

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BETONARME KONUT YAPILARININ
PERFORMANS ESASLI DEĞERLENDİRİLMESİ

ZİYA CAN ÖREN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

GEBZE
2020

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BETORNARME KONUT
YAPILARININ PERFORMANS ESASLI
DEĞERLENDİRİLMESİ

ZİYA CAN ÖREN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE
2020

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**PERFORMANCE BASED ASSESSMENT OF
EXISTING RESIDENTAL BUILDING**

ZİYA CAN ÖREN
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE

2020



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/07/2020 tarih ve 2020/34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 24/07/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ziya Can ÖREN' in tez çalışması Deprem Ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR

ÜYE

: Dr. Öğretim Üyesi Ülgen Mert-Tuğsal

ÜYE

: Dr. Öğretim Üyesi Ali Bozer

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, mevcut bir betonarme konut yapısının performans esaslı değerlendirmesi yapılmıştır. Kaynak olarak “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)” ve “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)” kullanılmıştır. Her iki yönetmeliğe göre analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) : Bölüm 7 - Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” dahilinde açıklanan yöntemlerle hazırlanan üç boyutlu matematiksel model üzerinden yapılan tek modlu itme analizinden elde veriler, aynı bölümde açıklanan performans hedefleriyle kıyaslanmış ve mevcut binanın Can Güvenliği Performans Düzeyi’ni sağlayamadığı sonucuna varılmıştır. “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) : Bölüm 15 – Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi Ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar” dahilinde açıklanan yöntemlerle, aynı binanın üç boyutlu matematiksel modeli oluşturulmuş ve aynı yönetmelikte yer alan “Bölüm 5 – Deprem Etkisi Altında Binaların Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarımı İçin Hesap Esasları” içerisinde açıklanan tek modlu itme yöntemiyle yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler, “Bölüm 15” kapsamında belirtilen performans hedefleriyle kıyaslanmış ve binanın Kontrollü Hasar Performans Düzeyi’ni sağlayamadığı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, yönetmeliklerde bulunan hesap yöntemleri arasındaki farklılıklar sebebiyle, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)” ile yapılan hesaplamalarda, diğer yönetmeliğe göre yapılan hesaplara kıyasla, binadaki elemanların daha fazla hasar aldığı ortaya çıkmış ve model kapasite diyagramında farklılık oluşmuştur. Ayrıca tez dâhilinde, sayısal modellerin doğrusal olmayan statik itme analizlerinde hesap parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şekildeğiştirme Esaslı Değerlendirme, Doğrusal Olmayan Analiz, Tek Modlu İtme Analizi, Mevcut Bina Değerlendirmesi, Deprem.

SUMMARY

In this study, performance based evaluation of an existing reinforced concrete residential structure was carried out. "Regulation on Buildings to be Built in Seismic Zones (2007)" and "Turkey Earthquake Building Regulation (2018)" were used as sources. Analyzes were made according to both regulations and the results were compared. The data obtained from the single-mode pushover analysis, which was made by using the three-dimensional mathematical model prepared with the methods described in "Regulation on Buildings to be Built in Earthquake Zones (2007): Chapter 7 - Evaluation and Strengthening of Existing Buildings" were compared with the performance targets described in the same section and it was concluded that the building could not provide "Life Safety Performance Level". The same building's three-dimensional mathematical model was created with the methods described in "Turkey Building Earthquake Regulation (2018): Chapter 15 - Evaluation of Existing Building System Under the Influence Seismic Loads and the data obtained as a result of the analysis made with the single mode push method described in the "Chapter 5 - Calculation Principles for the Evaluation and Design of Buildings Under the Effect of Earthquake According to the Deformation were compared with the performance targets specified under "Chapter 15" and it was concluded that the building could not provide the Controlled Damage Performance Level. As a result, due to differences between the present calculation methods in the regulations, it was revealed that in the calculations made by using "Turkey Building Earthquake Regulation (2018)" compared to calculations made by the other regulation, structural elements in the building have taken more damage and the differences occurred in the modal capacity diagrams. Also, within the thesis, the effects of nonlinear parameters in the nonlinear static pushover analysis of mathematical models.

Key Words: Deformation Based Evaluation, Non-Linear Analysis, Single-Mode Pushover Analysis, Existing Building Evaluation, Earthquake.

