



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ÇANAKKALE İLİNİN ÜÇ FARKLI BÖLGESİNDEKİ MEVCUT
BİR BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ABDÜLKADİR AKTEPE

Tez Danışmanı

Prof. Dr. H. ORHUN KÖKSAL

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANAKKALE İLİNİN ÜÇ FARKLI BÖLGESİNDEKİ MEVCUT BİR
BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ABDÜLKADİR AKTEPE

Tez Danışmanı

Prof. Dr. H. ORHUN KÖKSAL

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Abdülkadir AKTEPE tarafından Prof. Dr. H. Orhun KÖKSAL yönetiminde hazırlanan ve/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Çanakkale İlinin Üç Farklı Bölgesindeki Mevcut Bir Betonarme Yapının Deprem Performansları” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. H. Orhun KÖKSAL

(Danışman)

Prof. Dr. K. Burak BOZDOĞAN

Prof. Dr. Bilge DORAN

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 15/08/2022

.....

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

..../20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Abdülkadir AKTEPE

15/07/2022

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, çalıőmam süresince benden bir an olsun desteklerini esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Hasan Orhun KÖKSAL'a, hayatım boyunca bana maddi manevi her türlü destek olan çok değerli aileme ve tezi hazırlarken dünyaya gelen bir tanecik yeğenim Enes alıőkan'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Abdülkadir AKTEPE

anakkale, Temmuz 2022



ÖZET

ÇANAKKALE İLİNİN ÜÇ FARKLI BÖLGESİNDEKİ MEVCUT BİR BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSLARI

Abdülkadir AKTEPE

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. H. Orhun KÖKSAL

15/07/2022, 90

Bu tez çalışmasında ABYYHY/1975 ve TS500/1984 standartlarına uygun olarak projelendirildiği varsayılan farklı beton ve zemin sınıflarına sahip beş katlı bir betonarme binanın, Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli olmak üzere üç farklı yerde konumlanması durumunda TBDY/2018’de tanımlanan Tek Modlu Statik İtme Analizi Yöntemi kullanılarak elde edilen deprem performansları karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, binanın bulunduğu bölgeler TBDY/2018’de sunulan geniş veri tabanı kullanılarak Çanakkale ilinin depremselliği ve bölgeyi tehdit eden faylar tanıtılarak irdelenmiştir. 1975’den günümüze deprem yönetmelikleri ve bazı önemli akademik çalışmalar incelenerek performans analizi konusu literatür kısmında yorumlanmıştır. Binanın ilk olarak doğrusal olmayan davranışı Statik İtme Analizi çerçevesinde incelenmiştir. ABYYHY/1975’e göre eşdeğer deprem yükü ve yapı periyodu mevcut bina için bulunup sonrasında basit bir çerçeve sistemin statik itme analizi sayısal analizler ile gerçekleştirilmiş ve dönme sınır değerleri hesaplanarak hasar durumu tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında bir betonarme yapının ZC/ZE zemin sınıfı ve C10/C14 beton sınıfı özelinde 2018 deprem yönetmeliğine göre Sabit Tek Modlu Statik İtme Analizi seçilen üç ayrı bölge için gerçekleştirilmiştir. Yatay elastik tasarım spektrumları, taban kesme kuvveti değerleri, performans noktası yerdeğiştirme istemi ve kolon-kiriş hasar yüzdeleri bu üç farklı bölgedeki yapı davranışı temelinde karşılaştırılmıştır. Son olarak farklı beton sınıfları ile Çanakkale merkezinde yer alan binanın donatı ve eleman kesitleri değiştirilmeden statik itme eğrileri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performans analizi, Betonarme, Statik itme analizi, Deprem yönetmelikleri

ABSTRACT

EARTHQUAKE PERFORMANCES OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING IN THREE DIFFERENT REGIONS OF ÇANAKKALE PROVINCE

Abdülkadir AKTEPE

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. H. Orhun KÖKSAL

15/07/2022, 90

In this thesis, if a five-storey reinforced concrete building with different concrete and soil classes, which is assumed to be designed in accordance with ABYYHY/1975 and TS500/1984 standards, is located in three different locations, namely Çanakkale Center, Gelibolu Center and Gelibolu Güneyli, its earthquake performances obtained by using the Single Mode Static Pushover Analysis Method defined in TBDY/2018, are compared and examined. In the first stage of the study, the regions where the building is located were examined by introducing the seismicity of Çanakkale and the faults threatening the region using the large database provided in TDBY/2018. Earthquake regulations and some important academic studies since 1975 have been examined and the subject of performance analysis has been interpreted in the literature part of the study. According to ABYYHY/1975, the equivalent earthquake load and the building period were found for the existing building, and then the static pushover analysis of a simple frame system was carried out by numerical analysis. In the second part of the study single-mode pushover analyses were carried out for three different regions selected according to the 2018 earthquake code, specific to the ZC/ZE soil class and C10/C14 concrete class of a reinforced concrete structure. Horizontal elastic design spectra, base shear force values, performance point displacement demand and column-beam damage percentages were compared on the basis of the structural behavior in these three different regions. Finally, the pushover curves of the building located in the center of Çanakkale with different concrete classes were compared.

Keywords: Performance analysis, Reinforced concrete, Static pushover analysis, Earthquake codes

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Konu	2
1.3. Çanakkale'nin Depremselliğinin Yapısal Analizlere Yansıtılması	3

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975)	6
2.2. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)	8
2.3. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	12
2.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği	18
2.5. Mevcut Bina Performans Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

3.1. TBDY 2018'e Göre Doğrusal Olmayan Davranışın Değerlendirilmesi	26
---	----

3.1.1.	Yığılı Plastik Davranış Modeli	27
3.1.2.	Yayılı Plastik Davranış Modeli	28
3.2.	Statik İtme Analizi	28
3.2.1.	TBDY 2018'e Göre Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi	30
3.2.2.	TBDY 2018'e Göre Modal Yerdeğiştirme Talebinin Hesaplanması	34
3.3.	Etkin Kesit Rijitliği ve Şekildeğiştirmeler	37
3.3.1.	Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	37
3.3.2.	Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi	38
3.3.3.	TBDY-2018'e Göre Performans Düzeyleri	40
3.4.	Örnek Betonarme Çerçeve Sistem Üzerinde Statik İtme Analizi	42
3.4.1.	Yapı Elemanlarının Moment-Eğrilik Grafikleri.....	43
3.4.2.	Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri	45
3.4.3.	Statik İtme Analizi	46
	Birinci İtme Adımı	51
	İkinci İtme Adımı	53
	Üçüncü İtme Adımı	55
	Dördüncü İtme Adımı ve Statik İtme Eğrisi	57
	Plastik Mafsal Dönme Kapasitelerinin Bulunması	59

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

61

4.1.	Mevcut Yapı Bilgileri	61
4.2.	ABYYHY 1975 Eşdeğer Deprem Yüğü ve Periyot Hesabı	64
4.3.	TBDY 2018'e Göre Üç Farklı Bölgeye ait Spektrum Eğrileri	66
4.4.	Statik İtme Analizi İçin Yapı Temel Bilgileri	67
4.5.	Statik İtme Analizi Sonuçları	70
4.5.1.	STA4-CAD Analiz Programına Göre Performans Noktası Değerleri	72
4.5.2.	ZC/C10 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu	76
4.5.3.	ZE/C10 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu	77
4.5.4.	ZE/C14 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu	78
4.5.5.	ZC/C14 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu	79
4.5.6.	ZE/C14 Gelibolu Merkez ve Güneyli Analiz Sonucu	80

4.5.7. ZC/C14 Gelibolu Merkez ve Güneyli Analiz Sonucu	82
4.6. Beton Dayanımına Göre Statik İtme Eğrileri	84

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

87

5.1. Sonuçlar	87
KAYNAKÇA	91
ÖZGEÇMİŞ	I



SİMGELER VE KISALTMALAR

E	Elastisite Modülü
BÇI	S220 donatı çeliği (1975)
C ₀	Deprem bölge katsayısı
K	Yapı tipi katsayısı
I	Yapı önem katsayısı
F	Statik eşdeğer toplam yük
C	Deprem katsayısı
W	Toplam yapı ağırlığı
T	Yapı doğal periyodu
S	Yapı dinamik katsayısı (Spektrum Katsayısı)
N	Binanın kat adedi
g	Yerçekimi ivmesi
T ₀	Zemin hakim periyodu (saniye)
A(T)	Spektral ivme katsayısı
S(T)	Spektrum katsayısı
T _A , T _B	Spektrum karakteristik periyotları (saniye)
R _a (T)	Deprem yükü azaltma katsayısı
V _t	Eşdeğer deprem yükü yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
A ₀	Etkin yer ivmesi katsayısı
T ₁	Binanın birinci doğal titreşim periyodu
MN	Minimum hasar
GV	Güvenlik sınırı
GÇ	Göçme sınırı
(E _I) _e	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
(E _I) ₀	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
V _e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
f _{ctm}	7.2'ye göre tanımlanan mevcut betonun çekme dayanımı
f _{cm}	Mevcut beton dayanımı
N _D	Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet

ρ	Çekme donatısı oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatı oranı
ρ_s	Kesitte mevcut bulunan ve 3.2.8'e göre düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranı
N_K	7.2'ye göre tanımlanan mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
A_c	Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
R_a	Deprem yükü azaltma katsayısı
b_w	Kirişin gövde genişliği
d	Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
ϵ_{cg}	Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_{cu}	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_s	Donatı çeliği birim şekildeğiştirme
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
R_y	Akma dayanımı azaltma katsayısı
M_y	Etkin akma momenti(kNm)
θ_y	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi(rad)
h	Kesit yüksekliği (m)
d_b	Düğüm noktasına kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapı
f_{ce}	Betonun ortalama(beklenen) basınç dayanımı (MPa)
f_{ye}	Çeliğin ortalama(beklenen) akma dayanımı (MPa)
f_{ywe}	Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı (MPa)
A_{sh}	Gözönüne alınan doğrultuda dikdörtgen kesitin enine donatı alanı
ρ_{sh}	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
a_i	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık(mm)
b_k	Çekirdek boyutu (En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) (mm)
h_0	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu(mm)

s	Enine donatı aralığı
L_p	Plastik mafsal boyu (m)
L_s	Kesme açıklığı (m)
ϵ_{su}	Çekme dayanımına karşı gelen birim uzama
Φ_u	Göçme öncesi toplam eğrilik
Φ_y	Akma anındaki toplam eğrilik
d_b	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) (m)
S_{ds}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$\Delta f_{ix1}^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında i'nci katta x ekseninde etkiyen deprem yükü artımı(kN)
$\Delta f_{iy1}^{(X,k)}$	(Y) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında i'nci katta y ekseninde etkiyen deprem yükü artımı(kN)
$\Delta f_{i\theta 1}^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında i'nci katta z ekseninde etkiyen deprem momenti artımı(kNm)
$\Delta_{a1}^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal sözde ivme artımı(m/s ²)
$m_{ix1}^{(X,1)}$	(X) doğrultusu için x ekseninde doğrultusunda birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan i'nci kat modal etkin kütle (t)
$\Phi_{ix1}^{(1)}$	i'nci katta birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şeklinin x doğrultusundaki genliği
$\Gamma^{(X,1)}$	(X) deprem doğrultusu için birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan modal katkı çarpanı
$\Phi_{i\theta 1}^{(1)}$	i'nci katta birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şeklinin z ekseninde etrafındaki dönme genliği
$d_1^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal yerdeğiştirme (m)
$u_{Nx1}^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında N'inci katta (binanın tepesinde) x ekseninde doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme
C_R	Spektral yerdeğiştirme oranı

$\bar{\Phi}_{ix1}^{(k)}$	k'inci itme adımında i'inci katta x eksenini doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirmeye eşit olarak varsayılan yaklaşık mod şekli genliği
$u_{ix1}^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu için k'inci itme adımında i'inci katta x eksenini doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme
$\bar{\Gamma}_1^{(X,k)}$	(X) deprem doğrultusu ve birinci titreşim modu için k'inci itme adımında hesaplanan yaklaşık modal katkı çarpanı
$d_{1,max}^{(X)}$	(X) deprem doğrultusu için modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesi
$S_{di}(T_1)$	Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$S_{de}(T_1)$	Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
$\mu(R_y T_1)$	Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı ve birinci doğal titreşim periyoduna göre hesaplanan süneklik talebi
$S_{ae}(T_1)$	Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal elastik spektral ivme (g)
$\omega_1^{(k)}$	Her bir k'inci itme adımında yenilenen serbest titreşim hesabından bulunan birinci mod doğal açısız frekansı (rad/s)
a_{y1}	Birinci mod için akma sözde-ivmesi (m/s^2)
$\epsilon_c^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_s^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)
$\epsilon_c^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_s^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)

$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı (rad)
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\rho_{sh,min}$	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
θ_y	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi (rad)
ρ_{sh}	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
Δ_{tepe}	Tepe noktası yerdeğiştirmesi
ω_{we}	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
α_{se}	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
η_{bi}	Binanın i'inci katındaki burulma düzensizliği katsayısı
V_{cr}	Kesitin kesmede çatlama dayanımı
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Bölgenin deprem tarihçesi (AFAD)	4
Tablo 2	Spektrum karakteristik periyot değerleri (ABYYHY, 1998)	9
Tablo 3	Betonarme kirişler için etki/kapasite oranları ile hasar sınırları (DBYYHY, 2007)	14
Tablo 4	Betonarme kolonlar için etki/kapasite oranları ile hasar sınırları (DBYYHY, 2007)	15
Tablo 5	Görelî kat ötelemesi sınırları (DBYYHY, 2007)	16
Tablo 6	Mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefi (TBDY, 2018)	20
Tablo 7	Hasar sınır bölgelerine göre performans düzeyi (TBDY, 2018)	42
Tablo 8	Yapı elemanlarının malzeme ve kesit özellikleri	44
Tablo 9	Moment-eğrilik diyagramlarından okunan ϕ_y ve ϕ_u değerleri	45
Tablo 10	Yapı elemanlarının etkin kesit rijitliği ve akma dönmesi değerleri	46
Tablo 11	Rijitlik matrisini oluşturan elemanların bağıntılar ile bulunması (Köksal, 2022)	48
Tablo 12	Yapı elemanların k_a ve k_b değerleri ve eleman rijitlik matrisi değerleri	48
Tablo 13	Birinci itme adımı için uygulanacak taban kesme kuvvetinin bulunması	51
Tablo 14	İkinci itme adımı 1kN yatay yükleme için bulunan δ değerleri	54
Tablo 15	Üçüncü itme adımı 1kN yatay yükleme için bulunan δ değerleri	56

Tablo 16	Göçmenin Önlenmesi ve Kontrollü Hasar Dönme Sınırı Değerleri	59
Tablo 17	Güneyli ZC zemin sınıfı için spektrum karakteristik değerleri	60
Tablo 18	Modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanması	60
Tablo 19	ABYYHY 1975'e göre hesaplanan periyot değerleri	65
Tablo 20	ABYYHY 1975'e göre alınan deprem parametreleri ve eşdeğer deprem yükü	65
Tablo 21	Statik itme analizi için yapı temel bilgileri	68
Tablo 22	ZC zemin sınıfı için TBDY 2018 spektral ivme değerleri	70
Tablo 23	ZE zemin sınıfı için TBDY 2018 spektral ivme değerleri	70
Tablo 24	C10 ve C14 beton sınıfı için bina periyot ve kütle katılım oranı değerleri	71
Tablo 25	ZE zemin sınıfı için TBDY-2018 ve ABYYHY-1975'e göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri	71
Tablo 26	ZC zemin sınıfı için TBDY-2018 ve ABYYHY-1975'e göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri	72
Tablo 27	C14/ZE performans noktası yerdeğiştirme istemi	76
Tablo 28	C14/ZC performans noktası yerdeğiştirme istemi	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Tasarım spektrumu (ABYYHY, 1998)	10
Şekil 2	Tasarım spektrumu (ABYYHY, 1975)	10
Şekil 3	Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması (DBYYHY, 2007)	13
Şekil 4	(a) Yığılı plastik davranış modeli, (b) Yayılı plastik davranış modeli	28
Şekil 5	Statik itme analizi için itme şekilleri (Sarioğlu, 2020)	29
Şekil 6	Kapasite eğrisi ve talep spektrumu ile performans noktasının bulunması	30
Şekil 7	Kapasite eğrisi ve modal kapasite eğrisi	33
Şekil 8	Modal yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi (TBDY,2018)	35
Şekil 9	Eğrilerin altında kalan alanların eşitliği ile yaklaşık akma sözde-ivmesinin belirlenmesi (TBDY,2018)	36
Şekil 10	Modal yerdeğiştirme talebinin akma sözde-ivmesi ile bulunması (TBDY,2018)	36
Şekil 11	Sargılı ve sargısız beton modeli (Mander)	38
Şekil 12	Donatı çeliği modeli (TBDY, 2018)	40
Şekil 13	Kesit hasar bölgeleri (TBDY, 2018)	41
Şekil 14	Mevcut çerçeve sistem	43
Şekil 15	Kolon-kiriş mevcut kesit ve donatı bilgileri	43
Şekil 16	Kolon moment-eğrilik diyagramı (C14-S220 50/30)	44

Şekil 17	Kiriş moment-eğrilik diyagramı (C14-S220 20/50)	45
Şekil 18	Elemanların numaralandırılması ve dönme açısı	47
Şekil 19	Çerçeve sistemler için rijitlik matrisi (Köksal, 2022)	47
Şekil 20	6x6 indirgenmiş sistem rijitlik matrisi $[K_s]$	48
Şekil 21	6x6 indirgenmiş sistem rijitlik matrisinin tersi $[K_s]^{-1}$	48
Şekil 22	Düşey yükler altında yerdeğiştirme hesabı $[K_s]^{-1} \times [F] = [u]$	49
Şekil 23	Kiriş rijitlik matrisi $[K_2]$	49
Şekil 24	Kiriş rijitlik matrisi ve yerdeğiştirme matrisi ile kuvvet ve momentlerin bulunması	50
Şekil 25	Birinci itme adımı öncesi düşey yükler altında moment diyagramı ve moment kapasiteleri	50
Şekil 26	Birinci itme adımı için 1 kN yatay yükleme ile moment diyagramı	51
Şekil 27	Birinci itme adımı yerdeğiştirme hesabı $[K_s]^{-1} \times [F_1] = [u_1]$	52
Şekil 28	Birinci itme adımı kiriş rijitlik matrisi ve yerdeğiştirme matrisi ile kuvvet ve momentlerin bulunması	52
Şekil 29	Birinci itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri	52
Şekil 30	İkinci itme adımı için kuvvet yöntemi ile birim yükleme moment diyagramları	53
Şekil 31	İkinci itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri	55
Şekil 32	Üçüncü itme adımı için kuvvet yöntemi ile birim yükleme moment diyagramları	56

Şekil 33	Üçüncü itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri	57
Şekil 34	Dördüncü itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri	58
Şekil 35	Statik itme eğrisi	59
Şekil 36	Mevcut bina 2.kat kalıp planı	62
Şekil 37	Mevcut bina 3B görünüş	62
Şekil 38	Mevcut kolon kesit ve donatı çizimi	63
Şekil 39	Mevcut tüm kirişler kesit ve donatı çizimi	63
Şekil 40	ZC zemin sınıfı TBDY-2018 spektrum eğrileri	66
Şekil 41	ZE zemin sınıfı TBDY-2018 spektrum eğrileri	67
Şekil 42	STA4-CAD programına girilen mevcut kiriş donatı bilgileri	69
Şekil 43	STA4-CAD programına girilen mevcut kolon donatı bilgileri	69
Şekil 44	C14/ZE Çanakkale performans noktası yerdeğiştirme istemi	73
Şekil 45	C14/ZE Gelibolu performans noktası yerdeğiştirme istemi	73
Şekil 46	C14/ZE Güneyli performans noktası yerdeğiştirme istemi	74
Şekil 47	C14/ZC Çanakkale performans noktası yerdeğiştirme istemi	74
Şekil 48	C14/ZC Gelibolu performans noktası yerdeğiştirme istemi	75
Şekil 49	C14/ZC Güneyli performans noktası yerdeğiştirme istemi	75
Şekil 50	ZC/C10 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	77
Şekil 51	ZE/C10 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	78
Şekil 52	ZE/C14 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	79

Şekil 53	ZC/C14 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	80
Şekil 54	ZE/C14 Gelibolu bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	81
Şekil 55	ZE/C14 Güneyli bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	82
Şekil 56	ZC/C14 Gelibolu bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	83
Şekil 57	ZC/C14 Güneyli bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı	84
Şekil 58	Farklı beton sınıfları ile X yönü statik itme eğrisi	85
Şekil 59	Farklı beton sınıfları ile X yönü modal yerdeğiştirme eğrilerinin karşılaştırılması	85
Şekil 60	Farklı beton sınıfları ile Y yönü statik itme eğrisi	86
Şekil 61	Farklı beton sınıfları ile Y yönü modal yerdeğiştirme eğrilerinin karşılaştırılması	86

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Türkiye topraklarının büyük bölümü yüzyıllardan beri üzerinde bulunan yapı stokunun önemli bir miktarı için büyük riskler içeren yoğun bir fay hareketliliği etkisi altındadır. Tarihi kayıtlarda yerini almış olan büyük depremler ile yakın geçmişte ölçümlenmiş yer hareketlerinin 2000 yılı öncesinde yapılan betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği ve bu şekilde mevcut yapılarda can güvenliğinin sağlanmasına yönelik yapısal önlemlerin alınabileceği görülmüştür. Söz konusu yıllarda inşa edilen binalardan önemli bir kısmının proje, malzeme kalitesi ve uygulama bakımından yetersizlikleri olduğu ve aynı zamanda yapı denetimi süreçlerindeki aksamalar nedeniyle bu yapıların orta büyüklükteki depremlerde bile hasar aldıkları tespit edilmiştir. Bu nedenlerle 1990'lı yılların ikinci yarısından itibaren mevcut yapıların deprem bakımından performans değerlendirmelerini içeren yerli/yabancı araştırma ve çalışmaların sayısında büyük bir artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde; ortalama zemin sınıflarındaki betonarme yapıların sabit tek modlu itme analizlerinin gerçekleştirildiği (Dilek 2019), TBDY 2018'e uygun olarak tasarlanmış farklı kat sayılarına sahip binaların doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerinin yapıldığı (Çapa 2020) veya belirli bir coğrafi konumda bulunan bir binanın ölçülen dinamik davranış parametreleri kullanılarak deprem performans ve doğrusal olmayan davranışının belirlendiği (Doğanay 2011) görülmektedir. 2007 deprem yönetmeliği kullanılarak betonarme bir yapının doğrusal olmayan eşdeğer artımsal itme analizi metodu kullanarak taban kesme kuvveti ve tepe noktası yerdeğiştirme değerlerinin hesabı ve burulma düzensizliği olan betonarme bir çerçeve sistemli binaya pushover ve zaman tanım alanında analizleri (Suci 2016) gene literatürde yer alan çalışma konularındandır. Bu türden binalara yapılabilecek farklı güçlendirme biçimleri ve yöntemleri de sık sık incelenmekte ve mühendislik açısından en ekonomik çözümlere ulaşılmaya çalışılmaktadır.

Ülkemizde bulunan mevcut yapıların önemli bir kısmı 1975 deprem yönetmeliği ile TS500/1984 standartları kullanılarak 1985-1998 yılları arasında inşa edilmiştir ve halen bu yapılar kullanım halindedir. Bu yapıların bir kısmının malzeme kalitesindeki düşüklükler ve

yapı denetimindeki eksiklikler nedeni ile orta büyüklükteki depremlerde bile ağır hasar alabileceği gözlemlenmektedir. Tüm bu gözlemler mevcut yapıların deprem performansı analizlerinin ve bu alanda yapılacak mühendislik çalışmalarının önemini göstermektedir. Bu noktadan hareketle tez çalışması kapsamında, ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarlamak amacıyla hazırlanan deprem yönetmeliklerinden 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliği ile 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kullanılarak mevcut yapıların deprem performansları incelenecektir (ABYYHY-1975, TBDY-2018). Bu çalışmada ilk olarak Çanakkale ilinin depremselliği ve bölgeyi tehdit eden faylar 2018 deprem yönetmeliğinin sunduğu geniş veri tabanı temelinde incelenecektir. TBDY-2018'e göre Çanakkale ilinin depremden etkilenme bakımından farklılık olduğu belirtilen bölgelerinde 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliği'ne uygun olarak inşa edildiği varsayılan betonarme yapılar, günümüz yönetmeliğinde bulunan *“deprem etkisi altında binaların şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımı için hesap esasları”* kapsamında incelenecektir. Bu amaçla 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) ile 18 Mart 2018'de yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) Çanakkale ili özelinde 5 katlı betonarme bir bina için zemin sınıfı ve malzeme özellikleri bakımından da karşılaştırmalı olarak analizler yapılacaktır.

1.2. Konu

Bu tez çalışmasında Çanakkale ili sınırlarındaki üç farklı bölgede ABYYHY 1975 ile TS500/1984 'e uygun olarak inşa edildiği varsayılan 5 katlı bir betonarme binanın sabit tek modlu statik itme analizleri STA4-CAD programı (Amasralı, 2000) yardımıyla gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Bu yerler sırasıyla Saros-Gaziköy fayına olan uzaklıklarına göre Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli beldesidir. Çanakkale il sınırlarında bulunduğu varsayılan, 1975 deprem yönetmeliği ve TS500/1984 standartlarına uygun projelendirildiği varsayılan 5 katlı bir betonarme bina ele alınmıştır. Binanın ilk olarak 1975 deprem yönetmeliği ile eşdeğer deprem yükü ve yapı periyotları bulunmuştur. Daha sonra ise binanın taşıyıcı elemanları için söz konusu yönetmeliklere uygun olarak donatılar kullanıldığı kabul edilmiştir. Mevcut donatılarda korozyon oluşmadığı varsayılmıştır. Son olarak ise 2018 deprem yönetmeliği kapsamında performans analizi, Tek Modlu Statik İtme Analizi Yöntemi kullanılarak bir paket program yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca aynı yapının deprem performansları

Çanakkale ili içerisinde üç farklı bölge için karşılaştırılarak verilmiştir. Yatay elastik tasarım spektrumları, taban kesme kuvveti değerleri, statik itme eğrileri ve kolon-kiriş hasar yüzdeleri bu üç farklı bölgedeki yapı davranışı temelinde karşılaştırılmıştır. Çalışmanın yapıldığı bu üç bölge sırasıyla Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli beldesidir. Bu bölgelerin seçilme nedeni ise Saros–Gaziköy Fayı'na olan mesafe azaldıkça spektral ivme değerlerinin ve en büyük yer ivmesinin beklenildiği üzere artmasıdır. Zemin sınıfı olarak 1975 deprem yönetmeliğinde zemin cinsi III alınmış ve TBDY 2018'de ise ZC zemin sınıfı ile eşleştiği kabul edilmiştir. Gelibolu Güneyli ve yakın yerlerde AFAD–Türkiye Deprem Tehlike Haritaları verilerine göre ZC zemin sınıfında diğer zemin sınıflarına göre daha büyük etkilerin öngörülmesi bu kabulde etkili olmuştur. Çalışmada ayrıca C10/C14 beton sınıfları ve ZE/ZC zemin sınıfları ile üç ayrı bölgede statik itme analizleri yapılmıştır.

TBDY 2018'de mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri'ni esas alarak, statik ve dinamik olarak hesap yöntemlerine yer verilmiştir. Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan yöntemler İtme Yöntemleri ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi'dir.

Bu tez çalışmasında mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu Statik İtme Analizi Yöntemi kullanılmıştır.

1.3. Çanakkale'nin Depremselliğinin Yapısal Analizlere Yansıtılması

Marmara Bölgesi'nde son yüzyılda 15 büyük deprem meydana gelmiştir ve bu bölge en aktif faylardan birisi olan Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisindedir. Bu 15 depremden 6'sı Marmara Bölgesi'ndeki fay segmentlerinde gerçekleşmiştir. Yenice-Gönen depremi (18 Mart 1953) ve Gökçeada depremi (24 Mayıs 2014) KAF'ın güney ve kuzey kollarında meydana gelen ve Çanakkale'yi en çok etkileyen depremler olarak düşünülebilir. Çanakkale ili ve çevresinde geçmişte meydana gelen önemli depremlerden bazıları AFAD–Deprem Kataloğu verilerine göre Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Bölgenin deprem tarihçesi (AFAD)

Tarih	Deprem Merkez Üssü	Büyüklik
09.08.1912	Şarköy-Tekirdağ	7,4 (Ms)
18.03.1953	Yenice-Gönen	7,2 (Ms)
25.05.1957	Abant-Bolu	7,1 (Ms)
22.07.1967	Akyazı-Sakarya	6,8 (Ms)
05.07.1983	Biga-Çanakkale	6,1 (Mw)
17.08.1999	Gölcük	7,6 (Mw)
12.11.1999	Düzce-Bolu	7,1 (Mw)
24.05.2014	Gökçeada-Limni Açıkları	6,5 (Mw)
30.10.2020	İzmir-Seferihisar	6,6 (Mw)

Çanakkale tektonik olarak oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bölgeyi tehdit eden aktif faylar;

- Saroz-Gaziköy Fayı
- Yenice-Gönen Fayı
- Sarıköy Fayı
- Etili Fayı

TBDY/2018'in 1975 deprem yönetmeliği ile karşılaştırıldığında söz konusu fayların etkilerini son derece kapsamlı olarak dikkate aldığı açık bir gerçektir. Bu nedenle tez çalışmasında yapıya gelen deprem etkileri açısından yönetmeliklerin karşılaştırılması amacıyla Saroz-Gaziköy Fayı temel alınmış ve sırasıyla Çanakkale Merkez, Gelibolu

Merkez ve Gelibolu Güneyli beldesi için ayrı ayrı yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu bölgelerin seçilme nedeni ise Saros-Gaziköy Fayı'na olan mesafe azaldıkça spektral ivme değerlerinin ve en büyük yer ivmesinin beklenildiği üzere artmasıdır.



İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1975'ten günümüze ülkemizde 4 deprem yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu bölümde yönetmelikler ve diğer akademik çalışmalar tez çalışması kapsamında irdelenmiştir.

