

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AZ KATLI BETONARME YAPILARIN DOĞRULTU ETKİLERİNE BAĞLI
OLARAK YAPISAL DAVRANIŞININ İTME ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEKLİSANS TEZİ

Mehmet Hilmi KIRIMLI

1900005043

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan YAZICI

HAZİRAN 2022

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AZ KATLI BETONARME YAPILARIN DOĞRULTU ETKİLERİNE BAĞLI
OLARAK YAPISAL DAVRANIŞININ İTME ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEKLİSANS TEZİ

Mehmet Hilmi KIRIMLI

1900005043

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan YAZICI

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Necmettin GÜNDÜZ

Dr. Öğr. Üyesi Edip SEÇKİN

HAZİRAN 2022

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans eğitimim boyunca akademik bilgisiyle bana her zaman yol gösteren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Yazıcı'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca tüm süreç boyunca yanımda olan Emir Uzun, Emre Karaman ve lise yıllarımdan beri yolumuzun ayrılmadığı dostum Erdem Eskiköy'e destekleri için teşekkür ederim.

Son olarak, eğitim hayatımda emeği geçen tüm hocalarıma ve her konuda desteklerini sonsuz bir şekilde gösteren, bugünlere gelmemi sağlayan aileme sonsuz teşekkürler.

HAZİRAN 2022

MEHMET HİLMİ KIRIMLI

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1.GİRİŞ	1
2.DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ	4
2.1 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	7
2.2 İtme Yöntemleri	7
2.2.1. İtme Yöntemleri Kapsam	7
2.2.2. Tek Modlu İtme Yöntemleri	8
2.2.3. Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi	9
2.2.4. Değişken Tek Modlu İtme Yöntemi	9
2.3 Plastik Mafsal Tanımı	10
2.3.1 Plastik Mafsal Hipotezinin Esasları	11
2.4 Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar	12
2.4.1 Genel Modelleme Kuralları	12
2.4.2 Kolon ve Kirişlerin Modellenmesi	14
2.5 Performans	14
2.5.1 Performans Seviyeleri	18
2.5.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	18
2.5.3 Kesit Hasar Sınırları	19
2.5.4 Kesit hasar bölgeleri	19
3 . YAPI MODELİ VE SAYISAL ÇALIŞMA	20
3.1 Yapı Modeli	21
3.2 Malzeme Bilgileri	23
3.2.1 Malzemelerin Davranış Modelleri	23

3.2.1.1 İdeal Elastik Davranış	23
3.2.1.2 İdeal Elasto Plastik Davranış.....	24
3.2.1.3 Doğrusal Olmayan Elasto Plastik Davranış	25
3.3 Yapı Bilgileri.....	26
3.4 Modal Analiz.....	30
3.4.1 Model- 1	30
3.4.2 Model-2	32
3.4.3 Model-3	33
3.4.4 Model-4	34
3.5 Bina Değerlendirmesi.....	35
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	45
5.SONUÇ VE ÖNERİ.....	57
6.KAYNAKLAR.....	59

TABLO LİSTESİ

TABLO 2.1: BEKLENEN (ORTALAMA) MALZEME DAYANIMLARI [1]	14
TABLO 3.1: BETON SINIFLAR [2]	22
TABLO 3.2: DONATI ÇELİĞİ ÖZELLİKLERİ [1].....	22
TABLO 3.3: BİNALARIN KULLANIM AMACI [1]	28
TABLO 3.4: ETABS'A GÖRE KATLARA AİT KÜTLE DAĞILIMI	29
TABLO 3.5: ÇERÇEVE ELEMANLARIN METRAJ LİSTESİ	29
TABLO 3.6:0° İÇİN MOD VE PERİYOTLAR	31
TABLO 3.7: 15° İÇİN MOD VE PERİYOTLAR	32
TABLO 3.8:30° İÇİN MOD VE PERİYOTLAR	33
TABLO 3.9:45° İÇİN MOD VE PERİYOTLAR	34
TABLO 3.10: YAPIYA İLİŞKİN BİLGİLER.....	35
TABLO 4.1:0° İÇİN KATLAR ARASI GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE KESME KUVVETLERİ.....	51
TABLO 4.2:15° İÇİN KATLAR ARASI GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE KESME KUVVETLERİ.....	51
TABLO 4.3:30° İÇİN KATLAR ARASI GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE KESME KUVVETLERİ.....	52
TABLO 4.4:45° İÇİN KATLAR ARASI GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE KESME KUVVETLERİ.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

ŞEKİL 2.1: BASİT EĞİLME ETKİSİNDEKİ BETONARME KİRİŞİN GERİLME-ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİSİ [10]	6
ŞEKİL 2.2: İTME ANALİZİNİN ARTIMSAL ADIM GÖSTERİMİ	10
ŞEKİL 2.3: İDEALLEŞTİRİLMİŞ MOMENT-EĞRİLİK BAĞINTISI [10]	11
ŞEKİL: 2.4 GERÇEK VE İDEALİZE EDİLEN DAVRANIŞ FARKLILIĞI	12
ŞEKİL 2.5: YAPI PERFORMANS LİMİT BÖLGELERİ [24]	16
ŞEKİL 2.6: HASAR BÖLGELERİ [1]	19
ŞEKİL 2.7 FARKLI AÇILARDA OLUŞAN KAPASİTE EĞRİLERİ [21]	20
ŞEKİL 3.2: İDEAL ELASTİK MALZEMEDE GERİLME – ŞEKİL DEĞİŞTİRME İLİŞKİSİ [10]	24
ŞEKİL 3.3: İDEAL ELASTO-PLASTİK MALZEMEDE GERİLME – ŞEKİL DEĞİŞTİRME İLİŞKİSİ [10]	25
ŞEKİL 3.4: DOĞRUSAL OLMAYAN ELASTO-PLASTİK MALZEMEDE GERİLME – ŞEKİL DEĞİŞTİRME İLİŞKİSİ [10].....	26
ŞEKİL 3.5: 3 BOYUTLU MODEL GÖRÜNÜMÜ.....	28
ŞEKİL 3.6: 0° İÇİN MATEMATİKSEL MODEL	30
ŞEKİL 3.8:30° İÇİN X-Y DÜZLEMİ.....	33
ŞEKİL 3.9: 45° İÇİN X-Y DÜZLEMİ.....	34
ŞEKİL 3.10: ÇUBUK ELEMAN GÖRÜNÜMÜ	36
ŞEKİL 3.11: KOLON VE KİRİŞ KESİT GÖRÜNÜMÜ	37
ŞEKİL 3.12: KİRİŞE AİT MOMENT EĞRİLİK İLİŞKİSİ	38
ŞEKİL 3.13: PLASTİK HİNGE ÖZELLİKLERİNİN TANIMLANMASI	39
ŞEKİL 3.14: KOLONA AİT KARŞILIKLI ETKİ DİYAGRAMI	40
ŞEKİL 3.15: PLASTİK MAFSAL PARAMETRELİNİN TANIMLANMASI	41
ŞEKİL 3.16: KİRİŞLERE TANIMLANAN PLASTİK MAFSAL GÖRÜNÜMÜ X-Y DÜZLEMİ	42
ŞEKİL 3.17: MAFSAL TANIMLARININ PERSPEKTİF GÖRÜNÜMÜ	43
ŞEKİL 3.18: KOLONLARA TANIMLANAN MAFSALLARIN X-Z DÜZLEM GÖRÜNÜMÜ	44
ŞEKİL 4.1: İTME ANALİZİ GÖRÜNÜMÜ	45
ŞEKİL 4.2:1.MODELE AİT KUVVET-DEPLASMAN İLİŞKİSİ.....	46
ŞEKİL 4.3:2.MODELE AİT KUVVET-DEPLASMAN İLİŞKİSİ.....	47
ŞEKİL 4.4:3.MODELE AİT KUVVET-DEPLASMAN İLİŞKİSİ.....	48
ŞEKİL 4.5:4.MODELE AİT KUVVET-DEPLASMAN İLİŞKİSİ.....	49

ŞEKİL 4.6: KUVVET-DEPLASMAN İLİŞKİSİ ($0^\circ < i < 45^\circ$)	50
ŞEKİL 4.7 – KATLAR ARASI KAT DEPLASMAN VE KESME KUVVETİ İNDEKSİ (0°)...	53
ŞEKİL 4.8 – KATLAR ARASI KAT DEPLASMAN VE KESME KUVVETİ İNDEKSİ (15°)..	54
ŞEKİL 4.9 – KATLAR ARASI KAT DEPLASMAN VE KESME KUVVETİ İNDEKSİ (30°)..	55
ŞEKİL 4.10 – KATLAR ARASI KAT DEPLASMAN VE KESME KUVVETİ İNDEKSİ (45°)	56



KISALTMALAR

A_c	Kolon kesit alanı
A_e	Plastik eğrilik değişimi
A_s	Çekme gerilmesi etkisindeki kesit alanı
A_s'	Basınç etkisindeki kesit alanı
b_w	Kiriş gövde genişliği
d	Faydalı yükseklik
E	Elastisite modülü, Deprem etkisi türü, Yatay deprem yüklemesi
E_c	Betonun elastisite modülü
E_{cj}	Betonun j günlük elastisite modülü
E	Elastisite modülü
F	Kat döşemelerine etki eden yatay kuvvet
$F(t)$	Zamana bağlı değişen yatay kuvvet
f_c	Betonun karakteristik dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
g	Yer çekimi ivmesi
G	Sabit düşey yüklemeler
h	Kiriş boyu, Dolgu duvarın boyu
H	Kolon boyu
h_i	i . katın yüksekliği
H_w	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden ölçülen toplam perde yüksekliği
I	Atalet momenti
l_p	Plastik mafsalsal boyu
m	Kütle
DD-1	%2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	%10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	%50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	%68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
M	Moment
M_p	Plastik moment
N	Kat sayısı, Deprem kaynağına uzaklık katsayısı
η_{bi}	i 'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
N_d	Düşey yükler altındaki kesitte oluşan eksenel basınç kuvveti
P	Tasarım eksenel kuvveti
P_i	i . kata gelen toplam düşey kuvvetler
Q	Hareketli yük
$S_{ae} T()$	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aeD} T()$	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{de} T()$	Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi [m]

S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
$\text{\text{ŞGDT}}$	Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
S_1	1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T_p	Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
T_{LD}	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
$V_{s30} =$	30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
V	Taban kesme kuvveti
$V(t)$	Zamana bağlı değişen taban kesme kuvveti
V_1	1. modda yapıya etki eden taban kesme kuvveti
V_i	i. kata gelen kesme kuvveti
$V_j(t)$	J. modda yapıya etki eden dinamik taban kesme kuvveti
V_n	Kolon-kiriş birleşim noktasındaki mevcut kesme kuvveti
W	Bina ağırlığı
W_n	n. katın ağırlığı
Z	Deprem bölge katsayısı
α_1	Yapının 1. moda ait etkin kütlesi ile m toplam kütlelerinin oranı
β_0	Çevrimsel sönüm
β_{eff}	Toplam sönüm
Γ_1	1. moddaki kütle dağılım katsayısı (Participation Factor)
δ	Yer değiştirme, deplasman
$\delta_{\text{\text{Çatı}}}$	Çatı yer değiştirmesi
δ_{e1}	Sabit yükleme altında elastik şekil değiştirme miktarı
δ_{e2}	Sabit yüklemenin kaldırılması ile geri dönen elastik şekil değiştirme miktarı
$\delta_i \text{ max}$	i. kattaki en büyük kat ötelenmesi miktarı
δ_{n1}	1. modda n. katın yer değiştirmesi
δ_{s1}	Sabit yükleme altında sünme şekil değiştirme miktarı
δ_{s2}	Sabit yüklemenin kaldırılması ile geri dönen sünme şekil değiştirme miktarı
δ_t	Hedef deplasman
ε	Birim şekil değiştirme
ε_c	Betonun birim şekil değiştirmesi
ε_{c0}	Karakteristik dayanıma karşılık gelen şekil değiştirme
ε_{cu}	Kırılma şekil değiştirmesi
ε_e	Akma gerilmesine denk gelen elastik birim şekil değiştirme

ε_p	Plastik birim şekil değıştirme
ε_{sh}	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değıştirmesi
ε_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değıştirmesi
ε_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değıştirmesi
φ	Eğrilik miktarı, Yapının görelî yer değıştirmesi veya genliğı
φ_{max}	En büyük eğrilik miktarı
φ_{nj}	n. katın J. modundaki görelî yer değıştirmesi veya genliğı
φ_p	Plastik eğrilik miktarı
θ	Eşdeğer basınç çubuğunun yatayla yaptığı açı
κ	Sönüm düzeltme katsayısı
λ	Eşdeğer basınç çubuğı katsayısı
μ	Süneklik
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatı oranı
ρ_s	Kesitte bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
σ	Gerilme
σ_c	Betonun gerilmesi
σ_e	Akma gerilmesi
φ_{j1}	j. katın 1. mod şekli bileşeni
φ_p	Plastik mafsaldaki toplam eğrilik
ω	Dairesel frekans

Enstitüsü: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan YAZICI

Tez Türü ve Tarihi: Yüksek lisans – HAZİRAN 2022

ÖZET

Yapılan çalışma, doğrusal tasarımı tamamlanan 5 katlı betonarme bir yapıyı ele alarak, Etabs programında 3 boyutlu matematiksel modeli kurularak analiz edilmiştir. Yapıyı kendi doğal periyodu altında incelenmiş akabinde de dinamik modeli kurulmuştur. Yapıyı 0° - 15° - 30° - 45° açılar ile iterek yapıdaki hasar durumu indeksi ile deplasman indeksini karşılaştırarak farklı açılarda temel yönler göre olan tepki farklarını karşılaştırılmıştır. Yapıyı kendi ana eksenleri haricinde açılı bir itme analizinin daha büyük kat kesmelerine sebep olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yapının farklı açılarda kütle katılım değerlerinin değiştiğini, çerçeve sistemin farklı açılardan gelen itme kuvvetine karşı koyarken, yapı talebinin açığa bağlı değiştiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple de yatay düzlemde, ana eksenlerin haricinde de analizlerin ne kadar önemli olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal olmayan itme analizi, çok yönlü analiz, kat ötelemeleri, yön etkileri

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Civil Engineering
Program : Structural Engineering
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Gökhan YAZICI

ABSTRACT

The study was analyzed by establishing a 3-dimensional mathematical model in Etabs program, by considering a 5-storey reinforced concrete structure whose linear design was completed. The structure was examined under its natural period, and then its dynamic model was established. By pushing the structure at 0° - 15° - 30° - 45° angles, by comparing the damage status index and the displacement index in the structure, the response differences according to the basic directions at different angles were compared. It was observed that an angular thrust analysis of the structure other than its main axes caused larger storey shears. At the same time, it has been observed that the mass participation values of the structure change at different angles, while the frame system resists the pushing force from different angles, the demand for the structure changes depending on the angle. For this reason, it has been understood how important the analyzes are in the horizontal plane, apart from the main axes.

Keywords: Nonlinear analysis, multidirectional analysis, floor displacements ,

1.GİRİŞ

Yapılaşma tüm insanlık için gereksinimdir. Bunun için sahalarda aktif rol oynayan mühendislerin en etkini olan inşaat mühendislerinin derdi depremdir. Geçmişten günümüze afetler insanlığı geri götürüp ilerlemeyi yavaşlatan, can ve mal kayıplarına sebebiyet olan büyük bir doğa olayıdır.

Sismik tasarımcılar ve inşaat mühendisleri gerek projelendirme aşamasında gerek uygulama aşamasında yıllardan beridir süre gelen bilgi, tecrübe ve hesaplamalar ile depremde en az zarar alarak hem can hem mal güvenliği açısından çalışmalar yapmaktadırlar.

Deprem için hesap yöntemlerinde, inşaat mühendisleri arasında doğrusal tasarım ve analiz yöntemlerinin, deprem sırasında yapılarda beklenecek olan sismik performansların aynı zamanda depremin etkisinin tam olarak tahmin edilememe konusunda ve karşı koyma noktasında kesin açıklama yapılamayacak olması hususunda genel bir fikir birliği oluşmaktadır.

Deprem yapı tasarım uygulamalarında can güvenliğini sağlamak için yapı dayanımı, rijitlik süneklik gibi kavramlar ile yapının hasar düzeyleri hakkında doğrusal esaslı ilerleyen formüller ile hesaplar yapılmaktadır. Geleneksel yapı tasarımında hesaplanan deprem etkisi, azaltılmış güvenlik katsayıları ile eleman kesitlerini bulmaya ve taban kesme kuvvetlerini bulmaya yaramaktadır. Fakat bu metot, deprem sonrası yapının alacağı hasar durumu hakkında bilgi vermekten uzaktır.

Doğrusal olmayan hesap yönteminde doğrusal olmayan davranışı kabul eden etkili bir çözüm tekniği vardır fakat, gerçek çalışma hızlılığı ver gerçekleştirme durumunda pratik olmayan, hesaplama yönünden pahalı ve yorucu bir yöntemdir. Doğrusal olmayan hesaplama tekniğinin arka planında, malzemenin doğrusal olmayan davranışının gerçekçi olarak ele alınmasına olanak veren itme analizi mevcuttur. Ölü ve hareketli yüklerden oluşan belirli bir düşey yük altında bunun yanında adım adım arttırılan yatay yüklerin etkisindeki binamızın kapasite eğrisi oluşturulur. Bu kapasite eğrisi yatay yer değiştirme ve kesme kuvveti olarak grafik haline getirilmektedir. Göçme bölgesine kadar yani çökme

deformasyonuna ulaşıncaya kadar kesme(itme) kuvvetine maruz kalan yapının deprem sonrası oluşacak hasar durumu belirlenerek, yapının performansını görmüş olmaktadır bu yöntemle. Modern deprem tasarım yönetmeliklerinde önerilen ve yukarıda bahsedilen doğrusal olmayan analizlere dayanan Performansa Dayalı Tasarım Yöntemi, depreme maruz kalan bir yapıda oluşan hasarların öngörülen performans seviyeleriyle karşılanması şeklinde açıklanan genel bir tasarım anlayışı olmuştur.

Araştırmacılar doğrusal olmayan yöntemleri zaman içerisinde daha çok geliştirerek analiz yöntemlerini arttırmışlardır. Araştırmacıların bu konudaki literatüre katkılarını ilk açıdan incelediğinde modal itme analizi prosedürünün ve genişletilmiş versiyonlarının geliştirilmesine yol açan birçok çalışma yapılmıştır.

İlk denemelerden biri Paret ve arkadaşları tarafından yapılmıştır.[3] Bu deneme çok modlu itme prosedürü olarak biliniyordu. Bu prosedürde, kapasite spektrumu yöntemi kullanılarak her bir mod için yapının kapasitesi deprem talebi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, modal itme prosedürü olarak bilinen benzer bir yaklaşım Chopra ve Goel [4], [5] tarafından geliştirilmiştir.

Farklı mod şekilleriyle ilişkili farklı yük modelleri göz önünde bulundurularak bir ak bağımsız itme analizinin gerçekleştirildiği planda düzensiz binalarda, iki yatay eksene yanal sismik kuvvetler ve her kat seviyesinde düşey eksen etrafında bir tork uygulanmasını içerir. Sonuçlar daha sonra önerilen kombinasyon kuralları kullanılarak birleştirilmiştir.

Daha sonra, modifiye modal itme prosedürü geliştirilerek, birinci moda karşılık gelen elastik olmayan tepkinin, daha yüksek modların elastik tepki katkıları ile birleştirilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca Goel ve Chopra'nın bir çalışmasında [6]'de, esnek olmayan bir mekanizmada katlar arası ötelenme oranına dayalı olarak plastik mafsall dönüşünün tahmin edilebildiği, modal itme prosedürünün geliştirilmiş bir versiyonu önermişlerdir.

Reyes ve Chopra [8] tarafından, iki bileşenli yer hareketi etkisine maruz kalan asimetrik planlı binaların 3 boyutlu modal itme analizinin tanımlandığı ve değerlendirildiği daha ileri çalışmalar yapılmıştır. Üst sınır itme prosedürü, daha yüksek mod efektlerini içerecek

şekilde geliştirilmiş başka bir yaklaşımdı. Yanıtın farklı mod şekilleri kullanılarak bireysel analizlerin kombinasyonundan elde edildiği modifiye modal itme prosedürlerinin aksine, bu prosedür birinci mod şekli ve faktörlü ikinci mod şeklinin kombinasyonu olarak elde edilen tek bir yük vektörünün kullanılmasına bağlanmaktadır. [7].