TEŞEKKÜR

Bu tezi, bana yaşamayı ve tek başıma ayakta durmayı öğreten, akademik başarıyı her zaman destekleyen ve bu tezi bitirmemi benden çok isteyen, babam Kâzım ÖREN'e ithaf ediyorum. Her şey için teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	2
1.2. Daha Önce Yapılan Çalışmalar	3
2. BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER	4
2.1. Zemin Parametreleri	4
2.2. Bina Hakkında Genel Bilgiler	9
3. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNA DEPREM PERFORMANSI ANALİZİ	10
3.1. Binanın Üç Boyutlu Matematiksel Modelinin Oluşturulması	10
3.1.1. Malzeme Modellerinin Tanımlanması	11
3.1.2. Kolon ve Kiriş Kesitlerinin Tanımlanması	12
3.1.3. Kat Düzlemlerinde Düğüm Noktalarında Rijit Diyafram Atanması	13
3.1.4. Yük Tanımlamaları	14
3.1.5. Kütle Kaynağı Oluşturulması	14
3.2. DBYBHY-2007'ye Göre Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Analizi	15
3.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analiz Yapılması	16
3.2.1.1. Doğrusal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile koşulların kontrol edilmesi	16
3.2.1.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	21
3.2.1.3. İtme analizi	24
3.2.1.4. Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi	29

3.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	37
4. 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNA DEPREM PERFORMANSI ANALİZİ	42
4.1. Binanın Üç Boyutlu Matematiksel Modelinin Oluşturulması	42
4.1.1. Malzeme Modellerinin Oluşturulması	42
4.1.2. Kolon ve Kiriş Kesitlerinin Oluşturulması	42
4.1.3. Döşemelere Rijit Diyafram Atanması	43
4.1.4. Yük Tanımlamaları	43
4.1.5. Kütle Kaynağı Oluşturulması	43
4.2. TBDY-2018'e Göre Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Analizi	43
4.2.1. Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi ile Analiz Yapılması	44
4.2.1.1. Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile koşulların kontrol edilmesi	46
4.2.1.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	52
4.2.1.3. İtme analizi	56
4.2.1.4. Birim şekil değiştirme istem ve limitlerinin belirlenmesi	62
4.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	69
5. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 BİNA DEPREM PERFORMANSI KARŞILAŞTIRMASI	77
6. İTME ANALİZİNDE KULLANILAN NON-LINEAR PARAMETRELERİN İTME ANALİZİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	87
7. MODAL KATKI ÇARPANI HESABINDA HESAP YÖNTEMLERİ FARKLILIĞI	96
8. SONUÇ	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	102
EKLER	103

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Gövde kesiti beton alanı
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
b_w	: Kirişin gövde genişliği
C_r	: Spektral yerdeğiştirme oranı
$(C_u)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama drenajsız kayma dayanımı
d	: Kirişin veya kolonun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımında elde edilen modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$d_1^{(x,k)}$	: Birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal yerdeğiştirmesi
d_b	: Mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin toplam çapı
$d_{fi}^{(x)}$	: (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yükten oluşan yerdeğiştirme
$d_{i(avg)}$	: Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan ortalama yerdeğiştirme
$d_{i(max)}$	: Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan maksimum yerdeğiştirme
EI_0	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
EI_e	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ce}	: Betonun ortalama basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı

$F_{fi}^{(x)}$	:	(X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yük
F_s	:	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
f_{ye}	:	Donatının ortalama akma dayanımı
f_{yw}	:	Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
f_{ywd}	:	Enine donatı tasarım akma dayanımı
g	:	Yerçekimi ivmesi
h	:	Çalışan doğrultuda kesitin boyutu
H_i	:	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
h_k	:	Kolon boyu
I	:	Bina önem katsayısı
L_p	:	Plastik mafsallık boyu
L_s	:	Kesme açıklığı
L_{x1}	:	Etkin modal uzunluk
M_1	:	Doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hâkim) moda ait modal kütle
m_i	:	i'inci katın toplam kütlesi
m_t	:	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam kütlesi
M_{x1}	:	x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hâkim) moda ait etkin kütle
n	:	Hareketli yük katılım katsayısı
$(N_{60})_{30}$	:	Üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
N_d	:	Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksel kuvvet
N_K	:	Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen aksel kuvvet
q_i	:	Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	:	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	:	Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	:	Spektrum katsayısı
S_1	:	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