2.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975)

1975 deprem yönetmeliği afet bölgelerinde yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek veya onarım görececek tüm yapılara ilişkin teknik koşulları tanımlamaktadır. Aynı yönetmeliğin deprem afetinden korunma bölümünde betonarme yapılar ile ilgili tasarım detayları verilmektedir. Gerçek anlamda depreme dayanıklı yapı tasarımının ilk olarak betonarme yapılar için uygulanmaya başladığı bu yönetmeliğin çıktığı yıllarda betonarme yapılarda tasarım yöntemi hala elastik gerilmelere dayalı olarak uygulanmaktaydı. Yapının taşıma gücüne kadar zorlanmadığı ve yaklaşık olarak malzeme mukavemetlerinin yarısına kadar olan dayanım değerleri ile yapısal elemanların boyutlandırıp detaylandırılmasından dolayı günümüz depreme dayanıklı yapı tasarım yaklaşımına uygun düşmeyen sonuçlar verebilmekteydi. O yıllarda kirişlerin kolonlardan daha büyük boyutlu olduğu örneklerle rastlamak hiç de zor değildi. Bununla birlikte günümüz yönetmeliklerine benzer şekilde yatay deprem yükleri etkisinde görelî kat öteleme değeri kat yüksekliğinin 1/400'nü geçmemesi şartı içerdiğinden yapının deprem sırasında aşırı yerdeğiştirme yapması önlenmekteydi. Bir başka ifadeyle belirli bir yanal rijitliğin karşılanması gerekmekteydi. Bu şekilde elastik gerilme değeri kullanılmasına paralel olacak şekilde nihai şekildeğiştirmeler üzerine bir üst sınır tanımlandığı anlaşılmaktadır. Aksi durumda elastik ötesi büyük şekildeğiştirmelerle karşı karşıya kalılabilecekti. Elastik ötesi şekildeğiştirmelerle tasarımda başa çıkılması için doğal olarak en azından taşıma gücüne kadar olan bünyesel davranışın dikkate alınması gerekmekteydi. Büyük bir deprem sırasında bu şekildeğiştirmelerin elastik davranışın çok ötesinde kalıcı plastik deformasyonlar olacağı gerçeği ise yapısal tasarımın bu yönde evrimleşmesine ve hem taşıma gücü değerlerini kullanılmasını sağlarken bir yandan da şekildeğiştirme kapasiteleri üzerine yoğunlaşmasına neden oldu. Yönetmeliklerde yaşanacak bu gelişme ve değişimler için ise 1990'lı yılları beklemek gerekti. 1975 yönetmeliğinde dört zemin cinsi yer alırken betonarme kolonlarda boyuna donatı yüzdesinin 0,01'den büyük olması öngörülmüştür.

Kolonlardaki en büyük donatı miktarı da kullanılan çelik sınıfına göre değişmektedir. Kolonlar için en küçük kesit 25 cm olarak tanımlanmıştır. Bu arada ilk defa düzensiz taşıyıcı sistem ifadesinin kolonlar üzerinden kullanıldığı da görülmektedir. Bu tanımlamanın 1998 yönetmeliği ile getirilen planda ve düzeyde düzensizlik tiplerinden çok farklı ve basit olarak yapıldığı görülmektedir. Yönetmeliklerin düzensiz sistemlerin hesaplara doğrudan yansıtılmayan bu türden olumsuz özellikleri için proje üzerinde cezalandırıcı ve kısıtlayıcı bir takım ek hükümler içermesi kaçınılmazdır.

1975 yönetmeliğinde ilk defa kolonların alt ve üst bölgelerinde etriyelerin sıklaştırıldığı kolon sarılma bölgeleri tanımlanmıştır. Bu şekilde kolon uçlarının plastik davranış göstermesinin sağlanması için konstrüktif bir önlem alınırken ileriki yıllarda bu alanda plastik mafsal uzunluğunun belirlenmesine kadar gidecek bir yolun ilk adımları da atılmış olmaktadır. Kesme donatısı hesaplarında kullanılan bağıntılar elastik teoriye dayanan ifadelerden ibarettir. Bundan başka kolon orta bölgesi ile kolon-kiriş birleşim bölgeleri için verilen hesaplamalar da bu yönetmelikte ilk defa belirtilmiştir. Kirişler için kesit boyutunun en az 20x30 cm olması öngörülmüştür. Bu boyutların günümüzde kullanılan minimum boyutların altında olduğu görülmektedir. Kirişler için sadece donatı sınıfına bağlı olan minimum boyuna donatı oranları tanımlanmıştır. Mesnet kesitlerindeki alt donatının üst donatı alanının 1/3'ünden ya da komşu açıklıklar ortası donatı oranlarından büyük olanının yarısından az olmaması koşulu getirilmiştir. Bu önlemlerin kirişlerin daha fazla deformasyon yapabilmelerinin sağlanması amacıyla yönetmeliğe konulduğu söylenebilir.

1975 yönetmeliğin 13. bölümünde depreme dayanıklı hesap ilkeleri verilmiştir. Buradaki temel amaç yapısal çözümlene ve tasarımda kullanılacak yatay yük değerlerinin belirlenmesidir. Bu şekilde yapı elemanlarında oluşacak en elverişsiz iç kuvvetlerin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu aşamada yapılar taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensiz olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Düzensizlikle ifade olunan yapının kütle ya da rijitlik dağılışı açısından süreksizlikler ya da düzensiz yoğunlaşmalar göstermesidir. Zemine göre değişen hakim periyod değerleri ile spektrum katsayısı tanımlanmıştır. C_0 deprem bölge katsayısı olarak 4.derece deprem bölgesinden 1.derece deprem bölgesine doğru artan değerlerde tanımlanmıştır. K yapı tipi, I ise yapı önem katsayısıdır. Bu şekilde tüm yapıya gelen yatay yüklerin toplamı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır:

$$F = C W \quad (2.1)$$

$$C = C_0 K S I \quad (2.2)$$

1.derece deprem bölgesinde $C_0=0,1$, $S=1$, konutlarda $I=1$, düktil çerçeve için $K=1$ alındığında toplam deprem kuvveti $0,1W$ değeri bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yapının toplam ağırlığının $1/10$ 'u büyük bir deprem sırasında yapıya etkiyen deprem kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Bina doğal periyodu için de iki tane yaklaşık periyod formülü kullanılması önerilmektedir.

Bu tez çalışmasında 1975 yönetmeliğine uygun olarak farklı bölgelerde konumlandığı varsayılan 5 katlı betonarme bir konut yapısının 2018 deprem yönetmeliği kapsamında performans değerlendirmesi yapılacaktır. 1975 ile 1985 yılları arasında elastik teoriye uygun olarak yapılan binalarda bir yapı için neredeyse göçme durumuna kadar inceleme yapılan performans analizlerinin yapılması büyük bir tutarsızlığı beraberinde getirecektir. Bu nedenle tez kapsamında incelenecek yapının 1985 yılında yürürlüğe giren TS500 esaslarına göre taşıma gücü yöntemi kullanılarak boyutlandırıldığı ve detaylandırıldığı kabul edilmiştir. Türkiye'de mevcut binaların önemli bir kısmının 1985 ile 2000 yılları arasında yapılmış olması da böyle bir binanın tez çalışması için seçiminde etkili olmuştur. Deprem yükleri açısından bakıldığında 1998, 2007, 2018 yönetmeliklerindeki eşdeğer deprem yüklerinin önemli oranda korunduğu kabul edilebilir.

2.2. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)

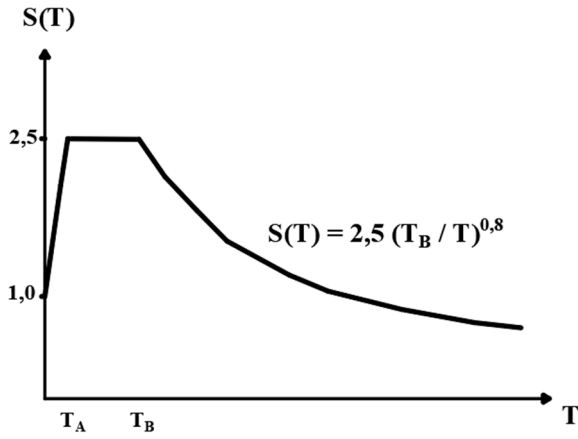
ABYYHY (1998) ile yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek ya da depreme karşı güçlendirilecek özel ve tüm resmi binaların teknik koşulları belirtilmiştir. Depreme dayanıklı yapılar için hesap kuralları bölümünde ilk olarak, ikinci mertbe etkileri ve görelî kat ötelenmeleri için sınır değerler hedeflenmiştir. Bu yönetmelik planda ve düşey doğrultuda düzensizliklerin detaylı bir şekilde kontrol edilebildiği ilk yönetmeliktir. Planda

düzensizlikler; burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, planda çıkıntılar bulunması ve taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmamasıdır. Düşey doğrultuda düzensizlikler ise komşu katlar arası dayanım düzensizliği, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğidir. Depreme dayanıklı yapıların hesap kurallarının bir önceki yönetmeliğe göre farklılaştığı ve geliştirildiği görülmektedir. Elastik deprem yüklerinin tanımlanmasında etkin yer ivmesi katsayısı, bina önem katsayısı, spektrum katsayısı bir arada kullanılmıştır. Deprem yüklerinin belirlenmesi ve %5 sönüm oranı için elastik tasarım ivme spektrumunun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen spektral ivme katsayısı olan $A(T)$ bulunmaktadır. Etkin yer ivmesi katsayısı olan A_0 1.derece deprem bölgesinde $0,4g$ alınmaktadır. Spektrum katsayısı $S(T)$ yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna bağlı olarak belirlenmektedir. Tablo 2'de görülebileceği üzere spektrum karakteristik periyot değerleri olan T_A ve T_B yerel zemin sınıfına bağlı olarak sabit değerler olarak tanımlanmıştır. Bu değerlerin kullanılması sonucunda elde edilen tasarım spektrumu ise Şekil 1'de verildiği gibi olacaktır. Şekil 2'de ise zemin hakim periyot değerlerine göre belirlenen ve 1975 deprem yönetmeliğinde kullanılan tasarım spektrumu verilmiştir.

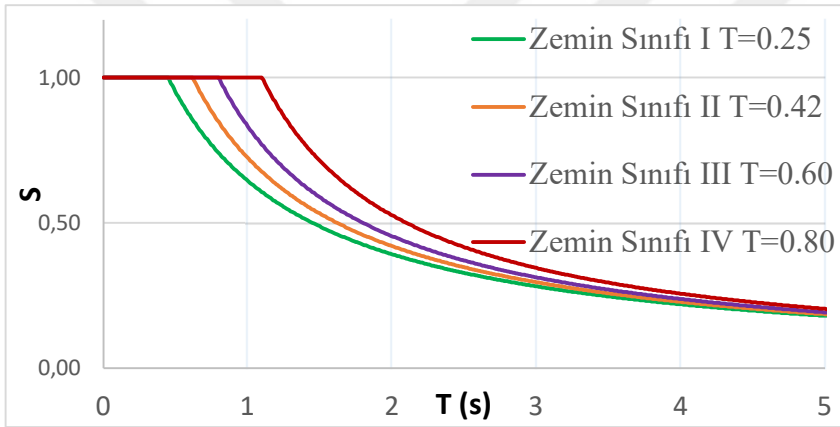
Tablo 2

Spektrum karakteristik periyot değerleri (ABYYHY, 1998)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90



Şekil 1. Tasarım spektrumu (ABYYHY, 1998)



Şekil 2. Tasarım spektrumu (ABYYHY, 1975)

Elastik deprem yüklerinin azaltılmasında deprem yükü azaltma katsayısı kullanılmıştır. Bu azaltılmanın nedeni deprem enerjisinin önemli bir kısmının taşıyıcı sistemin gösterdiği elastik ötesi yer değiştirmeler tarafından karşılanacağı varsayımdır. Burada bu değer için yapılan tahminlerin gerçek davranış için sadece basit bir genellemeden ibaret olabileceği açıktır. Sistemin gerçek davranışının tahmin edilerek tek bir katsayıya indirgenmesi oldukça zordur. Bu nedenle taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal olmayan davranışını hesaplara yansıtılabilmek için türetilen deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$, farklı taşıyıcı sistemler için taşıyıcı sistem davranış katsayısı olan R 'ye ve binanın doğal titreşim periyodu olan T 'ye bağlı olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) yapının taşıyıcı sistemine, çelik veya betonarme olmasına ve süneklik düzeyi normal veya süneklik düzeyi yüksek olmasına göre değişmektedir. Bu yönetmelik deprem yüklerinin bu

şekilde hesaplandığı ve bunun sonucunda yapısal elemanların kesit hesaplarının taşıma gücü yöntemine göre yapıldığı ilk yönetmeliktir. Taşıma gücü yönteminde beton ve çeliğin azaltılmış malzeme dayanımları (tasarım dayanımları) kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerlerinin, artırılmış tasarım yükü ile hesaplanan iç kuvvetlerden hiçbir zaman küçük olmaması gerekir. 1998 deprem yönetmeliği eşdeğer deprem yükü yöntemini deprem bölgesine, bina yüksekliğine ve burulma düzensizliğine göre sınırlandırmıştır. 1998 yönetmeliğinde spektral ivme katsayısı $A(T)$ aşağıdaki bağıntıyla tanımlanmaktadır:

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (2.3)$$

Burada I bina önem katsayısı 1, en büyük değer olarak $S(T)=2,5$, $A_0 = 0,4$ olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmelikte binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü yöntemi V_t aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$V_t = W \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.4)$$

$T > T_A$ için $R_a(T_1)$ değeri taşıyıcı sistem davranış katsayısı R 'ye eşit olarak alınmaktadır. R ise süneklik düzeyi yüksek olan bir çerçeve binada 8 olarak tanımlanmıştır. Bu değerler kullanıldığında binaya gelen deprem kuvveti $0,125W$ 'ya eşit olmaktadır. Bu ise 1998 yönetmeliğinde betonarme çerçeve bir binada deprem yüklerinde bir önceki yönetmeliğe oranla %25 artış öngörüldüğünü göstermektedir. Bu değişikliğin temel nedeni olarak betonarme yapı tasarımında 1985 yılından itibaren taşıma gücü yöntemine geçilmesi düşünülebilir. Taşıma gücü yönteminde malzeme mukavemetlerinin nihai değerleri temel alınmaktadır. Dolayısıyla elastik teori için hazırlanmış olan deprem yüklerinin de artırılması bu kapsamda düşünülmelidir. Ancak 2018 deprem yönetmeliğinde deprem bölgesine, yapının faya olan uzaklığına ve zemin durumuna bağlı olarak çok daha gerçekçi deprem yükleri öngörülmektedir. 2018 deprem yönetmeliğindeki deprem yüklerinin değişmesinin temel nedeni yıllar içinde yapılan detaylı araştırma ve çalışmalardır.

Performans değerlendirmesi 2000’li yıllarda göreli kat ötelenmeleri ve yerdeğiştirmeler üzerinden belirleniyordu. Bu alanda yapılan ilk çalışmalardan biri olan araştırmada (Can, 2005) betonarme yapıların doğrusal olmayan bir yapısal özömleme yöntemi olan statik itme yöntemini detaylı olarak irdelemiş ve 1975 deprem yönetmeliğine uygun olarak yapılmış üç katlı bir betonarme binanın deprem davranışı incelemiştir. Çalışma sonucunda yapının, depreme karşı güçlendirme projesi de oluşturulmuştur. Bu çalışmada performans yöntemi üzerinde de durularak aynı yapı performans seviyeleri ile yer hareketleri sınıfından incelenmiştir.

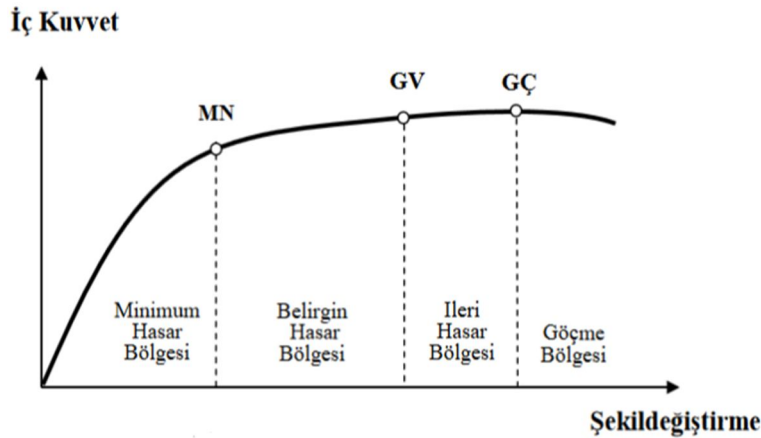
2.3. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)

2007 yönetmeliğinde isim değişikliğine gidilerek deprem bölgelerinde yapılacak binalar başlığı kullanılmıştır. 2007 yönetmeliğinin ilk maddesinde önceki yönetmeliklere ek olarak depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirmesi için gerekli kural ve minimum koşullar da ilk olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmelikte elastik deprem yüklerinde bir önceki yönetmelikten farklı bir durum bulunmamaktadır.

2007 yönetmeliğinin yedinci bölümünde mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirilmesi başlığı altında gerekli ilke ve koşullar açıklanmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesi aşamasında incelenecek her bina için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayısı belirlenmesi istenilmektedir. Sınırlı, orta veya kapsamlı olarak belirlenen bilgi düzeyleri, taşıyıcı elemanların kapasitesinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Sınırlı bilgi düzeyine sahip bir binada taşıyıcı sistemin projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistemin özellikleri yerinde ölçümlerle belirlenmektedir. Sınırlı bilgi düzeyi deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar ve insanların yoğun olarak bulunduğu binalar için geçerli kabul edilmemektedir. Orta bilgi düzeyinde taşıyıcı sistemin projelerinde eksiklikler varsa sınırlı bilgi düzeyinden daha fazla ölçüm yapılır. Eğer projeler mevcut ve tam ise proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yerinde ölçümler yapılır. Kapsamlı bilgi düzeyinde yapının projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması için yeterli düzeyde yerinde ölçümler yapılmaktadır. Sınırlı bilgi düzeyi için bilgi düzeyi katsayısı 0,75, orta bilgi düzeyi için 0,90 ve kapsamlı bilgi düzeyi için bilgi düzeyi katsayısı

1,00 alınmaktadır. Bilgi düzeyi katsayıları belirlendikten sonra taşıyıcı elemanların kapasiteleri bu katsayılar ile çarpılarak düzeltilecektir. Ancak kapsamlı bilgi düzeyinde analizler sonucu bulunan değerlerin kullanılması uygun görülmüştür. Bu aşamada mevcut yapı üzerinden ölçülen malzeme dayanımları tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünerek azaltılmayacaktır. Bu nedenle eleman kapasiteleri mevcut malzeme dayanımları kullanılarak hesaplanacaktır.

2007 deprem yönetmeliğinde yapı elemanlarında kesit hasar sınırları sünek elemanlar için Minimum Hasar (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olarak tanımlanmıştır. 1975 yönetmeliğinde sadece etriye sıklaştırmaları koşulu bulunmaktadır. 1985'te yürürlüğe giren TS500'e kadar elastik tasarımın betonarme bina tasarımında devam etmekte olduğu dikkate alındığında sünek eleman kabulünün 1990'lı yıllardan sonra yapılan yapılar için kullanılmaya başlandığı varsayılabilir. Bu yönetmelikte minimum hasar sınırı ile taşıyıcı sistem elemanının elastik ötesi davranışının başlangıcı, güvenlik sınırı ilgili kesitin elastik ötesi davranışı bakımından can güvenliğinin sağlayabileceği sınır ve son olarak göçme sınırı ile kesitin göçme öncesi davranışının sınırı tanımlanmaktadır. Aşağıda Şekil 3'te iç kuvvet şekildeğiştirme eğrisinde MN'yi geçmeyen elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında bulunan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ve GÇ arasındaki elemanlar ileri hasar bölgesinde ve GÇ'yi geçen elemanlar ise göçme bölgesindedir. 2007 deprem yönetmeliğinden önce bu yönetmelikte tanımlanan tarzda sünek eleman kavram ve sınırları kullanılmamaktadır.



Şekil 3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması (DBYYHY, 2007)

Tablo 3 ve Tablo 4'ten anlaşılacağı üzere iç kuvvet/kesit tesirinin sadece kesme kuvveti V_e 'den kaynaklandığı öngörülmektedir.

Tablo 3

Betonarme kirişler için etki/kapasite oranları ile hasar sınırları (DBYYHY, 2007)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\rho_s = \frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{bw d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0,0$	+	$\leq 0,65$	3	7	10
$\leq 0,0$	+	$\geq 1,30$	2,5	5	8
$\geq 0,5$	+	$\leq 0,65$	3	5	7
$\geq 0,5$	+	$\geq 1,30$	2,5	4	5
$\leq 0,0$	-	$\leq 0,65$	2,5	4	6
$\leq 0,0$	-	$\geq 1,30$	2	3	5
$\geq 0,5$	-	$\leq 0,65$	2	3	5
$\geq 0,5$	-	$\geq 1,30$	1,5	2,5	4

Kirişlerde; $\frac{V_e}{bw d f_{ctm}}$ değeri temel alınarak hasar sınırları belirtilmiştir. TS500'de verilen $V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_{wd}$ bağıntısı burda da kullanılarak kesme kuvveti değerinin bu değer altında ve üstünde olduğu durumlar için farklı hasar sınırları tanımlanmıştır. Her durumda V_e 'nin $1,30 f_{ctm} b_{wd}$ 'yi geçmediği görülmektedir. f_{ctm} ölçümler sonucu bulunan ortalama çekme mukavemetidir. TS500'den bilindiği üzere V_{cr} değerinin altında kirişlerde minimum etriye kullanımına izin verilmektedir. Yapı performansının hesaplandığı bu yöntemde kirişlere gelen kesme kuvvetinin V_{cr} 'den az olması durumunda hasar sınırı değerlerinin önemli oranda artırıldığı görülmektedir. Bir diğer ifadeyle bu durum kirişin depremden az etkilendiğinin bir göstergesi olduğu kabul edilmiştir. Benzer şekilde kirişlerde sargılama var ise hasar sınırları özellikle güvenlik sınırı ile göçme sınırının yaklaşık iki katı kadar arttığı görülmektedir. Ayrıca çekme donatısı oranının dengeli donatı durumunun yarısından az olması durumunda kirişlerin daha sünek davranış sergilediği varsayılmıştır.

Kesitte bulunan mevcut enine donatıların hacimsel oranı ρ_s , dengeli donatı oranı ρ_b , çekme donatısı oranı ρ ve basınç donatısı oranı ρ' ile ifade edilmektedir:

$$\rho_s = \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \quad (2.5)$$

Kolonlarda kesme kuvveti sınır değerlerinin de kirişlerdeki gibi benzer kesme kuvveti ve hasar sınırı ilişkisi ile ifade edildiği görülmektedir. Kirişler ile benzer biçimde enine donatının sıklaştırıldığı durumlar için hasar sınırlarının büyütülmesi yoluna gidilmiştir. Kolonlardaki sünek davranışın göstergesi olarak eksenel yük seviyesi dikkate alınmıştır. $N_K / (A_c f_{cm})$ oranı 0,1'den küçükse kolonların kirişe yakın davranış gösterdiği; 0,4 ile 0,7 arasında ise sünekliliğin giderek azalmasından dolayı izin verilen hasar sınırı değerlerinin de düştüğü Tablo 4'ten görülebilir. 0,7'den büyük olduğu durumlarda kolon için tamamen gevrek davranış/kırılma her hasar sınırı için 1 alınmıştır. Perdelerde ise hasar sınırı değerleri uç bölgelerinde sargılama olup olmamasına göre belirlenmiştir.

Tablo 4

Betonarme kolonlar için etki/kapasite oranları ile hasar sınırları (DBYYHY, 2007)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
$\leq 0,1$	+	$\leq 0,65$	3	6	8
$\leq 0,1$	+	$\geq 1,30$	2,5	5	6
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	+	$\leq 0,65$	2	4	6
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	+	$\geq 1,30$	1,5	2,5	3,5
$\leq 0,1$	-	$\leq 0,65$	2	3,5	5
$\leq 0,1$	-	$\geq 1,30$	1,5	2,5	3,5
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	-	$\leq 0,65$	1,5	2	3
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	-	$\geq 1,30$	1	1,5	2
$\geq 0,7$		-	1	1	1

Yönetmelikte eğilme etkisinde betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılmıştır. Kiriş, kolon ve perdelerde aşağıda verilen değerler kullanılmaktadır:

$$\text{Kirişlerde : } (EI)_e = 0,40 (EI)_0 \quad (2.6)$$

$$\text{Kolonlarda: } N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10 \text{ olduğunda: } (EI)_e = 0,40 (EI)_0 \quad (2.7)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0,40 \text{ olduğunda: } (EI)_e = 0,80 (EI)_0 \quad (2.8)$$

Burada aksenal basınç kuvveti N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanılarak düşey yük hesabı ile elde edilmektedir. Deprem hesabında başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı, etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklerle göre tekrar yapılmaktadır. $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10$ durumlarda Tablo 4'te olduğu gibi kolonlar kirişler gibi düşünülerek eğilme etkisinde çekme çatlaklarının daha kolay oluşacağı varsayılmaktadır.

Yönetmelik depremde bina performansının belirlenmesi için hesap yöntemleri olarak doğrusal elastik hesap yöntemleri ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri tanımlanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$ alınarak taban kesme kuvveti değeri hesaplanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemlerinde hasar sınırları etki/kapasite oranları ve görelî kat ötelemesi sınırları ile tespit edilmektedir. Aşağıda verilen Tablo 5'te görelî kat ötelemesi sınırları verilmiştir. Buna göre hasar sınırları; görelî kat ötelemesi oranı 0,01 için MN, 0,03 için GV ve 0,04'e ulaştığında GÇ olarak alınmaktadır. Bu kısımda bina davranışı ve rijitliğinin tamamen görelî kat ötelemelerine bağlandığı açıktır.

Tablo 5

Görelî kat ötelemesi sınırları (DBYYHY, 2007)

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_i / h_i	0,01	0,03	0,04

Depremde bina performansının doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmesinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmaktadır. Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki şekildeğiştirme istemi toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik değerleri ile hesaplanmaktadır. Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri minimum hasar sınırında $(\epsilon_{cu})_{MN} = 0,0035$, $(\epsilon_s)_{MN} = 0,010$ olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik sınırı için beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmeler $(\epsilon_{cg})_{GV} \leq 0,0135$, $(\epsilon_s)_{GV} \leq 0,04$ ve son olarak göçme sınırı için şekildeğiştirme üst sınırları $(\epsilon_{cg})_{GC} \leq 0,018$, $(\epsilon_s)_{GC} \leq 0,06$ olarak tanımlanmaktadır. Buradan yapı elemanının normal sünek olarak ele alındığı söylenebilir. Bu aşamada taşıyıcı elemanlar ölçeğinde birim şekildeğiştirmeler kullanılarak gerçek davranışa daha yakın bir yöntem izlenmiştir. Bu aşamada da beton ve çelik için kullanılan bünyesel modellerin sonuçlar üzerine büyük etkisi olacağı açıktır. Özellikle betonun çok eksenli gerilmeler altındaki karmaşık davranışının gerçekçi bir biçimde ve özellikle pratikte kullanımı giderek artan yüksek dayanımlı beton davranışını da içine alacak şekilde tahmin edilmesi son derece önemlidir (Köksal ve Erdoğan, 2021).

Ülkemizde mevcut yapıların performans değerlendirmesi ilk kez 2007 deprem yönetmeliği kapsamında mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirmesi bölümünde hasar sınır değerleri hedeflenerek tanımlanmıştır. Yapının ya da taşıyıcı sistem elemanlarının her biri için iç kuvvetlere bağlı şekildeğiştirme durumları hesaplanarak yapının performans seviyesi belirlenmektedir. Bu yönetmelikte mevcut yapıların bina bilgi düzeyi, beton ve çeliğin özelliklerinin saptanması, binanın projeye uygunluğu gibi şartlar getirilmiştir. Yönetmelikte taşıyıcı sistem elemanları için üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar minimum hasar sınırı, güvenlik sınırı ve göçme sınır durumudur. Minimum hasar sınırı, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvetlerle şekildeğiştirmeler elastik sınırlar dışına çıkmaya başladığı az-hafif hasar durumudur. Bu hasar durumda can güvenliği açısından risk bulunmamaktadır. Güvenlik sınırı yapı/elemanının elastik ötesi davranışın sınırı olarak belirtilmiştir. Güvenlik sınırında elemanların az-orta hasar düzeyinde olacağı ve bunun aşıldığında can güvenliği bakımından risk oluşturacağı ifade edilmiştir. Göçme sınırı ise elemanın plastikleşmesi sonucunda göçme durumunda olduğu seviyedir.

2007 deprem yönetmeliği yapıların deprem performansının belirlenmesinde performans düzeyleri tanımlamaktadır. Bu performans düzeyleri sırasıyla Hemen Kullanım Performans Düzeyi, Can Güvenliği Performans Düzeyi, Göçme Öncesi Performans Düzeyi ve Göçme Durumu'dur.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin ancak %10'u belirgin hasar bölgesinde olabilir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesine geçebilir. İleri hasar bölgesinde çıkan kolonların her bir kat için kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'yi geçmemelidir. En üst kattaki ileri hasar bölgesindeki kolonların ise kesme kuvvetleri oranı en fazla %40 olabilir. Diğer yapı elemanlarının ise minimum hasar veya belirgin hasar bölgesinde olması gerekmektedir. Ancak herhangi bir katta kolonların alt ve üst uçlarının ikisinde birden minimum hasar sınırının aşılması durumunda o kattaki kesme kuvveti oranı %30'u aşamaz.

Göçme Öncesi Performans Düzeyinde her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin ancak %20'si göçme bölgesinde olabilir. Diğer yapı elemanlarının hasar durumu göçme bölgesine geçemez. Ancak herhangi bir katta kolonların alt ve üst uçlarının ikisinde birden minimum hasar sınırının aşılması durumunda o kattaki kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır. Göçme Öncesi Performans Düzeyi sağlanmıyorsa yapı Göçme Durumu'ndadır.

2.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)

TBDY 2018 deprem yönetmeliği performans analizi kapsamında incelendiğinde, Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde betonarme binaların herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

Kontrollü Hasar Performans Düzeyi her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir. İleri hasar bölgesinde çıkan kolonların her bir kat için kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'yi geçmemelidir. En üst kattaki ileri hasar bölgesindeki kolonların ise kesme kuvvetleri oranı en fazla %40 olabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı SH ve BH bölgelerinde olmalıdır. Ancak herhangi bir katta kolonların alt ve üst uçlarının ikisinde birden belirgin hasar sınırının aşılması durumunda o kattaki kesme kuvveti oranı %30'u aşamaz.

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyinde her bir deprem doğrultusunda yapılan analizlerde kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Diğer yapı elemanları ise SH, BH veya İH bölgesinde olmalıdır. Ancak herhangi bir katta kolonların alt ve üst uçlarının ikisinde birden belirgin hasar sınırının aşılması durumunda o kattaki kesme kuvveti oranı %30'u aşamaz. Göçmenin Önlenmesi Durumu sağlanmıyorsa bina performans düzeyi Göçme Durumu'dur.

