Bir deprem sırasında kiriş ve kolon uç bölgelerinde mafsall oluşumu olasılığının maksimum olabilmektedir. Yerçekimi yükleri büyükse, kirişlerde orta açıklığın yakınında mafsallar oluşabilir. Bu gibi durumlarda, döngüsel yükler mafsalların dönüşünü kademeli olarak arttırır ve kirişin sarkmasına neden olur. Yerçekimi yüklerinin çok büyük olmadığı durumlarda kirişler için plastik mafsallar sadece uçların yakınında modellenmelidir.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
35	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	109.529	3.58%
36	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	221.129	7.22%
37	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	132.58	4.33%
38	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	173.288	5.66%
39	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	242.687	7.92%
40	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	208.872	6.82%
41	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	373.104	12.18%
42	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	471.51	15.39%
43	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	336.06	10.97%
44	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	199.508	6.51%
45	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	162.447	5.30%
46	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	200.139	6.53%
47	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	232.249	7.58%
			Toplam	Max	3063.102	100.00%

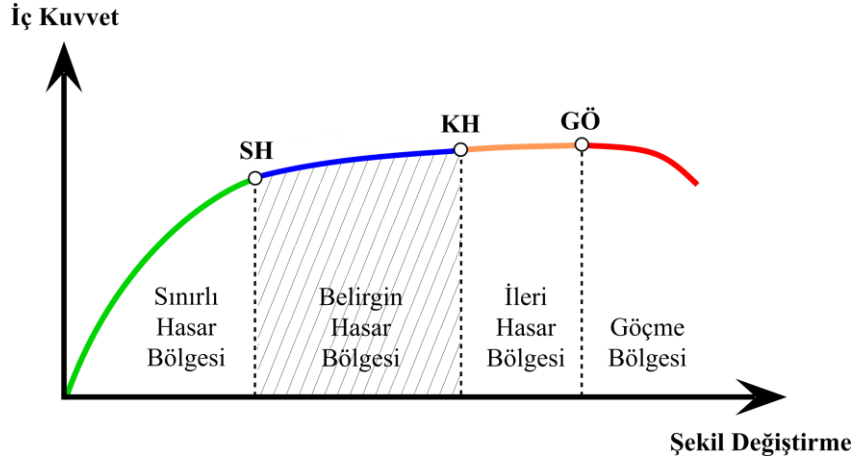
Şekil 6.5: 1. kat kolonlar

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	V2
Text	m	Text	Text	Text	KN	Kontrol
20	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	126.517	3.98%
21	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	340.937	10.73%
22	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	126.22	3.97%
23	0.14999	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	179.79	5.66%
24	0.14999	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	219.933	6.92%
25	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	190.478	5.99%
26	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	450.28	14.17%
27	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	487.014	15.32%
28	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	437.389	13.76%
29	0.14999	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	203.866	6.41%
30	0.14999	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	163.664	5.15%
31	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	119.42	3.76%
32	0.15	G+0.3Q+SPX+0.3SPY	Combination	Max	132.88	4.18%
			Toplam	Max	3178.388	100.00%

Şekil 6.6: Zemin kat kolonlar

Kirişler için, eksenel kuvvetler dikkate alınmadığından, Moment-eğrilik ilişkisi doğrusallık (mafsal) noktasını modellemek için yeterlidir. Beton kirişler genellikle kesme kuvvetlerinde kırılındır ve dolayısıyla eğilme mukavemeti için tasarlanmıştır. Kolonlar için ek olarak eksenel kuvvet - moment etkileşimleri gereklidir, çünkü eğilme mukavemeti eksenel kuvvete bağlıdır ve bunun tersi de geçerlidir. Ayrıca, momentler ve kesme kuvvetleri iki eksene göre hareket eder ve kuvvet - moment değerleri ve etkileşimleri de kesme mukavemetini etkiler. Bu

karşılıklı ilişkiler nedeniyle, mafsal davranışı karmaşıktır, basit bir döndürme değildir. Ancak, kolon mafsallarının hem aksenal hem de bükülme deformasyonlarına sahip olmasına rağmen, talep/kapasite oranı, aksenal deformasyonlar dahil edilmeden, genellikle sadece eğilme deformasyonundan hesaplanır. Bununla birlikte, bir mafsalın dönme kapasitesi aksenal kuvvet ve kesme kuvvetine bağlı olabilir, çünkü bu parametrelerin daha büyük değerleri için bükme sünekliği daha küçüktür.