İlk prosedür, ilk olarak Reinhorn [14] ve Bracci ve ark. [15], yanal yük modelini güncellemek için önceden dengelenmiş yük adımının esnek olmayan kat kuvvetlerinin kullanıldığı betonarme çerçevelere uygulanmıştır. Daha sonra, Gupta ve Kunnath'ın bir çalışmasında [15], önceki yük adımının deformasyonlarıyla ilgili teğet veya sekant sertliği varsayılarak, bir öz değer analizinin sonuçlarına bağlı olarak sürekli güncellenen bir yük modelinin uygulandığı uyarlanabilir spektral tabanlı bir itme prosedürü önerilmiştir.

Bu çalışma, temel olmayan yönler boyunca açıklanan sismik tepkileri, ana yönler veya referans eksenler boyunca verilenlerle sistematik olarak karşılaştırma çabasıdır.

Sismik tepkiler, yeni çok yönlü itme prosedürü geliştirilerek her kat seviyesinde tüm düzlemsel yönlerde dağılımları değerlendirilebilen katlar arası ötelenme oranı, kat süneklik talebi ve kat hasar endeksini içermektedir.

Sismik tepkilerin yön etkileri, yapımızın fay hattı üzerindeki konumlanması veya yapının güçlü eksenine göre de değişkenlik gösterebilir. TBDY-2018'e göre deprem etkilerini kesin olarak hangi yönden geleceğini bilinemeyeceği için kombinasyonlarca birleştirerek sınır konulmuştur. [1] TBDY-2018 haricinde de diğer yönetmeliklerce de çerçeve sistemdeki yapı elemanlarında oluşan istem elemanlarında oluşacak en elverişsiz davranış büyüklüklerini tasarım aşamasında kontrol edebilmek amacıyla çeşitli birleştirme kuralları (%30, %40, SRSS, CQC3 birleştirme kuralı, vb.) önerilmiştir [1,16–18]. Birçok uluslararası yönetmelikte, bina türü yapı sistemlerinin doğrusal–elastik tasarımı için bu birleştirme kurallarının bazıları öngörülmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır [20].

Binalar için risk teşkil eden deprem hareketliliğinin, ana doğrultuların haricinde global olmayan ara eksenlerden de etkime olasılığı her zaman olmuştur. Bu sebeple binaların performans değerlendirmesi, doğrusal olmayan davranışın anlaşılması ve deprem tehlikesinin değerlendirilmesi için itme analizinin esas alınarak kontrol edildiğinde deprem doğrultu etkisinin göz önüne alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. [21] Sonuç

olarak, deprem davranışının binaların plandaki asal eksen doğrultularından farklı ara doğrultulardan da etkimesi hali için, öngörülen performans düzeylerinin değerlendirilmesinde etkin olan yapısal davranış taleplerinin (plastik şekil değiştirme ve göreceli kat ötelemesi talepleri) doğrusal olmayan teori çerçevesinde araştırılması gerektiği düşünülmektedir. Genişletilmiş formüllerin ve önerilen itme prosedürünün uygulanması, belirli bir bina yapısı sınıfıyla veya belirli bir sismik kuvvete dayanıklı sistemle sınırlı değildir. Yine makalenin odak noktası, farklı yönlerden gelen arttırılmış itme kuvveti ile orta yükseklikteki simetrik bir betonarme binanın tepkilerini değerlendirmektir.

Bu çalışmada doğrusal olmayan analiz ve yön etkilerini temel alarak bu kavramların zemininden yukarı çıkarak yapılan sayısal çalışmayı sonrasında bulgu ve çıktılarıyla literatürde bahsi geçenlerin haricinde tam simetrik bir binanın tepkileri incelenmiştir. Burada hedeflenen yapı sınıfı için özel moment çerçevesi düşünülmüştür. Güncel sismik tasarım yönetmeliklerine uygun olarak bina tasarlanmış ve performans değerlendirmesi için bunlara karşılık gelen doğrusal olmayan model kullanılmıştır. Sistemin akma mekanizması ve deplasman indisleri incelenmiştir. Daha sonra, binanın farklı açılarda oluşan kuvvet deplasman grafikleri için katlar bazında sayısallaştırarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, katı modellerin sismik tepkilerinin, modellerin ana olmayan yönleri boyunca maksimuma ulaşabileceğini göstermektedir; sonuç olarak, burada tartışılan bina sınıfındaki sismik performansın kesin değerlendirmesi hem ana hem de ana olmayan yönler boyunca oluşan yanıtların hesaplanmasını göstermektedir.

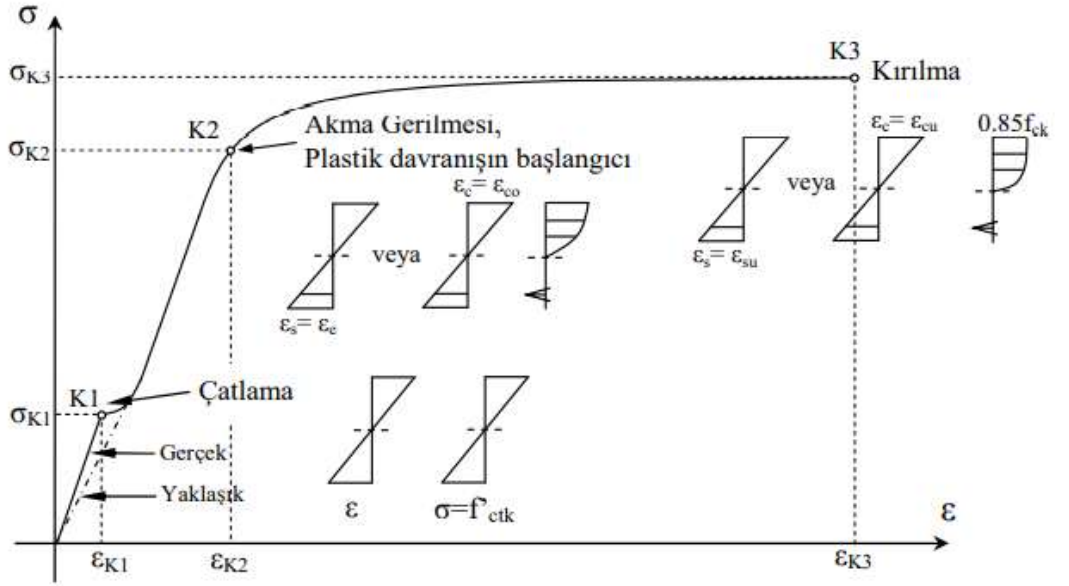
2.DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ

Betonarme yapıların hesapları için doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere iki analiz yöntemi vardır. Doğrusal analiz hesaplamalarda, malzemenin doğrusal sınırlar içinde davranış gösterdiği kabul edilir. Yapıya doğrusal bir statiksel itme kuvveti uygulandığı zaman malzeme sahip olmadığı bir kapasitenin üzerinde çalışarak hesap yapılmaktadır.

Doğrusal hesaplarla elemanlarda oluşacak akma bölgesinin yerinin tespit edilmesi mümkün olmasına rağmen yapıdaki göçme durumları incelenememektedir. Binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi için kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları TBDY-2018’de açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Modal Hesap

yöntemleri ile belirtilmiştir.[1] Doğrusal hesap yöntemleri ile yapının performansı, göçme durumu incelenemez. Bunun için doğrusal olmayan analiz gerekir. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme bilgileri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet değerlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu sünek ve gevrek değerlerin büyüklüklerini, doğrusal olmayan analiz için TBDY-2018 de tanımlanan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri, yapıların göçme anına kadar olan davranışına dair olumlu sonuçlar vermektedir. Yapının gerçeğe yakın göçme modu hakkında bilgi toplanmasına da yardımcı olurken doğrusal olmayan analizler, tasarım mühendisleri için çözüme de yardımcı olabilecek cevapları alabilecek bir hesaplama yöntemi olmaktadır. [22]

Doğrusal olmayan davranışın betonarme yapı tasarımında kullanılma düşüncesi yeni değildir. Ancak yapılan araştırmalar sonucu malzemenin daha yakından tanınmasının yanı sıra bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve sayısal hesaplamalarda büyük kolaylıklar getirmesi; doğrusal olmayan davranışın daha etkin bir biçimde ele alınmasına imkân sağlamıştır. Özellikle performansa dayalı yapı tasarımı gibi doğrusal olmayan analize dayanan yöntemlerin ilerlemesinde önemli adımlar atılmıştır. Doğrusal olmayan hesap için basit bir anlatım diliyle kiriş örneği ele alınmıştır. Düzgün yayılı bir yükün etkisi altındaki dikdörtgen kesitli bir kiriş elemanı düşünülmektedir. Kiriş, basit eğilme momentinin altında basınç ve çekme gerilmelerine maruz kalacaktır. Donatı ise önemli bir çekme kuvvetine maruz kalmadığı için elastik davranış gösterecektir. Yükün ve dolayısıyla neden olduğu eğilme momentinin artması ile kirişin en dış çekme bölgesindeki beton lifinde çatlaklar oluşur ve bu çatlaklar tarafsız eksene doğru ilerlemektedir. Betonda çatlakların oluşması doğrusal davranıştan ilk ayrılmayı doğurmaktadır. Betonun doğrusal olmayan davranışı gerilmenin artması ile fark edilebilir hale gelmektedir. Betondaki basınç gerilmelerinin dağılışı doğrusal olmayan bir değişimle meydana gelmekteyken, donatı akma gerilmesine ulaşmaktadır.[10]



Şekil 2.1: Basit eğilme etkisindeki betonarme kirişin gerilme-şekil değiştirme eğrisi [10]

Demir malzemenin yani donatının elastisite modülü fazla olduğu için uzama yeteneği betondan daha fazladır. Bu yüzden güç tükenmesi betonun en büyük kısalma kapasitesine ulaştığında ortaya çıkar ve kesit taşıma gücüne erişir. Kiriş örneğinden yola çıkarak, doğrusal olmayan sistem davranışını esas alan yöntemlerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında genel olarak iki adım ortaya çıkmaktadır. Birincisi, yapı sisteminde doğrusal olmayan davranışa neden olan etkenlerin belirlenerek bu etkenleri göz önüne alan ve sistem davranışını gerçeğe yakın bir biçimde temsil eden hesap modelinin oluşturulması, ikincisi de bu hesap modelinin analizi ile elde edilen doğrusal olmayan denklem sisteminin etkin bir şekilde çözülmesidir.

Betonarme, çelik vb. uygulamaların yapı sistemlerinin çözümünde ele alınan hesap sistemi için malzeme ya da geometri bakımından uygun varsayımların yapılması gerekmektedir. Sistem davranışıyla uyuşmayan varsayımlarla ulaşılan sonuçlar yanlış ya da eksik olmakta ve bu da yapı davranışında doğrusal olmayan davranışın sebeplerinin araştırılmasını önemli kılmaktadır. Yapı statik problemi doğrusal olmayan davranış, malzeme özellikleri nedeniyle bünye denklemlerinin doğrusal olmamasından ve

geometri değişimlerinin denge denklemlerine ve geometrik uygunluk bağıntlarına etkisinden kaynaklanmaktadır. Malzeme davranışının ve geometri değişiminin doğrusal olmaması doğrusal olmayan davranışın başlıca sebepleridir [23]. Malzeme davranışını 3.bölümde ayrıntılarıyla verilmiştir ayrıca sayısal çalışmalara başlanırken doğrusal olmayan hesapların başlangıç zemini buraya dayanmaktadır. Bunun yanı sıra TBDY-2018 de doğrusal olmayan analizle iki ayrı yöntemle açıklanmıştır.

Tasarımda uyulacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, TBDY-2018 açıklanan İtme Yöntemleri ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi olarak 2 farklı metot vardır. İtme yöntemleri kendi içerisinde daha farklı modlarda kullanım durumları değişmektedir. Yine bu bölümde konusu geçmektedir.

2.1 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman tanımlı analiz, zamanın bir fonksiyon olduğu doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı yapı sisteminin hareket denklemlerini belirten diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu'na karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır.[1]

2.2 İtme Yöntemleri

2.2.1. İtme Yöntemleri Kapsam

Genel olarak doğrusal olmayan yöntemlerde zati yükler altında sabit bir koşul temel alınarak, hesaplamalara başlanmaktadır. İlk olarak başlangıç adımında (0'ıncı adımında) deprem dışı, ölü yük ve hareketli yükler gibi, yüklemeler altında doğrusal olmayan adım adım artımsal statik hesap yapılmaktadır. Bu doğrusal olmayan analiz sonucunda ortaya çıkan iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler, depreme göre tasarım hesabında başlangıç koşulu sayılacak ve buna göre başlanacaktır. Artık yapılan yeni binalarda düşey yüklerden meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirmelere izin verilmemektedir. [1]

İtme yöntemleri sonucunda hedeflenen sünek davranışa karşı yapısal sistemde iç kuvvetler ve yer değiştirmeler oluşacaktır. Yönetmelik ile belirlenen performans düzeyi ile itme analizi sonrası sonuçlar karşılaştırılarak şekil değiştirmeye göre değerlendirme tamamlanmaktadır. [1]

2.2.2. Tek Modlu İtme Yöntemleri

Tek Modlu İtme Yöntemlerinin yapısal sistemde uygulatabilmek için aşağıda (a) ve (b)'de bahsedilen şartların her ikisinin de sağlanması zorunludur:

(a) Herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan maksimum yer değiştirmenin, ortalama yer değiştirmeye oranı olarak belirtilen burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gerekmektedir.

(b) Tasarım depremi doğrultusunda, doğrusal davranış temel alınıp, modellenen yapının 1. moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütlesi'nin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. [1]

İtme modeli kurulup tek modlu itme yöntemi uygulamasında, belirlenen deprem etkileri için, ana yönlerde (-x ve -y) ve doğrultularda modellenen binanın mod şekilleri ile orantılı olarak yapı itilir. Önerilen itme noktası genelde yapının tepe ve orta noktası olarak seçilmesi uygun düşünülmektedir. Depremin yer değiştirme talebi sınırına kadar sabit bir şekilde olarak adım adım uygulanan deprem yükü artımlarının etkisi altında, taşıyıcı yapı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönme, uzama, vb.) ve iç kuvvet artımları ile bunların tamamı hesaplanmaktadır. Son adımda, deprem talebine karşı gelen birikimli değerler, şekil değiştirmeye değerlendirmeye esas büyüklükler olarak elde edilmektedir. [1]

Tek modlu yöntemde, bütün döşemelerde rijit diyafram varsayımının yapıldığı ve serbestlik derecelerinin kat kütle merkezinde birbirine dik iki doğrultudaki yatay yer

değiştirme bileşenleri ile dūřey eksen etrafındaki dōnme olarak tanımlandığı durum için açıklanmıştır.

Kat dōřemelerinde dūzlem içi řekil deęiřtirmelere karřı gelen serbestlik derecelerinin gōz önüne alınması durumunda da tek modlu itme yōntemleri aynı esaslar çerçevesinde uyarlanabilmektedir.[1]

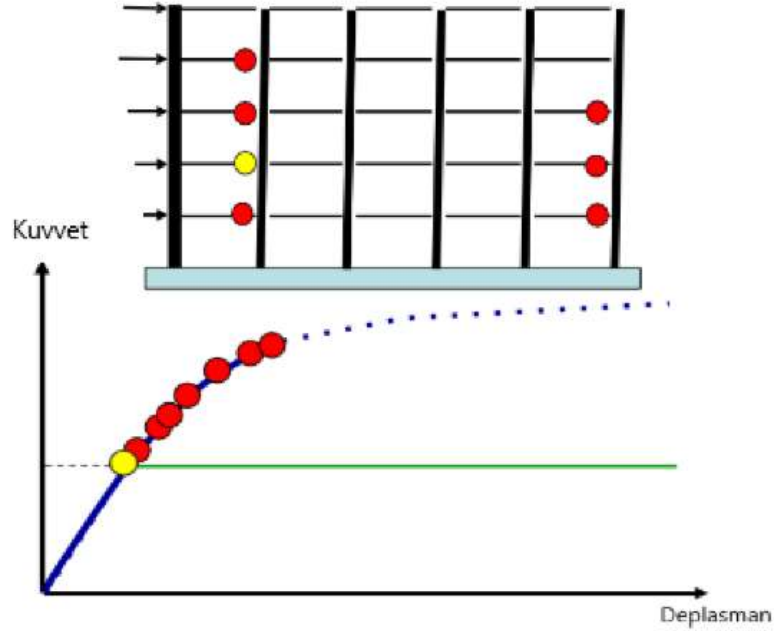
2.2.3. Sabit Tek Modlu İtme Yōntemi

Sabit Tek Modlu İtme Yōnteminde, tasarım depreminin doğrultusundan bütōn katlara deprem kuvvetini artıra arttırarak etkilerle deprem dışında da ölü ve hareketli yükler ile deprem haricindeki sabit başlangıç yük ile statik itme analizi yapılır. İtme hesabı sonucunda koordinatları tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilmektedir. Eęriye uygulanan koordinat dōnūřümü ile koordinatları modal yer değiştirme – modal sözde-ivme olan modal kapasite diyagramı elde edilmektedir

Hesabın son aşamasında kapasite diyagramı, belirlenen deprem etkisi altında modal yer değiştirme talebinin ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen iç kuvvet ve plastik şekil değiştirme taleplerinin hesaplanmasında esas alınmaktadır. [1]

2.2.4. Değişken Tek Modlu İtme Yōntemi

Değişken Tek Modlu İtme Yōnteminde, hedefe alınan deprem doğrultusunda bina çerçevesinin bütōn katlarına etkiyen deprem yükü artırımları ile bunlarla uyumlu kat yer değiştirme artırımları, deprem dışı yüklemelerden sonraki her bir itme adımında, daha önce oluşan plastik mafsallar gōz önüne alınarak yenilenen serbest titreşim hesabından elde edilen değişken mod şekli ile orantılı olarak tanımlanırlar. [1]. Nonlineer hesap yōnteminde, analiz türleri, matematiksel modelde kullanmak için veya el hesabı ile plastik mafsalları hesaplanarak yapının sınır değerlerini akma noktası gōçme noktası gibi kritik değerleri bilinerek performans incelemesi yapılmaktadır. İtme yōntemlerinde olduğu gibi plastik mafsalları hipotezi için de yōntem ve kuralları vardır.



Şekil 2.2: İtme analizinin artımsal adım gösterimi

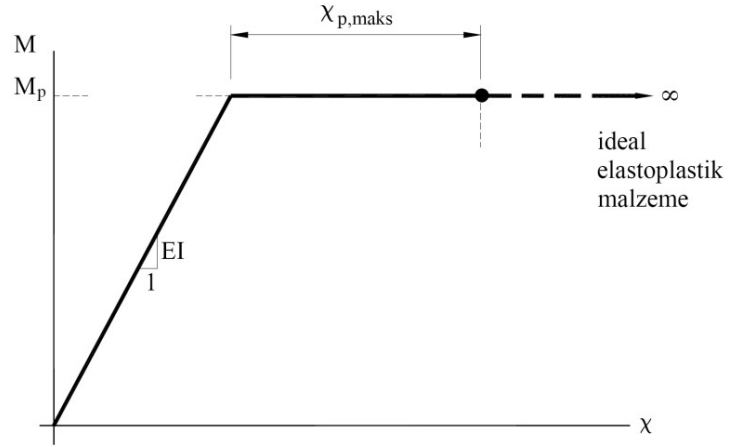
2.3 Plastik Mafsal Tanımı

Malzeme bakımından doğrusal olmayan durumun müdahale edilebilir ve anlaşılabilir olması için idealize etmek gerekmektedir. İdealize edilebilmek için de inşaat mühendisliği uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile yığılı plastik davranış kullanılmaktadır ve buna göre modellenmektedir.