Bu tanımlamalardan binadaki deprem güvenliğinin düşey elemanlar tarafından sağlandığı ve kirişlere belirli sınırlar dahilinde hasar görme olasılıkları sunulduğu rahatlıkla görülmektedir. Kuvvetli kolon ve göreceli olarak zayıf/düşük rijitlikteki kirişlerde deprem enerjisi sönmelenirken kolonlar ve binanın ayakta kalması hedeflenmektedir. Bütün bunlar proje ve hesaplama kısmındaki kurallardır. Ancak sahada ve uygulama sırasında aynı ciddi ve hassas davranışın gösterilebileceğini düşünmek aşırı iyimserlik olacaktır. Yapı denetim mekanizması bu durumlar için oluşturulmuştur. Ancak süreçler ve uygulamalar bazı çok ciddi ve büyük yapı işlerinin haricinde bu sistemin projeye uygun olarak ilerlemediğini göstermektedir. Bu noktada hazır beton ve artan beton basınç dayanımı betonarme binalar için yıllar içinde yönetmeliklerin geliştirdiği hesap esaslarından daha etkili olmuştur. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında beton ve çelik kalitesinin denetimi vazgeçilmez bir durum olmalıdır.

Tablo 6'dan görüleceği üzere mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefi, TBDY-2018'de DD-2 deprem yer hareketinde şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ile Kontrollü Hasar'dır.

Tablo 6

Mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefi (TBDY, 2018)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-
DD-2	Kontrollü Hasar (KH)	Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı (ŞGDT)
DD-1	-	-

2.5. Mevcut Bina Performans Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Mevcut binaların deprem performansları ile ilgili yapılan yerli ve yabancı akademik çalışmaların sayısında büyük bir artış olmuştur. Bu çalışmalarda mevcut yapıların deprem performansları, deprem yönetmelikleri kapsamında doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmiştir. Betonarme bir çerçeve sisteme 2007 deprem yönetmeliğine göre eşdeğer artımsal itme analizlerinin yapıldığı (Yön 2007) veya betonarme mevcut bir yapıya üç farklı güçlendirme modeli yapılarak eşdeğer artımsal itme analizleri ile deprem performanslarının belirlendiği (Yılmaz 2010) görülmektedir.

Yön (2007) hazırladığı yüksek lisans tez çalışmasında 5 katlı betonarme bir çerçeve sistemi 2007 deprem yönetmeliğine uygun olarak tasarlamıştır. Daha sonra bu yapıya İde statik ve Sap2000 programı ile eşdeğer artımsal itme analizi yapmıştır. Elde edilen sonuçlar ile hasar durumlarını karşılaştırmıştır. Analiz sonuçlarında iki program arasında ihmal edilebilecek kadar küçük farklılık çıkmıştır.

Kulu (2009) yaptığı yüksek lisans tezinde betonarme yapılarda burulma düzensizliğinin kademeli olarak değiştirilmesiyle oluşan taşıyıcı sistem modellerinin doğrusal olmayan davranışları DBYYHY-2007 çerçevesinde artımsal eşdeğer deprem yükü

yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi ile karşılaştırmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda tepe noktası yerdeğiştirmesi ile yapılan karşılaştırmada her iki yöntemde de yakın sonuçların bulunduğu görülmüştür. Burulma düzensizliği katsayısının sınır değerin altında olan taşıyıcı sistemlerde de yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ancak burulma düzensizliği katsayısı yönetmelikte belirtilen değere eşit veya daha yüksek olan sistemlerde iki yöntem arasında sonuçlarda farklılıklar ortaya çıkmıştır.

Çelik (2009) yazdığı tez çalışmasında 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış mevcut bir betonarme okul binasının, deprem güvenliğini 2007 deprem yönetmeliği kapsamında statik itme analizi ile tahkik etmiştir. 2007 deprem yönetmeliğine göre analizi yapılan bina göçme durumunda çıkmıştır. Bu da 1975-1998 yılları arasında inşa edilen yapıların performans seviyelerinin belirlenmesinin önemini göstermektedir. Daha sonra mevcut yapı 2007 deprem yönetmeliği çerçevesinde mimari özellikleri değişmeden tekrar tasarımı yapılmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tekrar yapının performans seviyesi göçme durumunda çıkmıştır. Göçme durumunda çıkmasının esas nedeni, malzeme dayanımları yüksek olmasına rağmen yapının boyutlandırma ve projelendirilmesidir. Sonuç olarak mevcut yapı yıkılıp yerine mimari özellikleri değiştirilmeden yeni yapı yapıldığında da 2007 deprem yönetmeliğine uygun hale gelmediği belirtilmiştir.

Yılmaz (2010) yazdığı tez çalışmasında betonarme bir taşıyıcı sisteme sahip bir yapıya 2007 deprem yönetmeliği kapsamında doğrusal olmayan eşdeğer artımsal itme analizi metodu kullanarak taban kesme kuvveti ve tepe noktası yerdeğiştirme değerlerini Sap2000 programıyla elde etmiştir. Mevcut yapıya üç farklı güçlendirme modeli tasarlanmış ve üç modelde de yapının 2007 deprem yönetmeliğine göre performans seviyesi hemen kullanım düzeyine çıktığı gözlemlenmiştir.

Doğanay (2011) yazdığı tez çalışmasında, Antakya bölgesindeki yapıları temsilen 7 betonarme bina üzerinde aletsel veriler sonucunda yapıların dinamik davranış parametrelerini belirlemiştir. Daha sonra bu yapıların deprem performanslarını, ETABS programı ile doğrusal olmayan analizler ile belirlemiştir.

Uçar (2011) doktora tezinde, az ve orta katlı betonarme binalara analitik hasargörebilirlik eğrileri oluşturmuştur. Yapıların analizi artımsal itme analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapıların yerdeğiştirme istemleri 2007 deprem yönetmeliği kapsamında farklı zemin sınıfları ve deprem düzeyleri için hesaplanmıştır. Önceden belirlenen sınır hasar düzeylerine ulaşması veya aşılması ihtimalleri ile hasargörebilirlik eğrileri bulunmuştur. Mevcut binaların hasar görebilirliğinin her bina için ayrı ayrı yapılması oldukça güçtür. Çalışmayla elde edilen analitik hasargörebilirlik eğrilerinin geliştirilmesiyle ve daha çok hasar verisiyle elde edilecek hasargörebilirlik eğrileri yardımıyla beklenen büyük depremlerin oluşturacağı hasarların belirlenmesinde büyük ölçüde yardımcı olacaktır.

Suci (2016) yazdığı tez çalışmasında, burulma düzensizliği olan 4 katlı betonarme bir çerçeve sistemli binaya Sap2000 programı yardımıyla pushover analizi ve zaman tanım alanında analiz gerçekleştirmiştir. Binanın daha sonra yatay yüklere karşı dayanımının yetersiz olduğu kabul edilmiştir. 4 adet benzer perde duvarla 12 farklı durumda güçlendirme yapılmıştır. Perde duvarların yerlerinin değiştirilmesiyle oluşan burulma düzensizlikleri elde edilmiştir. Oluşturulan güçlendirme modelleri doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile analiz edilip, kat ötelenmeleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı performans seviyeleri karşılaştırılmıştır.

Asfuroğlu (2018) yaptığı çalışmada, 2018 deprem yönetmeliği ve Eurocode-8 yönetmeliklerini kullanarak çok katlı çelik binaların doğrusal analizlerini gerçekleştirmiştir. Daha sonra bu çok katlı binaların doğrusal olmayan analizlerini her iki yönetmelik kapsamında karşılaştırmıştır. Düşey yüklerin ve deprem bölgesinin aynı kabul edilmesine rağmen Eurocode-8'de taban kesme kuvveti değerlerinin daha büyük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı açısından iki yönetmelikte farklılık olmasındandır. Yapılan doğrusal olmayan analizler sonucunda, etki/kapasite oranları, dönme oranları ve performans seviyeleri karşılaştırılmıştır. Eurocode-8 yönetmeliğinin %10 daha emniyetli tarafta kaldığı gözlemlenmiştir.

Dilek (2019) yazdığı yüksek lisans tezinde ZC zemin sınıfında betonarme bir yapı tasarlamış ve seçtiği bir aks üzerinden uniform korozyon durumunu dikkate alarak sabit tek

modlu itme analizlerini kullanarak elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. 2018 deprem yönetmeliğine göre moment-eğrilik, malzeme modeli, taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitlik çarpanlarında korozyon etkilerini dikkate alarak elde etmiştir. Daha sonra tek modlu itme analizi ile taban kesme kuvveti-tepe noktası yerdeğiştirmeleri ve yerdeğiştirme istemleri elde edilmiştir. Yapı kullanım ömrü süresince korozyon nedeni ile taban kesme kuvveti kapasitesinin önemli oranda değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre atmosferik korozyon durumunda net beton örtüsünün 20 mm'ye kadar olduğu durumlarda ve sıçrama tipi korozyonda ise net beton örtüsünün 30 mm ve daha küçük olması durumunda taban kesme kuvveti kapasitesinin oldukça değiştiği görülmüştür.

Turel (2019) yüksek lisans tezinde düz donatılı mevcut yapıların deprem performanslarını incelemiştir. Yapılardaki düz donatı kullanımına bağlı oluşan plastik mafsalları ve elemanlardaki dönme miktarlarını karşılaştırmıştır. Karşılaştırmayı yaklaşık olarak aynı yerdeğiştirme istemine göre yapmıştır. Tez çalışmasının sonucunda, düz donatıyla inşa edilmiş yapının nervürlü donatıyla inşa edilmiş yapıya göre daha fazla plastik dönme miktarı ile daha az sayıda plastik mafsalları oluştuğunu gözlemiştir.

Çapa (2020) yaptığı tez çalışmasında 2018 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı binalar, mevcut 3 bina kabul edilerek doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapılan analizleri karşılaştırmıştır. Sap2000 programı yardımıyla plastik dönme değerleri bulunup, yönetmeliğin plastikdönme değerleri ile karşılatırılmıştır. Böylece kolonların ve kirişlerin hasar durumlarını belirlemiştir. Beklenen üzere yapıların kat sayıları arttıkça, tepe noktası yerdeğiştirmesinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Sarı ve Ulutaş (2021) yılında yazdıkları bir araştırma makalesinde Burdur ilinde ABYYHY 1998'e göre tasarımı yapılmış mevcut bir betonarme binayı ele almıştır. Taşıyıcı sistemi salt çerçeve sistemden oluşan 4 katlı bina 2007 DBYYHY ve 2018 TBDY'ne göre statik itme analizi yapılarak, mevcut yapının deprem performansları karşılaştırmıştır. 2007 deprem yönetmeliğinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, 2018 deprem yönetmeliğinde ise sabit tek modlu statik itme analizi yöntemleri kullanılmıştır. Kolon ve kirişlerin moment-eğrilik bağıntıları ve plastik mafsalları özellikleri için Sap2000 programından

yararlanılmıştır. Mevcut yapının malzeme dayanımları ise beton sınıfı C20, çelik sınıfı S420 dir. 3 m kat yüksekliğine sahip bu yapının zemin sınıfı 2007 deprem yönetmeliğinde Z4, 2018 deprem yönetmeliğinde ise ZE alınmıştır. Kolonlarda ø14 kirişlerde ise büyük çoğunluğu ø12 donatı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde etkin kesit rijitliklerinde oluşan farklılıklardan dolayı hedef performans seviyesinin oldukça etkilendiği görülmüştür. 2018 deprem yönetmeliğine göre hedef yerdeğiştirme istemi değerleri, 2007 deprem yönetmeliğine göre %25 küçük çıkmıştır. Mevcut yapı her iki yönetmelikte de x- yönünde hedef performansa erişememiş ve can güvenliği açısından sakıncalı olduğu tespit edilmiştir.

İbiş ve Ulutaş (2021) yazdıkları araştırma makalesinde 2018 deprem yönetmeliğine göre tasarımı yapılmış ve inşaat faaliyeti halen devam eden 8 katlı betonarme bir yapı ele almıştır. Yapının ZD zemin sınıfında, C35/S420 beton ve çelik sınıfında olduğu belirtilmiştir. Yapının performans değerlendirmesi ise tek modlu statik itme analizi ile yapılmıştır. Kolon ve kirişlerin moment-eğrilik değerleri Sap2000 ile hesaplanmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda kolon ve perdelerde hasar oluşmadığı, yapının performans seviyesinin kiriş hasarlarına göre tespit edildiği belirtilmiştir. Yapının hedef performansı sağladığı görülmüştür.

Ahıskalı (2021) tez çalışmasında İstanbul'da bodrum katı da dahil 6 katlı betonarme mevcut bir binaya 2018 deprem yönetmeliği kapsamında doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden sabit tek modlu statik itme analizi yapmıştır. Yapılan statik itme analizi sonucunda mevcut yapının deprem performansının göçme durumunda olduğu belirlenmiştir. Deprem performansı belirlenen yapıya sırasıyla perde duvar ve dolgu duvarların çeşitli güçlendirme işlemleri yapıldıktan sonra ayrı ayrı analizlerle deprem performansları karşılaştırılmıştır. Yapılan güçlendirme yöntemleri ile yapı periyodu, kat yerdeğiştirmeleri ve yapının hedef performans noktası değerlerinde ciddi azalmalar görülmüştür.

Egi (2021) yüksek lisans tez çalışmasında yapının taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarını, aks açıklıklarını değiştirerek ve galeri boşluklarını artırarak düzensizliklerin deprem performansını nasıl etkilediğini statik itme analizi ile incelemiştir. Elde edilen

sonuçlarda yapıdaki galeri boşluklarının artırılmasıyla ve kolonların kaldırılmasıyla deprem performansının olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir.

Turna (2021) yaptığı tez çalışmasında 4 katlı ve 8 katlı betonarme ereve sistem üzerinde doğrusal olmayan performans analizleri yapmış ve 2018 deprem yönetmeliği kapsamında irdelemiştir. Farklı deprem düzeyleri için statik itme analizleri yapıp, itme eğrilerini ve taban kesme kuvvetlerini karşılaştırmıştır.

Foroughi ve Yüksel (2022) yazdıkları makalede TBDY-2018'e göre iki tip yapıya statik itme analizi yapmıştır. Yapıların sadece kolonları birbirinden farklı olup, birincisi kare kolonlardan, ikincisi ise dairesel kolonlardan oluşmaktadır. Yapılan analizler sonucunda dairesel kolona sahip binada diğer yapıya göre kiriş ve kolonlarda daha fazla plastik dönme değerleri elde edilmiştir. Kare kolona sahip binada ise diğer binaya göre zemin katta kolon ve kirişlerin daha fazla moment aldığı gözlemlenmiştir. İki bina da hasar durumu belirgin hasar seviyesini geçmeyip, kontrollü hasar performans düzeyini sağlamıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Betonarme eleman ve yapıların davranışlarının belirlenmesinde genellikle doğrusal elastik analiz ve doğrusal olmayan elasto-plastik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal (Lineer) elastik yöntemlerde yapı ve yapı elemanlarında kalıcı şekildeğişikliklerin oluşmadığı ve yapının salınım yaparak eski haline tekrar geldiği kabul edilir. Tasarım yöntemlerinde sıklıkla bu yöntem 1990'lı yıllara kadar temel alınmıştır. Elastik ötesine geçmeyen şekildeğişikliklere dayalı tasarımın hem gerçek davranışı iyi bir şekilde yansıtmadığı hem de ekonomik ve güvenilirlik açısından sorgulandığı durumlar özellikle 1980'li yıllarla başlayan dünya üzerindeki büyük depremlerdir. Bu nedenle 2000'li yıllarla birlikte deprem kuvvetleri etkisinde yapıların doğrusal sınırlarının ötesinde zorlanması, yapısal çözüm yöntemlerine gerçekçi bir şekilde yansıtılmaya başlanılmıştır. Bu yolda ilk tercih edilen yöntem, elemanların taşıma gücü kapasite değerlerinin kullanılması şeklinde olmuştur. Böylelikle yapı için dayanabileceği en büyük yük ve kuvvet değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla malzeme dayanımlarının doğru olarak belirlenmesi ve kesit hesaplarında kullanılması hedeflenmiştir. Ülkemizde 1984 yılından itibaren bu yöntem yönetmeliklerde yerini almıştır. Ancak sadece kuvvet ve dayanıma bağlı tasarımın, depreme dayanıklı yapı tasarımı için yeterli olmadığı ve deprem enerjisinin özellikle yapı elemanlarının yerdeğişiklikleri aracılığıyla tüketildiği düşünüldüğünde elemanların şekildeğişiklik kapasite ve sınırlarının tanımlanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Daha gelişmiş yapısal çözümleme yöntemlerinde, betonarme yapı elemanların doğrusal elastik davranışlarının ötesinde gösterdikleri doğrusal olmayan elasto-plastik şekildeğişiklikler dikkate alınarak yapıların geneli ve elemanların kendileri için hasar bölge ve sınırları tanımlanması yolu tercih edilmiştir. Bu şekilde yapının yatay yükler altındaki performans seviyeleri belirlenerek yapının tasarım amacına göre istenilen performans seviyesi hedeflenebilmektedir.

3.1. TBDY 2018'e Göre Doğrusal Olmayan Davranışın Değerlendirilmesi

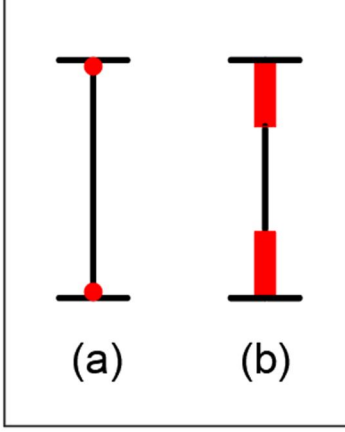
TBDY 2018'de tanımlanan yöntemlerde doğrusal olmayan davranış sadece çubuk eleman düzeyinde kalmakta 2B veya 3B sonlu eleman analizlerinde olduğu gibi betonun üç boyutlu gerilme durumu ve bu duruma ait akma/kırılma kriterleri son derece dolaylı bir

yoldan ve basite indirgenerek dikkate alınmaktadır. Bu yapılırken William-Warnke beş parametrelili beton kırılma kriterinin (1975) Mander tarafından tek parametreye indirgenen basitleştirilmiş biçimi (1988) 2007 yılından itibaren deprem yönetmeliklerimizde başlıca ve tek önerilen bünyesel model olarak kullanılmaktadır. Bu basitleştirilmiş yaklaşımda, etriyelerden kaynaklanan etkin yanal kuşatma değerlerinin en büyük aksel gerilme değerine olan katkısı hesaplanmaya çalışılmaktadır. Üstelik bu yaklaşım elemanın akseni boyunca ve çoğu kere deneylerde ölçümlenen kolon ortasındaki tek bir noktada dikkate alınmaktadır. Ayrıca plastik şekildeğıştirmelerin yapı elemanlarının alt ve üst uçlarında yoğunlaşp, plastik mafsallık olarak toplandığı varsayılmaktadır. Oysa plastik davranış kademeli olarak gelişen bir şekildeğıştirme hareketi olarak düşünölmelidir. Doğrudan bu uç bölgelere aktarımın yapıldığı ve bu bölgelerden kolon orta kısımlara yayıldığı aşamalar da söz konusudur. Bu aşamaya gelirken gerilme ve şekildeğıştirmelerin giriş orta bölgesinden mesnetlere doğru aktarılmasının da dikkate alınmadığı görölmektedir. Bütün bunlar, deprem yönetmeliğinde kullanılan analizlerin, malzeme davranışı üzerinde özellikle beton için önemli basitleştirme ve sadeleştirmeler yapılması sonucunda gerçekleştirildiğini ve gerçek davranıştan önemli ölçüde uzaklaşıldığını göstermektedir. Ancak bunların mühendislik pratiğı açısından kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasının sağlanması depreme dayanıklı yapıların tasarlanmasında ilk kural olarak görölmelidir. Bu kadar çok ve yeterli deneysel ve sayısal verinin henüz elimizde olmaması yönetmeliklerin geliştirilmeye açık yönleri olduğunu hatırlatan önemli unsurlardır.

3.1.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli

Şekil 4a'da gösterilen Yığılı Plastik Davranış Modeli'nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine ulaştığı sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğıştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Bu modelde, kolon ve kirişler eğilme ve kesme rijitliklerinin dikkate alındığı çerçeve elemanları olarak çözümlenmekte ve tüm plastik şekil değıştirmelerin doğrusal bir elastik elemanın uç noktalarında (mesnet bölgelerinde) toplandığı varsayılmıştır. Bu varsayımda kolon ve kirişlerin mesnet bölgelerinin en fazla kuvvete ve hasara maruz kalacağı açıktır. Bu uç bölgelerde elemanın davranışı moment-dönme ilişkilerine dayanmaktadır. Bu moment-dönme ilişkileri de Mander modeli ile belirlenmektedir. Bu model plastik mafsallık uzunluğu ve doğrusal olmayan

kesit davranışına doğrudan bağlıdır. Yönetmelikte plastik mafsalsal boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak belirtilmiştir.



Şekil 4. (a) Yığılı plastik davranış modeli, (b) Yayılı plastik davranış modeli

3.1.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli

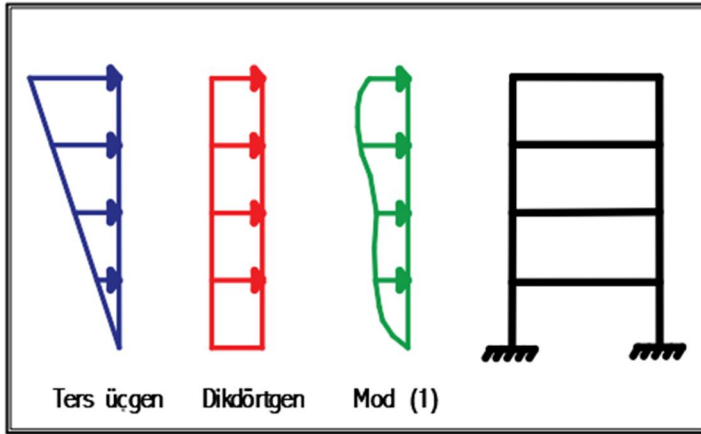
Şekil 4b’de çizilen yayılı plastik davranış modeli, bina taşıyıcı sistemlerini oluşturan kolon, kiriş ve perde duvarlarda tüm eleman uzunluğu boyunca doğrusal olmayan şekildeğişirmeler yayılı olarak tanımlanır. Bu model çubuk veya kabuk elemanların lifli tanımlanması ile yapılır. Yayılı plastik davranış modeli ile yığılı plastik davranışa modeline göre daha gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmektedir.

3.2. Statik İtme Analizi

Doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemleri ile bina performansının belirlenmesi genel olarak iki farklı değerlendirme türüne göre yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerden biri olan dayanıma göre değerlendirmede yapıya etkitilen yatay yük, yönetmelikte öngörülen deprem yüküne ulaştığında meydana gelen şekildeğişirme, yerdeğiştirme ve dayanım bakımından değerlendirilir. Daha sonra yapıdan beklenen, performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı tespit edilir. Yerdeğiştirme ve şekildeğişirme esaslı yöntemlerde ise yapının belirli bir deprem yükü için yerdeğiştirme talebine ulaşması ile beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı belirlenir.

Statik itme analizi bilimsel olarak kabul görmüş, yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde kullanılan diğer doğrusal olmayan analizlere göre daha hızlı hesap yapılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile taşıyıcı sistem elemanlarının hasarları sonrası yapı içindeki kuvvet dağılımı ve yapının büyük bir deprem esnasında nasıl bir davranış sergileyeceği gibi birçok bilgiye ulaşılmaktadır. Ayrıca yapısal zayıflıkların yerlerini ve elastik olmayan bölgedeki kırılma mekanizması hakkında bilgi sağlamaktadır.

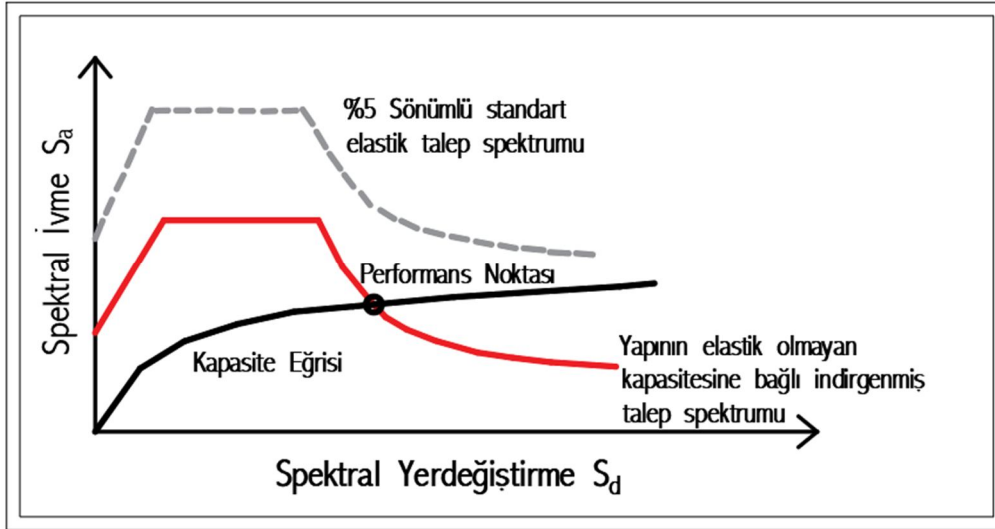
Statik itme analizi yapının davranışına göre Şekil 5’te çizilerek gösterilen çeşitli itme şekilleri ile yapılabilmektedir (Sarıoğlu, 2020). Binaya gelen deprem yükünün binanın tepe noktasından etki ettirilmesi itme şekillerinden biridir. Diğer bir itme şekli ise her bir kata gelen eşdeğer deprem yükünün kat seviyelerinden etki ettirilmesi ile yapılır. Birinci modun baskın olduğu yapılarda ise bu mod şekli ile kat kütlelerinin çarpılmasıyla elde edilen oranlar ile hesaplanan yatay yüklerin kat seviyelerinden etki ettirilmesi başka bir itme şeklidir.



Şekil 5. Statik itme analizi için itme şekilleri (Sarıoğlu, 2020)

Statik itme analizi, daha önce belirlenmiş itme şekline göre yatay yüklerin binaya etki ettirilmesi ve bu yatay yüklerin her bir itme adımında artırılması ile gerçekleştirilir. Bu itme adımları, yapının stabilitesi bozuluncaya kadar veya daha önce belirlenen modal yerdeğiştirme istemine ulaşıncaya kadar devam ettirilir. Her bir itme adımında yerdeğiştirmeler, iç kuvvetler ve plastik şekildeğiştirmeler bulunur. Böylece yapının kapasite eğrisi (pushover curve) elde edilir. Şekil 6’da verilen kapasite eğrisi, her bir itme adımında yapıya gelen taban kesme kuvveti ile tepe noktası yatay yerdeğiştirmesinin doğrusal ötesi davranışını gösterir.

Talep spektrumu, yapının deprem hareketiyle yapabileceği maksimum yerdeğiştirmenin bulunmasını sağlayan, %5 sönümlü standart elastik spektrum eğrisinin elastik olmayan kapasiteye bağlı olarak indirgenmesiyle oluşturulan spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eğrisidir. Kapasite eğrisi ile indirgenmiş talep spektrumunu belirledikten sonra bunların kesiştiği noktayı bulmak suretiyle performans kontrolü yapılabilir.



Şekil 6. Kapasite eğrisi ve talep spektrumu ile performans noktasının bulunması

Bu tez çalışmasında mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde TBDY 2018’de belirtilen, Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu Statik İtme Analizi Yöntemi kullanılmıştır.

3.2.1. TBDY 2018’e Göre Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

Tek modlu itme yöntemlerinin uygulanabilmesi için deprem yönetmeliğinde verilen şartların sağlanması gerekmektedir. Bu şartlardan birincisi doğrusal elastik davranış ile hesaplanan burulma düzensizliğinin $\eta_{bi} < 1,4$ olması durumudur. Diğer bir şart ise doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan hakim moda ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin toplam yapı kütesine oranının %70 veya daha fazla olmasıdır. Son olarak Bina Yükseklik Sınıfı’nın 5’e eşit veya 5’ten büyük olması şartı vardır.

Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi, yapıya gelen deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci itme adımı ile bulunan ve itme analizi boyunca hiç değişmeyen sabit mod şekli ile tanımlanır. Bu yöntemde sadece belirli bir şekildeğiştirme biçimini temel alan ve sabit mod şekli ile orantılı bir şekilde her itme adımında katlara etkileyen deprem yükü artımları hesaplanır. Deprem yükü artımlarıyla elde edilen taban kesme kuvveti değerleri ile yapının tepe noktasında oluşan yerdeğiştirmeler, kapasite eğrisini oluşturur. Daha sonra kapasite eğrisi, eksenleri Modal Yerdeğiştirme – Modal Sözde İvme olan modal kapasite eğrisine dönüştürülür.

Kapasite eğrisinin elde edilmesi için katlara etkileyen deprem yükü artımları ile kat modal etkin kütlelerinin bulunması gerekir. Bunlar aşağıda verilen Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 ile hesaplanmaktadır.

Her bir itme adımında katlara etkileyen deprem yükü artımları, itme hesabı boyunca hiç değişmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan kat modal etkin kütleleri ve sabit mod şekline göre modal sözde ivme artımı ile belirlenir.

$$\begin{aligned}\Delta f_{ix1}^{(X,k)} &= m_{ix1}^{(X,1)} \Delta_{a1}^{(X,k)} ; \\ \Delta f_{iy1}^{(X,k)} &= m_{iy1}^{(X,1)} \Delta_{a1}^{(X,k)} ; \\ \Delta f_{i\theta1}^{(X,k)} &= m_{i\theta1}^{(X,1)} \Delta_{a1}^{(X,k)}\end{aligned}\quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de m değerleri ile verilen kat etkin kütleleri, birinci adımda (k=1) hesaplanan birinci mod karşılığıdır. $\Delta f_{ix1}^{(X,k)}$, $\Delta f_{iy1}^{(X,k)}$ belirtilen deprem doğrultusu için deprem yükü artımıdır. $\Delta f_{i\theta1}^{(X,k)}$, z eksenini etrafında etkileyen deprem momenti artımını, $\Delta_{a1}^{(X,k)}$ ise birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal sözde ivme artımını ifade etmektedir.

Kat etkin kütleleri ise aşağıda verilen Denklem 3.2 ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde verilen $\Gamma_1^{(X,1)}$, modal katkı çarpanıdır. $\Phi_{ix1}^{(1)}$, $\Phi_{iy1}^{(1)}$ sabit mod şeklinin belirtilen

deprem doğrultusundaki genliğini, $\Phi_{i\theta 1}^{(1)}$ ise sabit mod şeklinin z eksenini etrafındaki dönme genliğini ifade etmektedir.

$$m_{ix1}^{(X,1)} = m_i \cdot \Phi_{ix1}^{(1)} \cdot \Gamma^{(X,1)} ;$$

$$m_{iy1}^{(X,1)} = m_i \cdot \Phi_{iy1}^{(1)} \cdot \Gamma^{(X,1)}$$

$$m_{i\theta 1}^{(X,1)} = m_i \cdot \Phi_{i\theta 1}^{(1)} \cdot \Gamma^{(X,1)} \quad (3.2)$$

Katlara etkiyen deprem yükü artımları ile kat modal etkin kütleleri bulunduğundan sonra birikimli modal sözde ivme $a_1^{(X,k)}$ bulunur.