$S_{ae}(T)$	:	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aR}(T)$	:	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_{D1}	:	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{de}(T)$	:	Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi
S_{de1}	:	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	:	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
S_{DS}	:	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	:	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T	:	Bina doğal titreşim periyodu
T_1	:	Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	:	Spektrum karakteristik periyotları
T_L	:	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
$T_p^{(x)}$	:	(X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodu
$u_{xN1}^{(i)}$	:	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
V_c	:	Kesme dayanımına beton katkısı
V_{cr}	:	Kesinti kesmede çatlama dayanımı
V_d	:	Tasarım kesme kuvveti
V_e	:	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_p	:	En yüksek sıkışma dalga hızı
V_r	:	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_s	:	Kayma dalgası hızı
$(V_s)_{30}$	:	Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı
V_t	:	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
V_w	:	Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
$V_{x1}^{(i)}$	:	i'nci adımda x doğrultusundaki taban kesme kuvveti
W	:	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

w_i	:	Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
Γ_{xN}	:	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
$\Delta_{i(max)}$	:	Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
$\Delta_{i(ort)}$	:	Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
δ_{imax}	:	Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
$\epsilon_c^{(GÖ)}$	:	Göçme önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ϵ_{cg}	:	Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cu}	:	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	:	Donatı çeliğı birim şekildeğiştirmesi
$\epsilon_s^{(GÖ)}$	:	Göçme önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliğı birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliğı birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliğı birim şekildeğiştirmesi sınırı
ϵ_{su}	:	Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
η_{bi}	:	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliğı katsayısı
γ	:	Çatlama dayanımına eksenel kuvvet etkisini yansıtan katsayı
θ_p	:	Plastik dönme istemi
$\theta_p^{(GÖ)}$	:	Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	:	Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\theta_p^{(SH)}$	:	Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
ρ_s	:	Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sh}	:	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı

$\rho_{sh, min}$	:	iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
ρ_{sm}	:	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ϕ_p	:	Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	:	Toplam eğrilik istemi
ϕ_u	:	Göçme öncesi eğrilik
Φ_{xin}	:	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay birleşeni
Φ_{xN1}	:	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
ϕ_y	:	Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{yin}	:	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay birleşeni
$\omega_1^{(1)}$	:	Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_B	:	İvme spektrumundaki karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans
ω_{we}	:	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
BKS	:	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	:	Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY-2007	:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)
DTS	:	Deprem Tasarım Sınıfı
PGA	:	En büyük yer ivmesi değeri
PGV	:	En yüksek hız değeri
TBDY-2018	:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.2: Normal kat planı.	9
3.1: Üç boyutlu matematiksel bina modeli.	10
3.2: Beton doğrusal malzeme özellikleri.	11
3.3: Çelik doğrusal malzeme özellikleri.	11
3.4: Beton ve çelik malzeme modeli.	11
3.5: Tanımlanan doğrusal ötesi çelik modeli.	12
3.6: Tanımlanan doğrusal ötesi beton modeli.	12
3.7: “Section designer” ile tanımlanmış kesit.	12
3.8: Yapı analizinde kullanılan tanımlanmış kesitlerin listesi.	13
3.9: Normal kat rijit diyafram planı.	13
3.10: Program yük atamaları.	14
3.11: Kütle kaynağı (mass source) tanımlamaları.	15
3.12: Eşdeğer deprem yükü dağılımı.	17
3.13: Katlara uygulanan eşdeğer deprem yükleri.	20
3.14: Kolon ve kiriş plastik mafsalları.	21
3.15: Perde plastik mafsalları.	22
3.16: Kolon, kiriş ve perde etkin rijitlik tanımlamaları.	24
3.17: Düşey yük kombinasyonu.	25
3.18: Statik itme analizi parametreleri.	25
3.19: Modal kapasite diyagramı.	27
3.20: Spektral ivme – yer değiştirme grafiği.	29
3.21: Moment-eğrilik diyagramı üzerinden akma momenti (ϕ_y) hesabı.	34
4.1: Etkin kesit rijitliklerinin programa tanımlanması.	55
4.2: Statik itme analizi parametreleri.	57
4.3: Modal kapasite diyagramı.	60
4.4: Spektral ivme – yer değiştirme grafiği.	62
4.5: Kolon, kiriş ve perde hasar durumları.	72
5.1: Kolon hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).	81
5.2: Kiriş hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).	81
5.3: Perde hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).	82