Basit eğilme durumunda olan herhangi bir yapı elemanı için, plastik mafsal hipotezine karşı gelen bu eleman için, çubuk eleman olarak düşünüldüğünde elemanları, kolon, kiriş ve perde gibi yapının taşıyıcı elemanlarındaki iç kuvvetlerin, plastikleşme kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgelerde, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastikleşen kiriş, kolon ve perdede taşıyıcı sistem elemanlarının birleşim bölgesinden, plastik mafsal boyu kadar uzakta modellenmektedir. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmaktadır.

$$L_p = 0,5 \times h$$

Denk (2.1) [10]



Şekil 2.3: İdealleştirilmiş moment-eğrilik bağıntısı [10]

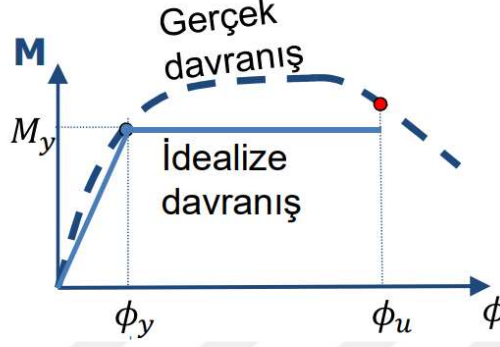
2.3.1 Plastik Mafsal Hipotezinin Esasları

Herhangi bir elemanın kesitinde, yığılı plastik mafsal oluşması için o kesitteki eğilme momentinin plastik moment değerine (M_p) ulaşmış olması gerekmektedir. Kesit taşıyabileceği en büyük moment değerine erişmiş durumda olmaktadır. Bu noktadan sonra kesit daha fazla moment taşıyamamaktadır. Çatlamlar nedeniyle kesit alanı küçüldüğünden diğer kesitlere moment iletme yeteneği azalmaktadır. Gelen momentlerin bir kısmı şekil değiştirme ile karşılanmakta ve kesitin serbestçe dönebilmesi ile sönmölenmektedir. Meydana gelen θ_p plastik dönmesi en büyük değerine ulaşınca kesit dönme kapasitesine erişir ve kullanılamaz duruma gelmektedir.

Plastik mafsallar taşıyıcı elemanlarda genellikle, eğilme momenti değerinin en büyük olduğu uç kısımlardaki ve orta noktalardaki çatlamlar nedeniyle oluşmaktadır. Ancak uç mafsallar sistemin kararlılığından daha fazla önem taşıdığı için hesaplamalarda bu kısımlardaki plastik mafsal oluşumları göz önüne alınmaktadır. Uç noktalar arasında kalan sistem davranışı teoride doğrusal- elastik olarak kabul edilmektedir.

Betonarme sistemde düşeyde olan taşıyıcı elemanlar (kolonlar ve perdeler) aksenal kuvvet etkisinin yanı sıra eğilme momentinin de etkisi altında kalmaktadır. Bu elemanların tasarımında hem aksenal kuvvetin hem de eğilme momentinin etkisinin alınması,

yönetmeliklerce zorunlu hale getirilmiştir. Düşey taşıyıcı elemanların plastik mafsalları hesabı yapılırken kesite M_p plastik momenti yerine, kesitteki eksenel kuvvete bağlı olarak akma koşulundan bulunan indirgenmiş plastik moment M_p değeri esas alınmaktadır.[10]



Şekil: 2.4 Gerçek ve İdealize edilen davranış farklılığı

Doğrusal olmayan yöntem için modelleme kuralları Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğimizi göre uyulacak esaslar:

2.4 Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar

2.4.1 Genel Modelleme Kuralları

- Yapı sistemlerinin tamamının matematiksel modeli daima üç boyutlu olarak modellenecektir.
- Düzlemde birbirlerine dik olan yatay doğrultudaki iki deprem etkisi daima göz önüne alınacaktır.
- Başka bir durum olmadıkça, doğrusal sönüm oranı %5 alınacaktır.
- Eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri göz önüne alınacaktır. β katsayısı hesabı TBDY-2018 bölüm 4'e göre hesaplanacaktır.[1]
- ŞGDT'ye göre esas modellemelerde aşağıda (a) ve (b)'de verilen malzeme dayanımları esas alınacaktır:

(a) Hali hazırda olan yapıların, şekil değiştirmeye uygun doğrusal olmayan hesap ve modellemeler yapılırken, beton ve donatı çeliğinin TBDY 2018 in Bölüm 15'te tanımlanan mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(b) Projelendirilmesi ve yapılması açısından yeni olan yapıların ŞGDT'ye göre beton ve donatı çeliği ile yapı çeliğinin Tablo 2.1'de belirtilen katsayılar ile belirlenen dayanımları esas alınacaktır. Tabloda f_{ce} ve f_{ck} betonun ortalama ve karakteristik basınç dayanımlarını, f_{ye} ve f_{yk} ise çeliğin ortalama ve karakteristik akma dayanımlarını göstermektedir. [1]

- İtme analizinde yukarıda tanımlanan modellemeler haricinde performans değerlendirmesi yapılacak süneklik düzeyi yüksek yeni betonarme taşıyıcı sistemlerde, kapasite tasarımı ilkeleri ve diğer sünek tasarım kurallarına göre yapılan ön tasarım nedeni ile, çevrim içi dayanım azalması, kesme hasarı, kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı, donatı bindirme boyu yetersizliği ve sargı donatısı yetersizliği etkileri taşıyıcı sistem ve kurulan matematiksel model davranışında dikkate alınma durumu zorunlu tutulmamıştır.[1]

Tablo 2.1: Beklenen (Ortalama) Malzeme Dayanımları [1]

Beton	$f_{ce} = 1.3 f_{ck}$
Donatı Çeliği	$f_{ye} = 1.2 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S235)	$f_{ye} = 1.5 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S275)	$f_{ye} = 1.3 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S355)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$
Yapı Çeliği (S460)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$

2.4.2 Kolon ve Kirişlerin Modellenmesi

- Betonarme’de çerçeve taşıyıcı sistem elemanları kiriş ve kolonlar, çubuk sonlu elemanlar olarak modelleneceklerdir. Doğrusal olmayan davranış, çerçeve elemanların birleştiği düğüm uçlarında tanımlanan sonlu plastik şekil değiştirme bölgelerinde yığılı plastik davranış modeli ile modellenebilir. Uygulamada yığılı plastik mafsallık modelinin kullanımı genel olarak matematiksel model için uygun sayılmaktadır. [1]
- Kiriş ve kolonlarda oluşacak (eksenel, kesme ve moment) iç kuvvetlerin tüm bileşen yönlerinde dikkate alınacaktır. Döşemelerin tam-rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda, bu serbestlik derecelerinin rijit harekete karşı gelenleri kaldırılacaktır. [1]
- Çerçeve sistemde, kirişlerde ve kolonlarda plastik mafsallar, kolon-kiriş düğüm noktasında düşünülebilir, başka bir söylemle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilmektedir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmaktadır. [1]
- Düğüm noktalarının arasında kalan bölge, başka bir deyişle elemanlar doğrusal kiriş veya kolon olarak modellenecektir. Çatlamış kesit rijitlikleri TBDY 2018 4. Bölüme göre ve 5. Bölüme göre belirlenecektir.

2.5 Performans

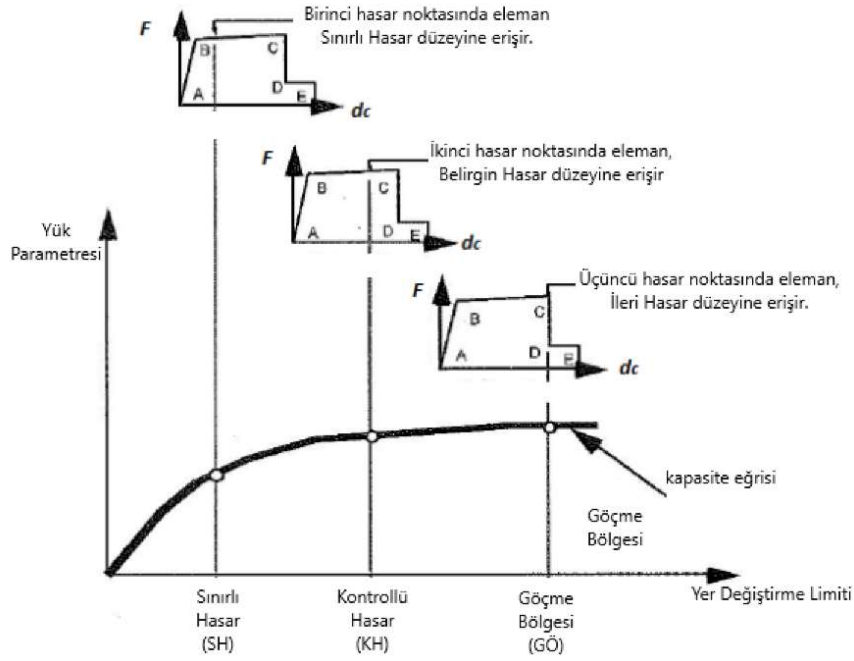
Bir yapının deprem kuvvetleri etkisinde göstereceği davranışa performans denmektedir. Binada oluşması düşünülen hasar seviyelerini belirtmektedir. Binanın alacağı hasar (çatlama ve kırılmalar, plastik mafsallaşmalar, elemanlar arası yük iletiminin bozulması, göçme durumu vs.) deprem esnasındaki yer değiştirme miktarı ile doğrudan ilgilidir. Yatay yüklemelerin etkisindeki bir yapıda oluşan yer değiştirmeler kapasite eğrisi üzerinde bulunmak zorundadır. Dolayısıyla dönüştürülmüş kapasite spektrumunda da bu değerin bir spektral deplasman karşılığı vardır. Performans noktasında kapasite ve talep spektrumlarının spektral deplasman değerleri eşittir. Taşıyıcı elemanların süneklik özelliğinden dolayı inelastik yer değiştirme durumunda ortaya çıkan ek dayanımlar, yapının belli bir hasar seviyesine kadar ayakta kalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle tasarım aşamasında yapının kullanım amacına uygun olarak belli bir düzeyde hasar almasına müsaade edilmektedir. Yapının deprem esnasında sahip olması istenen bu hasar seviyesi hedef performans olarak tanımlanır. Performansa dayalı tasarımda yapının

öngörülen hedef performans değeri ile hesaplamalar sonucu elde edilen performans noktası değeri karşılaştırılarak olası bir deprem etkileri altındaki hasar görebilirliği tespit edilmektedir.

Deprem mühendisliğinde yapıların mevcut durumunun sağlamlığını ve depremlere karşı göstereceği yapı güvenliği, yeni gelişen bir kavram olmuş ve buna da performans denmiştir. Ülke deprem kuşağında olduğu için ve aktif bir deprem fayının üzerinde bulunduğumuz için kentsel dönüşüm veya güçlendirme konularını doğrudan ilgilendiren bir kavram haline dönüşmüştür. Şimdi ise bu yöntemin yeni yapıların tasarımında da kullanılabilmesi söz konusu olmuştur. [25]

Üniversitede öğretilen betonarme dersiyle birlikte, uygulamada ve gerçek hayatta yapılan mühendislik boyutlandırmalarının tamamı performansa bağlı olduğu söylene bilinmektedir. Boyutlandırma konusunda iki sınır durum vardır, bunlardan bir tanesi kullanım sınır durumu diğeri taşıma gücü sınır durumudur. Kullanma sınır durumu için, yapıdan beklenen performans zati yükler altında insanları rahatsız etmeyecek düzeyde kalması ve aşırı yer değiştirmelerin olmaması üzerine boyutlandırılmaktadır. Diğer performans seviyesinde de yapı sisteminin beklenen yüklerin arttırılmış değerleri altında güç tükenmesine gelmeden kabul edilebilir bir güvenliğinin mevcut olması beklenmektedir. [25]

Performansa dayalı tasarımda, depremden dolayı yapıda oluşabilecek tehlikeli durumları analiz ederek oluşacak hasar düzeyine uygun performans seviyesini belirler ve kullanılacak yöntemleri vermektedir. Gerçek performans seviyesi, gerçek bir deprem sonrası oluşan hasarlar ile ölçülmektedir.



Şekil 2.5: Yapı performans limit bölgeleri [24]

Deprem şartnamelerinde belirtilen deprem etkisi ve hasar sınır durumları ile bir performans seviyesi tanımlanmıştır. Yapılarda yönetmeliklere göre sünelik ve performans seviyeleri vardır. Her hasar sınır durumuna göre bu performans seviyeleri belirlenmektedir. Yine yönetmeliklere ve mühendisliğe dayalı tecrübelerle taşıyıcı sistemin, ufak depremlerde hasarsız bir şekilde atlatılması, tehlikeli depremlerde ise yapı hasar alsa bile insan can güvenliğini koruyacak ölçüde yapı hasar alırken, tamamen göçmenin olmaması istenmektedir. [25]

Yönetmeliklerdeki geleneksel tasarımda ki sınır değerler performansa dayalı tasarım kadar keskin değildir. Bu yüzden performansa dayalı tasarımlarda daha çok kabul görmüş belirgin amaçlar vardır. Doğrusal olan yönetmelik koşullarında hesap yaparken Kontrollü Hasar durumu için hesap yaparken performansa dayalı tasarımda ek performans seviyeleri öngörülür ve bu ek seviyeler için hesap yöntemleri ve sınır değerler tanımlanmaktadır.

Deprem belirsizliğinden dolayı kesin olan bir hasar seviyesi olmadığı gibi yapılarında davranışında da belirsizliklerin olduğu kabul edilmektedir. Bunun gibi sebeplerden dolayı

yapımızın taşıyıcı sistem kapasitesi, deprem etkilerinden daha büyük olarak hesap yapılarak dizayn edilmekte ve imal edilmektedir.

Yapılardaki taşıyıcı sistemlerin, kesme yükü taşıma kapasitesi, malzeme dayanımları ile, taşıyıcı sistemin sadeliği ve rijitlik dağılımı ile birlikte oldukça karmaşık bir fonksiyon mekanizmasına ve formasyonuna bağlanmaktadır. Eğer daha ayrıntılı bir çözümleme, değerlendirme yapılacaksa bu belirsizliklerin, bulguların sonuçları irdelenirken de göz önüne alınması gerekliliği oluşmaktadır. [25]

İnşaat mühendisleri olay örgüsünde ihtiyaca binaen, karşılaşılan sorunlarda soru sorarak ve çözüm geliştirerek ilerlenmektedir. Performans hesaplarında da bu sistem aynı sorgu sistemi ile ilerlemektedir. Temel olarak iki soru vardır. Birinci soru, deprem bittikten sonra nasıl bir bina görmek istenir? Yani hasar seviyesi ne olmalıdır, hangi performans düzeyini seçmemiz gerekir? İkinci soru ise hangi depreme göre hasar hesabı yapmalıyız? Belirlenen soruların, cevapları ile Bina Deprem Performans Amacı tanımlanmaktadır. [25]

Yapı için hedeflenen performans, başka bir deyişle performans amacı, depreme karşı yapının göstereceği davranışı yani sismik performansı belirtmektedir. Sismik performans, hedeflenen deprem doğrultusu ve etkisinde yapıya aksettirebilecek en fazla hasar durumunun belirlenmesi ve sınıflandırılması şeklinde ifade edilmektedir. Depreme göre Performans amacı sadece bir tek deprem değil birden fazla durumu da barındırabilmektedir.

Yapı için uygun performans amacına kullanacak kişiler ve inşaat tasarım mühendisleri can güvenliği ve emniyet, ekonomik ve estetik olarak ortaklaşa karar vermektedirler. Performansa göre tasarım kriterleri için performans amacı belirlenmektedir. Daha sonra o bölgede ki en elverişsiz deprem veya kabul edilmiş daha büyük bir deprem ile yapıdaki sismik talebi ve bu talebe karşılık gelen sistem kriterleri tanımlanmaktadır.

Deprem sarsıntısı belirlenen veya beklenen olarak etki ettiği zaman, binanın yapı sistemi de uygulamada projeye aykırılık olmadan hatasız imal edilmiş ise, hedeflenen performansında üzerinde bir seviyeye ulaşması beklenmektedir. Fakat hedeflenen performans, uygulamadaki hatalar ve projeye uyulmaz ise hedeflenen seviyeye ulaşmak

muhtemelen gerçekleşmeyecektir. Performans seviyelerini ve risk seviyelerini bir sonraki bölümde tanımlanacaktır.

2.5.1 Performans Seviyeleri

Yapıda hedeflenen performanslar, öngörülen deprem etkisinde eleman kesitlerinde oluşacak hasar ve hasara bağlı karşılaştırmalı sınır durumlar performans seviyesini belirtmektedir. Sınır durumları yani performansın seviyesini yapıımızdaki fiziksel hasarlar akma durumu gibi plastikleşme gibi, depremde sonra oluşacak yapısal hasar, can güvenliği ve binanın kullanıma devam edip etmeyeceği olarak seviye tanımı yapmış olmaktadır.

2.5.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirmesi yapılırken farklı koşullar dikkate alınmaktadır. Dayanıma (kuvvete) dayalı değerlendirme olarak bilinen doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinde, yapının sünekliğinin göz önüne alınarak belirlenen yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri, doğrusal teoriye göre hesaplanan elastik deprem yüklerinin etkileriyle karşılaştırılmaktadır. [25]

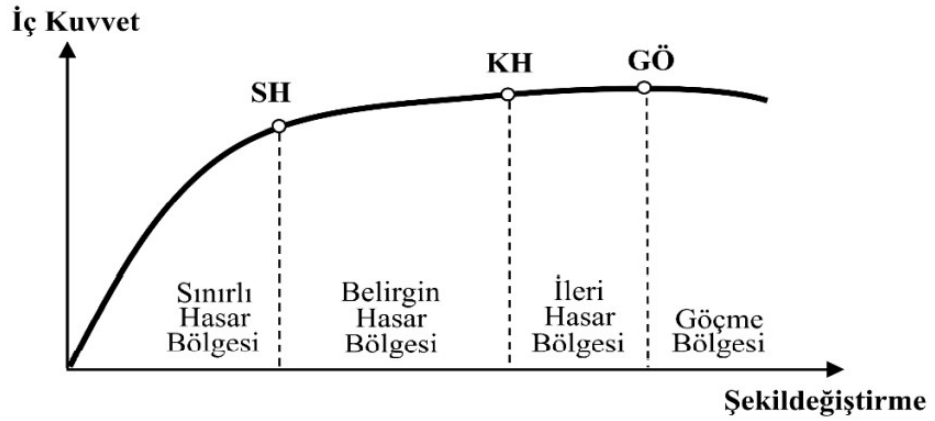
Yer değiştirmeye ve şekil değiştirmeye göre yapılan hesaplar doğrusal olmayan yöntemler ile yapılmaktadır. Yapıların beton ve donatı olarak bakıldığında malzemelerin doğrusal olmayan hesap yönteminde, hedeflenen deprem etkisinde yapıda beklenen yer değiştirme kapasitesine ulaştığı zaman, sistem eleman kesitlerinde meydana gelen plastik mafsallı dönmelerine göre beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. İki yöntem içinde deprem yönetmeliğimi, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanlarının sünek ve gevrek davrandığı göz önüne alınarak elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştıkları belirlenmektedir.[25]

2.5.3 Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde uç sınır durum tanımlanmaktadır. Bunlar Sınırlı Hasar bölgesi (SH), Belirgin Hasar bölgesi (KH) ve Göçme Öncesi (GÇ) 'dır. Sınırlı hasar, ilgili kesitte elastik davranışın sona erdiği sınır değeridir. Güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir [1].

2.5.4 Kesit hasar bölgeleri

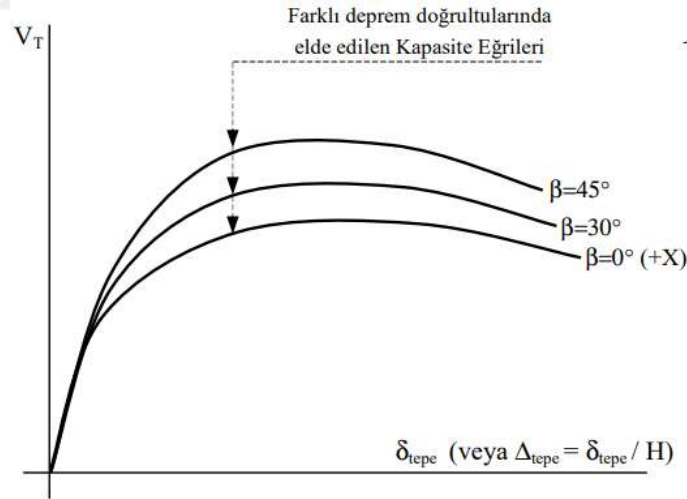
Kritik kesitlerinin hasarı SH seviyesine ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÖ seviyesini aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer almaktadır.