Modal sözde ivme artımı olan $\Delta_{a1}^{(X,k)}$, yönetmelikteki akma koşulu ile hesaplanan ardışık iki mafsala oluşumu arasında tanımlanan bir büyüklüktür. Bu akma koşulları, etkin akma momentinin hesabında betonun basınç birim şekildeğiştirmesinin 0,0035, donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesinin ise 0,01 alınmasıdır. Bir önceki itme adımının sonunda hesaplanan modal sözde ivme artımı $\Delta_{a1}^{(X,k)}$, bir sonraki adımın modal sözde ivmesine eklenerek birikimli modal sözde ivme $a_1^{(X,k)}$ elde edilir.

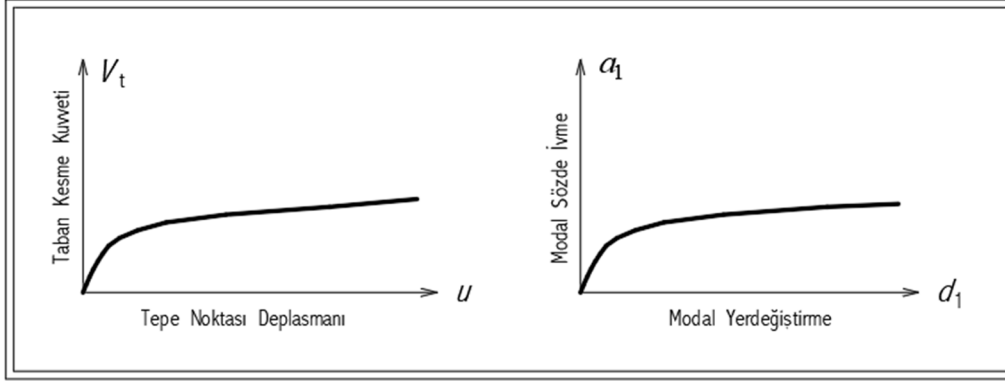
Birikimli modal sözde ivme $a_1^{(X,k)}$, taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi olan $m_{tx1}^{(X,k)}$ ile Denklem 3.3'ten elde edilir.

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,k)}} \quad (3.3)$$

Taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{tx1}^{(X,k)}$, tüm itme hesabında sabit kalan kat modal etkin kütleleri olan $m_{ix1}^{(X,k)}$ 'lerin tüm katlardaki toplamıdır.

Modal kapasite eğrisinin eksenlerinden biri olan birikimli modal sözde-ivme $a_1^{(X,k)}$ değerleri hesaplandıktan sonra eğrinin diğer eksenini, birinci moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(X,k)}$ Denklem 3.4 ile bulunur. Bu yerdeğiştirmenin hesaplanmasında N'nci kattaki tepe noktası yerdeğiştirmesi kullanılır.

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{Nx1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (3.4)$$



Şekil 7. Kapasite Eğrisi ve Modal Kapasite Eğrisi

Şekil 7’de görülebileceği üzere kapasite eğrisinin koordinatları, Denklem 3.3 ve Denklem 3.4 ile hesaplanarak modal kapasite eğrisinin koordinatlarına dönüştürülür.

Sabit tek modlu itme yönteminde, hesaplanan yerdeğiştirmeye eşit olarak varsayılan yaklaşık mod şekli kullanılabilir.

$$\bar{\Phi}_{ix1}^{(X,k)} \approx u_{ix1}^{(X,k)} - u_{ix1}^{(X,k-1)} \quad (3.5)$$

Bu durumda modal yerdeğiştirme, tepe yerdeğiştirmesine bağlı olmadan aşağıdaki bağıntı ile elde edilir:

$$d_1^{(X,k)} = d_1^{(X,k-1)} + \frac{1}{\bar{\Gamma}_1^{(X,k)}} \quad (3.6)$$

Burada $\bar{\Gamma}_1^{(X,k)}$, yaklaşık mod şeklinden yararlanılarak bulunan yaklaşık modal katkı çarpanıdır.

3.2.2. TBDY 2018'e Göre Modal Yerdeğiştirme Talebinin Hesaplanması

Modal yerdeğiştirme talebi, modal kapasite eğrisi ile tanımlanan modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesidir. Bu en büyük yerdeğiştirme değeri olan $d_{1,max}^{(X)}$, taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değeri olan $S_{di}(T_1)$ olarak tanımlanır.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (3.7)$$

Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olan $S_{di}(T_1)$, aşağıda verilen Denklem 3.8 ile hesaplanmaktadır.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (3.8)$$

Burada, $S_{de}(T_1)$ elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesini gösterir. Spektral yerdeğiştirme oranını gösteren C_R ise Denklem 3.9 ile hesaplanmaktadır.

$$C_R = \frac{\mu(R_y T_1)}{R_y} \quad (3.9)$$

Akma dayanımı azaltma katsayısı olan R_y , itme hesabıyla elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir.

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \quad (3.10)$$

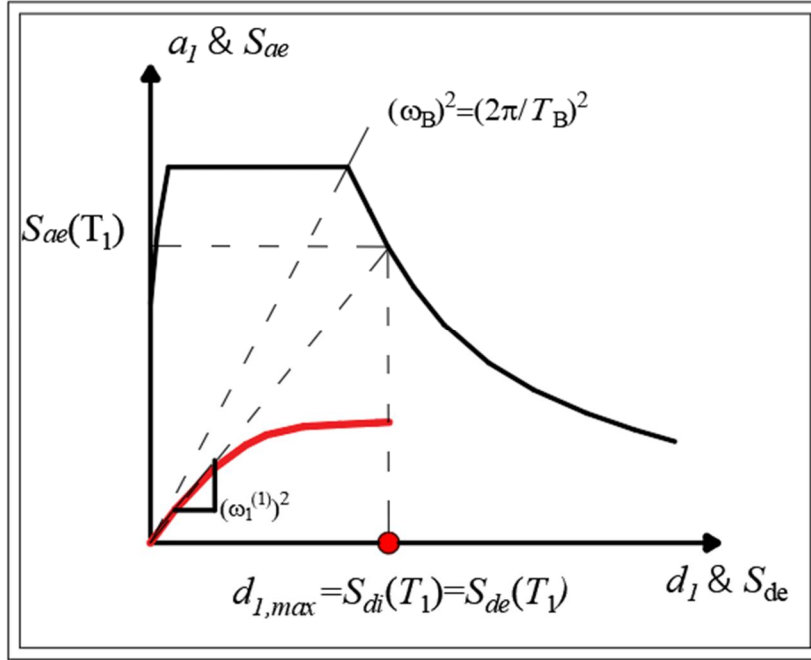
Denklem 3.10'da f_e ve $S_{ae}(T_1)$ değerleri, elastik davranışa göre dayanım talebini ve elastik davranışa karşı gelen spektral ivmeyi oluşturur. Akma dayanımını ve akma sözde-ivmesini f_y ve a_{y1} temsil eder. $\mu(R_y, T_1)$ ise süneklik talebidir.

$T_1 > T_B$ durumunda depremin süneklik talebi $\mu(R_y, T_1)$, akma dayanımı azaltma katsayısı R_y 'ye eşit alınır. Spektral yerdeğiştirme oranı olan C_R , birinci periyodun T_B 'den büyük veya küçük olmasına göre aşağıdaki bağıntılarla elde edilmektedir.

$$C_R = 1 \quad T_1 > T_B \quad (3.11)$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \quad T_1 \leq T_B \quad (3.12)$$

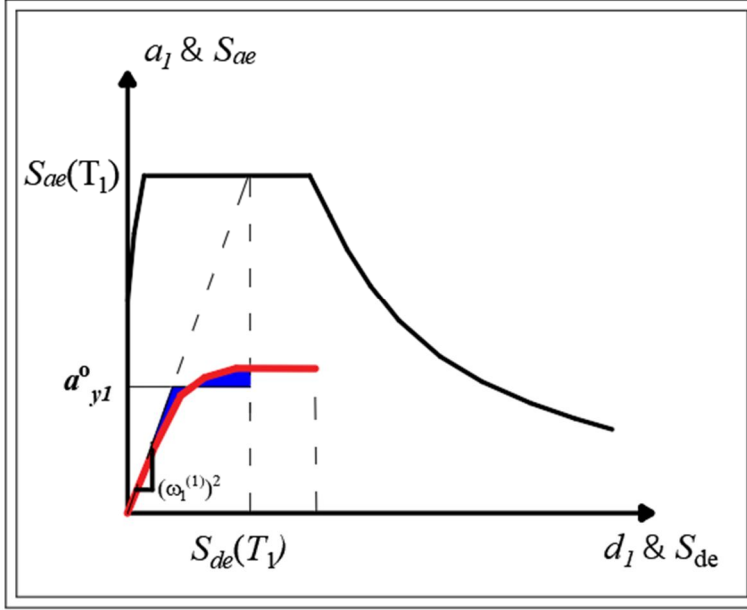
Yapının doğal titreşim periyodu olan T_1 'in T_B 'den büyük olması durumunda veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$ olması koşulunun sağlanması durumunda Denklem 3.8'e göre hesap yapılır. Böylece doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme değeri olan $S_{di}(T_1)$, elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesine $S_{de}(T_1)$ 'e eşit olmaktadır. Yapının modal yerdeğiştirme talebi diğer bir deyişle performans noktası Şekil 8'de görüldüğü üzeredir.



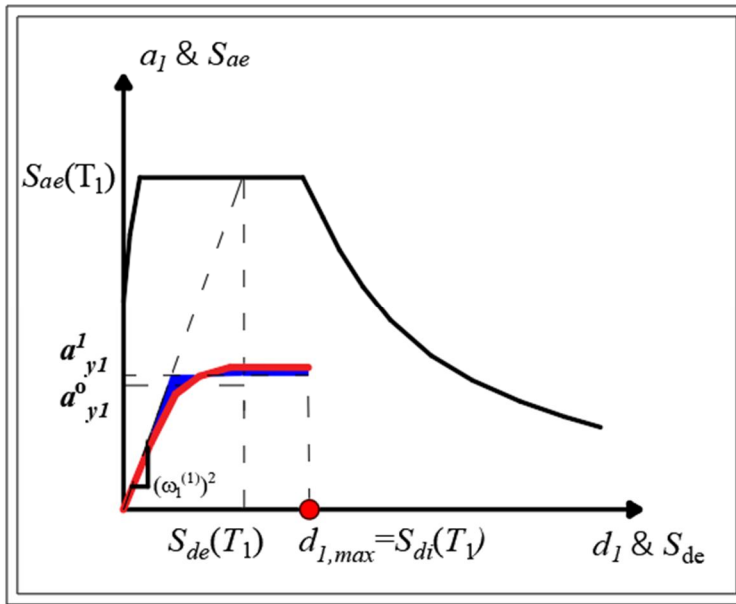
Şekil 8. Modal yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi (TBDY, 2018)

T_1 'in T_B 'den küçük olması durumunda ise spektral yerdeğiştirme oranı C_R , ardışık yaklaşımla bulunmaktadır. Ardışık yaklaşıma ilk olarak $C_R = 1$ alınarak iki doğrulu elasto-

plastik bir diyagrama dönüştürülür. Dönüşüm yapılırken, eğrinin altında kalan alanlarının birbirine eşitliği temel alınmaktadır. Şekil 9 ve Şekil 10'da görüldüğü gibi yaklaşık akma sözde-ivmesi a_{y1}^0 kullanılarak R_y ve buna bağlı olarak C_R ve $S_{di}(T_1)$ hesaplanmaktadır. Eğrinin altında kalan alanlar eşitleninceye kadar işlemler devam eder ve a_{y1} esas alınarak yaklaşım tamamlanmış olur.



Şekil 9. Eğrilerin altında kalan alanların eşitliği ile yaklaşık akma sözde-ivmesinin belirlenmesi (TBDY, 2018)



Şekil 10. Modal yerdeğiştirme talebinin akma sözde-ivmesi ile bulunması (TBDY, 2018)

3.3. Etkin Kesit Rijitliği ve Şekildeğiştirmeler

Doğrusal olarak modellenen taşıyıcı sistem elmanlarının davranışlarına ilişkin etkin kesit rijitlikleri sabit değerler olarak alınmaktadır. Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımında ise bir sonraki kısımda anlatılan yığılı ve yayılı plastik mafal davranış modelleri ile etkin kesit rijitlikleri hesaplanmaktadır.

3.3.1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitlikleri, yığılı plastik davranış modeline göre kolon ve kirişler için aşağıda verilen Denklem 3.13 ile hesaplanmaktadır. Burada M_y plastik mafsalların etkin akma momentini, θ_y değeri de plastik mafsallarda oluşan akma dönmelerinin ortalamasıdır. Kesme açıklığı olan L_s ise kolon ve kirişlerde açıklığın yarısı olarak alınmaktadır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \quad (3.13)$$

Plastik mafsal akma dönmesi olan θ_y aşağıda verilen Denklem 3.14 ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (3.14)$$

ϕ_y taşıyıcı elemanda oluşan plastik mafsal kesitindeki etkin akma eğriliğidir. Kiriş ve kolon için $\eta = 1$, perdelerde ise $\eta = 0,5$ alınmaktadır. h ise kesit yüksekliğidir. Buradaki d_b akma durumunda mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_{ce} ve f_{ye} ise betonun ortalama basıncı dayanımı ile donatının ortalama akma dayanımını ifade etmektedir. Bu değerler hesaplanırken f_{ce} değeri f_{ck} 'nin 1,3 katı, f_{ye} değeri f_{yk} 'nin 1,2 katı olarak alınır.

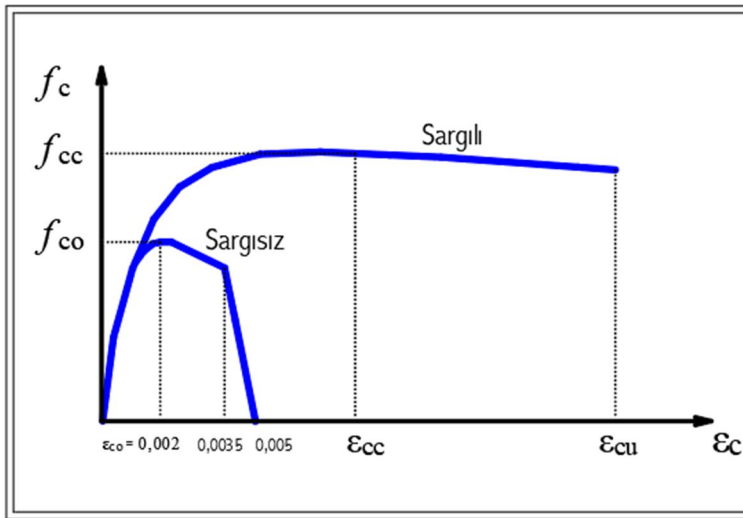
3.3.2. Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

Şekil 11’de beton için yönetmelikte verilen davranış modeli görülmektedir. Şekil 12’de ise donatı çeliği için önerilen birim şekildeğiştirme eğrisi verilmiştir. Şekildeğiştirme hesabı yapılan betonarme dikdörtgen bir kesitin kesme kuvveti oranı $V_e/(b_wdf_{ctm}) \leq 0,65$ ise Denklem 3.15’te verilen $\epsilon_c^{(GÖ)}$ veya Denklem 3.19’da verilen $\theta_p^{(GÖ)}$ ile tanımlanan bağıntılarla hesaplanan dönme üst sınırları geçerlidir. Kesme kuvveti oranı 1,30’dan büyük ise şekildeğiştirme üst sınırları 0,5 ile çarpılarak azaltılmaktadır.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi’nde yapılacak değerlendirmede, yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan $\epsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$ değerleri sırasıyla Denklem 3.15 ve Denklem 3.18’deki bağıntılar ile sınırlandırılmaktadır.

Göçmenin Önlenmesi durumunda betonun birim kısalması, dikdörtgen kesitli taşıyıcı sistem elemanlarında aşağıda verilen bağıntı ile bulunmaktadır.

$$\epsilon_c^{(GÖ)} = 0,0035 + 0,04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0,018 \quad (3.15)$$



Şekil 11. Sargılı ve sargısız beton modeli (Mander)

Denklem 3.15'teki ilk terim sargısız betonun birim kısılmasıdır. ω_{we} ise etkin sargı donatısının mekanik donatı oranıdır. ω_{we} , sargı donatısı etkinlik katsayısı olan α_{se} ve dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatının ortalama akma dayanımı olan $\rho_{sh,min}$ ile hesaplanmaktadır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.16)$$

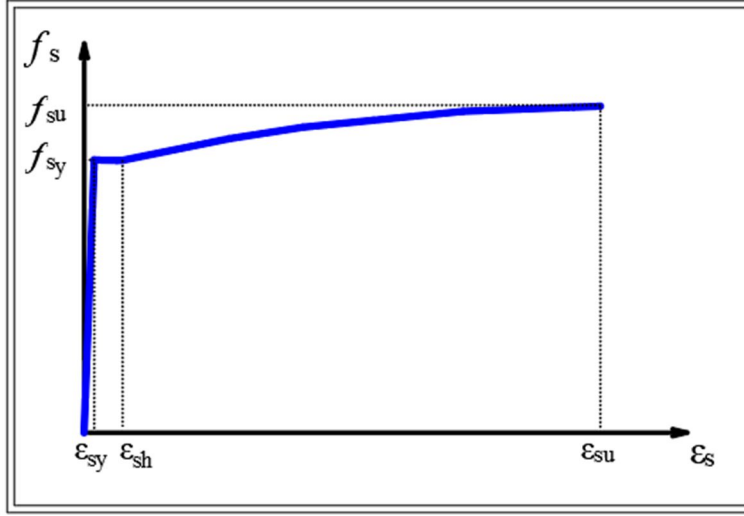
Sargı donatısı etkinlik katsayısı olan α_{se} aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır. A_{sh} ve ρ_{sh} değerleri enine donatının alanını ve hacimsel oranını ifade eder.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.17)$$

Bu bağıntıda b_k dıştan dışa enine donatılar arasındaki uzaklık, s enine donatı aralığı, b_0 ve h_0 sargılı betonun boyutları a_i değeri ise etriye kolu veya çiroz ile mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklıktır.

Göçmenin Önlenmesi durumunda donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesi için tanımlanan sınır değeri donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesinin %40'ı olarak alınmaktadır. Burada ξ_s , çekme dayanımına karşı gelen pekleşme başlangıcındaki birim uzamayı göstermektedir.

$$\xi_s^{(GÖ)} = 0,4 \xi_{su} \quad (3.18)$$



Şekil 12. Donatı çeliği modeli (TBDY, 2018)

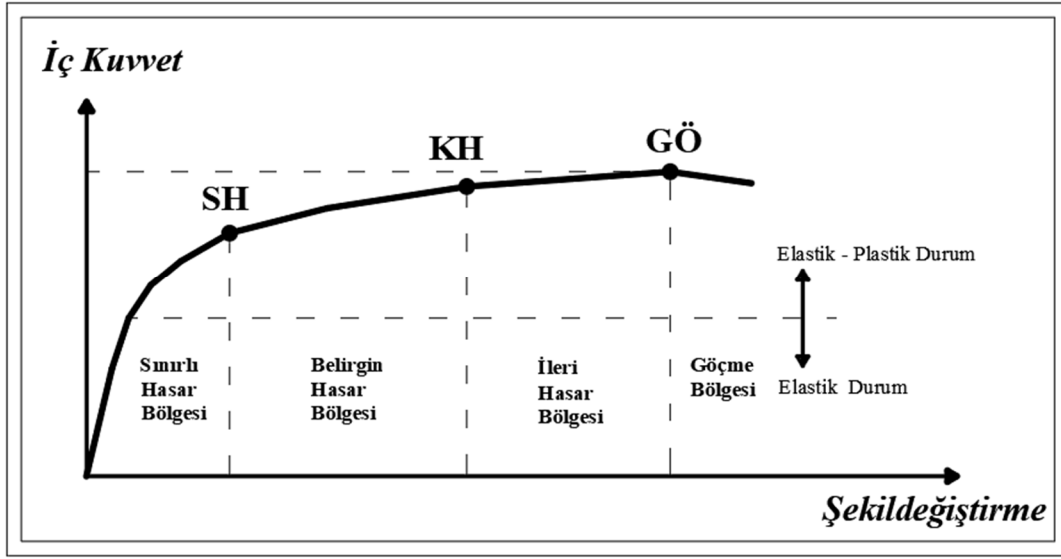
Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'nde plastik dönme limiti, yığılı plastik davranış modeli ile aşağıda verilen Denklem 3.19 ile bulunmaktadır. Bu bağıntıda plastik dönme limiti olan $\theta_p^{(GÖ)}$ aksenal kuvvet, beton ve donatı çeliği modelleri göz önünde bulundurularak moment-eğrilik ilişkisi ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5 \phi_u d_b \right] \quad (3.19)$$

Burada ϕ_u , beton ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak yapılan eğrilik analizleri sonucunda hesaplanan göçme öncesi toplam eğriliği ifade etmektedir. Bağıntıdaki d_b ise göçme öncesine kadar durum için akma uzamasına bağlı donatı sıyrılması dönmesine karşı gelmektedir.

3.3.3. TBDY-2018'e Göre Performans Düzeyleri

Yapı taşıyıcı sistemi ve yapı elemanları bazında Şekil 13'te verilen iç kuvvet ve şekildeğiştirmelere göre hangi kesit hasar sınırı bölgesinde kaldığı belirlenmek suretiyle yapının performans düzeyi tespit edilmektedir.



Şekil 13. Kesit hasar bölgeleri (TBDY, 2018)

Göçmenin önlenmesi performans düzeyine bağlı olarak donatı ve beton için izin verilen toplam birim şekil değişimleri ile Sınırlı Hasar ve Kontrollü Hasar şekil değişimi sınırları belirlenir.

$$\epsilon_c^{(KH)} = 0,75 \epsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \epsilon_s^{(KH)} = 0,75 \epsilon_s^{(GÖ)} \quad ; \quad \theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (3.20)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyinde plastik mafsallara izin verilmemektedir.

$$\epsilon_c^{(SH)} = 0,0025 \quad ; \quad \epsilon_s^{(SH)} = 0,0075 \quad ; \quad \theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.21)$$

TBDY-2018'e göre mevcut betonarme yapıların performans düzeyi Tablo 7'de hasar sınır bölgeleri ile verilmiştir.

Tablo 7

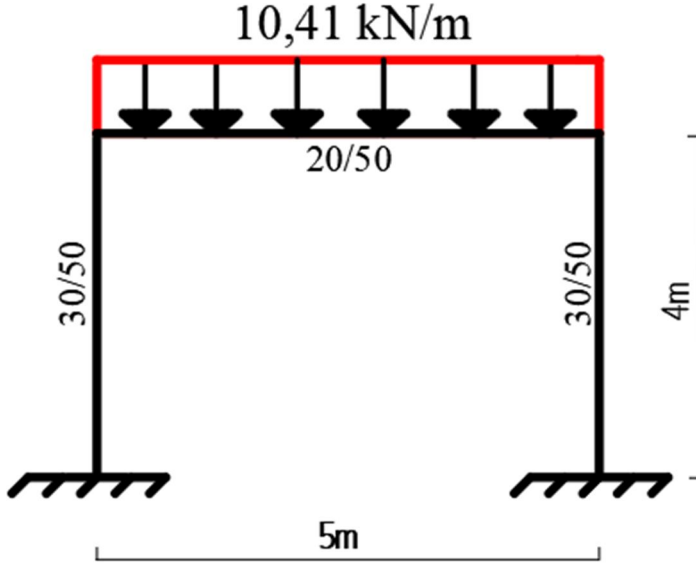
Hasar sınır bölgelerine göre performans düzeyi (TBDY, 2018)

Performans Düzeyi		SH	BH	İH	GB
Sınırlı Hasar	Kiriş	+	%20	-	-
	Kolon	+	-	-	-
Kontrollü Hasar	Kiriş	+	+	%35	-
	Kolon	+	+	V _c = %40 (Son kat için) V _c = %30 (Diğer katlarda)	-
Göçmenin Önlenmesi	Kiriş	+	+	+	%20
	Kolon	+	+	V _c = %30 (Tüm katlarda)	

3.4. Örnek Betonarme Çerçeve Sistem Üzerinde Statik İtme Analizi

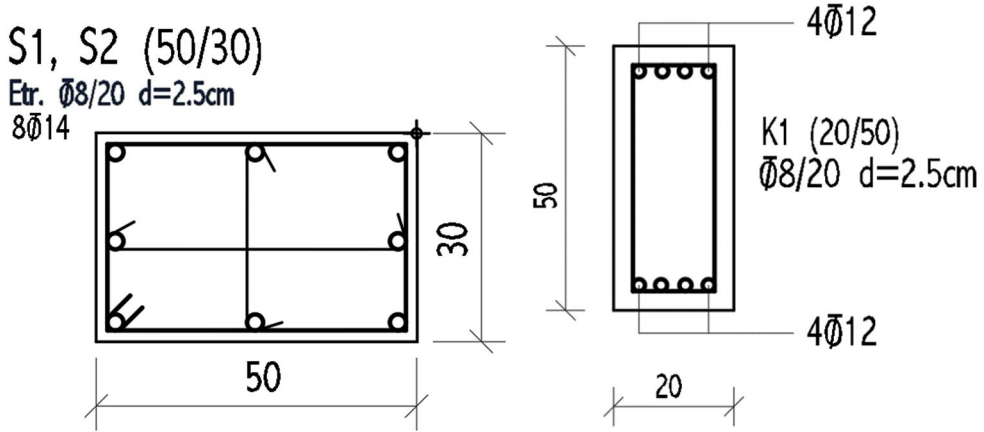
Tez çalışmasının bu kısmında mevcut yapı bilgileri Şekil 14 ve Şekil 15'te verilen örnek tek katlı tek açıklıklı betonarme düzlem bir çerçeve sistemin statik itme analizi, adım adım ayrıntılı olarak yapılmıştır. Statik itme analizi için gerekli olan taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik değerleri ile etkin kesit rijitlikleri ve plastik mafsallı dönme kapasitesi değerleri TBDY 2018'e uygun olarak belirlenmiştir. Daha sonra itme analizi sistem göçme durumuna ulaşıncaya kadar yapılmıştır. İtme analizinin ilk adımı matris yerdeğiştirme yöntemi ile diğer iki adım kuvvet yöntemi ile hesaplanmıştır. Son itme adımında ise sistem izostatiktir.

Bu şekilde hesaplanan tepe noktası yerdeğiştirme değerleri ve taban kesme kuvveti değerleri ile statik itme eğrisi elde edilmiştir. Son olarak modal yerdeğiştirme istemi bulunarak yapının performans düzeyi belirlenmiştir.



Şekil 14. Mevcut çerçeve sistem

Mevcut yapının Güneyli’de olduğu kabul edilmiştir. Yapının beton sınıfı C14, çelik sınıfı ise S220 donatı çeliğidir. Yapı elemanlarının malzeme ve kesit özellikleri Tablo 8’de verildiği gibidir.



Şekil 15. Kolon-kiriş mevcut kesit ve donatı bilgileri

3.4.1. Yapı Elemanlarının Moment-Eğrilik Grafikleri

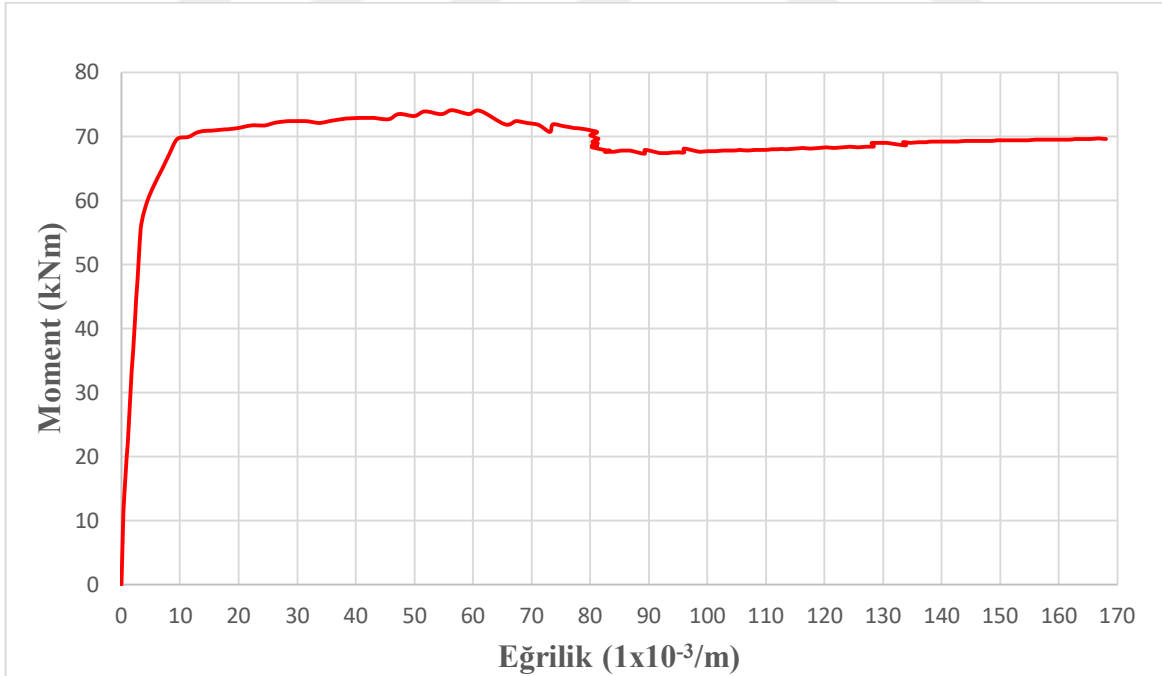
Statik itme analizi yapılmadan önce ilk olarak taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik grafikleri Şekil 16 ve Şekil 17’de gösterilmektedir. Moment-eğrilik grafiklerinden

etkin akma momentleri ile akma dönmeleri olan ϕ_y ve ϕ_u belirlenmiştir. Daha sonra plastik mafsalsal akma dönmesi θ_y , Denklem 3.19 ile hesaplanmıştır. Elde edilen M_y ve θ_y değerleri ile taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitlikleri hesaplanmıştır.