Şekil 6.7: Kesit hasar bölgeleri

Doğrusal olmayan analize (Tek modlu itme analizi) göre incelediğimiz bina kontrollü hasar (Belirgin hasar bölgesi) sınırında kalmıştır. Deplasman esaslı yöntemler, binaları depremler sırasında elastik kalacak şekilde tasarlamının ekonomik olmaması nedeniyle doğrusal olmayan performans aşamaları için daha uygundur. Bununla birlikte, kapasite spektrum ile deplasman katsayısı yöntemlerinin, her ikisinin de simetrik yapıların analizinde yakın sonuçlar verdiğini söylemek çok mümkündür. Fakat bu yöntemler karmaşık ve büyük yapılarda farklılık gösterdiği, için dikkatli kullanılmalıdır. Bu gibi durumlar için doğrusal olmayan zaman geçmişi analizi şarttır. Sonuç olarak doğrusal olmayan analiz, yapıların güçlendirilmesi ve daha yüksek sismisite düzeylerine yönelik yapıların tasarımı için uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Suharwardy M I. (1999). Static Pushover Analysis for Seismic Design.
- [2] **Erkan M.** (2005). Performans Bazlı Tasarım İtme Analizi - Temel Kavramlar ve Metot.
- [3] **Hakim R. A., Alama M. S., Ashour S. A.** (2014). Seismic Assessment of RC Building According to ATC 40, FEMA 356 and FEMA 440.
- [4] **Nahavandi H.** (2015). Pushover Analysis of Retrofitted Reinforced Concrete Buildings.
- [5] **FEMA P440A.** (2009). Effects of Strength and Stiffness Degradation on Seismic Response.
- [6] **NEHRP Consultants Joint Venture.** (2010). Applicability of Nonlinear Multiple Degree of Freedom Modeling for Design.
- [7] **Korkmaz K. A., Irtem E.** (2008). Evaluation of Previous And Current Performance Based Analysis Methods.
- [8] **Chopra A. K., Goel R. K.** (2002). Capacity-Demand-Diagram Methods For Estimating Deformation of Inelastic Systems.
- [9] **Leslie R.** (2010). The Pushover Analysis, Explained in Its Simplicity.
- [10] **Demir A., Başaran H., Bağci M.** (2014). A Comparative Assessment of Existing Structure By Performance Based Analyses.
- [11] **Manjula N.K., Nagarajan P., Madhavan Pillai T. M. M.** (2013). A Comparison of Basic Pushover Methods.
- [12] **Prasad B. K. R., Ramaiah A. S. and Singh A. K.** (2004). Capacity Spectrum For Structures Asymmetric In Plan.
- [13] **Dey A., Bhattacharjee U., Sagar V., Utkarsh and Saha P.** (2015). Pushover Analysis for Multistory Building.

- [14] **Lin Y. Y., Chang K. C. and Wang Y. L.** (2004). Comparison of Displacement Coefficient Method And Capacity Spectrum Method With Experimental Results Of RC Columns.

ÖZGEÇMİŞ

AD SOYAD : Uğur DEMİR

Doğum Tarihi ve Yeri : 21.06.1993 - Elazığ

E-posta : ugurdemir@ozugurinsaat.com

Öğrenim Durumu

- **Lisans :** 2017 – İstanbul Arel Üniversitesi – Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi – İnşaat Mühendisliği