Şekil 2.6: Hasar Bölgeleri [1]

Doğrusal olmayan davranış kavramları ve performans seviyelerinin haricinde yapılan çalışmada çoklu doğrultular ile itme analizi uygulanmıştır. Farklı açıların uygulanması hakkında kesinleşmiş sınırlar bulunmadığı için yönetmelikte belirtilen hesap esas ve kurallarına uyarak model kurulmuştur ve doğrusal olmayan itme yöntemini kullanılmıştır.

Doğrusal olmayan teori esas alınarak, betonarme yapıların çok doğrultulu, açılı deprem yükleri altındaki şekil değiştirme esaslı davranış taleplerinin belirlenebilmesi amacıyla, literatürde, yönetmeliklerde henüz herhangi bir analiz yöntemine rastlanamamıştır. Bu nedenle çalışmanın 3. ve 4. bölümde, deprem yüklerinin betonarme binaların plandaki ana eksen doğrultularının yanı sıra herhangi ara doğrultulardan da etkimesi hali için, yapısal davranış taleplerinin (taban kesme kuvveti, yer değiştirme, birim şekil değiştirme vb.) belirlenebilmesi amacıyla, şekil değiştirme esaslı doğrusal olmayan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiştir. Bu şekilde, deprem yüklerinin doğrultu etkisi nedeniyle betonarme binaların sistem elemanlarında oluşacak en elverişsiz şekil değiştirme talepleri çok doğrultulu deprem yükleri altında yapılacak bir araştırma ile belirlenebilmektedir.



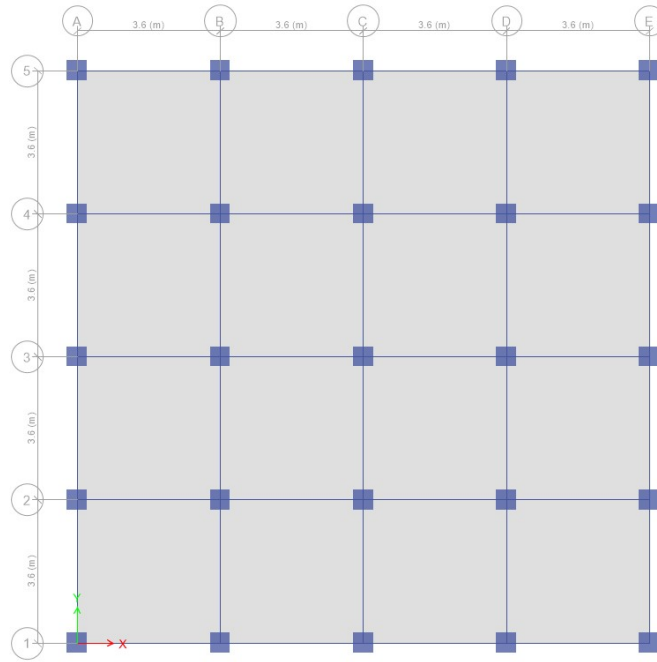
Şekil 2.7 Farklı açılarda oluşan kapasite eğrileri [21]

3. YAPI MODELİ VE SAYISAL ÇALIŞMA

3.1 Yapı Modeli

Çalışmada ele alınan projenin genel özellikleri bu kısımda belirtilmiştir. Bina TBDY 2018'e göre analiz edilmiştir, hesaplanmıştır ve boyutlandırılmıştır. Bina değerlendirme esası için bilgiler şöyledir.

5 akslı simetrik bir düzlemde düşünülmüştür. Aks aralıkları 3,6 metredir. Tüm akslar aynı uzunluktadır. Yapı 5 katlıdır, her kat yüksekliği 3,6 metre yüksekliğindedir. Kolon boyutları 50cm*50cm olarak tek tip yapılmıştır. Kiriş 30cm*50cm olarak boyutlandırılmıştır yine tek tip kiriş vardır. Aşağıdaki şekil yapının x-y düzlemindeki aks sistemini ve kolon, kiriş planlarını göstermektedir. Döşeme 15 cm kalınlığında seçilmiştir. Sistem moment aktaran yüksek sünek çerçeve sistemdir. TS-500 ve TBDY2018 standartlarına göre yapılmıştır.



Şekil 3.1: Aks sistemi x-y düzlemi

Betonarme binada kullanılan beton sınıfı C30 ve donatı sınıfı B420C kullanılmıştır.

TBDY2018'e göre betonarme binalarda kullanılacak olan en düşük beton sınıfı C25 olacaktır. Aşağıdaki tabloda TS-500 de belirtilen beton sınıfları ve özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Beton sınıflar [2]

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} MPa	Eşdeğer Küp (200 mm) Basınç Dayanımı MPa	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} MPa	28 Günlük Elastisite Modülü, E_c MPa
C16	16	20	1,4	27 000
C18	18	22	1,5	27 500
C20	20	25	1,6	28 000
C25	25	30	1,8	30 000
C30	30	37	1,9	32 000
C35	35	45	2,1	33 000
C40	40	50	2,2	34 000
C45	45	55	2,3	36 000
C50	50	60	2,5	37 000

Yapıda kullanılan beton sınıfı C30 için karakteristik basınç dayanımı 30 N/mm²dir. Yerinde dökülen betonlar için güvenlik katsayısı $\chi_{mc} = 1,5$ ile bölünerek kullanılmaktadır. Donatı sınıfımız B420C eski adı ile S420 sınıfında donatı kullanılmıştır. Donatı çeliğinin tüm sınıfları için $\chi_{ms} = 1,15$ alınacaktır.

Tablo 3.2: Donatı çeliği özellikleri [1]

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0.0011	0.011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15 – 1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15 – 1.35

Beton ve donatı çeliğinde kuvvet-birim uzama grafikleri yapı için önem teşkil etmektedir. Çünkü lineer tasarım yapılırken, yapıya verdiğimiz hasar veya kuvvet kadar yapıda deplasman beklentisi ile tasarım yapılmaktadır. Doğrusal olmayan tasarım yapılırken ise yapının gerçek deprem talepleri ile yapının talepleri karşılaştırılır ve yapının kapasitesi ortaya çıkar. Günümüzde hali hazırda mevcut binaların kentsel dönüşümü veya güçlendirme konusundaki mühendisliği buradan gelmektedir. Yapının kapasitesi belirlenip, yerel zemin sınıfı, bina periyodu ve depremsellik durumunda mevcut binanın hasar – deplasman indeksine göre bir performans düzeyi belirlenir ve bu durumun asıl belirleyicisi, malzemelerin davranışının iyi bir şekilde anlaşılması ve modele yansıtılabilmesidir.

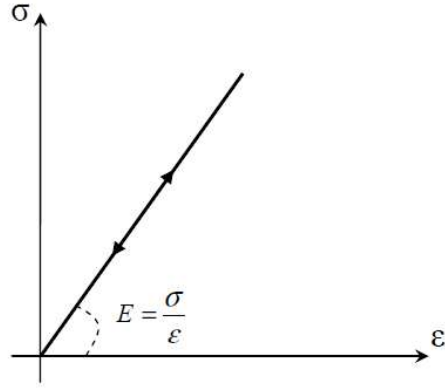
3.2 Malzeme Bilgileri

3.2.1 Malzemelerin Davranış Modelleri

Malzemelerin yük etkisi altındaki gerçek davranışlarının anlaşılabilmesi, hesaplanabilmesi ve bazı durumlarda gerçeğe en yakın sonuçlara ulaşılabilmesi amacıyla bir takım ideal sistemlerin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu sistemler 3 ayrı başlıkta tanımlanmaktadır.

3.2.1.1 İdeal Elastik Davranış

Malzemeye bir kuvvet uygulanması durumunda şekil değiştirmelerin ortaya çıkması, kuvvet etkisi kalktığında ise malzemenin eski şekline tam olarak dönebilmesi halidir. Malzemenin üstündeki kuvvet etkisi arttığı sürece birim şekil değiştirmeler de doğrusal olarak artar. Gerilme – şekil değiştirme oranı değişmediği için elastisite modülü daima sabittir.



Şekil 3.2: İdeal elastik malzemede gerilme – şekil değiştirme ilişkisi [10]

3.2.1.2 İdeal Elasto Plastik Davranış

Bu davranışı gösteren malzemeden imal edilen kesitin gerilme – şekil değiştirme eğrisinin,

$$0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad \text{aralığında} \quad \sigma = E \times \varepsilon \quad (3.1) [10]$$

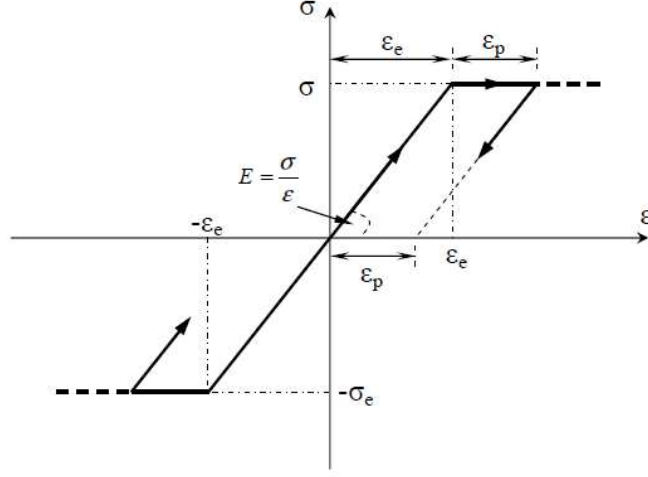
$$\varepsilon_e \leq \varepsilon \leq \infty \quad \text{aralığında} \quad \sigma = \sigma_e \quad (3.2)[10]$$

Şeklinde iki doğru parçasından oluştuğu varsayılmaktadır. σ_e değeri akma gerilmesini temsil etmektedir. Yükleme yapılması durumunda akma gerilmesine kadar elastik özellik gösteren malzeme, bu gerilmeye ulaşılması ile tüm dayanımını kaybetmektedir.

Gerilmede artış olmamasına rağmen çok büyük şekil değiştirmelere uğrar. Yüklemenin kaldırılması ile kesit eski şekline dönmeye çalışır ancak yalnızca elastik şekil değiştirmeler geri dönebilir. Plastik şekil değiştirmeler ise kalıcı olur. Malzemenin çekme ve basınç gerilmeleri altında aynı özellikleri gösterdiği kabul edilmektedir.

Basit eğilme etkisindeki dik kesitin şekil değiştirdikten sonra da düzlem olarak kaldığı Bernoulli- Navier hipotezine göre [2]; kesme kuvvetinin eğilme ve uzama şekil değiştirmelerine etkisinin ihmal edilebileceği varsayımları yapılmaktadır.

Uygulamalarda yapı çeliklerinin davranışı, ideal elasto-plastik olarak idealleştirilebilir.

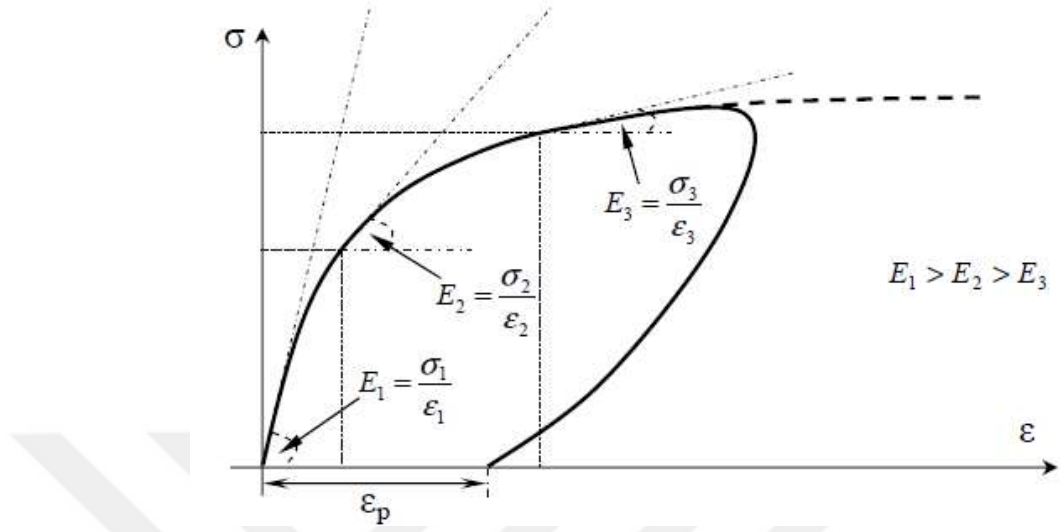


Şekil 3.3: İdeal elasto-plastik malzemede gerilme – şekil değiştirme ilişkisi [10]

3.2.1.3 Doğrusal Olmayan Elasto Plastik Davranış

İdeal elasto-plastik davranışta olduğu gibi malzemeye bir kuvvet uygulanması halinde artan şekil değiştirmelerin ortaya çıkması, ama kuvvet etkisi kalktığında malzemenin eski şekline tam olarak dönememesi halidir. Bu davranış türünde malzeme küçük gerilme değerlerinde elastik davranışa benzer hareket etmekteyken, gerilmeler büyüdükçe birim şekil değiştirmelerde doğrusal olmayan artımlar görülmektedir.

Gerilme – şekil değiştirme oranı her bir adımda azalan bir eğimle artmaktadır. Bu da malzemeye kuvvet etki edilmesi ile elastisite modülünün azaldığı anlamına gelir. Kuvvetin kaldırılması sonucu elastik şekil değiştirmeler geri dönerken plastik şekil değiştirmelerin önemli bir kısmı kalıcı olmaktadır. Yükleme etkisindeki betonarme malzemenin davranışını gerçeğe en yakın olarak yansıtan davranış modelidir.



Şekil 3.4: Doğrusal olmayan elasto-plastik malzemede gerilme – şekil değiştirme ilişkisi [10]

3.3 Yapı Bilgileri

Bina 5 katlı betonarme olup konut olarak düşünülmüştür. Döşeme tipi olarak, kirişli plak döşeme olarak tasarlanmıştır. Yapıda;

- Döşeme $\frac{kN}{m^2}$: Tesviye betonu 5 cm = $22 \frac{kN}{m^3} \times 0,05 \text{ m} = 1,1 \frac{kN}{m^2}$
- Döşeme $\frac{kN}{m^2}$: Kaplama mermer 1 cm = $\frac{kN}{m^3} \times 0,01 \text{ m} = 0,270 \frac{kN}{m^2}$
- Döşeme $\frac{kN}{m^2}$: Harç 2 cm = $20 \frac{kN}{m^3} \times 0,02 \text{ m} = 0,4 \frac{kN}{m^2}$
- Dolu Tuğla Duvar $\frac{kN}{m^2}$: $19 \frac{kN}{m^3} \times 0,102 \text{ m} = 1,938 \frac{kN}{m^2}$ (harç dahil)
- Tesisat Ağırlığı: $0,292 \frac{kN}{m^2}$
- Çatı Ölü Yük: Çatı + Döşeme Sıvası + Tesisat = $1,5 \frac{kN}{m^2} + 0,4 + 0,292 = 2,2 \frac{kN}{m^2}$

- Kat metrajı=14,4*14,4=207,36 m²

Normal kat için;

$$G=4 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q=2 \frac{kN}{m^2}$$

Çatı Katı için:

$$G=2,2 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q=1,5 \frac{kN}{m^2}$$

Değerleri alınmıştır. Etabs modeli için, kendi kolon, kiriş, döşeme gibi ağırlıkları matematiksel modelde kendi içinde çözdüğü için ayrı olarak çerçeve elamanların ağırlık hesabı yapılmamıştır.

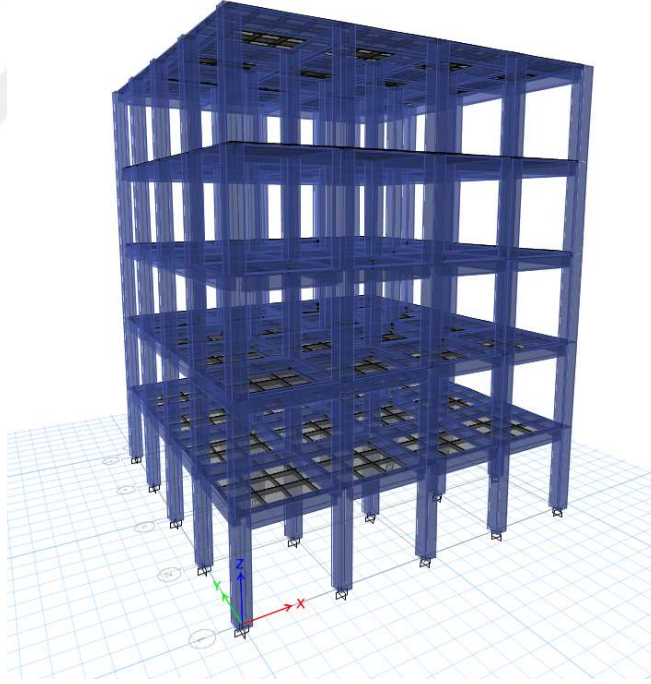
Binaya etkiyen ölü ve hareketli yükler neticesinde yapının kendi ağırlığı hesabı yapılırken, deprem yönetmeliğine göre hareketli yük katılım katsayıları dikkate alınmıştır. Bu sebeple;

$$\text{Yapı Ağırlığı} = G + nQ$$

Tablo 3.3: Binaların Kullanım Amacı [1]

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

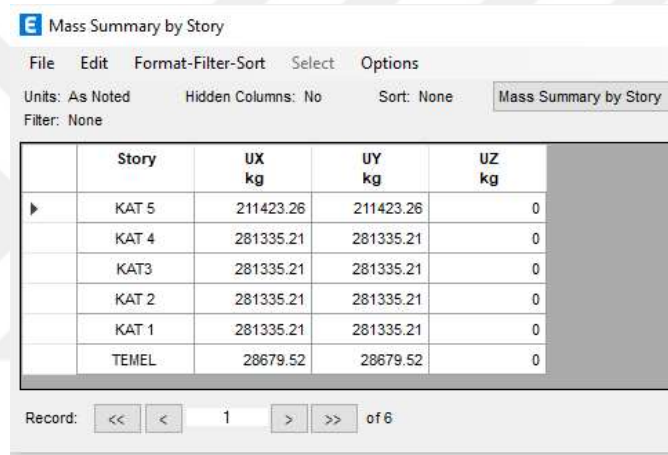
n değeri 0,3 olarak alınmıştır. Yapı ağırlığı matematiksel modelin analizi yapıldıktan sonra program otomatik olarak hesaplayacaktır.



Şekil 3.5: 3 Boyutlu model görünümü

Yapının 3D görsel hali Şekil 3.5'te görüldüğü gibidir. Analiz sonrası x ve y yönünde kütle katılımda bulunan ağırlıkların tabloları da aşağıda sırasıyla Tablo 3.4, Tablo 3.5 olarak verilmiştir. Aynı zamanda metraj kolaylığı açısından Etabs bize her bir çerçeve elemanın uzunluk ve adetini de vermektedir.

Tablo 3.4: Etabs'a göre katlara ait kütle dağılımı



Story	UX kg	UY kg	UZ kg
KAT 5	211423.26	211423.26	0
KAT 4	281335.21	281335.21	0
KAT3	281335.21	281335.21	0
KAT 2	281335.21	281335.21	0
KAT 1	281335.21	281335.21	0
TEMEL	28679.52	28679.52	0

Yapının kütlesi hem x hem y yönünde 1365441,63 kg olarak Etabs tarafından hesaplanmıştır.

Yapının toplam G+nQ da oluşturduğu kütle 1365,4 tondur.

Tablo 3.5: Çerçeve elemanların metraj listesi

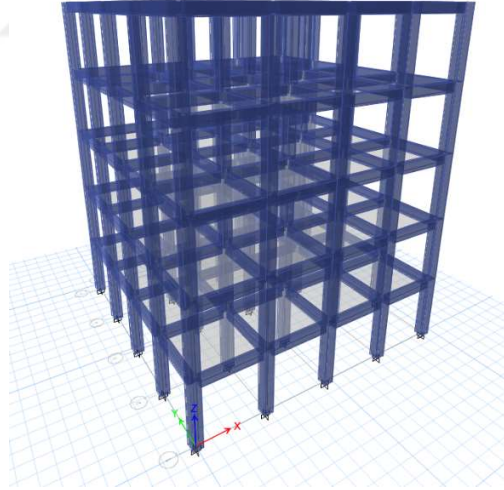
Section	Object Type	Number Pieces	Length m	Weight kN	Number Studs
BEAM30*50	Beam	200	720	2325	0
COLUM50*50	Column	125	450	2812.5	
D15	Floor			3888	

Hesaplanan bu değerlerin içerisinde ereve elemanların (kiriş, kolon, döşeme) etkin kesit rijitlikleri de hesaba katılarak, çarpan değerleri değiştirilmiştir. Etkin kesit arpanları yüksek sünek kabulünden dolayı deprem yönetmeliğinde anlatılmış ve yer verilmiştir.