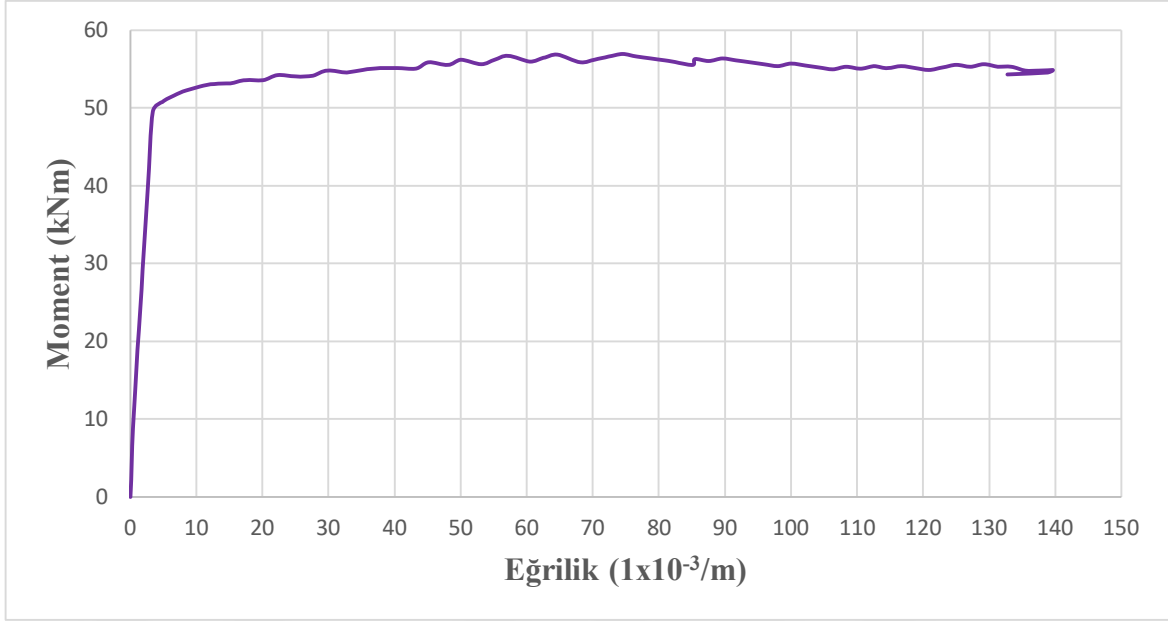
Tablo 8

Yapı elemanlarının malzeme ve kesit özellikleri

Elastisite Modülü (C14)	25644389,75 kN / m ²
Kolon Kesit Alanı	0,15 m ²
Kiriş Kesit Alanı	0,10 m ²
Kolon Atalet Momenti	0,003125 m ⁴
Kiriş Atalet Momenti	0,002083 m ⁴



Şekil 16. Kolon moment-eğrilik diyagramı (C14-S220 50/30)



Şekil 17. Kiriş moment-eğrilik diyagramı (C14-S220 20/50)

Moment-eğrilik grafiklerinden okunan moment kapasite değerleri ile ϕ_y ve ϕ_u değerleri aşağıdaki Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9

Moment eğrilik diyagramlarından okunan ϕ_y ve ϕ_u değerleri

	ϕ_y (1/m)	ϕ_u (1/m)	M_y (kNm)
Kolon (30/50)	$6,5 \times 10^{-3}$	$16,3 \times 10^{-3}$	70
Kiriş (20/50)	$4,83 \times 10^{-3}$	$13,9 \times 10^{-3}$	50

3.4.2. Yapı Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

Moment-eğrilik grafikleri ile belirlenen moment kapasite değerleri ve akma dđnmesi değerleri ile yığılı plastik davranış modeli esas alınarak kolon ve kiriş için etkin kesit rijitliği hesabı Denklem 3.14'e gđre Tablo 10'da yapılmıştır.

Tablo 10

Yapı elemanlarının etkin kesit rijitliği ve akma dönmesi değerleri

θ_y^{Kolon}	$\frac{6,5 \times 10^{-3} \times 2}{3} + 0,0015 \times 1 \times \left(1 + 1,5 \frac{0,5}{2}\right) + \frac{6,5 \times 10^{-3} \times 0,014 \times 264}{8\sqrt{14 \times 1,3}} = 0,00709 \text{ rad}$
$EI^{(Kolon)}$	$25644389,75 \times 0,003125 = 80138,7179 \text{ kNm}^2$
$(EI)_e^{Kolon}$	$\frac{70 \times 2}{0,00709 \times 3} = 6582,0404 \text{ kNm}^2$
$\frac{(EI)_e}{EI}$	$\frac{6582,0404}{80138,71} = 0,082$
$\theta_y^{Kiriş}$	$\frac{4,83 \times 10^{-3} \times 2,5}{3} + 0,0015 \times 1 \times \left(1 + 1,5 \frac{0,5}{2,5}\right) + \frac{4,83 \times 10^{-3} \times 0,012 \times 264}{8\sqrt{14 \times 1,3}} = 0,00642 \text{ rad}$
$EI^{(Kiriş)}$	$25644389,75 \times 0,002083 = 53417,2638 \text{ kNm}^2$
$(EI)_e^{Kiriş}$	$\frac{50 \times 2,5}{0,00642 \times 3} = 6490,1349 \text{ kNm}^2$
$\frac{(EI)_e}{EI}$	$\frac{6490,1349}{53417,26} = 0,121$

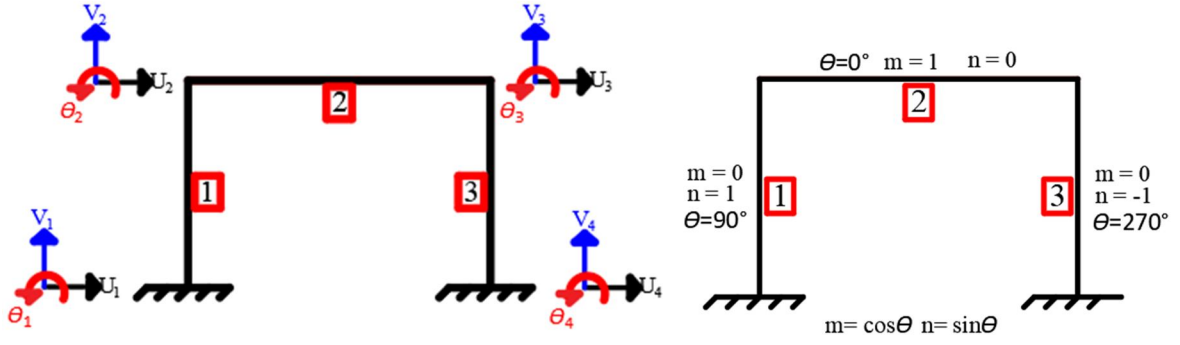
Tablo 10'da taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik ilişkisiyle hesaplanan etkin kesit rijitlikleri kullanılarak statik itme analizi yapılır.

3.4.3. Statik İtme Analizi

Bu bölümde ele aldığımız tek katlı tek açıklıklı yapı için statik itme analizi birinci itme adımında matris yerdeğiştirme yöntemi diğer itme adımlarında kuvvet yöntemi ile çözümlenmiştir.

Statik itme analizine başlamadan önce düşey yüklerden gelen moment diyagramı matris yerdeğiştirme yöntemi ile hesaplanmıştır. Kolon ve kiriş moment kapasitesi değerlerinden düşey yüklerden gelen moment değerleri işaretleri dikkate alınarak düşürülmüştür.

Matris yerdeğiştirme yönteminde kullanılmak üzere elemanların numaralandırılması ve dönme açısı değerleri Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. Elemanların numaralandırılması ve dönme açısı

Düzlem çerçeve sistemler için rijitlik matrisi Şekil 19’da k_a ve k_b değerleri ile yazılmıştır. Daha sonra Tablo 11’de ise bu rijitlik matrisindeki değerlerin bağıntıları verilmiştir (Köksal 2022, Yapısal Çözümlemede Matris Yöntemler Ders Notları).

$$\begin{bmatrix} k_a & 0 & 0 & -k_a & 0 & 0 \\ 0 & 12k_b & 6Lk_b & 0 & -12k_b & 6Lk_b \\ 0 & 6Lk_b & 4(L^2)k_b & 0 & -6Lk_b & 2(L^2)k_b \\ -k_a & 0 & 0 & k_a & 0 & 0 \\ 0 & -12k_b & -6Lk_b & 0 & 12k_b & -6Lk_b \\ 0 & 6Lk_b & 2(L^2)k_b & 0 & -6Lk_b & 4(L^2)k_b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & -k_{11} & -k_{12} & k_{13} \\ k_{12} & k_{22} & k_{23} & -k_{12} & -k_{22} & k_{23} \\ k_{13} & k_{23} & k_{33} & -k_{13} & -k_{23} & k_{33}/2 \\ -k_{11} & -k_{12} & -k_{13} & k_{11} & k_{12} & -k_{13} \\ -k_{12} & -k_{22} & -k_{23} & k_{12} & k_{22} & -k_{23} \\ k_{13} & k_{23} & k_{33}/2 & -k_{13} & -k_{23} & k_{33} \end{bmatrix}$$

Şekil 19. Düzlem çerçeve sistemler için rijitlik matrisi (Köksal, 2022)

Tablo 11

Rijitlik matrisini oluşturan elemanların bağıntılar ile bulunması (Köksal, 2022)

$k_{11} = m^2k_a + 12n^2k_b$	$k_{12} = mnk_a - 12mnk_b$	$k_{22} = n^2 k_a + 12m^2k_b$
$k_{13} = -6nLk_b$	$k_{33} = 4L^2k_b$	$k_a = EA/L \quad k_b = EI/L^3$

Yapı elemanlarının rijitlik matrisi değerleri üç eleman için de dönme açıları dikkate alınarak Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12

Yapı elemanların k_a , ve k_b değerleri ve eleman rijitlik matrisi değerleri

	k_a	k_b	m	n	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{22}	k_{23}	k_{33}
1	961664,62	102,84	0	1	1234,133	0	-2468,27	961665	0	6582,04
2	512887,79	51,92	1	0	512887,8	0	0	623,05	1557,63	5192,12
3	961664,62	102,84	0	-1	1234,133	0	2468,26	961665	0	6582,04

6x6 indirgenmiş sistem rijitlik matrisi $[K_s]$ ve sistem rijitlik matrisinin tersi $[K_s]^{-1}$ sırasıyla Şekil 20 ve Şekil 21’de verilmiştir.

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3	
$[K_s]$	514122	0	2468,27	-512888	0	0	U2
	0	962288	1557,63	0	-623,05	1557,63	V2
	2468,27	1557,63	11774,1	0	-1557,6	2596,05	θ_2
	-512888	0	0	514122	0	2468,27	U3
	0	-623,05	-1557,6	0	962288	-1557,6	V3
	0	1557,63	2596,05	2468,27	-1557,6	11774,1	θ_3

Şekil 20. 6x6 indirgenmiş sistem rijitlik matrisi $[K_s]$

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3	
$[K_s]^{-1}$	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001	U2
	3,4E-07	1E-06	-2E-07	3,4E-07	1,2E-10	-2E-07	V2
	-0,0001	-2E-07	0,00011	-0,0001	1,7E-07	-1E-06	θ_2
	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001	U3
	-3E-07	1,2E-10	1,7E-07	-3E-07	1E-06	1,7E-07	V3
	-0,0001	-2E-07	-1E-06	-0,0001	1,7E-07	0,00011	θ_3

Şekil 21. 6x6 indirgenmiş sistem rijitlik matrisinin tersi $[K_s]^{-1}$

Düşey yükler altında yerdeğiştirme matrisi olan $[u]$, Şekil 22’de görüldüğü üzere sistem rijitlik matrisinin tersi $[K_S]^{-1}$ ile düşey yükten gelen kuvvet ve momentlerin çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3	[F]	[u]
U2	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001	0,00	5,7E-06
V2	3,4E-07	1E-06	-2E-07	3,4E-07	1,2E-10	-2E-07	-26,03	-3E-05
θ_2	-0,0001	-2E-07	0,00011	-0,0001	1,7E-07	-1E-06	-21,69	-0,0024
U3	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001	0,00	-6E-06
V3	-3E-07	1,2E-10	1,7E-07	-3E-07	1E-06	1,7E-07	-26,03	-3E-05
θ_3	-0,0001	-2E-07	-1E-06	-0,0001	1,7E-07	0,00011	21,69	0,00236

Şekil 22. Düşey yükler altında yerdeğiştirme hesabı $[K_S]^{-1} \times [F] = [u]$

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3
U2	512888	0	0	-512888	0	0
V2	0	623,053	1557,63	0	-623,05	1557,63
θ_2	0	1557,63	5192,11	0	-1557,6	2596,05
U3	-512888	0	0	512888	0	0
V3	0	-623,05	-1557,6	0	623,053	-1557,6
θ_3	0	1557,63	2596,05	0	-1557,6	5192,11

Şekil 23. Kiriş rijitlik matrisi $[K_2]$

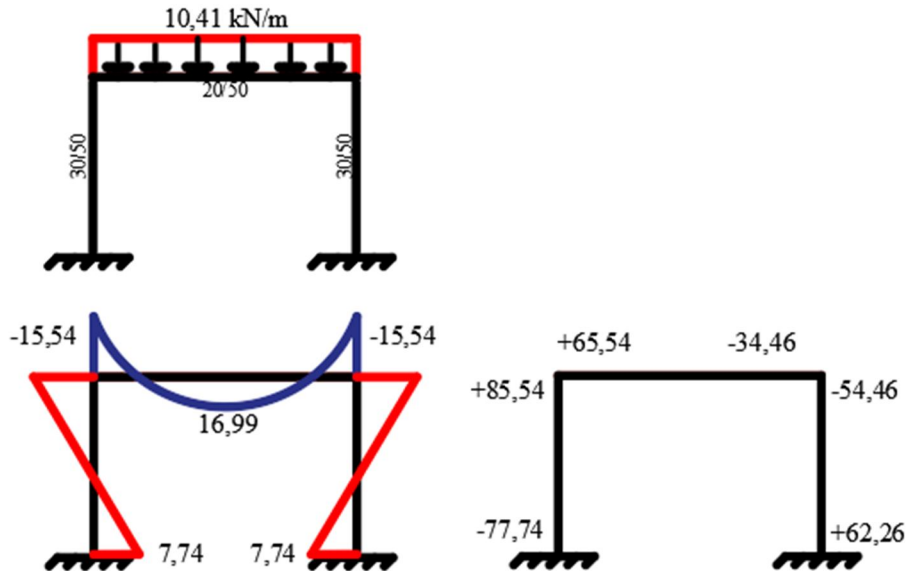
Kiriş rijitlik matrisi $[K_2]$, Tablo 12’de verilen değerler ile Şekil 23’te verilmiştir. Daha sonra Şekil 24’te görüldüğü üzere kiriş rijitlik matrisi $[K_2]$ ile yerdeğiştirme matrisinin çarpılmasıyla kuvvet ve momentler hesaplanmıştır. Bu kuvvet ve moment değerleri düşey yüklerden gelen kuvvet ve momentler ile toplanmıştır.

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3	[u]	[K ₂] x [u]
U2	512888	0	0	-512888	0	0	5,7E-06	5,82918
V2	0	623,053	1557,63	0	-623,05	1557,63	-3E-05	0
θ_2	0	1557,63	5192,11	0	-1557,6	2596,05	-0,0024	-6,1383
U3	-512888	0	0	512888	0	0	-6E-06	-5,8292
V3	0	-623,05	-1557,6	0	623,053	-1557,6	-3E-05	0
θ_3	0	1557,63	2596,05	0	-1557,6	5192,11	0,00236	6,13835

[K ₂] x [u]	[F]	
5,82918	0	5,82918
0	26,025	26,025
-6,1383	21,6875	15,5492
-5,8292	0	-5,8292
0	26,025	26,025
6,13835	-21,688	-15,549

Şekil 24. Kiriş rijitlik matrisi ve yerdeğiştirme matrisi ile kuvvet ve momentlerin bulunması

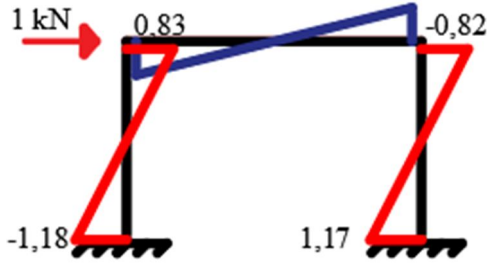
Birinci itme adımı öncesi düşey yükler altında moment diyagramı ve moment kapasiteleri Şekil 25’te görüldüğü gibidir.



Şekil 25. Birinci itme adımı öncesi düşey yükler altında moment diyagramı ve moment kapasiteleri

Birinci İtme Adımı

Birinci itme adımı için uygulanacak taban kesme kuvveti, kiriş ve kolonların moment kapasitelerinin Şekil 26'daki 1 kN yatay yükleme ile bulunan moment değerlerine bölünmesiyle bulunur. Bu şekilde Tablo 13'te bulunan α değerlerinden en küçük olanı alınır ve birinci itme adımı gerçekleştirilir.



Şekil 26. Birinci itme adımı için 1 kN yatay yükleme ile moment diyagramı

Tablo 13

Birinci itme adımı için uygulanacak taban kesme kuvvetinin bulunması

Kiriş sağ uç	$-15,54-0,82\alpha = -50$	$\alpha_{\min} = 42,024$
Kiriş sol uç	$-15,54+0,83\alpha = +50$	$\alpha = 78,96$
1. Kolon üst uç	$-15,54+0,83\alpha = +70$	$\alpha = 103,06$
1. Kolon alt uç	$+7,74-1,18\alpha = -70$	$\alpha = 68,88$
2. Kolon üst uç	$-15,54-0,82\alpha = -70$	$\alpha = 66,41$
2. Kolon alt uç	$+7,74+1,17\alpha = +70$	$\alpha = 53,21$

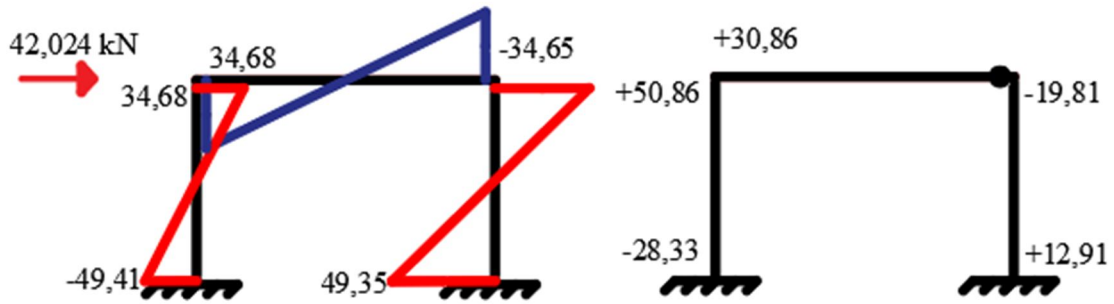
Şekil 27'de sistem rijitlik matrisinin tersi $[\mathbf{K}_S]^{-1}$ ile birinci itme adımı taban kesme kuvveti olan $[\mathbf{F}_1]$ matrisinin çarpılmasıyla birinci itme adımına ait yerdeğiştirme matrisi olan $[\mathbf{u}_1]$ bulunmuştur. Daha sonra kiriş rijitlik matrisi $[\mathbf{K}_2]$ ile yerdeğiştirme matrisinin çarpılmasıyla Şekil 28'de görüldüğü üzere kuvvet ve momentler hesaplanmıştır.

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3		$[F_1]$	$[u_1]$
U2	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001	x	42,024	0,02597
V2	3,4E-07	1E-06	-2E-07	3,4E-07	1,2E-10	-2E-07		0,000	1,4E-05
θ_2	-0,0001	-2E-07	0,00011	-0,0001	1,7E-07	-1E-06		0,000	-0,0045
U3	0,00062	3,4E-07	-0,0001	0,00062	-3E-07	-0,0001		0,000	0,02592
V3	-3E-07	1,2E-10	1,7E-07	-3E-07	1E-06	1,7E-07		0,000	-1E-05
θ_3	-0,0001	-2E-07	-1E-06	-0,0001	1,7E-07	0,00011		0,000	-0,0045

Şekil 27. Birinci itme adımı yerdeğiştirme hesabı $[K_s]^{-1} [F_1] = [u_1]$

	U2	V2	θ_2	U3	V3	θ_3		$[u_1]$	$[K_2] \times [u_1]$
U2	512888	0	0	-512888	0	0	x	0,02597	21,00
V2	0	623,053	1557,63	0	-623,05	1557,63		1,4E-05	-13,87
θ_2	0	1557,63	5192,11	0	-1557,6	2596,05		-0,0045	-34,68
U3	-512888	0	0	512888	0	0		0,02592	-21,00
V3	0	-623,05	-1557,6	0	623,053	-1557,6		-1E-05	13,87
θ_3	0	1557,63	2596,05	0	-1557,6	5192,11		-0,0045	-34,65

Şekil 28. Birinci itme adımı kiriş rijitlik matrisi ve yerdeğiştirme matrisi ile kuvvet ve momentlerin bulunması

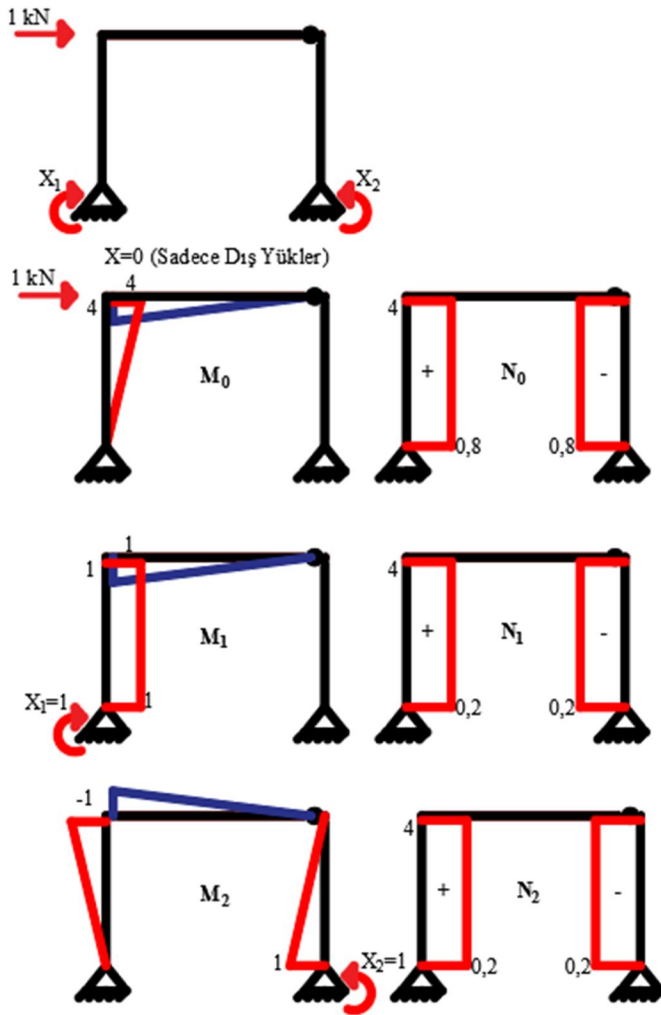


Şekil 29. Birinci itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri

Şekil 29'da birinci itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri verilmiştir. Birinci itme adımı sonunda yatay yerdeğiştirme, Şekil 27'de görüldüğü üzere 42,024 kN yatay yükleme yapıldığında $\Delta=0,0259$ m'dir.

İkinci İtme Adımı

Birinci itme adımı ile kirişin sağ ucunda plastik mafsall oluşması ile sistemin hiperstatik bilinmeyen sayısı ikiye düşmüştür. Bu bilinmeyenler Şekil 30’da görüldüğü üzere kuvvet yöntemi ile bulunup, 1 kN yatay yükleme için yerdeğiştirme değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra ikinci itme adımının taban kesme kuvveti, kapasite değerleri ve kuvvet yöntemi ile bulunan moment değerlerinden tespit edilmiştir.



Şekil 30. İkinci itme adımı için kuvvet yöntemi ile birim yükleme moment diyagramları

1 kN yatay yükleme ile elde edilen M_0 , M_1 ve M_2 diyagramlarının çarpılmasıyla δ_{10} , δ_{11} , δ_{12} , δ_{20} ve δ_{21} değerleri Tablo 14’te aksenal yük deformasyonları dikkate alınarak

hesaplanmıştır. Daha sonra Denklem 3.22’de verilen süreklilik denklemleri ile X_1 ve X_2 hiperstatik bilinmeyenleri bulunmuştur.

Tablo 14

İkinci itme adımı 1kN yatay yükleme için bulunan δ değerleri

$\delta_{10} = \mathbf{M} / (\mathbf{EI})_e + \mathbf{N} / \mathbf{EA}$	0,00224271
$\delta_{11} = \mathbf{M} / (\mathbf{EI})_e + \mathbf{N} / \mathbf{EA}$	0,000864597
$\delta_{12} = \delta_{21} = \mathbf{M} / (\mathbf{EI})_e + \mathbf{N} / \mathbf{EA}$	-0,000560573
$\delta_{20} / (\mathbf{EI})_e = \mathbf{M} / (\mathbf{EI})_e + \mathbf{N} / \mathbf{EA}$	-0,00183715
$\delta_{22} / (\mathbf{EI})_e = \mathbf{M} / (\mathbf{EI})_e + \mathbf{N} / \mathbf{EA}$	0,000662026

$$\delta_{10} + \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 = 0$$

$$\delta_{20} + \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 = 0$$

(3.22)

$$0,000864597 X_1 - 0,000560573 X_2 = -0,00224271$$

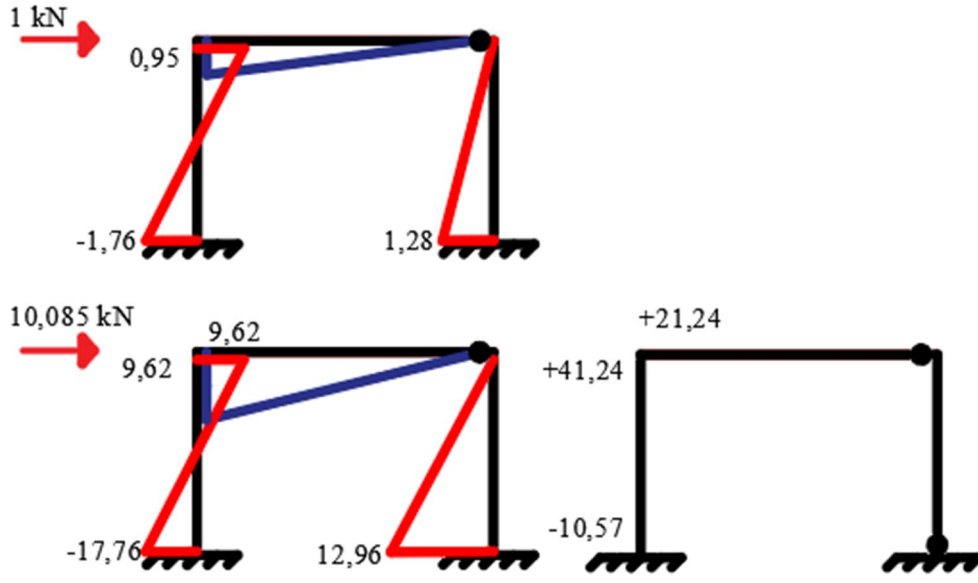
$$-0,000560573 X_1 + 0,000662026 X_2 = 0,00183715$$

$$X_1 = -1,762 \text{ kNm} \quad X_2 = 1,282 \text{ kNm}$$

Birinci itme adımı sonrasında Şekil 29’da görüldüğü üzere ikinci kolonun alt ucunda moment kapasitesi 12,91 kNm kaldığı için bu itme adımında plastikleşme 10,085 kN yatay yükleme ile bu kolonun alt ucunda gerçekleşecektir.

$$\text{İkinci kolon alt uç: } 1,28 \times \alpha = 12,91$$

$$\alpha_{\min} = 10,085$$

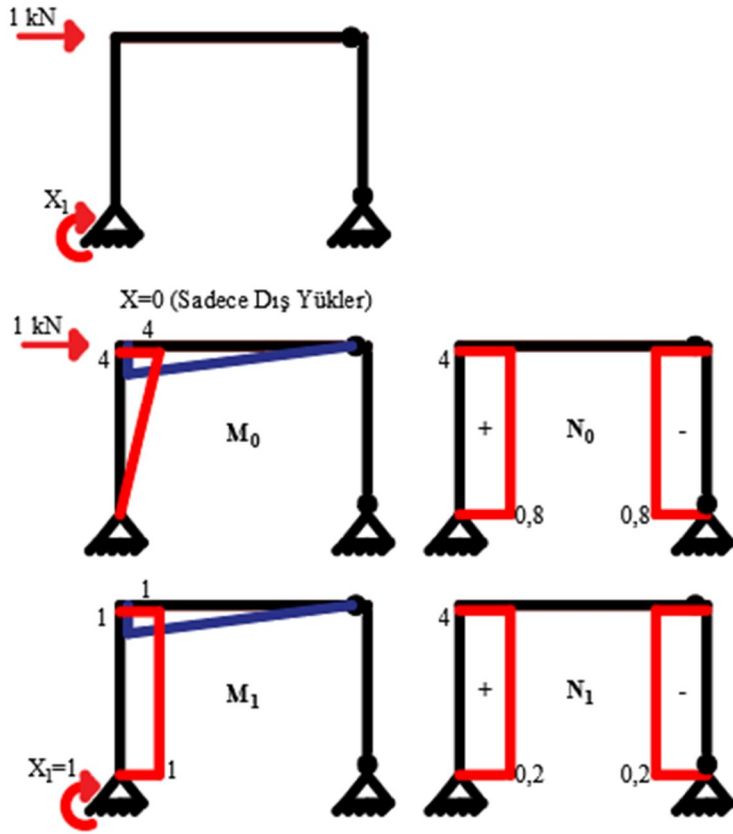


Şekil 31. İkinci itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri

Şekil 31’de moment diyagramları ve moment kapasiteleri verilen sisteme 1 kN yatay yükleme yapıldığında kuvvet metodu ile bulunan $\Delta=0,00103$ m’dir. 10,085 kN yatay yükleme yapıldığında ise $\Delta=0,0104$ m olmaktadır.

Üçüncü İtme Adımı

İkinci itme adımından sonra Şekil 31’de görülen ikinci kolonun alt ucunda plastik mafsall oluşması ile sistemin hiperstatik bilinmeyen sayısı bire düşmüştür. Bu adımda da hiperstatik bilinmeyen, Şekil 32’de görüldüğü üzere kuvvet yöntemi ile hesaplanmıştır. 1 kN yatay yükleme için yerdeğiştirme değerleri bulunmuştur. Daha sonra üçüncü itme adımının taban kesme kuvveti değeri tespit edilmiştir.



Şekil 32. Üçüncü itme adımı için kuvvet yöntemi ile birim yükleme moment diyagramları

1 kN yatay yükleme ile elde edilen M_0 ve M_1 diyagramlarının çarpılmasıyla δ_{10} ve δ_{11} değerleri Tablo 15'te aksenal yük deformasyonları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Daha sonra süreklilik denklemi ile X_1 bulunmuştur.

Tablo 15

Üçüncü itme adımı 1kN yatay yükleme için bulunan δ değerleri

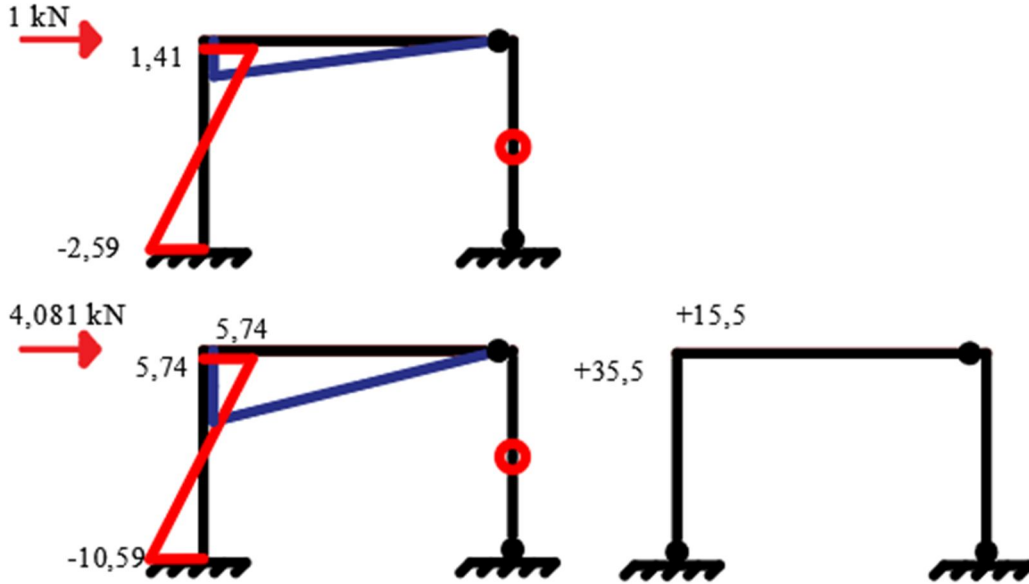
$\delta_{10} = \mathbf{M} / (EI)_e + \mathbf{N} / EA$	0,00224271
$\delta_{11} = \mathbf{M} / (EI)_e + \mathbf{N} / EA$	0,00086459

$$\delta_{10} + \delta_{11} X_1 = 0$$

$$0,0022427 + 0,00086459 X_1 = 0 \quad X_1 = -2,59 \text{ kNm}$$

$$1. \text{ Kolon alt uç: } -2,59 \times \alpha = -10,57 \quad \alpha = 4,081$$

İkinci itme adımı sonrasında birinci kolonun alt ucunda moment kapasitesi Şekil 31’de görüldüğü üzere -10,57 kNm kalmıştır. Üçüncü itme adımında 4,081 kN yatay yükleme yapıldığında birinci kolonun alt ucu mafsallaşacaktır.



Şekil 33. Üçüncü itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri

Üçüncü itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri Şekil 33’te verilmiştir. 1 kN yatay yükleme için kuvvet metodu ile bulunan yerdeğiştirme $\Delta=0,00153$ m’dir. 4,081 kN yatay yükleme yapıldığında ise yerdeğiştirme $\Delta=0,00624$ m olmaktadır.

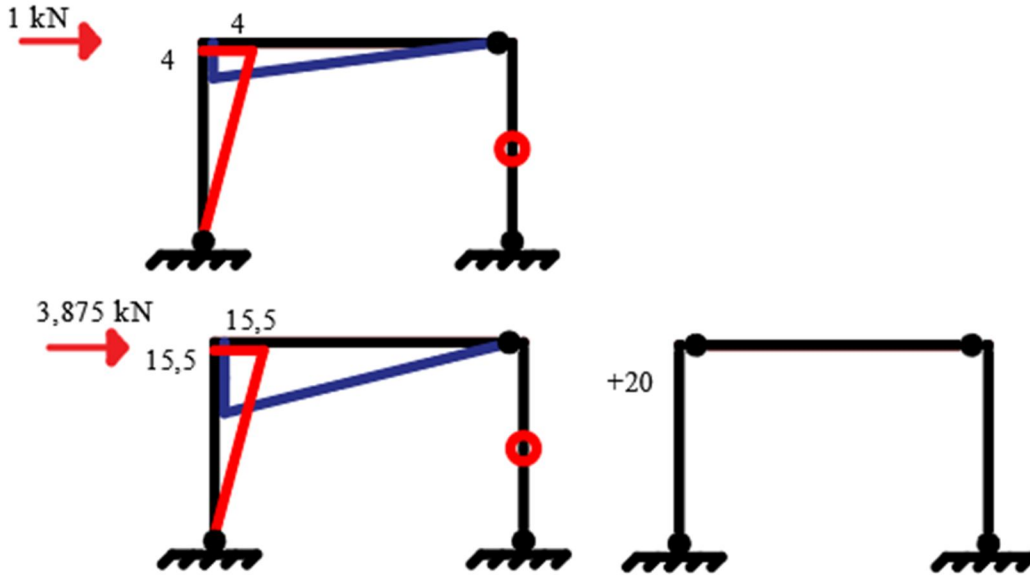
Dördüncü İtme Adımı ve Statik İtme Eğrisi

Üçüncü itme adımından sonra Şekil 33’te görüldüğü üzere birinci kolonun alt ucunda oluşan plastik mafsal ile sistem izostatik hale gelmiştir.

Kirişin sol ucunda bir önceki itme adımından sonra moment kapasitesi Şekil 33'te görüldüğü gibi 15,5 kNm kalmıştır.

Kiriş sol uç için $4 \times \alpha = 15,5$ $\alpha = 3,875$

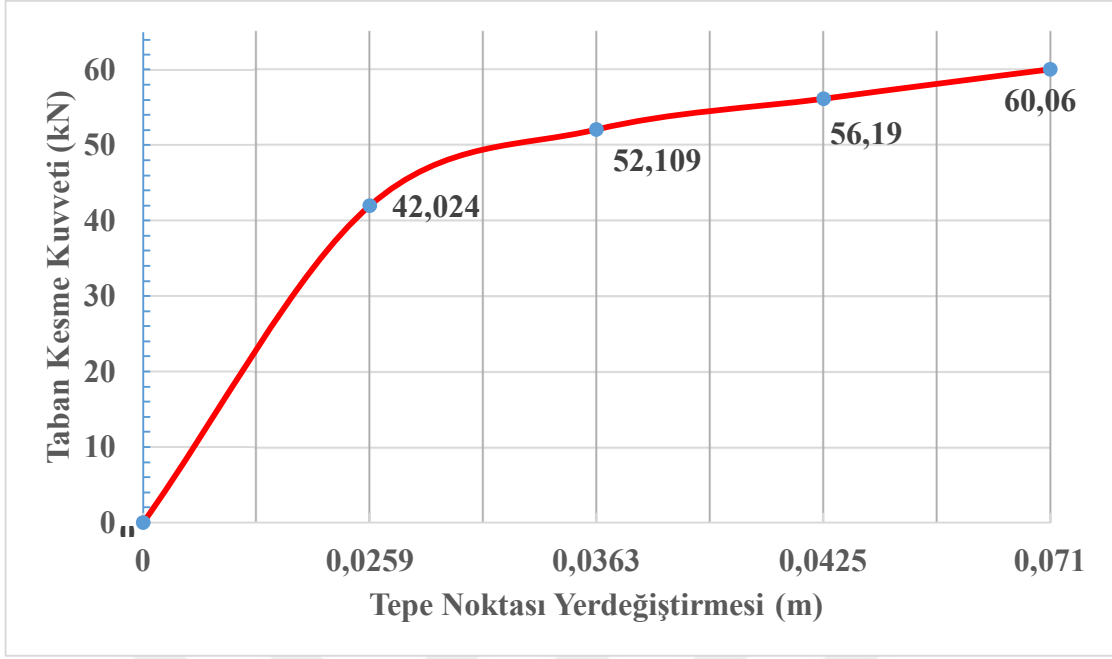
Sisteme 3,875 kN yatay yükleme yapıldığında sistem labil hale gelecek ve itme analizi tamamlanacaktır.



Şekil 34. Dördüncü itme adımı moment diyagramı ve moment kapasiteleri

Şekil 34'te moment diyagramları verilen dördüncü itme adımı için 1kN yatay yükleme yapıldığında bulunan yerdeğiştirme $\Delta=0,00735$ m'dir. 3,875 kN yatay yükleme yapıldığında ise yerdeğiştirme $\Delta=0,028$ m olmaktadır.

İtme adımları ile elde edilen taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değerleri birbirine eklenerek Şekil 35'teki statik itme eğrisi oluşturulmuştur.



Şekil 35. Statik itme eğrisi

Plastik Mafsalsal Dönme Kapasite Değerlerinin Bulunması

Tez çalışmasının bu kısmında kolon ve kirişlerin plastik mafsalsal dönme kapasitesi değerleri Denklem 3.19 ile Tablo 16’da hesaplanmıştır. Güneyli’de olduğu kabul edilen yapının ZC zemin sınıfı için spektrum karakteristik değerleri ise aşağıda Tablo 17’de verilmiştir. Daha sonra modal yerdeğiştirme istemi Güneyli için Tablo 18’de hesaplanmıştır. Böylece yapının performans düzeyi tespit edilmiştir.

Tablo 16

Göçmenin Önlenmesi ve Kontrollü Hasar dönme sınırı

$\theta_{P\text{ Kolon}}^{(GÖ)}$	$\frac{2}{3} \left[(16,3 - 6,5) \times 10^{-3} x \left(1 - 0,5 \frac{0,25}{2} \right) 0,25 + 4,5 \times 16,3 \times 10^{-3} x 0,014 \right] = 0,0022 \text{ rad}$
$\theta_{P\text{ Kolon}}^{(KH)}$	$0,75 x \theta_{P\text{ Kolon}}^{(GÖ)} = 0,0016 \text{ rad}$
$\theta_{P\text{ Kiriş}}^{(GÖ)}$	$\frac{2}{3} \left[(13,9 - 4,83) \times 10^{-3} x \left(1 - 0,5 \frac{0,25}{2,5} \right) 0,25 + 4,5 \times 13,9 \times 10^{-3} x 0,012 \right] = 0,0019 \text{ rad}$
$\theta_{P\text{ Kiriş}}^{(KH)}$	$0,75 x \theta_{P\text{ Kiriş}}^{(GÖ)} = 0,0014 \text{ rad}$

Tablo 17

Güneyli ZC zemin sınıfı için spektrum karakteristik değerleri

DD2 Deprem Düzeyi	S_{ds} = 1,780	S_{d1} = 0,613
T₁ = 0,199 s	T_A = 0,068 s	T_B = 0,344 s

Yapının birinci periyodu olan T_1 , T_B 'den küçük olduğu için spektral yerdeğiştirme oranı olan C_R değeri hesaplanırken Denklem 3.12'de tanımlanan bağıntı kullanılır. Bu bağıntıdaki R_y değeri ise yapının tasarımında 1975 deprem yönetmeliği kullanıldığı için sınırlı sünek kabul edilip 4 alınmıştır. C_R değeri hesaplandıktan sonra Denklem 3.8'de tanımlanan modal yerdeğiştirme istemi $S_{di}(T_1)$ hesaplanır.

Tablo 18

Modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanması

$T_A < T_1 < T_B$ olduğu için;	$S_{ds} = S_{ae} = 1,780$
$S_{de} = \frac{S_{ae}}{\omega^2} \times 9,81$	$S_{de} = \frac{1,780}{\left(\frac{2\pi}{0,199}\right)^2} \times 9,81 = 0,0175 \text{ m}$
$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1$	$C_R = \frac{1 + (4 - 1) \frac{0,344}{0,199}}{4} = 1,546$
$S_{di}(T_1)$	$1,546 \times 0,0175 = 0,027 \text{ m}$
Kiriş plastik mafsal dönme değeri	$\frac{0,027 - 0,0259}{5} = 0,00022 < \theta_{P \text{ Kiriş}}^{(KH)} = 0,0014$

Tablo 18'de görüldüğü üzere kiriş plastik mafsal dönme değeri 0,00022 rad olarak hesaplanmıştır. Bu dönme değeri kontrollü hasar dönme sınırından küçük olduğu için yapının performans düzeyi Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'dir. Kolonlardaki plastikleşme ve kiriş sol uçta plastikleşme hedef yerdeğiştirmeden sonra gerçekleştiği için bu kısımlar elastik bölgede kalmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

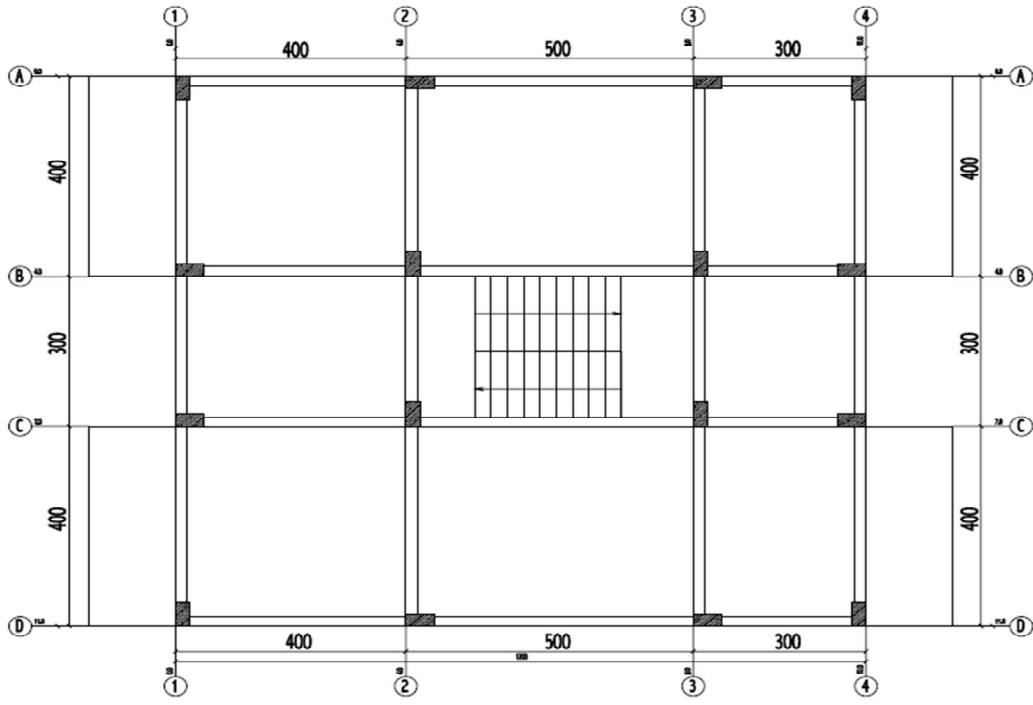
Bu tez çalışmasında Çanakkale ili sınırlarındaki üç farklı bölgede ABYYHY 1975 ile TS500/1984 'e uygun olarak inşa edildiği varsayılan 5 katlı bir betonarme binanın sabit tek modlu statik itme analizleri STA4-CAD paket programı (Versiyon 14.1) yardımıyla gerçekleştirilmiş ve sonuçlar bu bölümde karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

İtme analizi yapılırken farklı bölgeler için beton dayanımına ve zemin sınıfına bağlı olarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde C10/C14 beton sınıfları, ZC/ZE zemin sınıfları kullanılarak analizler tekrarlanmıştır. Son olarak da Çanakkale Merkez'de olan yapının beton dayanımlarını farklı (C8, C10, C12, C14, C16) alarak kesit ve donatılar değiştirilmeden statik itme analizleri yapılmıştır. Elde edilen statik itme eğrileri ve modal kapasite eğrileri karşılaştırılmıştır.

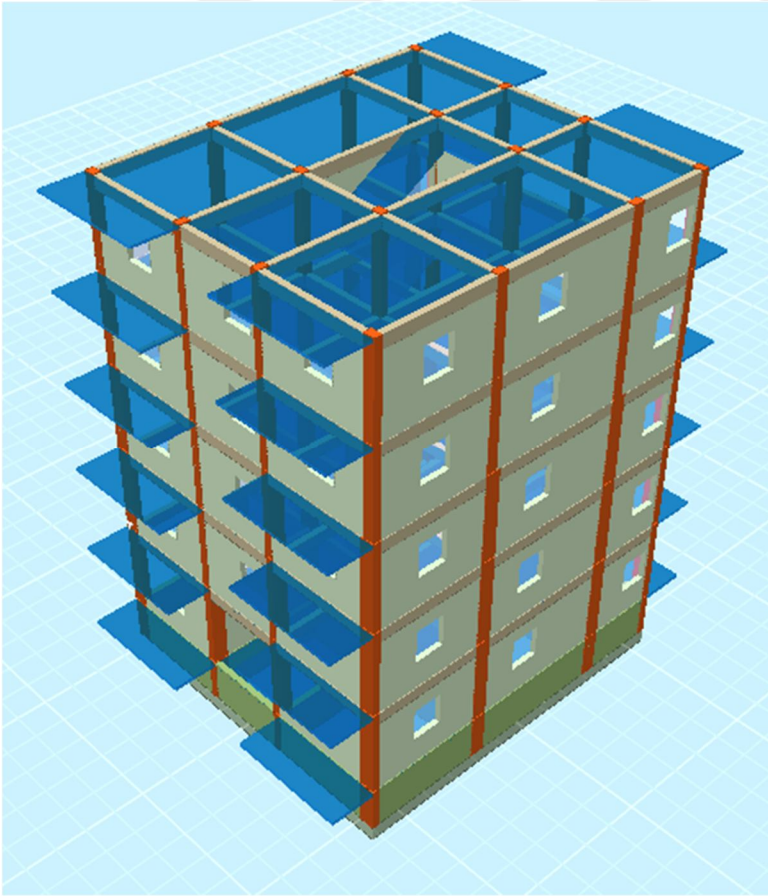
4.1. Mevcut Yapı Genel Bilgileri

Çanakkale ilinde seçilen yerler sırasıyla Saros-Gaziköy Fayı'na olan uzaklıklarına göre Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli beldesidir. Çanakkale il sınırlarında bulunduğu varsayılan, 1975 deprem yönetmeliği ve TS500/1984 standartlarına uygun projelendirildiği düşünülen 5 katlı bir betonarme bina ele alınmıştır. Binanın kat planı ve üç boyutlu görünüşü Şekil 36 ve Şekil 37'de görüldüğü gibidir.

Bu bölgelerin seçilme nedeni ise Saros-Gaziköy Fayı'na olan mesafe azaldıkça spektral ivme değerlerinin ve en büyük yer ivmesinin beklenildiği üzere artmasıdır. Zemin sınıfı olarak 1975 deprem yönetmeliğinde zemin cinsi III alınmış ve TBDY 2018'de ise ZC zemin sınıfı ile eşleştiği kabul edilmiştir. Gelibolu Güneyli ve yakın yerlerde AFAD-Türkiye Deprem Tehlike Haritaları verilerine göre ZC zemin sınıfında diğer zemin sınıflarına göre daha büyük etkilerin öngörülmesi bu kabulde etkili olmuştur. Ayrıca ZE zemin sınıfı için de statik itme analizleri, C10/C14 beton sınıfları ile yapılmıştır.

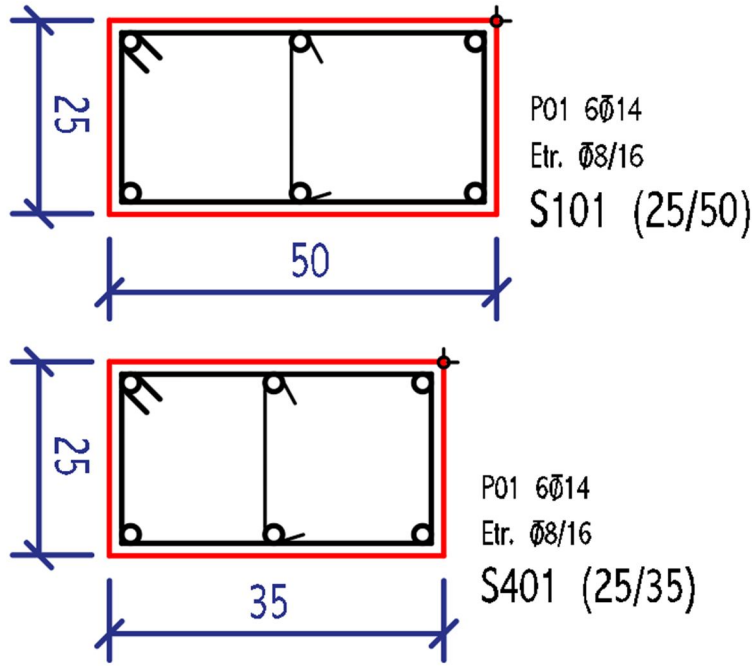


Şekil 36. Mevcut bina 2.kat kalıp planı

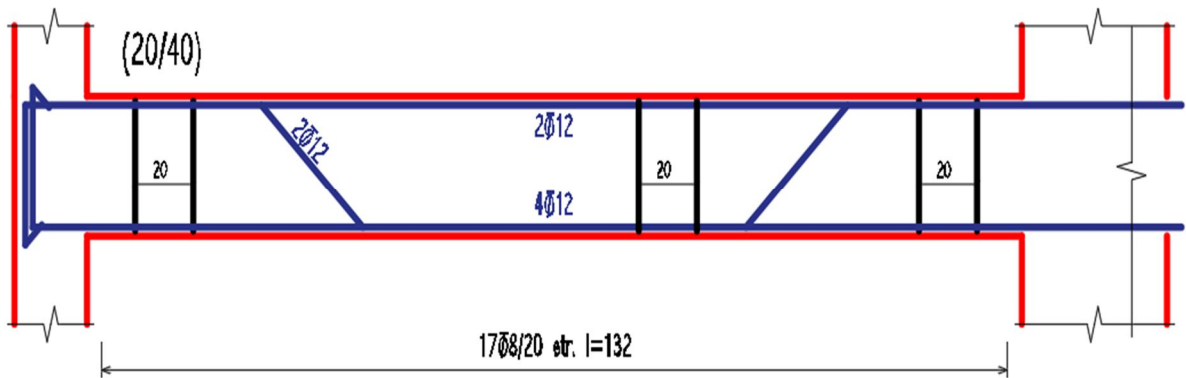


Şekil 37. Mevcut bina 3B görünüş

Mevcut yapının taşıyıcı elemanları için söz konusu yönetmeliklere uygun olarak donatılar kullanıldığı kabul edilmiştir. Mevcut donatılarda korozyon oluşmadığı bilinmektedir. Şekil 38’de görüldüğü üzere mevcut yapıdaki kolonlar ilk üç katta 25/50, diğer katlarda 25/35 olarak devam etmektedir. Yapıdaki tüm kirişler 20/40 olarak belirlenmiştir ve Şekil 39’da kesit ve donatı çizimi verilmiştir. Yapıda 1,5 m yüksekliğinde subasman katı vardır.



Şekil 38. Mevcut kolon kesit ve donatı çizimi



Şekil 39. Mevcut tüm kirişler kesit ve donatı çizimi

Tüm katlarda kolon ve kirişlerin donatı sayıları ve donatı çapları aynıdır.

4.2. ABYYHY 1975 Eşdeğer Deprem Yüğü ve Periyot Hesabı

ABYYHY 1975, toplam yatay yük hesabı ikinci bölümde verilen Denklem 2.1 ile hesaplanmaktadır. Burada C deprem katsayısı, W toplam yapı yüküdür. Deprem katsayısı ise Denklem 2.2 ile bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında incelediğimiz yapı için Çanakkale ili birinci derece deprem bölgesi olup $C_0=0,1$ 'dir. Yapı tipi katsayısı olan K ise düktil çerçeve sistemlerde 1 olarak alınır. Yapı dinamik katsayısı değeri olan S'nin hesaplanabilmesi için yapı periyodu ve zemin hakim periyodunun bilinmesi gerekir. 1975 deprem yönetmeliğinde yapı periyodu aşağıda verilen bağıntılardan bulunan periyot değerlerinden elverişsiz olanı seçilerek belirlenmektedir.

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{D}} \quad (4.1)$$

$$T = (0,07 \sim 0,1)N \quad (4.2)$$

Bu bağıntılarda geçen H, D ve N değerleri sırasıyla; binanın temel üstü kotundan olan yüksekliği (m), yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki bina genişliği (m) ve bina temel düzeyi üstündeki kat adedidir.

Bu tez çalışmasında ele alınan binanın ABYYHY 1975 deprem yönetmeliğine göre periyot değerleri Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19

ABYYHY 1975'e göre hesaplanan periyot değerleri

Periyot Hesabı	T_x (s)	T_y (s)
$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{D}}$	0,43	0,45
$T = (0,07 \sim 0,1)N$	0,5	0,5
Elverişsiz Periyot	0,5	0,5

Çanakkale'de yaptığımız bu yapı için zemin cinsi IIIb olarak alınmıştır. Yönetmelikte IIIb zemin cinsi için T_0 (zemin hakim periyodu) 0,6 alınmaktadır.

Yapı dinamik katsayısı S ise aşağıda Denklem 4.3'te verilen bağıntı ile hesaplanmıştır. Elde edilen S değeri 1'den büyük çıktığı için $S=1$ alınır.

$$S = \frac{1}{|0,8 + T - T_0|} \quad (4.3)$$

1975 deprem yönetmeliği ile tasarlanan yapının Tablo 20'de deprem parametreleri ve eşdeğer deprem yükü değerleri verilmiştir.

Tablo 20

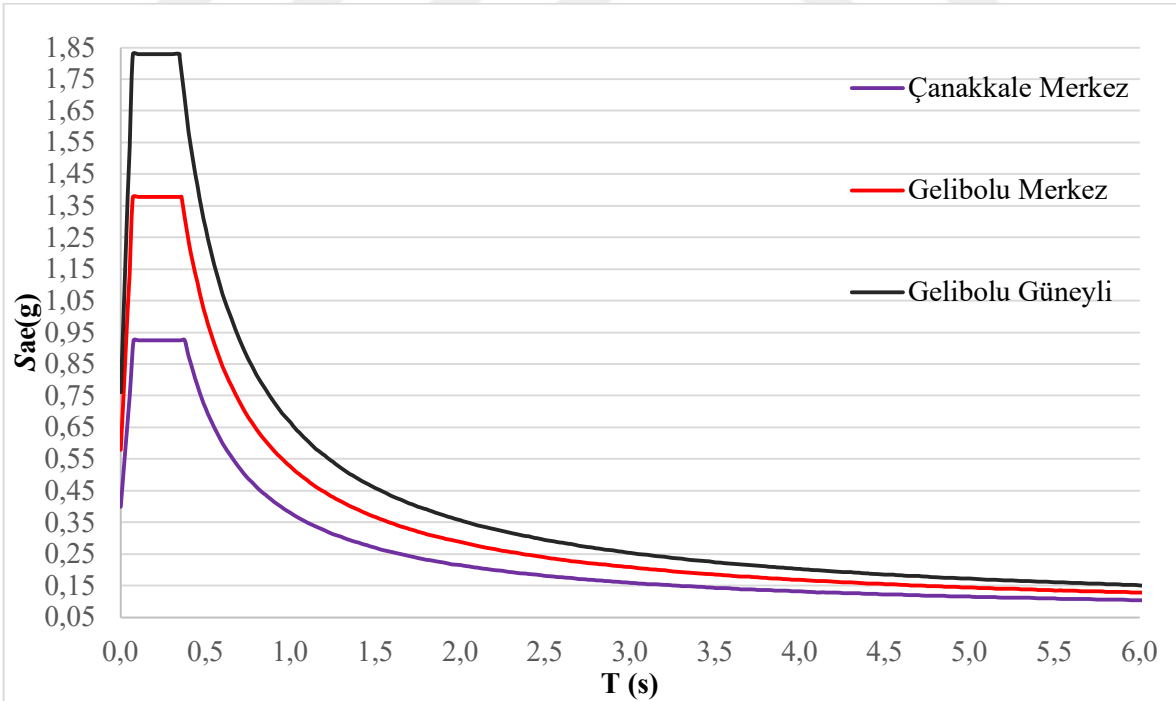
ABYYHY 1975'e göre alınan deprem parametreleri ve eşdeğer deprem yükü

Deprem Bölge Katsayısı (C_0)	0,1
Yapı Tipi Katsayısı (K)	1

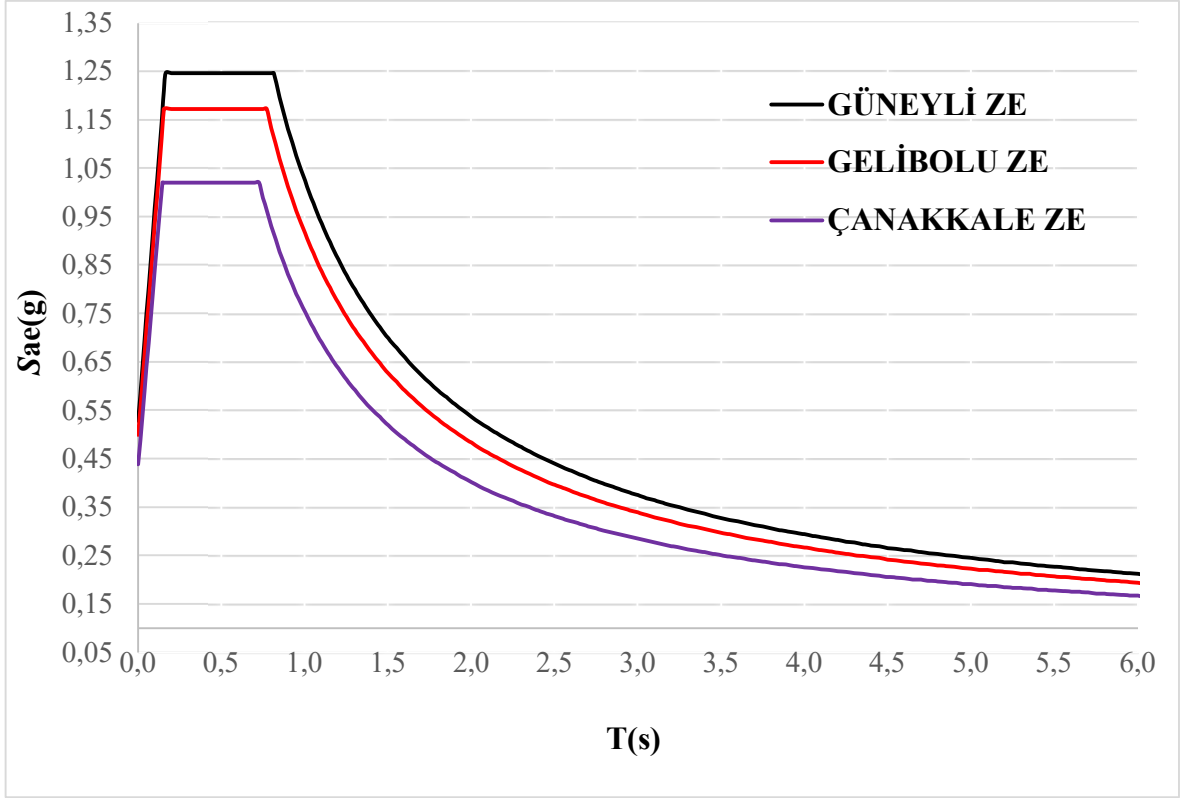
Yapı Dinamik Katsayısı (S)	1
Yapı Önem Katsayısı (I)	1
Yapı Toplam Yüğü (W)	9982,49 kN
Deprem Katsayısı (C)	0,1
Toplam Yatay Yüğü (F)	998,24 kN

4.3. TBDY 2018'e Göre Üç Farklı Bölgeye ait Spektrum Eğrileri

ZC/ZE zemin sınıfları için Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli için AFAD-Türkiye Deprem Tehlike Haritaları verileri ile spektrum eğrileri Şekil 40 ve Şekil 41'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 40. ZC zemin sınıfı TBDY-2018 spektrum eğrileri



Şekil 41. ZE zemin sınıfı TBDY-2018 spektrum eğrileri

Karşılaştırılan spektrum eğrilerinde Saros-Gaziköy Fayı'na yakınlıkla spektral ivme değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. ZC zemin sınıfı ile ZE zemin sınıfı karşılaştırıldığında ise Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli'de spektral ivme değerlerinin Çanakkale Merkez'e kıyasla yaklaşık 1,5 kat arttığı ve yapıya gelen taban kesme kuvvetinin de bu oranda artması beklenmektedir.