3.4 Modal Analiz

3.4.1 Model- 1

Binada 0° - 15° - 30° - 45° açılar ile matematiksel model kurulup analizleri yapılmıştır. Bu analizler yine Etabs programında yapılmıştır, aşağıdaki şekillerde sırasıyla aı aı modellerin 3 boyutlu halleri gösterilmiştir.



şekil 3.6: 0° için matematiksel model

Aşağıdaki tabloda yapının global eksenlerde, 0° olduğu zaman, zati ağırlıklar altında oluşan mod şekilleri gösterilmektedir. Her ne kadar 1. Mod Y yönü olsa da yapının tam simetrikliğinden dolayı hem X hem Y yönü aynı değerleri almıştır. Bu yüzden baskın bir yön modu olmayacaktır. Kolon boyutlarının aynı olması aks aralıklarının aynı olması hedeflenen araştırmayı uzatmamak için simetrik seçilmiştir.

Tablo 3.6: 0° için mod ve periyotlar

Modal Participating Mass Ratios															
File Edit Format-Filter-Sort Select Options															
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None															
Modal Participating Mass Ratios															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Modal	1	0.782	0.0006	0.8185	0	0.0006	0.8185	0	0.2103	0.0002	2.038E-06	0.2103	0.0002	2.038E-06
	Modal	2	0.782	0.8185	0.0006	0	0.8192	0.8191	0	0.0002	0.2103	3.352E-06	0.2105	0.2104	5.39E-06
	Modal	3	0.659	3.313E-06	2.264E-06	0	0.8192	0.8192	0	5.150999999...	7.614E-07	0.8229	0.2105	0.2104	0.8229
	Modal	4	0.244	0.0001	0.1085	0	0.8193	0.9277	0	0.5989	0.0004	0	0.8093	0.2109	0.8229
	Modal	5	0.243	0.1085	0.0001	0	0.9278	0.9277	0	0.0004	0.5989	0	0.8098	0.8098	0.8229
	Modal	6	0.207	0	0	0	0.9278	0.9277	0	1.304E-06	1.933E-06	0.1061	0.8098	0.8098	0.929
	Modal	7	0.133	2.984E-05	0.044	0	0.9278	0.9718	0	0.0881	0.0001	0	0.8978	0.8099	0.929
	Modal	8	0.132	0.044	2.983E-05	0	0.9718	0.9718	0	0.0001	0.088	0	0.8979	0.8979	0.929
	Modal	9	0.114	0	0	0	0.9718	0.9718	0	0	0	0.0432	0.8979	0.8979	0.9722
	Modal	10	0.088	1.901E-05	0.0214	0	0.9718	0.9931	0	0.0825	0.0001	0	0.9803	0.898	0.9722
	Modal	11	0.088	0.0213	1.9E-05	0	0.9932	0.9932	0	0.0001	0.0824	0	0.9804	0.9804	0.9722
	Modal	12	0.076	0	0	0	0.9932	0.9932	0	0	0	0.021	0.9804	0.9804	0.9932

3.4.2 Model-2

2.modelde 15° açı ile ağırlık merkezinden saat yönünün tersinde çevirerek yeni model kurulmuştur. Tablo 3.7’da Periyot değeri Model-1’e göre değişim göstermezken, kütle katılım değerleri değiştiğini gözlemlenmektedir.

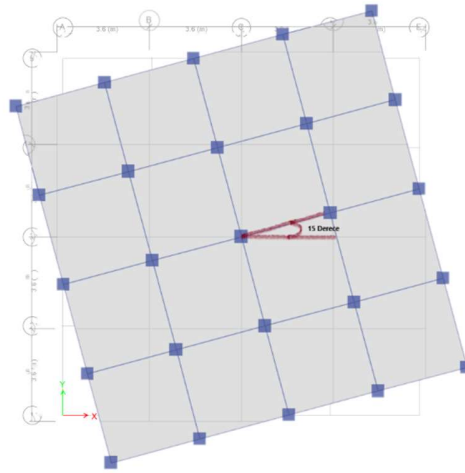
Tablo 3.7: 15° için mod ve periyotlar

Modal Participating Mass Ratios																
File Edit Format-Filter-Sort Select Options																
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None																
Filter: None																
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ		
Modal	1	0.782	0.0469	0.7723	0	0.0469	0.7723	0	0.1984	0.012	2.079E-06	0.1984	0.012	2.079E-06		
Modal	2	0.782	0.7723	0.0469	0	0.8192	0.8191	0	0.012	0.1984	3.914E-06	0.2105	0.2104	5.993E-06		
Modal	3	0.659	5.306E-06	8.905E-07	0	0.8192	0.8192	0	0	1.213E-06	0.8229	0.2105	0.2104	0.8229		
Modal	4	0.244	0.0062	0.1023	0	0.8254	0.9215	0	0.5648	0.0345	0	0.7753	0.2449	0.8229		
Modal	5	0.243	0.1023	0.0062	0	0.9278	0.9277	0	0.0345	0.5649	0	0.8098	0.8098	0.8229		
Modal	6	0.207	5.297E-07	0	0	0.9278	0.9277	0	0	3.22E-06	0.1061	0.8098	0.8098	0.929		
Modal	7	0.133	0.0026	0.0415	0	0.9303	0.9692	0	0.083	0.0051	0	0.8928	0.8149	0.929		
Modal	8	0.132	0.0415	0.0026	0	0.9718	0.9718	0	0.0051	0.083	0	0.8979	0.8979	0.929		
Modal	9	0.114	0	0	0	0.9718	0.9718	0	0	0	0.0432	0.8979	0.8979	0.9722		
Modal	10	0.088	0.0012	0.0202	0	0.973	0.9919	0	0.0778	0.0047	0	0.9757	0.9026	0.9722		
Modal	11	0.088	0.0202	0.0012	0	0.9932	0.9932	0	0.0047	0.0778	0	0.9804	0.9804	0.9722		
Modal	12	0.076	0	0	0	0.9932	0.9932	0	0	0	0.021	0.9804	0.9804	0.9932		

Record: << < 2 > >> of 12

Add Tables...

Done



Şekil 3.7: 15° için x-y düzlemi

3.4.3 Model-3

3.modelde 30° açı ile ağırlık merkezinden saat yönünün tersinde çevirerek yeni model kurulmuştur. Tablo 3.8’da Periyot değeri Model-1’e göre değişim göstermezken, kütle katılım değerleri değiştiğini gözlemlenmektedir.

Tablo 3.8:30° için mod ve periyotlar

Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

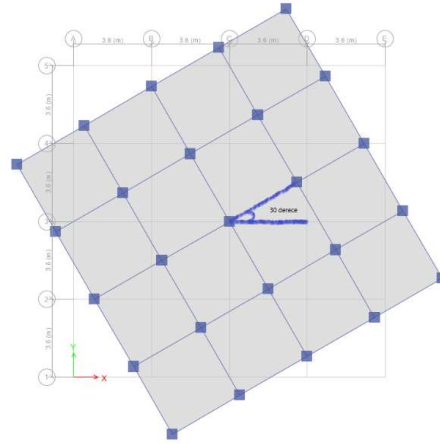
Modal Participating Mass Ratios

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
▶	Modal	1	0.782	0.1906	0.6285	0	0.1906	0.6285	0	0.1615	0.049	2.065E-06	0.1615	0.049	2.065E-06
	Modal	2	0.782	0.6286	0.1906	0	0.8192	0.8191	0	0.049	0.1615	3.934E-06	0.2104	0.2104	5.999E-06
	Modal	3	0.659	6.115E-06	0	0	0.8192	0.8191	0	0	1.397E-06	0.8229	0.2104	0.2104	0.8229
	Modal	4	0.244	0.0253	0.0833	0	0.8445	0.9024	0	0.4596	0.1397	0	0.67	0.3502	0.8229
	Modal	5	0.244	0.0833	0.0253	0	0.9277	0.9277	0	0.1398	0.4596	0	0.8098	0.8098	0.8229
	Modal	6	0.207	6.038E-07	0	0	0.9277	0.9277	0	0	3.683E-06	0.1061	0.8098	0.8098	0.929
	Modal	7	0.133	0.0103	0.0337	0	0.938	0.9615	0	0.0675	0.0206	0	0.8772	0.8304	0.929
	Modal	8	0.133	0.0337	0.0103	0	0.9718	0.9718	0	0.0206	0.0675	0	0.8979	0.8979	0.929
	Modal	9	0.114	0	0	0	0.9718	0.9718	0	0	0	0.0432	0.8979	0.8979	0.9722
	Modal	10	0.088	0.005	0.0164	0	0.9767	0.9882	0	0.0634	0.0192	0	0.9612	0.917	0.9722
	Modal	11	0.088	0.0164	0.005	0	0.9931	0.9931	0	0.0192	0.0634	0	0.9804	0.9804	0.9722
	Modal	12	0.076	0	0	0	0.9931	0.9931	0	0	0	0.021	0.9804	0.9804	0.9932

Record: << < 1 > >> of 12

Add Tables...

Done



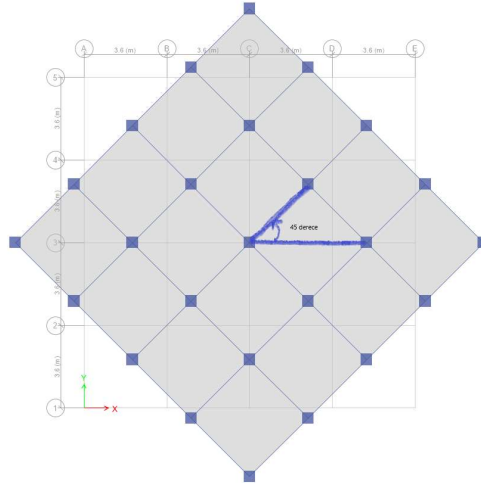
Şekil 3.8:30° için x-y düzlemi

3.4.4 Model-4

4.modelde 45° açı ile döndürülerek model kurulmuştur. Tablo 3.9’de periyot değerleri değişmiştir, bir öncekilere göre hem Mod-1 yönü X eksenine oldu ve kütle katılım oranları da değiştiğini gözlemlenmektedir.

Tablo 3.9: 45° için mod ve periyotlar

Modal Participating Mass Ratios															
File Edit Format-Filter-Sort Select Options															
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Participating Mass Ratios															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Modal	1	0.783	0.4749	0.3442	0	0.4749	0.3442	0	0.0884	0.122	2.52E-06	0.0884	0.122	2.52E-06
	Modal	2	0.783	0.3442	0.4749	0	0.8191	0.8191	0	0.122	0.0884	3.198E-06	0.2104	0.2104	5.717E-06
	Modal	3	0.66	5.699E-06	0	0	0.8191	0.8191	0	0	1.296E-06	0.8228	0.2104	0.2104	0.8228
	Modal	4	0.244	0.0652	0.0434	0	0.8843	0.8625	0	0.2395	0.3598	0	0.4499	0.5702	0.8228
	Modal	5	0.244	0.0434	0.0652	0	0.9277	0.9277	0	0.3599	0.2395	0	0.8098	0.8098	0.8229
	Modal	6	0.207	5.52E-07	0	0	0.9277	0.9277	0	0	3.363E-06	0.1061	0.8098	0.8098	0.929
	Modal	7	0.133	0.0285	0.0155	0	0.9562	0.9432	0	0.0311	0.057	0	0.8408	0.8668	0.929
	Modal	8	0.133	0.0155	0.0285	0	0.9717	0.9717	0	0.057	0.0311	0	0.8978	0.8978	0.929
	Modal	9	0.114	0	0	0	0.9717	0.9717	0	0	0	0.0432	0.8978	0.8978	0.9722
	Modal	10	0.088	0.0163	0.005	0	0.9881	0.9767	0	0.0194	0.0631	0	0.9172	0.9609	0.9722
	Modal	11	0.088	0.005	0.0163	0	0.9931	0.9931	0	0.0631	0.0194	0	0.9803	0.9803	0.9722
	Modal	12	0.076	0	0	0	0.9931	0.9931	0	0	0	0.021	0.9803	0.9803	0.9932



Şekil 3.9: 45° için x-y düzlemi

3.5 Bina Değerlendirmesi

Deprem yönetmeliğinin verdiği bina değerlendirme esaslarına göre bina yüksekliği, süneklik sınıfı, tasarım kriterleri, çerçeve sisteme, yapının kullanım amacına göre sınıflandırmalar yapılarak, yapıya etkiyen depremi ve diğer etkenleri optimize edebilmek için sınıflandırmalar yapılmıştır. 5 katlı, sadece çerçeve sistemden oluşan yüksek sünek tasarım için yönetmelikte belirtilen parametreleri ve değerleri aşağıda tablo 3.10 de verilmiştir.

Tablo 3.10: Yapıya ilişkin bilgiler

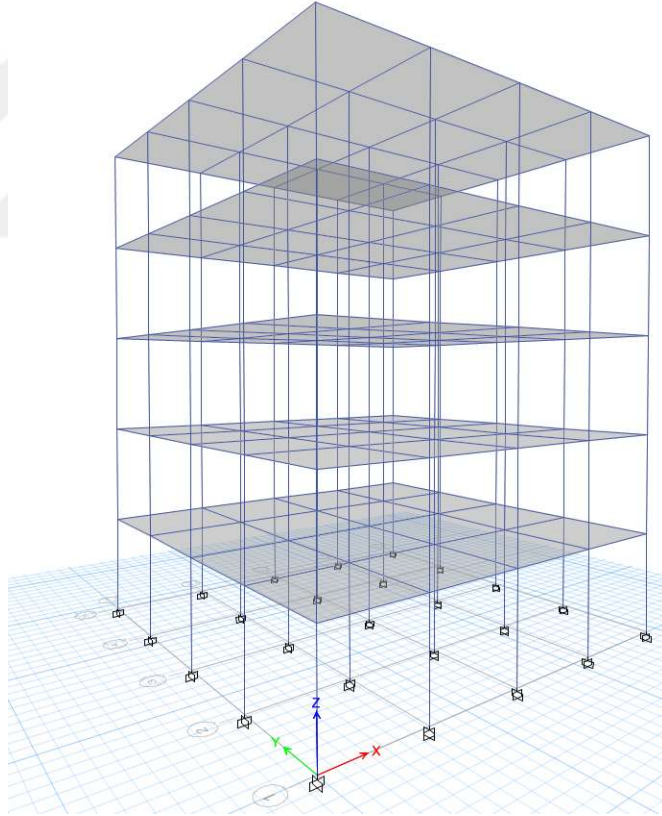
Deprem Düzeyi	DD-2
Sönüm Oranı	0,05
Yerel Zemin Sınıfı	ZC
Bina Kullanım Sınıfı	3
Bina Önem Katsayısı	1
Deprem Tasarım Sınıfı	1a
Bina Yükseklik Sınıfı	BYS-5
Bina Yüksekliği	18 m
Normal Performans Hedefi	KH
Tasarım Yaklaşımı	DGT
X-Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
X-Dayanım Fazlalığı Katsayısı	3
Y-Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
Y-Dayanım Fazlalığı Katsayısı	3

Binada düzensizlikler bakımından A1 Burulma düzensizliği bulunmamaktadır. A2 döşeme süreksizliği bulunmamaktadır. Tam simetrik ve sade bir sistem seçilerek hedeflenen çoklu tepkilere ve sonuçlara hızlı bir şekilde ulaşmak için tam simetrik sistem tercih edilmiştir. A3 Planda çıkıntı düzensizliği bulunmamaktadır.

B1, komşu katlar arası dayanım düzensizliği de bulunmamaktadır. Temelden çatıya kadar tüm kesme elemanları en kesit alanlarını değiştirmeden taşıyıcı sistemi korumaktadır.

B2 Yumuşak kat düzensizliği, komşu katlar arasındaki görelî kat ötelemesinin fazla olma durumu bulunmamaktadır. B3 Taşıyıcı düşey eleman süreksizliği bulunmamaktadır.

Yapı 5 katlı betonarme kirişli plak döşeme olarak Etabs programında doğrusal olarak matematiksel modeli kurulmuştur. Kurulan modelin ardından farklı açılardaki itme tepkisini ölçebilmek için program ara yüzü ile açısız olarak 15°-30°-45° çevirerek, itme yönünün global eksenlerini sabit bırakıp, yapıyı döndürerek modeller tamamlanmıştır. Aşağıdaki şekilde etabs modelini görülmektedir.

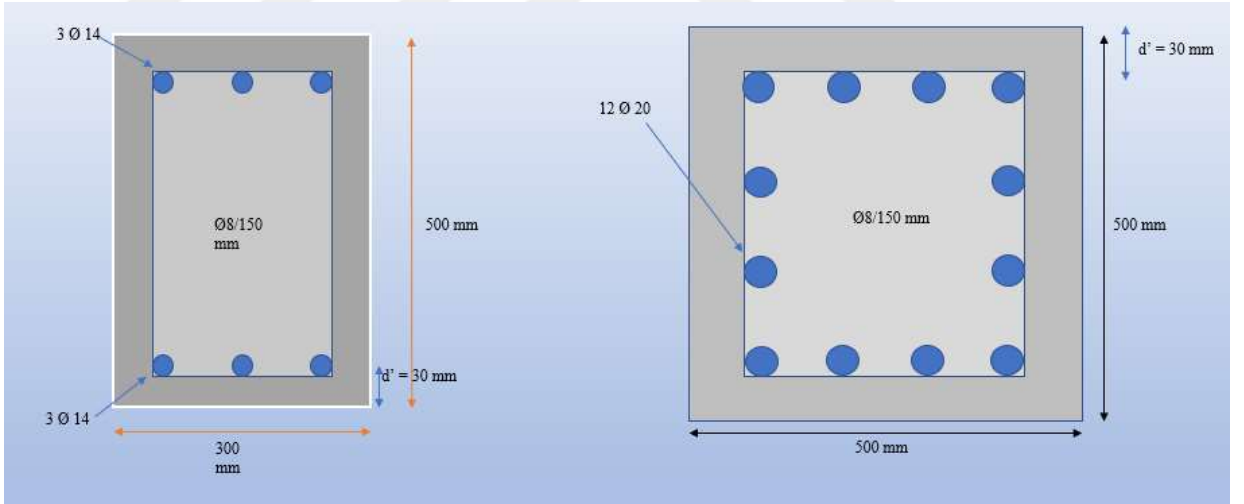


Şekil 3.10: Çubuk Eleman Görünümü

Yapıda kullanılan çerçeve taşıyıcı elemanlar yapının kapasitesi ile doğrudan ilgilidir. Yapıyı oluşturan elemanların süneklik özelliklerinin incelenmesi adına kiriş ve kolonlarda moment-eğrilik ilişkilerinden ve kolonlar için karşılıklı etki diyagramlarından yararlanılmıştır. Bunun için XTract programı ile hesaplar yapılmıştır.