TBDY-2018'e göre binanın en yakın faya olan uzaklığının 15 km'den az olduğu durumlarda yakın-saha deprem kayıtları ile zaman tanım alanında hesap yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında ise yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde sadece statik itme analizi yöntemi kullanılmıştır.

4.4. Statik İtme Analizi İçin Yapı Temel Bilgileri

Statik itme analizi için yapı temel bilgileri aşağıda Tablo 21'de tanımlanmıştır. Yönetmeliğe göre Sabit Tek Modlu Statik İtme Analizi Yöntemi'nin kullanılabilmesi için kütle katılım oranının %70'ten büyük olması gerekmektedir.

Tablo 21

Statik itme analizi için yapı temel bilgileri

Hareketli Yük Azaltma Oranı	0,6
Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı	1
Kiriş Düşey Yük Moment Azaltma Oranı	0,85
Donatı Kenetlenme Boyu	1,0
Yapı Önem Katsayısı	1
Betonarme Süneklilik Koşulu (ϵ_{cu})	0,003
Kolon-Kiriş Donatı Gerçekleşme Oranı	%100
Kolon Min. Boyuna Donatı Oranı	0,007–0,01
Donatı Korozyon Oranı	%0
Mevcut Yapı Tasarım Standartı	ABYYHY 1975 TS500/1984
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD2
Performans Düzeyi Hesap Yöntemi	TBDY 2018 Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

Şekil 42 ve Şekil 43’te sırasıyla STA4-CAD programına girilen mevcut kiriş ve kolon donatıları verilmiştir. Tüm kolon ve kirişlerde donatı sayıları ve donatı çapları aynıdır.

KİRİŞ DONATILARI (tm)

KİRİŞ		Donatı	Myi	Myj	Açıklama
K201	üst	2ø12mon.	3.77	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.94	1.94	Myj > Mg + Mcj ✓
K202	üst	2ø12mon.	5.50	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓
K203	üst	2ø12mon.	5.50	3.77	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.96	1.96	Myj > Mg + Mcj ✓
K204	üst	2ø12mon.	3.77	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓
K205	üst	2ø12mon.	5.50	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.98	1.98	Myj > Mg + Mcj + Me ✓
K206	üst	2ø12mon.	5.50	3.77	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓
K207	üst	2ø12mon.	3.77	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓
K208	üst	2ø12mon.	5.50	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.98	1.98	Myj > Mg + Mcj + Me ✓
K209	üst	2ø12mon.	5.50	3.77	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓
K210	üst	2ø12mon.	3.77	5.50	Myi > Mg + Mcj ✓
E2	alt	2ø12duz + 2ø12pilye	1.97	1.97	Myj > Mg + Mcj ✓

Şekil 42. STA4-CAD programına girilen mevcut kiriş donatı bilgileri

KOLON DONATILARI My (Ng+Nq) (tm)

KOLON		Donatı	Myx	Myy	Açıklama
S101	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.12	11.87	My > Mg + Mcj + Me ✓
S102	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	11.96	6.22	My > Mg + Mcj + Me ✓
S103	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	11.24	5.68	My > Mg + Mcj + Me ✓
S104	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	5.54	10.96	My > Mg + Mcj + Me ✓
S105	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	11.43	5.78	My > Mg + Mcj + Me ✓
S106	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.08	11.83	My > Mg + Mcj + Me ✓
S107	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.03	11.78	My > Mg + Mcj + Me ✓
S108	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	10.67	5.39	My > Mg + Mcj + Me ✓
S109	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	11.58	5.85	My > Mg + Mcj + Me ✓
S110	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.35	12.09	My > Mg + Mcj + Me ✓
S111	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.37	12.12	My > Mg + Mcj + Me ✓
S112	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	10.82	5.47	My > Mg + Mcj + Me ✓
S113	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.23	11.96	My > Mg + Mcj + Me ✓
S114	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.12	6.37	My > Mg + Mcj + Me ✓
S115	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	11.49	5.81	My > Mg + Mcj + Me ✓
S116	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	5.60	11.09	My > Mg + Mcj + Me ✓
S201	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.38	12.15	My > Mg + Mcj ✓
S202	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.62	6.63	My > Mg + Mcj ✓
S203	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.28	6.45	My > Mg + Mcj ✓
S204	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	5.97	11.72	My > Mg + Mcj ✓
S205	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.77	6.71	My > Mg + Mcj ✓
S206	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.86	12.93	My > Mg + Mcj ✓
S207	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.85	12.88	My > Mg + Mcj ✓
S208	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.27	6.45	My > Mg + Mcj ✓
S209	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.80	6.72	My > Mg + Mcj ✓
S210	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.85	12.89	My > Mg + Mcj ✓
S211	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.60	12.65	My > Mg + Mcj ✓
S212	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.34	6.48	My > Mg + Mcj ✓
S213	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.41	12.20	My > Mg + Mcj ✓
S214	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.72	6.68	My > Mg + Mcj ✓
S215	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	12.38	6.50	My > Mg + Mcj ✓
S216	E2	2x2ø14 (kenar) + 2x1ø14 (govde)	6.01	11.76	My > Mg + Mcj ✓

Şekil 43. STA4-CAD programına girilen mevcut kolon donatı bilgileri

ZC ve ZE zemin sınıfları için TBDY 2018 spektral ivme değerleri sırasıyla Tablo 22 ve Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 22

ZC zemin sınıfı için TBDY 2018 spektral ivme değerleri

ZC DD2	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	PGA
Çanakkale Merkez	0,875	0,330	0,075	0,377	0,303
Gelibolu Merkez	1,307	0,470	0,072	0,358	0,456
Gelibolu Güneyli	1,780	0,613	0,069	0,344	0,609

Tablo 23

ZE zemin sınıfı için TBDY 2018 spektral ivme değerleri

ZE DD2	S _{DS}	S _{D1}	T _A	T _B	PGA
Çanakkale Merkez	0,971	0,704	0,145	0,725	0,303
Gelibolu Merkez	1,123	0,866	0,154	0,771	0,456
Gelibolu Güneyli	1,188	0,96	0,162	0,808	0,609

4.5. Statik İtme Analizi Sonuçları

Statik itme analizi için yapı temel bilgileri verildikten sonra sabit tek modlu statik itme analizi üç farklı bölgede farklı zemin ve beton sınıfları için yapılmıştır. Daha sonra taban kesme kuvveti değerleri, performans noktası yerdeğiştirme istemi değerleri ve kolon-kiriş hasar yüzdeleri bu üç farklı bölgedeki yapı davranışı temelinde karşılaştırılmıştır. Yapıların performans düzeyleri belirlenmiştir.

Tamamlanan statik itme analizleri sonucunda ilk olarak C10 ve C14 beton sınıfı için yapı periyot ve kütle katılım oranları Tablo 24'te karşılaştırılmıştır. Daha sonra ise yapıya

gelen taban kesme kuvveti değerleri ZE ve ZC zemin sınıfı için Tablo 25 ve Tablo 26’da karşılaştırılmıştır.

Binanın 1975 deprem yönetmeliği ile eşdeğer deprem yükü ve yapı periyotları Bölüm 4.2’de bulunmuştur. Statik itme analizleri TBDY 2018’e göre yapıldığında, taban kesme kuvveti değerlerinin 1975 deprem yönetmeliğine göre yaklaşık iki katına çıktığı görülmektedir.

Tablo 24

C10 ve C14 beton sınıfı için bina periyot ve kütle katılım oranı değerleri

Beton Sınıfı	T _x (s)	T _y (s)	Kütle Katılım Oranı (X/Y)
C10	1,17	1,138	%80,3 - %79,3
C14	1,126	1,096	%80,3 - %79,3

Tablo 25

ZE zemin sınıfı için TBDY-2018 ve ABYYHY-1975’e göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri

ZE/C14	Taban Kesme Kuvveti (kN) (X/Y)
Çanakkale Merkez (TBDY-2018)	1780,1-1830,2
Gelibolu Merkez (TBDY-2018)	2196,6 - 2257,7
Gelibolu Güneyli (TBDY-2018)	2481,7- 2551,3
Çanakkale (ABYYHY-1975)	998,24

Tablo 26

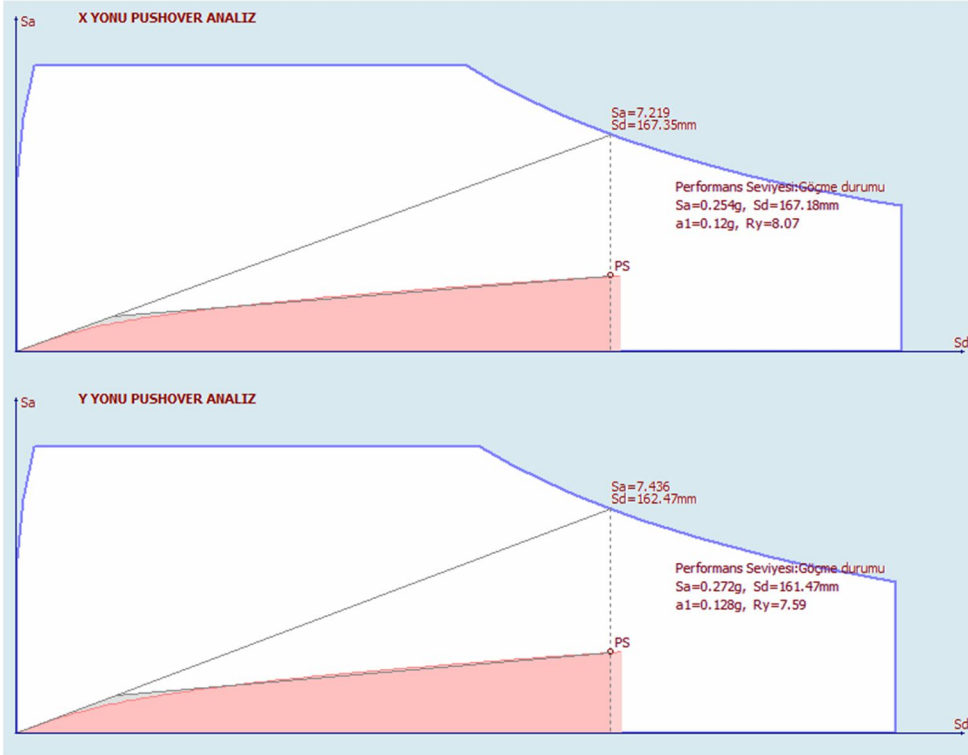
ZC zemin sınıfı için TBDY-2018 ve ABYYHY-1975'e göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerleri

ZC/C14	Taban Kesme Kuvveti (kN) (X/Y)
Çanakkale Merkez (TBDY-2018)	834,6 - 858,0
Gelibolu Merkez (TBDY-2018)	1201,38 - 1233,48
Gelibolu Güneyli (TBDY-2018)	1550,41-1593,85
Çanakkale (ABYYHY-1975)	998,24

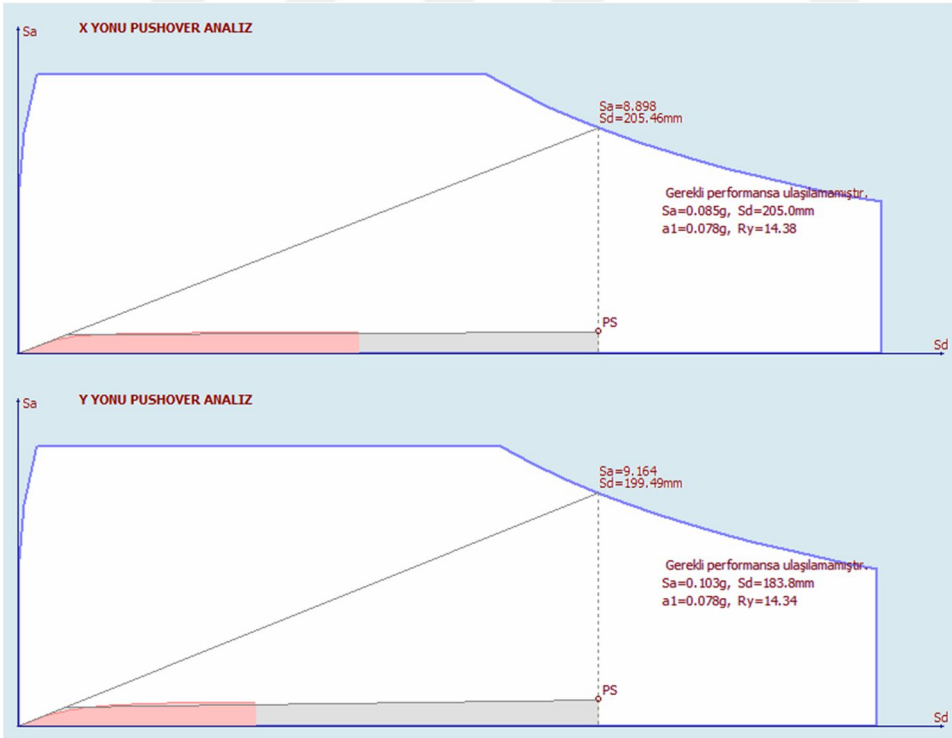
Yatay elastik tasarım spektrumları karşılaştırıldığında ZC zemin sınıfında daha büyük spektral ivme değerleri olmasına rağmen yapı periyotları T_B 'den ve 1,1 saniyeden büyük olduğu için yapıya gelen taban kesme kuvveti değerlerinde, ZE zemin sınıfında ZC zemin sınıfına göre daha büyük değerler çıkmıştır. Bunun nedeni ise ZE spektrum eğrilerinde ZC eğrilerine göre T_A ve T_B değerlerinin yaklaşık iki kat artması ile daha büyük spektral ivme değerlerinin bulunmasıdır.

4.5.1. STA4-CAD Analiz Programına Göre Performans Noktası Değerleri

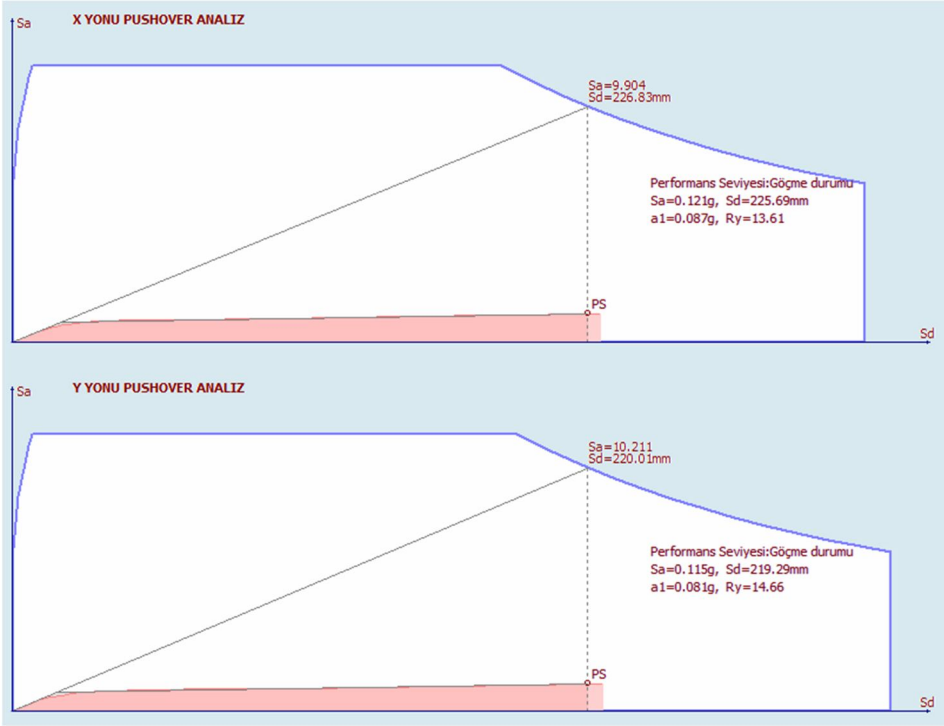
STA4-CAD analiz programı ile yapılan itme analizi sonucunda kapasite eğrileri ve performans noktası yerdeğiştirme değerleri üç farklı bölge için hem X yönü hem de Y yönünde C14 beton sınıfı ve ZC/ZE zemin sınıfında Şekil 44, Şekil 45, Şekil 46, Şekil 47, Şekil 48 ve Şekil 49'da verilmiştir.



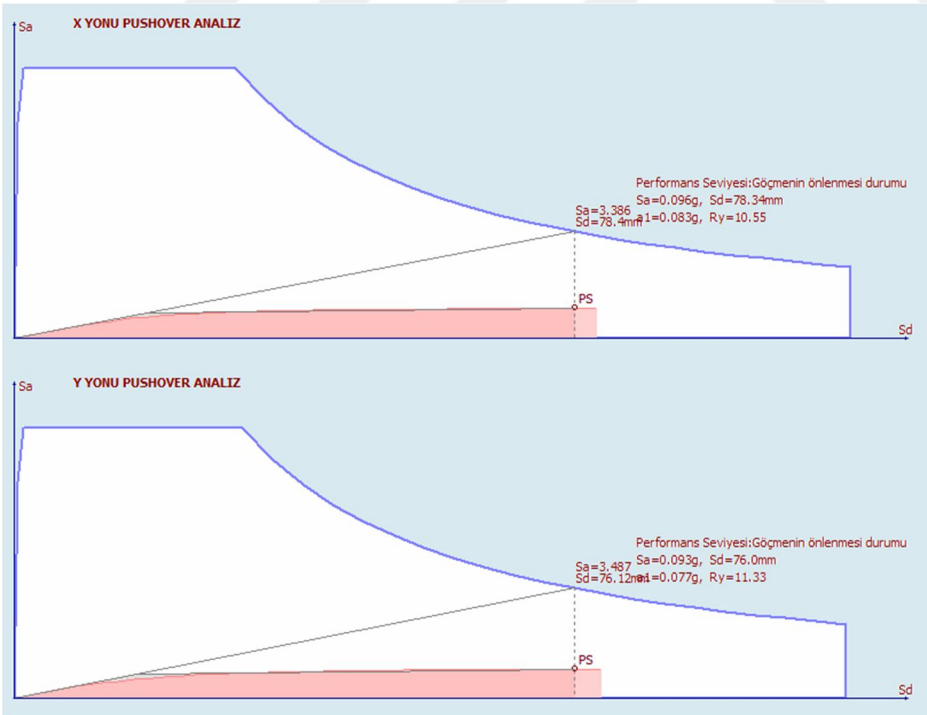
Şekil 44. C14/ZE Çanakkale performans noktası yerdeğiştirme istemi



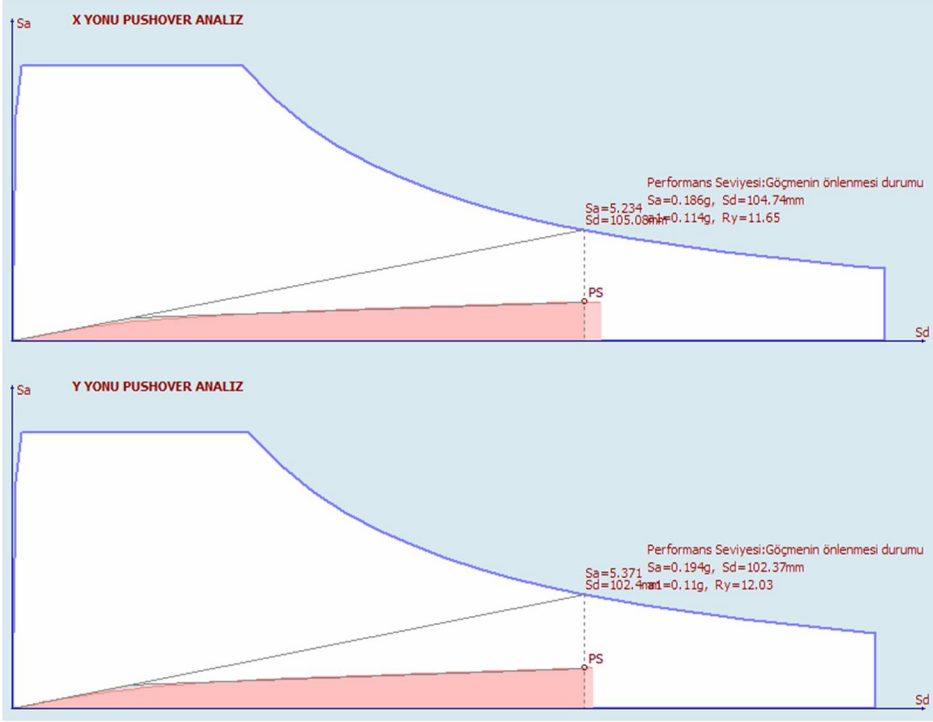
Şekil 45. C14/ZE Gelibolu performans noktası yerdeğiştirme istemi



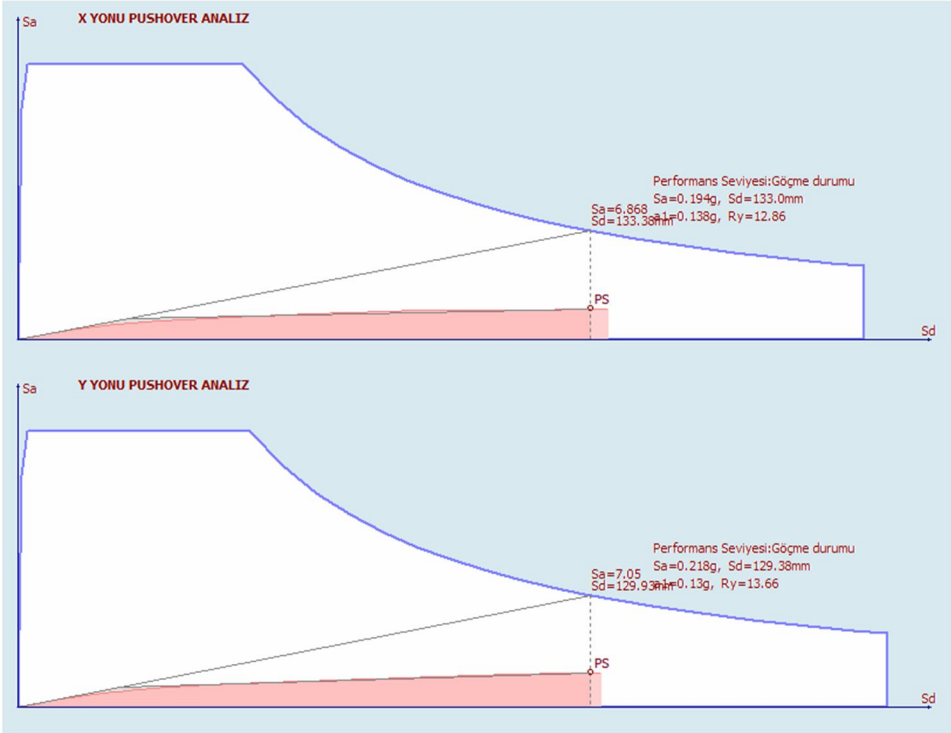
Şekil 46. C14/ZE Güneyli performans noktası yerdeğiştirme istemi



Şekil 47. C14/ZC Çanakkale performans noktası yerdeğiştirme istemi



Şekil 48. C14/ZC Gelibolu performans noktası yerdeğiştirme istemi



Şekil 49. C14/ZC Güneyli performans noktası yerdeğiştirme istemi

Performans noktası yerdeğiştirme istemi değerleri hesaplandıktan sonra Tablo 27 ve Tablo 28’de bu değerler C14 beton sınıfı ve ZE/ZC zemin sınıfı özelinde üç bölge için karşılaştırılmıştır.

Tablo 27

C14/ZE performans noktası yerdeğiştirme istemi

C14/ZE	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)
Çanakkale Merkez	16,73	16,24
Gelibolu Merkez	20,54	19,94
Gelibolu Güneyli	22,56	21,92

Tablo 28

C14/ZC performans noktası yerdeğiştirme istemi

C14/ZC	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)
Çanakkale Merkez	7,83	7,60
Gelibolu Merkez	10,47	10,23
Gelibolu Güneyli	13,30	12,93

Yerdeğiştirme istemi değerleri hesaplandıktan sonra kolon ve kirişlerde meydana gelen hasar durumlarına göre bina performans düzeyi tespit edilir.

4.5.2. ZC/C10 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu

ZC/C10 Çanakkale Merkez’deki binada kiriş ileri hasar durumu Şekil 50’de görüldüğü üzere %50 çıkmıştır. İH %35’ten büyük olduğu için Kontrollü Hasar Performans

Düzeyi sağlanmamaktadır. Kolonlarda İleri Hasar oluşmamıştır. Performans düzeyi Göçmenin Önlenmesi Durumu'dur.

***** BINA PERFORMANSI *****

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	83.3	16.7	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0
4	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	16.7	58.3	25.0	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0
3	0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	58.3	41.7	0.0	8.3	41.7	50.0	0.0	8.3	41.7	50.0	0.0
2	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					100.						50.0				

X yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12
Y yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	74.3	25.7	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	49.7	50.3	0.0	0.0	53.8	46.2	0.0	0.0
4	68.6	31.4	0.0	0.0	84.4	15.6	0.0	0.0	22.1	77.9	0.0	0.0	19.1	80.9	0.0	0.0
3	18.2	81.8	0.0	0.0	34.2	65.8	0.0	0.0	9.6	90.4	0.0	0.0	4.9	95.1	0.0	0.0
2	23.1	76.9	0.0	0.0	20.5	79.5	0.0	0.0	5.5	94.5	0.0	0.0	5.3	94.7	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.													95.1		

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

İleri Kiriş Hasar oranı= $\geq 50.0 > \geq 20$ Kontrollü hasar performans bölgesi ×
Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir. Kontrollü hasar performans bölgesi ×

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=($IH \geq 50.0 > \geq 20$ ×), (GB= ≥ 0 ✓)

Kolon Hasar oranı=($IH \geq 0.0 < \leq 20$ ✓), (GB= ≥ 0 ✓)

Üst kat Vc oranı=($IH \geq 0.0 < \leq 40$ ✓), (GB= ≥ 0 ✓)

Plastikleşen kolon Vc oranı=($IH+GB \geq 0.0 < \leq 30$ ✓)

Şekil 50. ZC/C10 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.5.3. ZE/C10 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu

ZE/C10 Çanakkale Merkez'deki binada kiriş göçme bölgesi hasar oranı %100 olup, %20'den büyük olduğu için Şekil 51'de de görüldüğü gibi Göçmenin Önlenmesi Durumu sağlanmamaktadır. Göçme Bölgesi kolon Vc oranı %5,4 çıkmıştır. %40'tan küçük olduğu için kolonlarda Göçmenin Önlenmesi sağlanmaktadır. Bina performans düzeyi, kirişlerin tamamının göçme bölgesinde kalmasından dolayı Göçme Durumu'dur.

***** BINA PERFORMANSI *****

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	33.3	50.0	8.3	8.3	33.3	58.3	0.0	8.3
4	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	16.7	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	83.3
3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	8.3	0.0	91.7	0.0	8.3	0.0	91.7
2	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	8.3	91.7	0.0	0.0	8.3	91.7
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.			100.							8.3			58.3		

X yönü kiriş sayısı=0,36,36,36,36,36
Y yönü kiriş sayısı=0,36,36,36,36,36

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	94.8	5.2	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	98.2	0.8	1.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	14.0	86.0	0.0	0.0	72.2	27.8	0.0	0.0	8.5	91.5	0.0	0.0	8.5	91.5	0.0	0.0
4	9.1	90.9	0.0	0.0	84.0	16.0	0.0	0.0	9.7	90.3	0.0	0.0	19.2	80.8	0.0	0.0
3	0.0	100.	0.0	0.0	86.3	13.7	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
2	0.0	88.1	6.5	5.4	77.0	23.0	0.0	0.0	0.0	75.8	24.2	0.0	0.0	75.8	24.2	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.		100.		5.4	100.						24.2					

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%100.0>%20 Göçmenin önlenmesi durumu ×
Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Sınırlı hasar performans bölgesi ×

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%100.0>%20 ×

Kolon Vc oranı=%5.4<%40 ✓

Üst kat Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Plastiklesen kolon Vc oranı=%0.0<%30 ✓

Şekil 51. ZE/C10 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.5.4. ZE/C14 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu

ZE/C14 Çanakkale Merkez'deki binada kiriş göçme bölgesi hasar oranı %100 olup, %20'den büyük olduğu için Şekil 52'den görüldüğü üzere Göçmenin Önlenmesi Durumu sağlanmamaktadır. Kolon Vc oranı ise %0,8 olup, %40'tan küçük olduğu için sağlanmaktadır. Bina performans düzeyi, kirişlerin tamamının göçme bölgesinde kalmasından dolayı Göçme Durumu'dur.

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	16.7	83.3	0.0	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0	25.0	58.3	0.0	16.7	25.0	58.3	0.0	16.7
4	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	16.7	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	83.3
3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	8.3	0.0	91.7	0.0	8.3	0.0	91.7
2	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	8.3	91.7	0.0	0.0	8.3	91.7
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.	83.3		100.							8.3					

X yönü kiriş sayısı=0,24,24,24,24,24

Y yönü kiriş sayısı=0,24,24,24,24,24

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	92.1	7.9	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	98.4	0.0	0.7	0.8	100.	0.0	0.0	0.0
5	16.4	83.6	0.0	0.0	64.2	35.8	0.0	0.0	9.6	90.4	0.0	0.0	9.6	90.4	0.0	0.0
4	9.4	90.6	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
3	0.0	100.	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
2	0.0	100.	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.					100.					100.	0.7	0.8				

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı= $\%100.0 > \%20$ Göçmenin önlenmesi durumu \times
Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Sınırlı hasar performans bölgesi \times

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı= $\%100.0 > \%20$ \times

Kolon Vc oranı= $\%0.8 < \%40$ \checkmark

Üst kat Vc oranı= $\%0.8 < \%40$ \checkmark

Plastiklesen kolon Vc oranı= $\%0.0 < \%30$ \checkmark

Şekil 52. ZE/C14 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.5.5. ZC/C14 Çanakkale Merkez Analiz Sonucu

ZC/C14 Çanakkale Merkez'deki binada kontrollü hasar performans düzeyinde kiriş ileri hasar oranı $\%75$ olup, $\%35$ 'ten büyük olduğu için Kontrollü Hasar Performans düzeyi sağlanmamıştır. Kolonlarda ileri hasar oluşmamıştır. Bina performans düzeyi Şekil 53'deki sonuçlara göre Göçmenin Önlenmesi Durumu'dur.