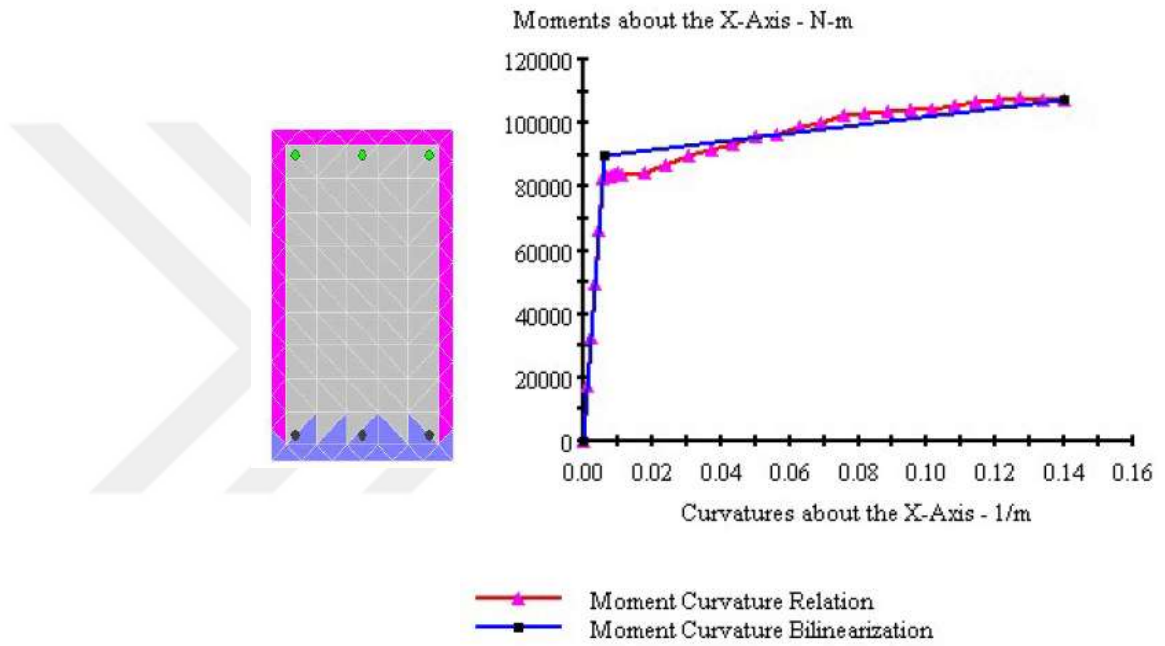
Betonarme yapı tasarımında elemanların kesitlerinin davranışını ve bu davranışı etkileyen parametrelerin bilinmesi öncelikle elemanları ve sonra özelden genele doğru tüm yapı sistemini etkileyeceğinden deprem performansı açısından çok önemlidir. Yapısal elemanların kesitlerine ait davranış özellikleri moment-eğrilik ilişkilerinden elde edilebilmektedir.

Çalışma kapsamında pratikte yaygın kullanılan 300x500 mm kiriş seçilmiştir. Kolon boyutlarımız ise, 500x500 mm boyutlarında her iki yönde çiroza sahip betonarme kesitler seçilmiştir.



Şekil 3.11: Kolon ve kiriş kesit görünümü

Xtract uygulaması ile Moment-Eğrilik grafiğini elde etmek için hem beton hem donatı için parametreler girilmiştir. Beton için C30 değerleri, donatı için B420C değerleri programa tanıtılmıştır. Sonuçlar neticesinde kirişler için plastik mafsallık için sınır koşulları programa girdi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.12: Kirişe ait moment eğrilik ilişkisi

Şekil 3.12 de gösterilen 300x500 mm kirişe ait moment-eğrilik ilişkisinde, efektif akma momentini değeri 89,96 kN-m gelmiştir. Akma momentine karşılık gelen eğrilik değeri ise 0,006157 1/m gelmiştir. Bu değerleri kirişlerin hesabındaki plastik mafsal için Etabs programında mafsal olarak tanımlanmaktadır.

Hinge Property Data for BEAM-HINGE - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-50
D-	-0.2	-50
C-	-1	-50
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1	50
D	0.2	50
E	0.2	50

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

☒ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length: mm

☐ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

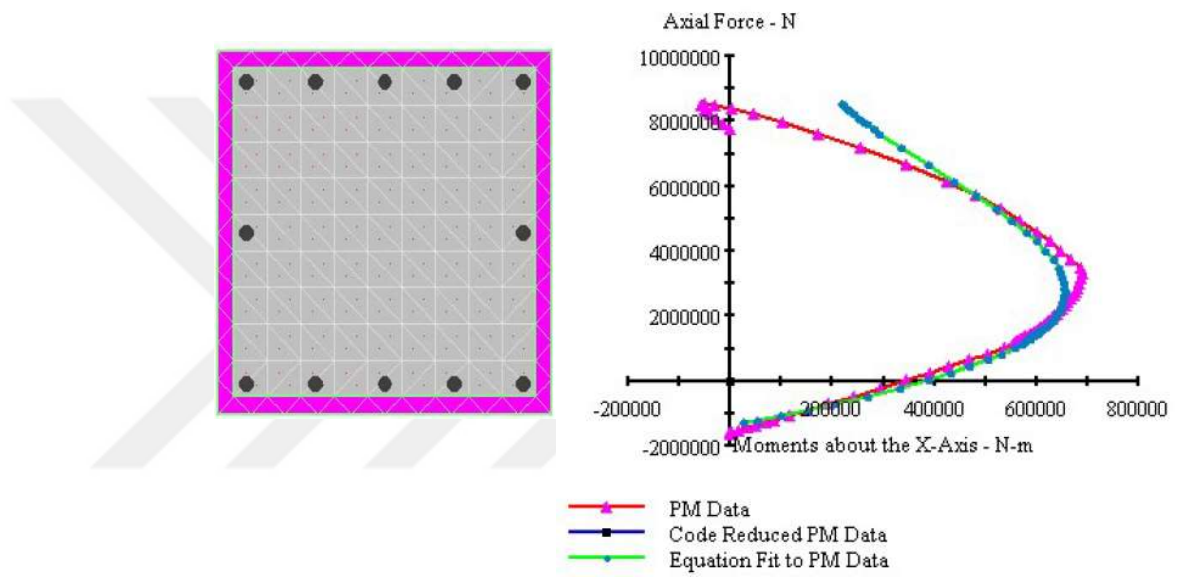
Hysteresis:

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 3.13: Plastik hinge özelliklerinin tanımlanması

Aynı işlemler kirişten sonra kolonlar içinde yapılmıştır. Kolonlarda eksenel kuvvetlere karşılık gelen Moment-eğrilik ilişkileri de kurulmuştur ayrıca kolonlarda karşılıklı etki diyagramları da Xtract programı yardımıyla çizilmiştir.



Şekil 3.14: Kolona ait karşılıklı etki diyagramı

Xtract çıktılarını, Etabs programında kolon için tanımlanan mafsal kapasite değerlerini girerek plastik mafsal tanımlaması bitirilmiştir. Burada hem kolon hem de kiriş için eğri grafiklerini Etabs programına lineerize edilerek tanımlanmıştır.

E P-M3 Interaction Curve Definition for COLUMN

User Interaction Curve Options

☒ Interaction Curve is Symmetric

Number of Curves: 1

Number of Points on Each Curve: 6

Scale Factors (Same for All Curves)

P, kN: 1 M3, kN-m: 1

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P/SF	M3/SF
1	-8382	0
6	1595	0

Interaction Curve Requirements - With Symmetry

- Only one P-M3 curve is specified.
- P (tension positive) increases monotonically.
- M3 = 0 at the first and last points.
- All M3 > 0 (except at first and last points).
- The curve must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P/SF	M3/SF
1	-8382	0
2	-6642	348
3	-4290	626
4	-3302	690
5	0	345
6	1595	0

Plot of Full Interaction Curve

☒ Highlight Current Curve

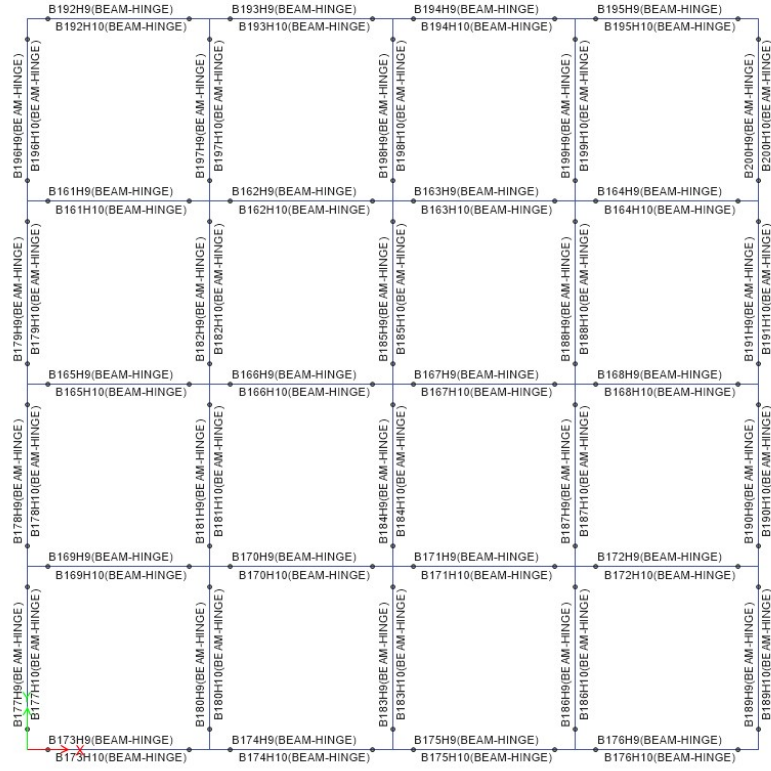
P: 10821.831 kN

M3: -1150 kN-m

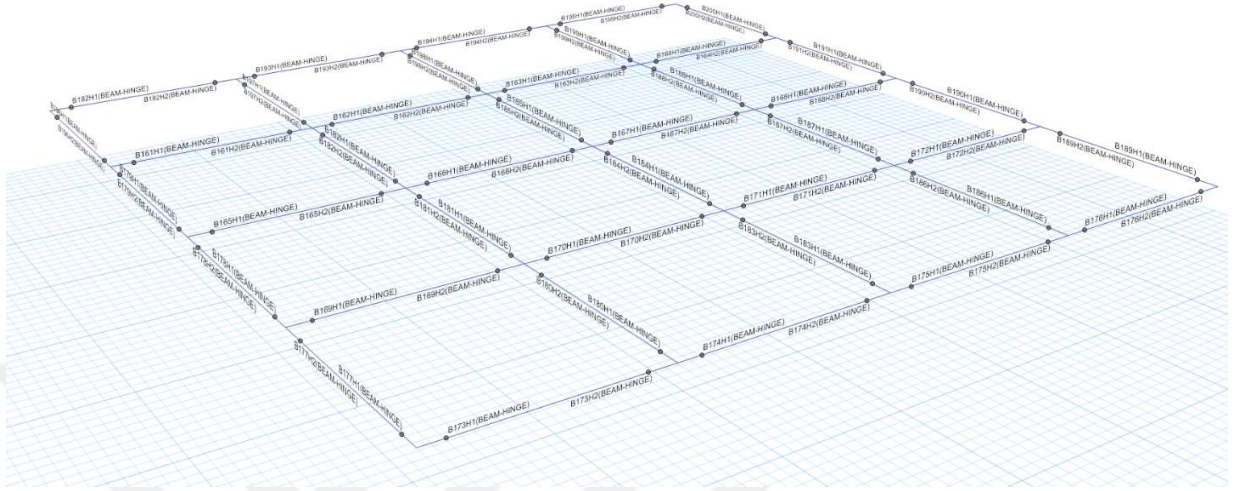
OK Cancel

Şekil 3.15: Plastik mafsal parametrelerinin tanımlanması

Tanımlanan plastik mafsalları programa uçlarda oluşacak şekilde hem kiriş hem kolonlarda ataması yapılmış ve yapı itme analizine hazırlanmıştır. Kat planı görüntüsünde tanımlanan kirişleri şekil 3.16 ve 3.17 de gösterildiği gibi uç bölgelerde tanımlanmıştır.

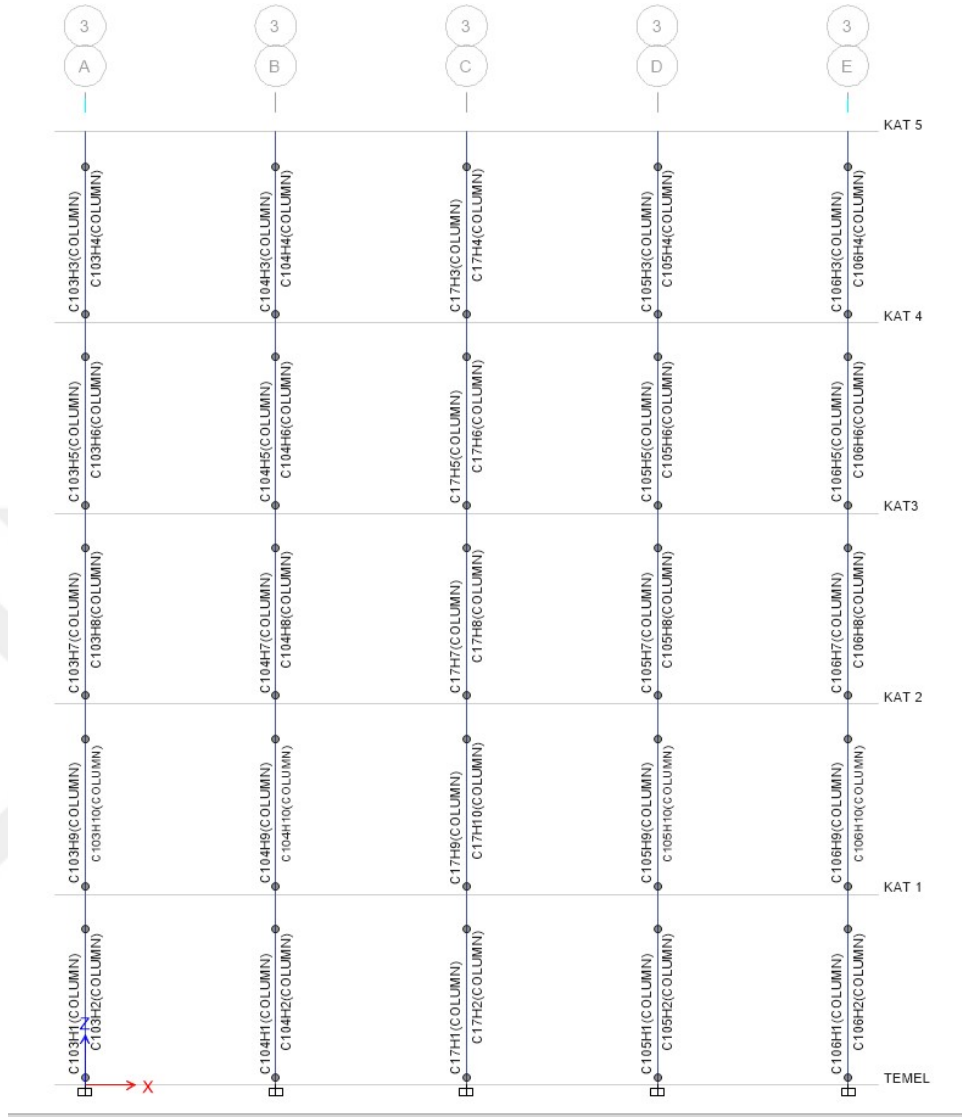


Şekil 3.16: Kirişlere tanımlanan plastik mafsalları görünümü x-y düzlemi



Şekil 3.17: Mafsal tanımlarının perspektif görünümü

Kolonlarda da yine uç bölgelerde oluşacağı için modelleme aşamasında uç bölgelere $L_1=0,05L$ ve $L_2=0,95L$ olarak modellenmiştir.

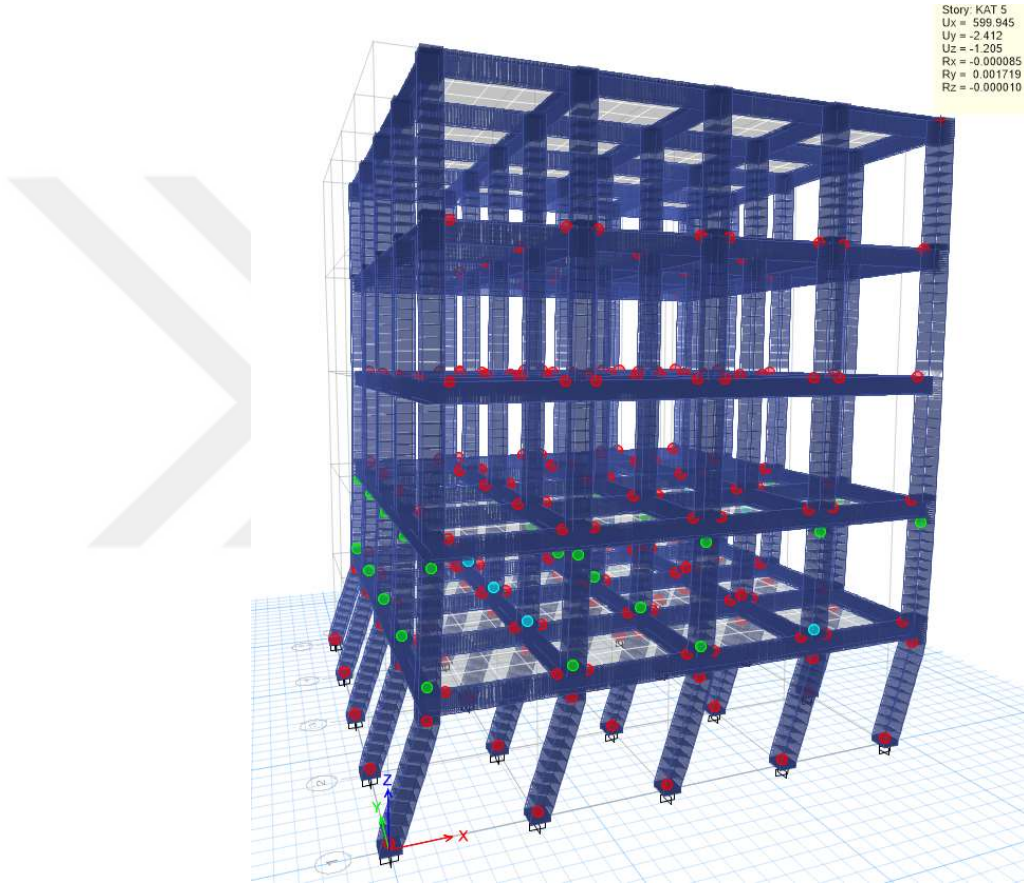


Şekil 3.18: Kolonlara tanımlanan mafsalların x-z düzlem görünümü

Model tamamlandıktan sonra kontrol analizleri bitirilmiştir ve yapı 60 cm X yönünde ve daha sonra Global X'e göreceli olarak saatin tersi yönünde 15°-30°-45° açılar ile 60 cm deplasman olacak şekilde bina itme analizine maruz bırakılmıştır.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapıya uygulanan itme analizleri neticesinde elde edilen kesme kuvveti – deplasman eğrileri oluşan tepkileri gösterecek, aynı zamanda tepe deplasman değerleri ve katlar arası deplasman farkları süneklik durumu hakkında fikir verecektir.

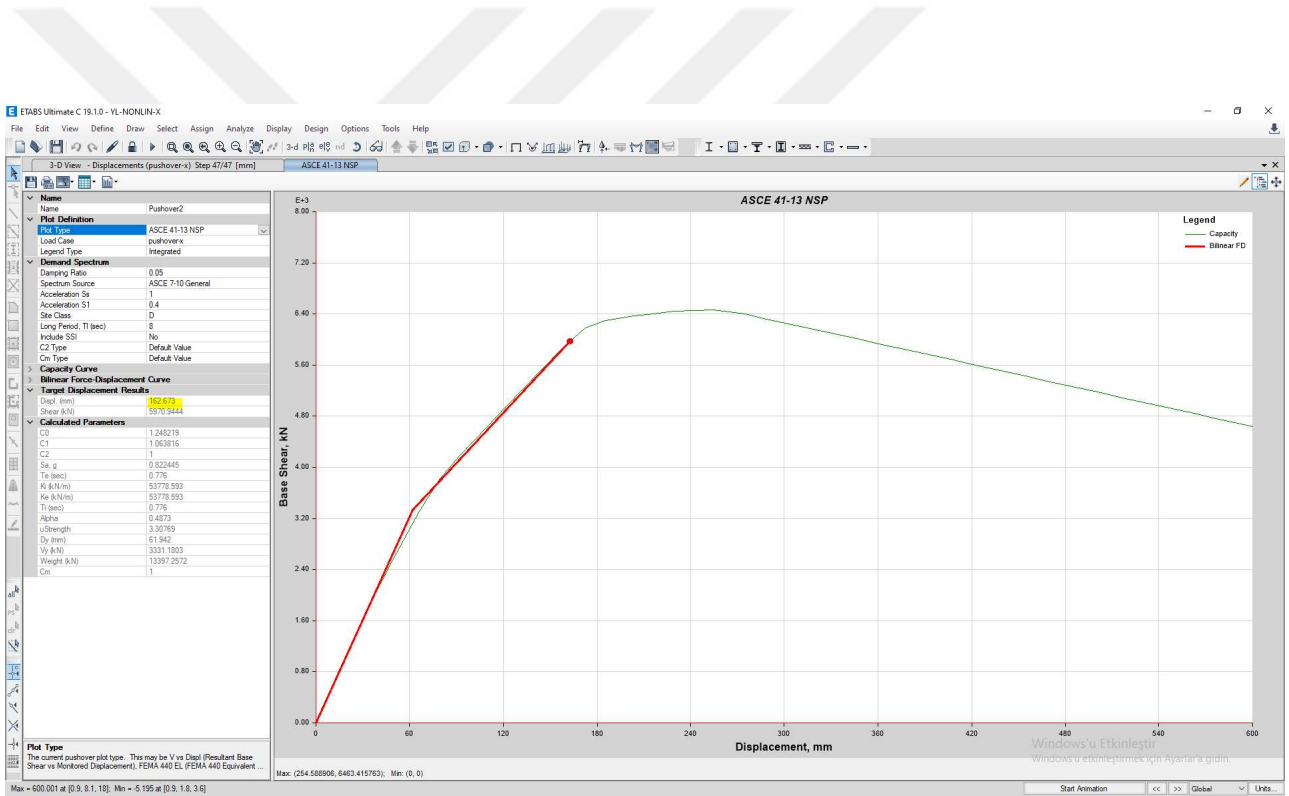


Şekil 4.1: İtme analizi görünümü

Yukarıda ki şekilde gösterilen Etabs modeli üzerindeki itme analizinin son adımıdır.600 mm itilerek her açı üzerinde modellerin kesme kuvveti – deplasman ilişkilerini elde edilmiştir.

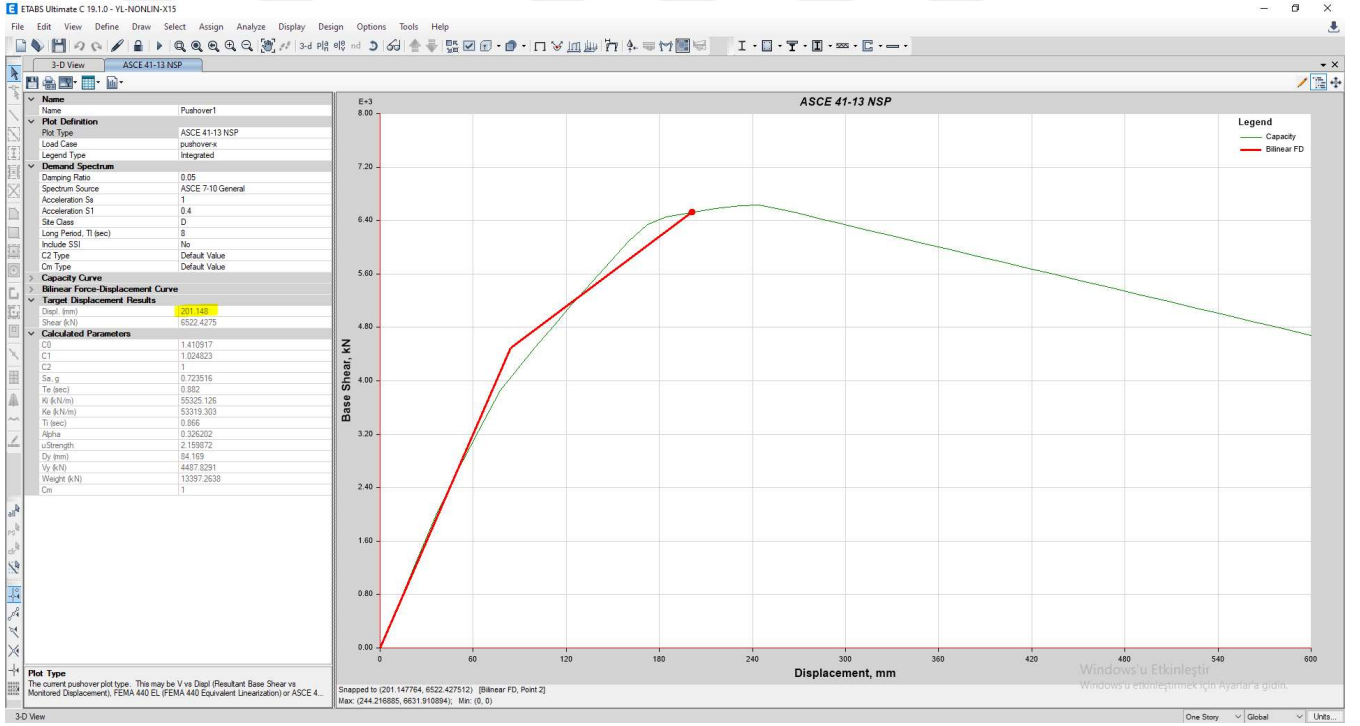
Elde edilen kesme kuvveti – deplasman ilişkilerini karşılaştırabilmek adına tek grafikte toparlanmıştır. Çalışma sonuçlarından anlaşılabileceği gibi simetrik bir yapı üzerinde, düzensizliği bulunmayan betonarme bir binada itme açısı değiştikçe yapının davranışı oldukça değişim göstermektedir

0° halinde iken doğrusal çizgi çizildi zaman grafik üzerinde 162 mm deplasmana çıkan bir yapı talebi görülmektedir, daha sonrasında ise plastikleşme başlayarak yapıda taşıyıcı sistemler akma sınırının üzerine çıkarak mafsallar oluşmaya başlayacağı gözlemlenmektedir.



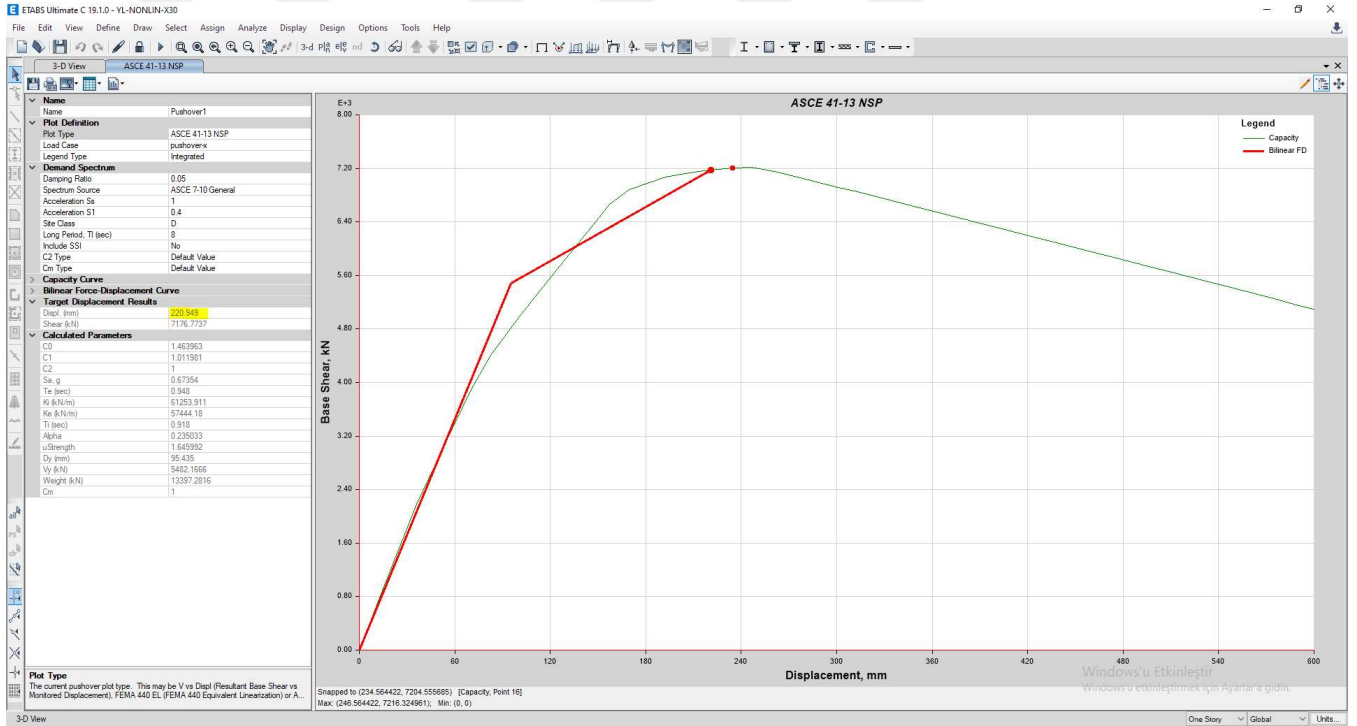
Şekil 4.2:1.modele ait kuvvet-deplasman ilişkisi

15° halinde ise doğrusal çizgi çizilirse grafik üzerinde 201 mm deplasmana çıkan bir yapı talebi görülmektedir. Buna karşılık gelen kesme kuvveti 6522 kN. 201 mm deplasman sonrası ise plastikleşme başlayarak yapıda, taşıyıcı sistemlerim akma sınırının üzerine çıkarak mafsallar oluşmaya başlayacağı gözlemlenmektedir. Böylelikle her plastikleşme sonunda yapıdaki hiperstatiklik derecesi azalır. Azaldıkça yapıdaki süneklik ve dayanımda azalmış olmaktadır.



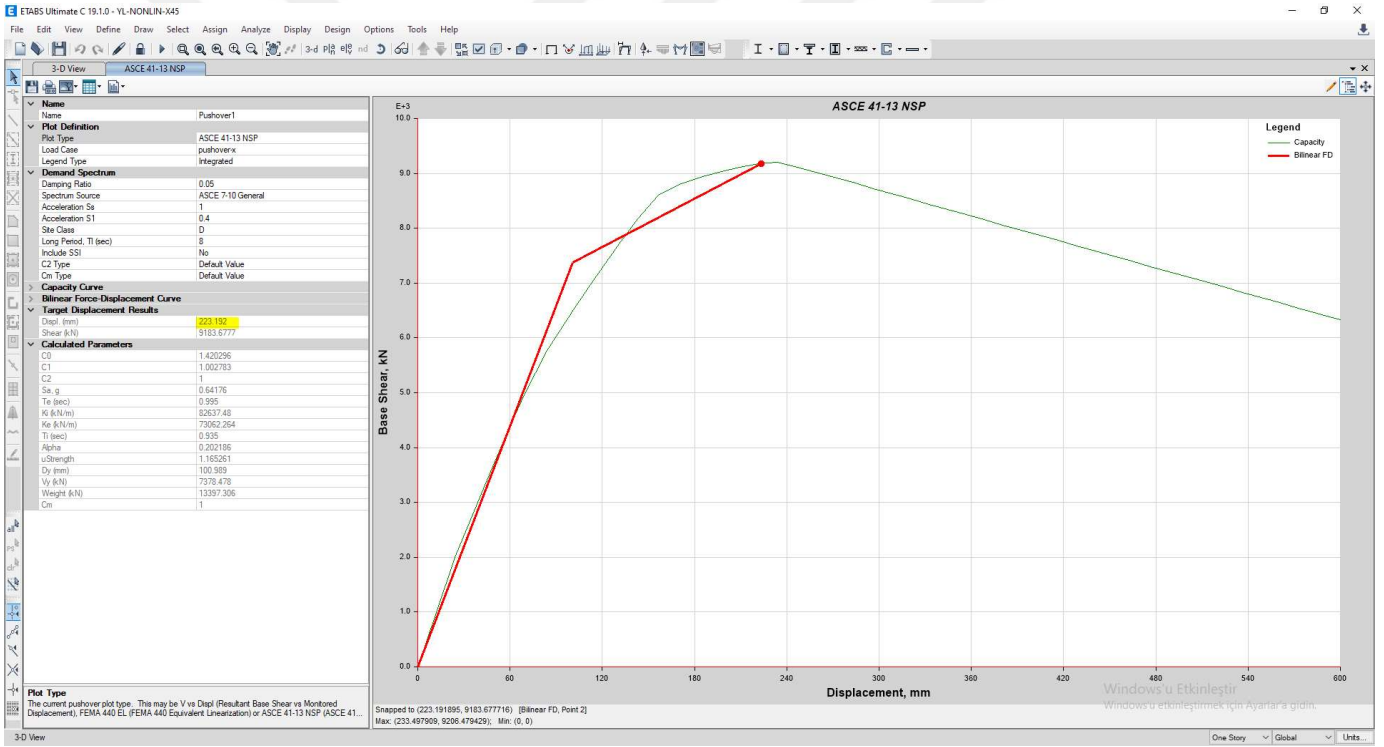
Şekil 4.3:2.modele ait kuvvet-deplasman ilişkisi

30° halinde ise doğrusal çizgi çizilirse grafik üzerinde 220 mm deplasmana çıkan bir yapı talebi görülmektedir. Buna karşılık gelen kesme kuvveti 7176 kN. 220 mm deplasman sonrası ise plastikleşme başlayarak yapıda, taşıyıcı sistemlerim akma sınırının üzerine çıkarak mafsallar oluşmaya başlamaktadır. Açı arttıkça yapının deplasman talebi artmaktadır. Çok rahatlıkla bu farklılık gözlemlenmektedir. Bu farklılık tek bir bina modeli üzerinden yola çıkarak tümevarım yapıp genelleme yapılması mümkün olmasa dahi simetrik bir betonarme çerçeve sistem için öngörülebilir bir sonuçtur.



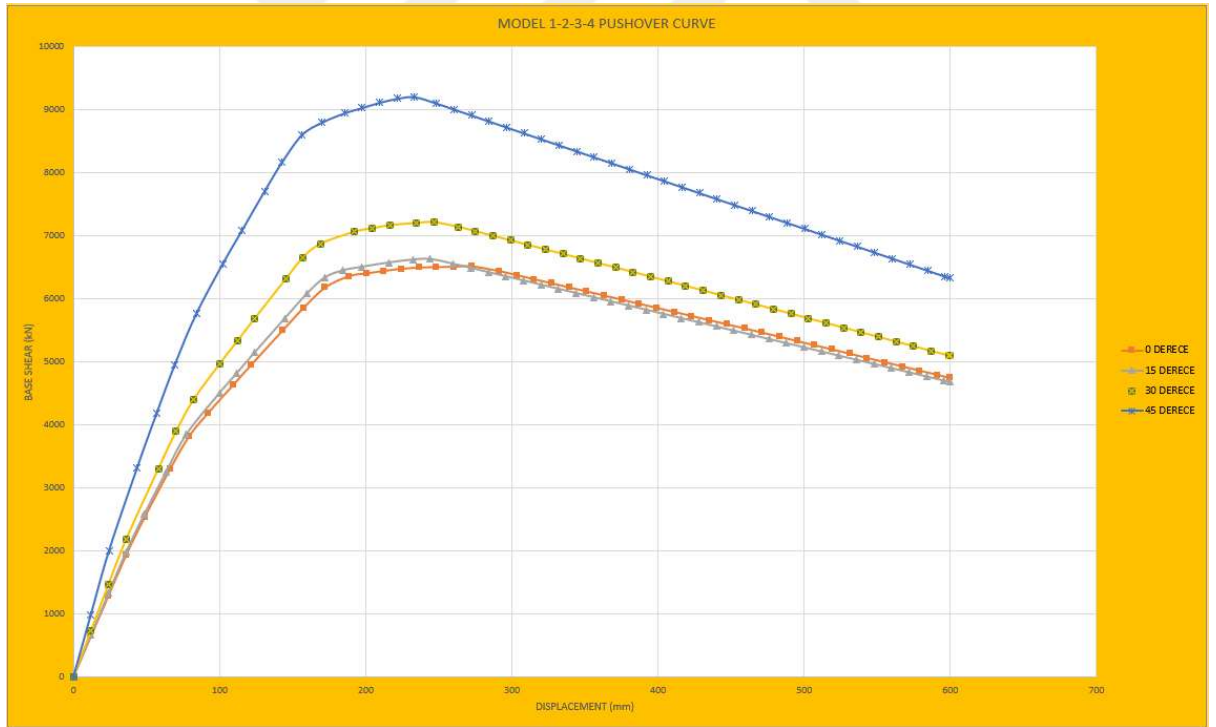
Şekil 4.4:3.modele ait kuvvet-deplasman ilişkisi

45° halinde ise doğrusal çizgi çizilerek grafik üzerinde 223 mm deplasmana çıkan bir yapı talebi görülmektedir. Buna karşılık gelen kesme kuvveti 9183 kN. 223 mm deplasman sonrası ise plastikleşme başlayarak yapıda, taşıyıcı sistemlerim akma sınırının üzerine çıkarak mafsallar oluşmaya başlayacağı gözlemlenmektedir. Açı arttıkça itme kuvvetine karşı kolonun çalışma yönü değiştiği için maximum talebi 45 derecede karşılandığını da bu sonuçlardan fark edilmektedir.



Şekil 4.5:4.modele ait kuvvet-deplasman ilişkisi

Bütün modeller için oluşan kesme kuvveti – tepe deplasman değerleri incelendiği zaman, açı arttıkça sonuçların farklılaştığını gerek periyot değerleri gerek kütler katılım değerleri değişmektedir. Şekil 4.6 da ortak grafik üzerinde bu farklılığı rahatça gözlemlemekteyiz. Bu da demek oluyor ki deprem yönünü global eksenler haricinde açılı bir biçimde geleceği zaman yapının talebi atalet durumundan dolayı artmaktadır. Bu yapıya pozitif etki katarken yüksek talep kavramı diye tabir edilen bir duruma sebebiyet olmaktadır. Bu felsefe daha çok model üzerinde daha çok açı ile daha farklı kalıp planları ile veri setleri artırılarak irdelenip genelleme yapılması gerekmektedir. Çalışmada anlatılmak istenilen durum, plan üzerinde açı değişimi ile dayanımın arttığı buna bağlı olarak deplasman değerlerinin de artarak depremden daha güçlü çıkılabilecek bir ortam oluşturmaktadır. Tabi ki de deprem, fay hareketliliği, merkez üssüne uzaklık, faya olan uzaklık, zemin cinsi, deprem şiddeti, yapı periyodu ve bunların yanında birçok etken ile irdelenmesi gereken uzun bir çalışma sonucunda bir genelleme yapılabilir.