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0
4	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	16.7	16.7	66.7	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0
3	0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	8.3	16.7	75.0	0.0	8.3	91.7	0.0	0.0
2	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					100.					75.0					

X yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

Y yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	98.7	1.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	80.2	19.8	0.0	0.0	92.7	7.3	0.0	0.0	91.4	8.6	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	85.6	14.4	0.0	0.0	92.5	7.5	0.0	0.0
2	92.9	7.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	92.3	7.7	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					19.8										

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

İleri Kiriş Hasar oranı= $75.0 > 20$ Kontrollü hasar performans bölgesi ×
Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir. Kontrollü hasar performans bölgesi ×

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=($IH=75.0 > 20$ ×), (GB=0 ✓)

Kolon Hasar oranı=($IH=0.0 < 20$ ✓), (GB=0 ✓)

Üst kat Vc oranı=($IH=0.0 < 40$ ✓), (GB=0 ✓)

Plastiklesen kolon Vc oranı=($IH+GB=0.0 < 30$ ✓)

Şekil 53. ZC/C14 Çanakkale bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.5.6. ZE/C14 Gelibolu Merkez ve Güneyli Analiz Sonucu

ZE/C14 Gelibolu Merkez analiz sonucunda, Şekil 54'te görüldüğü üzere göçme bölgesi maksimum kiriş hasarı %100 olduğu için göçmenin önlenmesi sağlanmamaktadır. Kolonlarda ise belirgin hasar seviyesi maksimum %100 olduğu görülmektedir.

***** BINA PERFORMANSI *****

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	41.7	58.3	16.7	8.3	75.0	0.0	16.7	16.7	66.7	0.0
3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	8.3	16.7	75.0	0.0	8.3	16.7	75.0	0.0
2	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.			100.							75.0			100.		

X yönü giriş sayısı=0,12,12,12,12,12
Y yönü giriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	92.9	7.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	97.9	2.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	16.9	83.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	43.0	57.0	0.0	0.0	43.0	57.0	0.0	0.0
4	9.4	90.6	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	9.5	90.5	0.0	0.0
3	11.6	88.4	0.0	0.0	84.5	15.5	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
2	13.9	86.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	3.7	96.3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.					100.					100.						

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:
Gerekli performansa ulaşılamadan yapı geçmiştir.

Şekil 54. ZE/C14 Gelibolu bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

ZE/C14 Güneyli analiz sonucunda, Şekil 55'te verilen göçme bölgesi maksimum kırış hasarı %100 olduğu için göçmenin önlenmesi sağlanmamaktadır. Kolonların ise maksimum %13,9 göçme bölgesinde olduğu görülmektedir.

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	16.7	16.7	66.7	0.0	16.7	75.0	8.3	0.0
3	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	8.3	16.7	75.0	0.0	8.3	50.0	41.7	0.0
2	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.			100.							75.0			100.		

X yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

Y yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	85.5	14.5	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	97.9	2.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	16.7	83.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	9.5	85.9	4.7	0.0	92.0	8.0	0.0	0.0	53.5	46.5	0.0	0.0	32.3	67.7	0.0	0.0
3	6.0	78.8	15.2	0.0	84.8	15.2	0.0	0.0	22.2	77.8	0.0	0.0	24.2	75.8	0.0	0.0
2	13.1	60.1	12.9	13.9	100.	0.0	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	17.6	82.4	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.			15.2	13.9	100.					87.5						

ALTI VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Gerekli performansa ulaşılamadan yapı göçmüştür.

Şekil 55. ZE/C14 Güneyli bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.5.7. ZC/C14 Gelibolu Merkez ve Güneyli Analiz Sonucu

ZC/C14 Gelibolu analiz sonucunda, Şekil 56'da görüldüğü üzere göçme bölgesinde kiriş hasarı oluşmamıştır. Kirişlerde ileri hasar seviyesi maksimum %100 olup, %35'ten büyük olduğu için kontrollü hasar performans düzeyi sağlanmamıştır. Kolonlar ise belirgin hasar sınırını geçmemiştir. Yapı performans seviyesi Göçmenin Önlenmesi Durumu'dur.

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	16.7	8.3	75.0	0.0	16.7	8.3	75.0	0.0
4	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	16.7	8.3	75.0	0.0	16.7	0.0	83.3	0.0
3	0.0	16.7	83.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	8.3	33.3	58.3	0.0	8.3	16.7	75.0	0.0
2	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.		100.					100.		100.							

X yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

Y yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	29.3	70.7	0.0	0.0	90.9	9.1	0.0	0.0	42.7	57.3	0.0	0.0	42.5	57.5	0.0	0.0
5	23.8	76.2	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	44.0	56.0	0.0	0.0	40.7	59.3	0.0	0.0
4	13.1	86.9	0.0	0.0	91.2	8.8	0.0	0.0	42.7	57.3	0.0	0.0	21.4	78.6	0.0	0.0
3	59.8	40.2	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
2	38.6	61.4	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	12.6	87.4	0.0	0.0	17.6	82.4	0.0	0.0
1	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.					100.					100.						

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
5	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
4	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
3	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
2	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
1	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

İleri Kiriş Hasar oranı= $\#100.0 \geq 20$ Kontrollü hasar performans bölgesi ✗
 Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir. Kontrollü hasar performans bölgesi ✗

Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=($IH \#100.0 \geq 20$ ✗), ($GB \#0$ ✓)Kolon Hasar oranı=($IH \#0.0 \leq 20$ ✓), ($GB \#0$ ✓)Üst kat Vc oranı=($IH \#0.0 \leq 40$ ✓), ($GB \#0$ ✓)Elastikleşen kolon Vc oranı=($IH+GB \#0.0 \leq 30$ ✓)

Şekil 56. ZC/C14 Gelibolu bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

ZC/C14 Güneyli analiz sonucunda, Şekil 57’de görüldüğü üzere kirişlerin maksimum hasarı %25 ile göçme bölgesindedir. %20’den büyük olduğu için göçmenin önlenmesi performans düzeyi sağlanmamaktadır. Kolonlar ise ileri hasar seviyesine geçmeyip, maksimum %100 ile belirgin hasar seviyesindedir.

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	66.7	33.3	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	0.0	8.3	91.7	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	16.7	8.3	58.3	16.7	16.7	8.3	58.3	16.7
4	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	83.3	16.7	16.7	0.0	66.7	16.7	16.7	0.0	66.7	16.7
3	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	100.	0.0	8.3	8.3	58.3	25.0	8.3	8.3	83.3	0.0
2	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max.				25.0			100.		100.	75.0						

X yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

Y yönü kiriş sayısı=0,12,12,12,12,12

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
6	29.5	70.5	0.0	0.0	90.9	9.1	0.0	0.0	31.0	69.0	0.0	0.0	31.0	69.0	0.0	0.0
5	16.1	83.9	0.0	0.0	82.9	17.1	0.0	0.0	17.8	82.2	0.0	0.0	17.8	82.2	0.0	0.0
4	36.1	63.9	0.0	0.0	82.8	17.2	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
3	40.5	59.5	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
2	20.7	79.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.					100.					100.						

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BİNA PERFORMANS SONUCU:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=25.0>20 Göçmenin önlenmesi durumu X
 Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Sınırlı hasar performans bölgesi X

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=25.0>20 X

Kolon Vc oranı=0.0<40 ✓

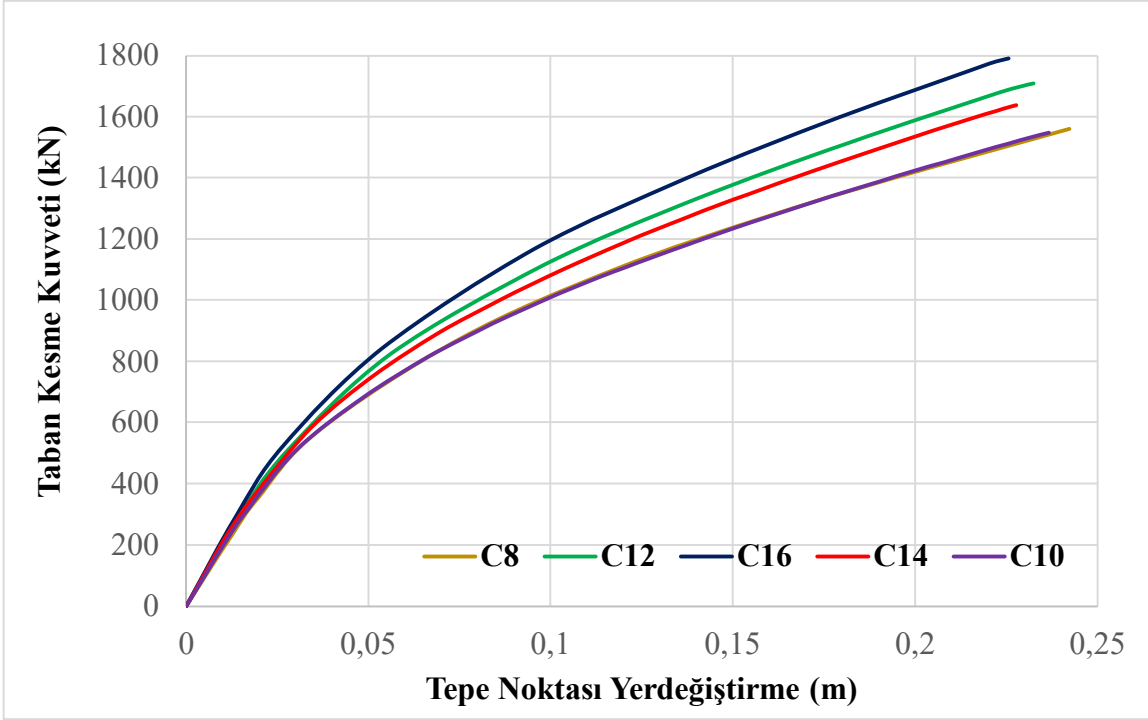
Üst kat Vc oranı=0.0<40 ✓

Plastiklesen kolon Vc oranı=0.0<30 ✓

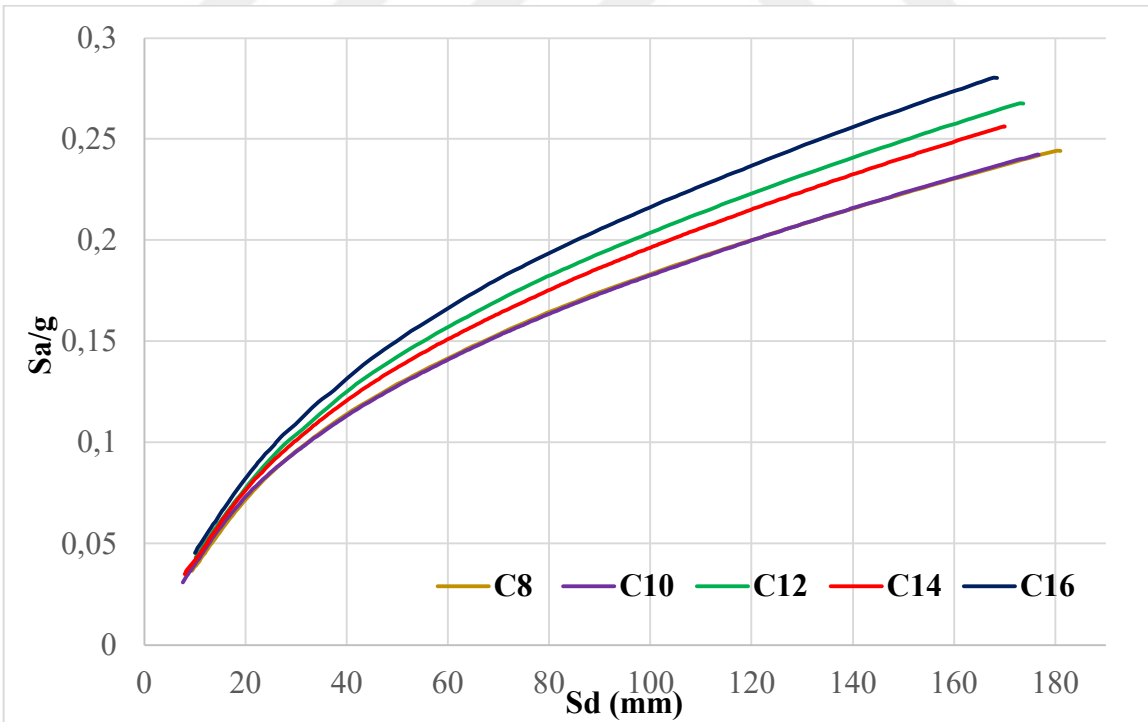
Şekil 57. ZC/C14 Güneyli bina performans düzeyi STA4-CAD çıktısı

4.6. Farklı Beton Dayanımına Göre Statik İtme Eğrileri

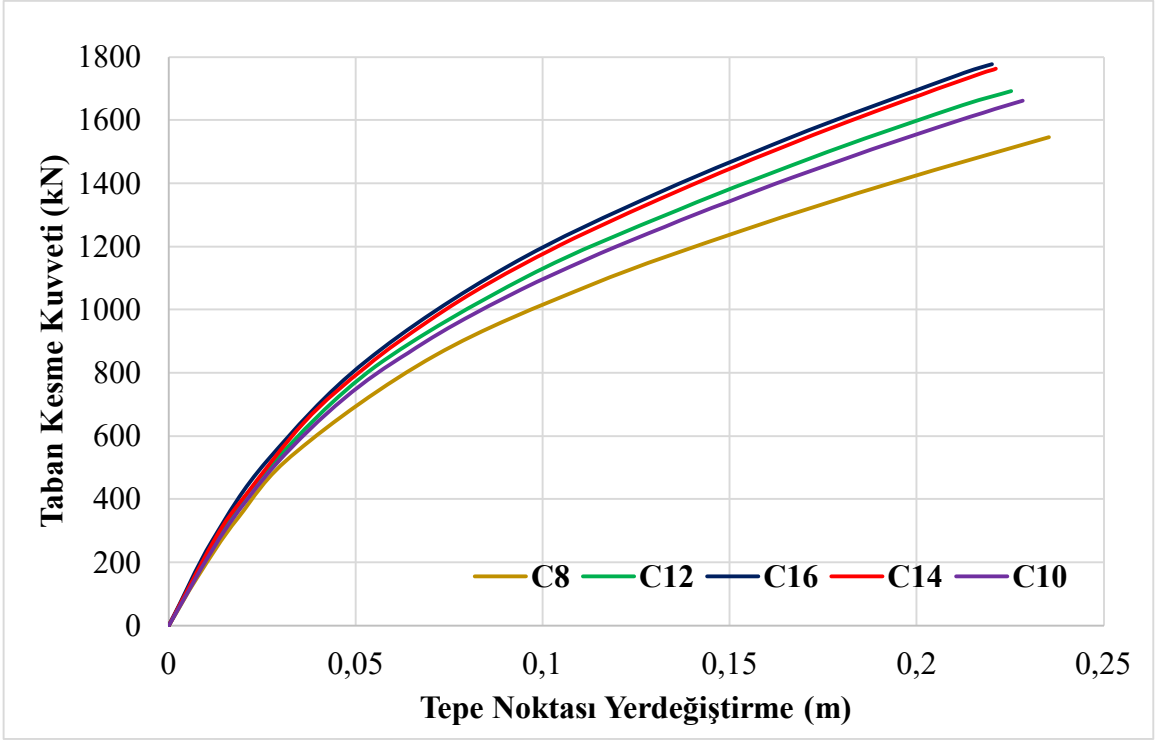
Bu tez çalışmasında son olarak Çanakkale Merkez’de olan tez projesinde incelenen binanın beton dayanımlarını C8, C10, C12, C14 ve C16 olarak betonarme taşıyıcı elemanların kesit ve donatıları değiştirilmeden statik itme analizleri yapılmıştır. Elde edilen statik itme eğrileri Şekil 58 ve Şekil 60’ta sırasıyla X yönü ve Y yönü için karşılaştırılmıştır. Modal yerdeğiştirme eğrileri ise Şekil 59 ve Şekil 61’de sırasıyla X yönü ve Y yönü için karşılaştırılmıştır. Beton dayanımı artıka yapının taşıma kapasitesinin de artığı görülmüştür.



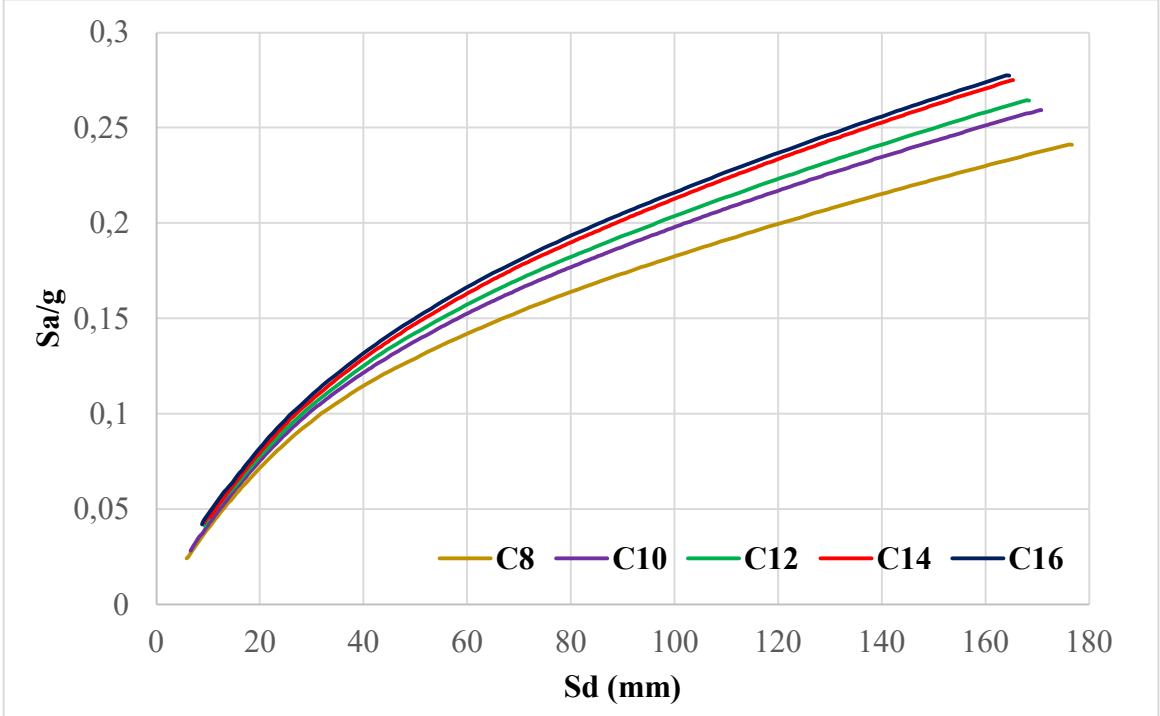
Şekil 58. Farklı beton sınıfları ile X yönü statik itme eğrisi



Şekil 59. Farklı beton sınıfları ile X yönü modal yerdeğiştirme eğrilerinin karşılaştırılması



Şekil 60. Farklı beton sınıfları ile Y yönü statik itme eğrisi



Şekil 61. Farklı beton sınıfları ile Y yönü modal yerdeğiştirme eğrilerinin karşılaştırılması

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde mevcut yapıların önemli bir kısmı 1975 deprem yönetmeliği ile TS500/1984 standartları kullanılarak 1985-1998 yılları arasında inşa edilmiştir ve halen kullanım halindedir. Bu mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile güçlendirme gereken yapıların tespiti can güvenliği açısından oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında ABYYHY-1975 ve TS500/1984 standartları ile inşa edildiği düşünülen 5 katlı bir betonarme binanın deprem performansı, 18 Mart 2018'de yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) kapsamında incelenmiştir.

5.1. Sonuçlar

Tez çalışmasında öncelikle örnek tek katlı tek açıklıklı betonarme bir düzlem çerçeve sistemin statik itme analizi, adım adım ayrıntılı olarak yapılmıştır. Statik itme analizi için gerekli olan taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik değerleri ile etkin kesit rijitlikleri ve plastik mafsallı dönme kapasitesi değerleri TBDY 2018'e uygun olarak belirlenmiştir. Daha sonra itme analizi sistem göçme durumuna ulaşmaya kadar yapılmıştır. İtme analizinin ilk adımı matris yerdeğiştirme yöntemi ile diğer iki adım kuvvet yöntemi ile hesaplanmıştır. Son adımda ise sistem izostatiktir. Bu şekilde hesaplanan tepe noktası yerdeğiştirme değerleri ve taban kesme kuvveti değerleri ile statik itme eğrisi elde edilmiştir. Son olarak modal yerdeğiştirme istemi bulunarak yapının performans düzeyi belirlenmiştir.

Analizde yığılı plastik mafsallı kabulü yapılmıştır. Yapılan performans analizi sonucunda kirişin sağ ucu elastik olmayan bölgede çıkmıştır. Kolonlar ise elastik bölgede kalmıştır. Yapı performansının Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu tespit edilmiştir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda yapının statik itme analizi yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanabilir ve yığılı plastik davranış modeliyle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilir.

Tez çalışmasının son kısmında Çanakkale ili içinde bulunduğu varsayılan, 1975 deprem yönetmeliği ve TS500/1984 standartlarına uygun projelendirildiği düşünülen 5 katlı bir betonarme bina ele alınmıştır. Ele alınan bina Çanakkale ili içerisinde üç farklı bölge için farklı beton ve zemin sınıfları için analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada üç farklı bölge için yatay elastik tasarım spektrumları, taban kesme kuvvetleri, performans noktası yerdeğiştirme istemi değerleri ve kolon-kiriş hasar yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın yapıldığı bu üç bölge sırasıyla Çanakkale Merkez, Gelibolu Merkez ve Gelibolu Güneyli beldesidir. Bu bölgelerin seçilme nedeni ise Saros–Gaziköy Fayı'na olan mesafe azaldıkça spektral ivme değerlerinin ve en büyük yer ivmesinin beklenildiği üzere artmasıdır.

2018 deprem yönetmeliği kapsamında performans analizi, Sabit Tek Modlu İtme Analizi Yöntemi kullanılarak STA4-CAD paket program yardımıyla gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

- 1) 2018 deprem yönetmeliği ile yürürlüğe giren deprem tehlike haritası yapının konumuna ve zemin sınıfına göre daha detaylı veriler sunmakta ve yapıların bu yeni değerlere uygun olarak tasarlanmasını öngörmektedir. 1975 deprem yönetmeliği ile hesaplanan taban kesme kuvvetinin, 2018 deprem yönetmeliği ile hesaplanan Çanakkale ZC zemin sınıfında hesaplanan taban kesme kuvvetine yakın olduğu söylenebilir. 1975 deprem yönetmeliğinde toplam yatay yükü hesaplanan yapı, aynı deprem bölgesinde nerede yapılırsa yapılsın elde edilen toplam yatay yük değişmemektedir. Ancak Çanakkale ZE zemin sınıfında ve Gelibolu'daki ZE/ZC zemin sınıfındaki yapılar için TBDY 2018'de deprem yükü olarak bu binalar için Çanakkale Merkezi'nde ZC zemin sınıfı için verilen değerlerin yaklaşık 1,5 ve 2 katı kadar taban kesme kuvveti öngörülmüştür. Taban kesme kuvvetindeki artışlar nedeni ile ZE zemin sınıfında ZC zemin

sınıfına göre yerdeğiştirme istemi değerlerinde yaklaşık 2 kat artış olduğu görölmektedir.

- 2) TBDY-2018’de eleman rijitliklerinde brüt kesit rijitliği yerine etkin kesit rijitliği kullanıldığı için yapıların yatay ötelenmelerinde önemli artışlar olmaktadır. 1975 ve 2018 deprem yönetmeliklerindeki en önemli farkın eleman ve yapı sünekliğindeki büyük artış olduğu söylenebilir.
- 3) TBDY-2018’e göre spektrum eğrileri karşılaştırıldığında ZC zemin sınıfında ZE zemin sınıfına göre daha büyük spektral ivme değerleri görölmektedir. Ancak yapı periyotları T_B ’den ve 1,1 saniyeden büyük olduğu için yapıya gelen taban kesme kuvveti değerlerinde, ZE zemin sınıfında ZC zemin sınıfına göre üç bölgede de daha büyük değerler çıkmıştır. Bunun nedeni ise ZE spektrum eğrilerinde ZC eğrilerine göre T_A ve T_B değerlerinin yaklaşık iki kat artması ile daha büyük spektral ivme değerlerinin bulunmasıdır.
- 4) Yapı performans seviyeleri Çanakkale Merkez’de ZC/C10 ve ZC/C14 için Göçmemin Önlenmesi Durumunda, Çanakkale Merkez ZE/C10 ve ZE/C14 için Göçme Durumunda olduğu tespit edilmiştir. Gelibolu ve Güneyli’de ZE/C14 için yapı performans seviyesinin Göçme Durumu’nda olduğu tespit edilmiştir. Gelibolu Merkez’de ise performans seviyesi olarak ZC/C14 için Göçmenin Önlenmesi Durumu sağlanmıştır. Güneyli ZC/C14 performans düzeyi ise Göçme Durumu’dur.

Bu koşullar altında Çanakkale Merkez’deki ZC/C14 ve ZC/C10 yapılarının Göçmenin Önlenmesi Durumu performans seviyesinde olduğu görölmektedir. Çalışmada Gelibolu’da ZC zemin sınıfı üzerinde inşaa edilmesi durumunda C14 beton sınıfı kullanılırsa performans seviyesinin Göçmenin Önlenmesi Durumu’nda olduğu görölmektedir. Performans düzeyi Göçme durumunda çıkan yapılarda özellikle kirişlerindeki hasar yüzdelерinin büyüklükleri nedeni ile istenilen davranışa ulaşamadıkları anlaşılmaktadır.

İleriki çalışmalarda binalarda farklı güçlendirme yöntemlerinin kullanılmasının performansa etkisi ile ekonomiklikleri karşılaştırılabilir.

Son olarak da Çanakkale Merkez'de inşa edildiği kabul edilen yapının betonarme taşıyıcı elemanlarının kesit ve donatıları değiştirilmeden farklı beton dayanımları (C8, C10, C12, C14, C16) için statik itme analizleri yapılmıştır. Elde edilen statik itme eğrileri ve modal yerdeğiştirme eğrileri karşılaştırılmıştır. Beton dayanımı arttıkça yapının taşıma kapasitesinin arttığı görülmüştür.



KAYNAKÇA

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1975). Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı. İmar ve İskân Bakanlığı. Erişim: 20 Ocak 2022, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/1_1_1975_deprem_yonetmel-g--20191127140243.pdf.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. Erişim: 15 Şubat 2022, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/1_2_1997_deprem_yonetmel-g--20191127140319.pdf.

Ahıskalı, H. (2021). Betonarme Yapılarda Güçlendirme Yöntemlerinin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İrdelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Amasralı, S. (2000). Çok katlı Betonarme Yapıların Üç Boyutlu Analiz ve Tasarımı, STA4-CAD, Version 14.1, İstanbul.

Asfuroğlu, S. (2018). Çok Katlı Çelik Binaların İtme Analizi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, İstanbul.

Can, D. (2005). Statik İtme (Pushover) Yöntemiyle Mevcut Bir Yapının Güvenliğinin Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, İstanbul.

Çapa, Y. U. (2020). Kat Adetleri Farklı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Çelik, H. (2009). Mevcut Bir Yapının Statik İtme Analizi (Pushover) Yöntemi İle Güçlendirme Performansının Değerlendirilmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, Sakarya.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. Erişim: 15 Kasım 2021, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm>.

Deprem Kataloğu, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2022, 10 Ocak). Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu/>.

Dilek, E. B. (2019). Korozyon Etkisi Altındaki Betonarme Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Davranışının Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi İle İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

Doğanay, E. (2011). Betonarme Yapıların Hasar Görebilirliğinin Aletsel Verilere Ve Statik İtme Analizine Göre Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.

Egi, E. (2021). Statik İtme Analizi Yöntemiyle Betonarme Yapılarda Çeşitli Taşıyıcı Sistem Tasarımlarının Performanslarının Değerlendirilmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, Sakarya.

Foroughi, S. ve Yüksel, B. (2022). TBDY 2018'e Göre Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Betonarme Yapı Sistemlerinin Performans Analizi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), s. 33-55.

İbiş, T. ve Ulutaş, H. (2021). Yeni Yapılacak Betonarme Bir Binanın TBDY 2018'e göre Deprem Performansının Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), s. 1104-1124.

Kulu, S. (2009). Burulma Düzensizlikleri Farklı Betonarme Binaların Hasar Bölgelerinin Belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması Üzerine Sayısal İnceleme. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, İstanbul.

Köksal, H. (2022). Yapısal Çözümlemede Matris Yöntemler Ders Notları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çanakkale.

- Köksal, H. ve Erdoğan, A. (2021). Kuşatılmış Beton İçin Yüksek Dayanımlı Betonarme Elemanlarda Yeni Bir Model. Yayınlanmamış Bildiri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Mander, J. B., Priestley, M. J. N. and Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete, *Journal of Structural Engineering*, 114(8) pp: 1804-1826.
- Sarı, O. ve Ulutaş, H. (2021). Mevcut Konut Türü Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin İncelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4), s. 1129-1144.
- Sarıoğlu, İ. (2020). Statik İtme Ve Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Yöntemlerinin Zemin Yapı Etkileşimi Dikkate Alınarak İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Suci, E. (2016). Burulma Düzensizliği Bulunan Betonarme Yapıların Statik İtme Analizi İle Yapı Performansının Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, Konya.
- TDTH İnteraktif Web Uygulaması*, (2021). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2021, 10 Kasım). Erişim adresi: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>.
- TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, (1984). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turna, İ. Ç. (2021). Kat Adetleri Farklı İki Adet Betonarme Yapının Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizine Göre Tasarım Sonuçlarının TBDY 2019 Kapsamında Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Türel, U. (2019). Düz Donatılı Betonarme Bina Performansının Statik İtme Analizi İle Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.

- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
Erişim: 10 Aralık 2020,
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf>.
- Uçar, T. (2011). Betonarme Binaların Hasar Görebilme Olasılıklarının Artımsal İtme Analizi Esaslı Yöntemle Belirlenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı, İzmir.
- Yılmaz, B. R. (2010). Statik İtme Analizi Yöntemiyle Betonarme Yapıların İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- Yön, B. (2007). Betonarme Yapıların Statik İtme Analizi İle Performanslarının Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- William, K. and Warnke, E.P. (1975). Constitutive Models For The Triaxial Behavior Of Concrete. *International Association of Bridge and Structural Engineering (IABSE) Seminar on Concrete Structures Subjected to Triaxial Stresses*, Bergamo, Vol 19, pp. 1-30.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim SOYİSİM :

Doğum Yeri :

Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :

Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller :

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Bildiriler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

İLETİŞİM

E-posta Adresi :

ORCID :