Şekil 4.6: Kuvvet-Deplasman İlişkisi ($0^\circ < i < 45^\circ$)

Tablo 4.1:0° için Katlar arası görelî kat ötelemeleri ve kesme kuvvetleri

0 DERECE					
Story	Elevation (m)	Location	Disp-X mm	Shear - X (kN)	Max Story Drift - X
KAT 5	18	Top	600	1163.4	0.002994
KAT 4	14.4	Top	589.242	2552.3	0.005813
KAT3	10.8	Top	568.459	3654.6	0.00905
KAT 2	7.2	Top	536.017	4362.1	0.019283
KAT 1	3.6	Top	466.861	4635.8	0.129684
TEMEL	0	Top	0	0	0

Tablo 4.2:15° için Katlar arası görelî kat ötelemeleri ve kesme kuvvetleri

15 DERECE					
Story	Elevation (m)	Location	Disp-X mm	Shear - X (kN)	Max Story Drift - X
KAT 5	18	Top	600.673	1140.3	0.002958
KAT 4	14.4	Top	590.101	2501.7	0.005728
KAT3	10.8	Top	569.646	3582.1	0.008937
KAT 2	7.2	Top	537.89	4275.6	0.017332
KAT 1	3.6	Top	475.512	4543.8	0.132087
TEMEL	0	Top	0	0	0

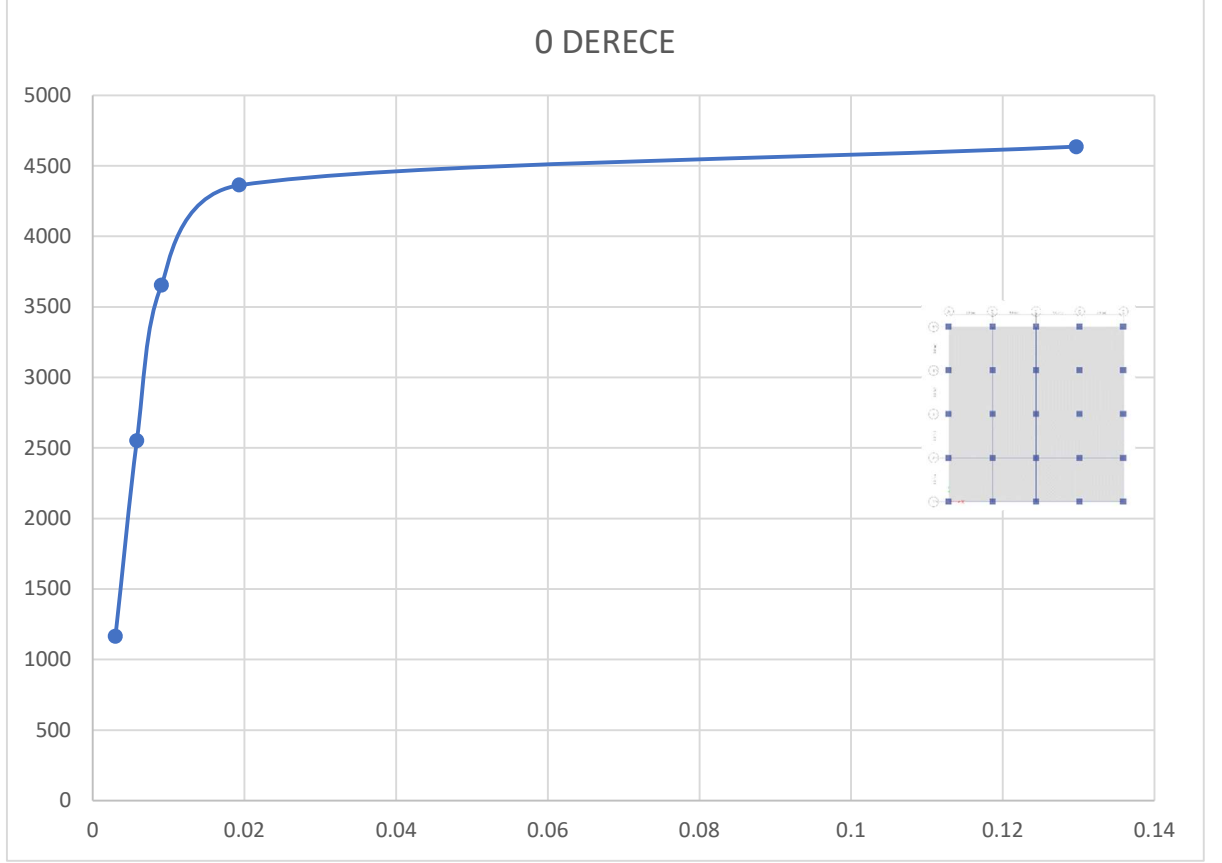
Tablo 4.3:30° için Katlar arası görelî kat ötelemeleri ve kesme kuvvetleri

30 DERECE					
Story	Elevation (m)	Location	Disp-X mm	Shear - X (kN)	Max Story Drift - X
KAT 5	18	Top	603.594	1120.1	0.002918
KAT 4	14.4	Top	593.091	2457.3	0.005607
KAT3	10.8	Top	572.929	3518.5	0.008751
KAT 2	7.2	Top	541.995	4199.7	0.019222
KAT 1	3.6	Top	472.795	4463.2	0.131332
TEMEL	0	Top	0	0	0

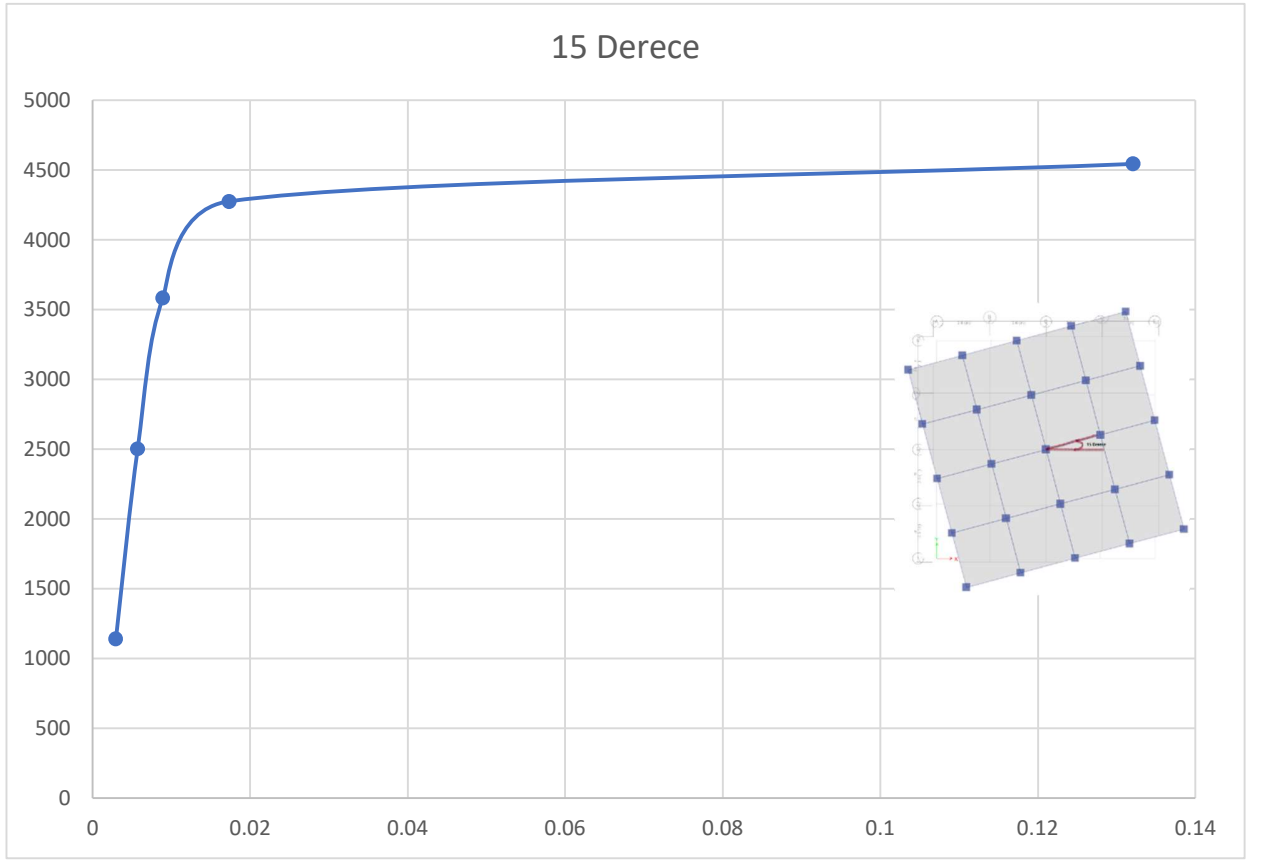
Tablo 4.4:45° için Katlar arası görelî kat ötelemeleri ve kesme kuvvetleri

45 DERECE					
Story	Elevation (m)	Location	Disp-X mm	Shear - X (kN)	Max Story Drift - X
KAT 5	18	Top	604.824	1029.5	0.002887
KAT 4	14.4	Top	594.432	2258.7	0.005421
KAT3	10.8	Top	574.99	3234.2	0.00833
KAT 2	7.2	Top	545.654	3860.4	0.017795
KAT 1	3.6	Top	481.592	4102.7	0.133776
TEMEL	0	Top	0	0	0

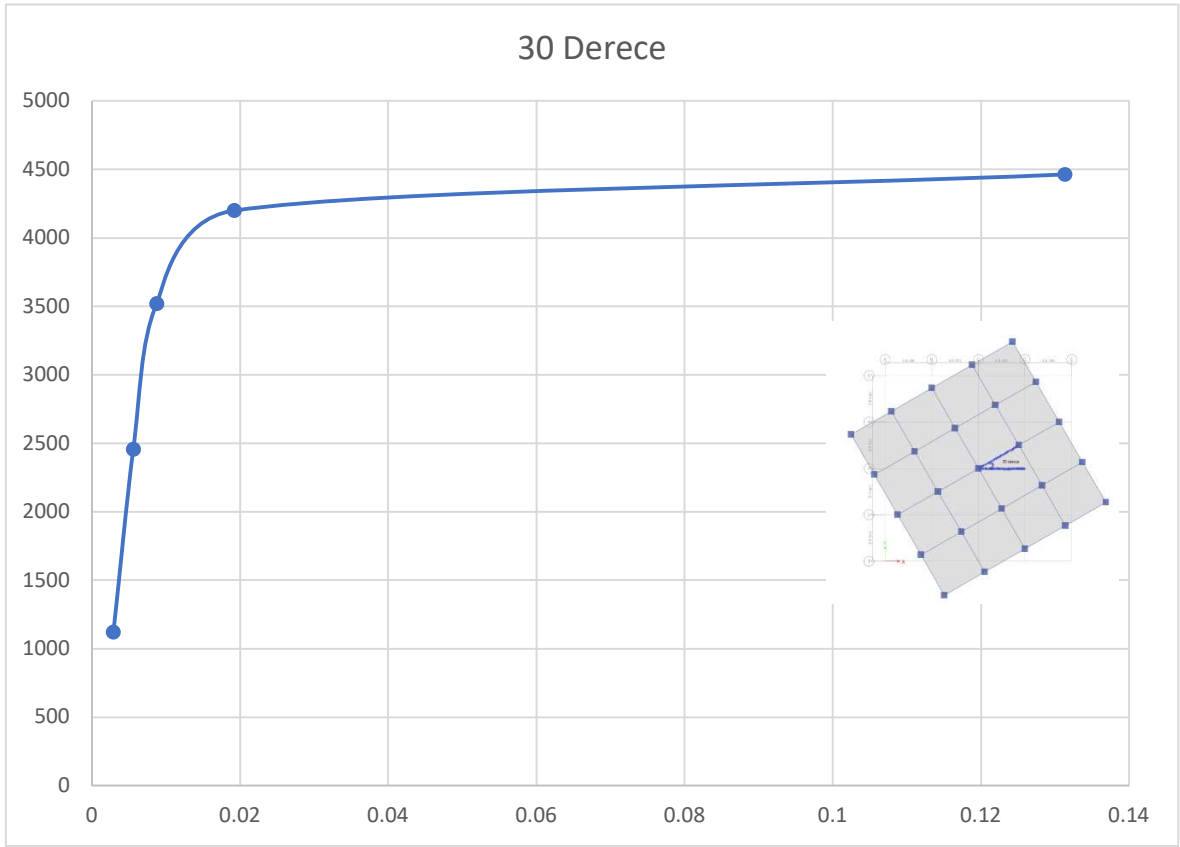
Katlar arasında her açî değeri için bir karşılaştırma yapıldığında, her kat kendi içinde temelden çatıya doğru, kat diyaframları içinde deplasman yapacaktır. Bunları sırasıyla 0°-15°-30°-45° için karşılaştırılmıştır.



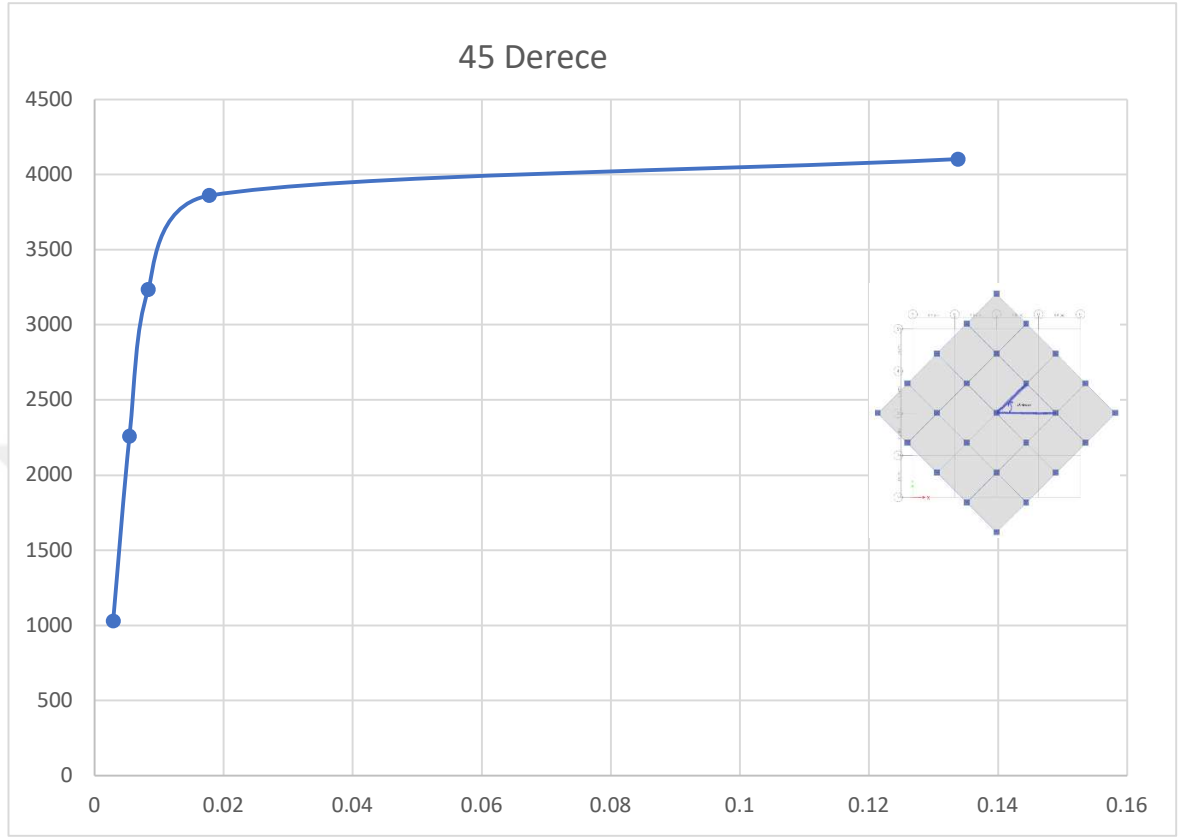
Şekil 4.7 – Katlar arası kat deplasman ve kesme kuvveti indeksi (0°)



Şekil 4.8 – Katlar arası kat deplasman ve kesme kuvveti indeksi (15°)



Şekil 4.9 – Katlar arası kat deplasman ve kesme kuvveti indeksi (30°)



Şekil 4.10 – Katlar arası kat deplasman ve kesme kuvveti indeksi (45°)

5.SONUÇ VE ÖNERİ

İtme analizi ile doğrusal olmayan bir hesaplama yapılarak sınırları belli olan betonarme yapıda yapının farklı açılardaki talebi, davranışı, kat kesmelerini incelenerek yönetmeliklerde esas alınan ana eksen takımları haricindeki bir yönden de oluşabilecek durumları irdelenmiştir.

Bulgu ve sonuçlara göre bir yapının ana eksenleri haricinde gelen itme kuvveti karşısında deplasman ve kesme kuvvetlerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Açısal olarak farklı yönlerden gelen itme kuvvetine karşılık yapının hem periyodu hem de gelen itmeyi karşılayacak geometrik olarak en kesiti değişmektedir. Buna bağlı olarak gelen itmeye karşılık koyan atalet değişimi, simetrik ve sade bir yapı olmasından dolayı bütün olarak değişim göstermektedir.

Değişen yönlenmeden dolayı yapının göstereceği direnç farklılaşmaktadır. Bu değer ana eksen takımları üzerindeyken, 0° iken tepe deplasman değeri 162,6 mm yer değiştiriyor buna karşılık gelen kesme kuvveti 5970 kN.

15° olduğu zaman tepe deplasman değeri 201,1 mm , kesme kuvveti 6522 kN. 30°ye döndürülüp itme kuvveti uygulandığında 220,9 mm , kesme kuvveti 7176,7 kN. En fazla en kesitin artıp direnç göstereceği 45° olduğu zaman ise 223,1 mm tepe deplasman yaparken 9183 kN kesme kuvvetine ulaşınca yapı akmaya başlayarak direncini kaybetmeye başlamaktadır. Bu farklılaşma da bölüm 4 de oluşan sonuçlarla da çalışmada yer almaktadır.

Açı değişimi 15-30-45 derecelere çıktıkça yapının tepe deplasman değeri ve kesme kuvveti arttığı gözlemlenmiştir. Bunun da temel nedeni yapının açısı arttıkça, direnç gösterecek olan en kesit alanının artmasıdır.

Sistem karesel ve simetrik olduğundan dolayı 45°’den sonra en kesit azalacağı için hesaplamalar 45° de bitirerek sonlandırılmıştır.

Çalışmayı bitirirken bu çalışmaya benzer nitelikte yapılacak çalışmalar için veya devam ettirmek isteyenler için daha çok betonarme sistemle perdeli, perdesiz, bina yükseklik

sınıflarının farklı olduğu veya düzensiz yapılar ile çalışarak veri setlerini arttırarak çalışmanın ikna edecek sonuçlara çıkacağı beklenmektedir.



6.KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018.
- [2] Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları – TS500, 2000.
- [3] Paret TF, Sasaki KK, Elibeck DK, Freeman SA. Approximate inelastic procedures to identify failure mechanism from higher modes effects. Proceedings of the 11th world conference on earthquake engineering. 1996.
- [4] Chopra, A.K. and Goel, R.K. (2001) A modal pushover analysis procedure to estimate seismic demands for buildings: theory and preliminary evaluation, Pacific Earthquake Engineering Research Centre (PEER), PEER Report 2001/03.
- [5] Chopra AK, Goel RK. A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings. Earthquake Eng Struct Dyn 2002;31(3):561–82.
- [6] Goel RK, Chopra AK. Evaluation of modal and FEMA pushover analyses: SAC buildings. Earthquake Spectra 2004;20(1):225–54.
- [7] Jan TS, Liu MW, Kao YC. An upper-bound pushover analysis procedure for estimating the seismic demands of high-rise buildings. Eng Struct 2004;26(1):117–28.
- [8] Reyes JC, Chopra AK. Evaluation of three-dimensional modal pushover analysis for unsymmetric-plan buildings subjected to two components of ground motion.
- [9] Uğur Ersoy, Güney Özcebe 2001
- [10] Özer, E., Yapı sistemlerinin lineer olmayan analizi, İTÜ, Ders Notları, İstanbul, (2008).
- [11] Ertem ve Türker, 2002
- [12] XTract,, Software Programme (<http://www.trcbridgedesignsoftware.com/software-XTRACT.html>)
- [13] Etabs , Software Programme (www.csiamerica.com)
- [14] Reinhorn, A.M. (1997) ‘Inelastic analysis techniques in seismic evaluations’, in Krawinkler, H. and Fajfar, P. (Eds.), Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, Balkema Publishers, Taylor & Francis, Balkema, Rotterdam, pp. 277-287.
- [15] Bracci JM, Kunnath SK, Reinhorn AM. Seismic performance and retrofit evaluation of reinforced concrete structures. J Struct Eng (ASCE) 1997;3(1):3–10.
- [16] Rosenblueth, E. ve Contreras, H., Approximate design for multicomponent earthquakes, Journal of the Engineering Mechanics (ASCE), 103, 881-893, (1977).

- [17] Newmark, N.M., Seismic design criteria for structures and facilities: Trans– Alaska pipeline system, Proceedings of the U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, 94-103, (1975).
- [18] Wilson, E.L., Suharwardy, I. ve Habibullah, A., A clarification of the orthogonal effects in a three–dimensional seismic analysis, Earthquake Spectra, 11, 4, 659- 666, (1995).
- [19] Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri TS498,1997.
- [20] ASCE 41–06, Seismic rehabilitation of existing buildings, American Society of Civil Engineering, Reston, Virginia, (2007).
- [21] Hasgöl, U., Betonarme Binaların Şekildeğiştirme Esaslı Doğrusal Olmayan Analizinde Deprem Doğrultusu Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2011).
- [22] Sezgin, Gözde, Mevcut Betonarme Bir Yapının Doğrusal Olmayan Yöntem Kullanılarak Performans Seviyesinin Belirlenmesi ve Farklı Zemin Sınıfları İçin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2008).
- [23] Özer, E., Doğaner, S., Orakdöğen, E. ve Girgin, K., (1993). Çok katlı yapı sistemlerinin lineer olmayan davranışının incelenmesi. İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler I. Teknik Kongresi, Gazi Magosa, 54-63.
- [24] Altınağaç , D , Doğrusal Olmayan İtme Analizi Yöntemi İle Performans Seviyesi Belirlenen Çelik Bir Yapının Yapısal Analizi , Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Teknik Üniversitesi , (2016).
- [25] Oral, K, Statik İtme Analizi Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2005).