5.4:	Kolon hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).	82
5.5:	Kiriş hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).	83
5.6:	Perde hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).	83
5.7:	Modal kapasite diyagramlarının karşılaştırması (x doğrultusu).	86
5.8:	Modal kapasite diyagramlarının karşılaştırması (y doğrultusu).	86
6.1:	Doğrusal olmayan parametrelere göre itme eğrileri (1. kısım).	94
6.2:	Doğrusal olmayan parametrelere göre itme eğrileri (2. kısım).	95
6.3:	Yönetmeliğe göre ideal itme eğrisi.	96

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Zemin parametreleri.	4
2.2: Yerel zemin grupları.	5
2.3: Eski yönetmeliğe göre yerel zemin sınıfları.	6
2.4: Yeni yönetmeliğe göre yerel zemin sınıfları.	6
2.5: Etkin yer ivmesi katsayısı.	7
2.6 : Spektrum karakteristik periyotları.	7
2.7: Sismik parametreler.	8
2.8: Kısa periyot yerel zemin etki katsayılar.	8
2.9: 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları.	8
3.1: Yük tanımları.	14
3.2: Hareketli yük katılım katsayısı.	15
3.3: Eşdeğer deprem yükü hesabı (x doğrultusu).	18
3.4: Eşdeğer deprem yükü hesabı (y doğrultusu).	19
3.5: Kat burulması kontrolü.	20
3.6: Kat ötelemeleri kontrolü.	20
3.7: Kütle katılım oranları.	21
3.8: Kolon ve perde etkin rijitlik hesaplamaları.	23
3.9: Modal katkı çarpanı ve mod şekli genliği hesabı.	26
3.10: Koordinat dönüşümü hesabı.	27
3.11: Spektral yerdeğiştirme hesabı.	28
3.12: Tepe yerdeğiştirmesi istemi hesabı.	29
3.13: Toplam eğrilik istemi hesabı (kolon, x doğrultusu).	30
3.14: Toplam eğrilik istemi hesabı (kolon, y doğrultusu).	31
3.15: Toplam eğrilik istemi hesabı (kiriş, x doğrultusu).	32
3.16: Toplam eğrilik istemi hesabı (kiriş, y doğrultusu).	33
3.17: Toplam eğrilik istemi hesabı (perde, x ve y doğrultusu).	34
3.18: Birim şekildeğiştirme sınır değerleri (x doğrultusu).	35
3.19: Birim şekildeğiştirme sınır değerleri (y doğrultusu).	36
3.20: Süneklik kontrolü (x doğrultusu).	38
3.21: Süneklik kontrolü (y doğrultusu).	39

3.22:	Gevrek elemanlar listesi.	40
3.23:	Bina deprem performans düzeyi.	41
4.1:	Bina kullanım sınıfları.	45
4.2:	Deprem tasarım sınıfları.	45
4.3:	Bina yükseklik sınıfları.	46
4.4:	Eşdeğer deprem yükü koşulları.	47
4.5:	Eşdeğer deprem yükü hesabında kullanılan parametreler.	47
4.6:	Eşdeğer deprem yükü hesabı (x doğrultusu).	49
4.7:	Eşdeğer deprem yükü hesabı (y doğrultusu).	50
4.8:	A1 – burulma düzensizliği kontrolü (x ve y doğrultusu).	51
4.9:	Kütle katılım oranları.	51
4.10:	Etkin rijitlik hesaplamaları (kolon – m22).	53
4.11:	Etkin rijitlik hesaplamaları (kolon – m33).	53
4.12:	Etkin rijitlik hesaplamaları (kiriş – m33).	54
4.13:	Etkin rijitlik katsayıları.	55
4.14:	Hareketli yük katılım katsayısı.	56
4.15:	Modal katkı çarpanı ve mod şekli genliği hesabı.	59
4.16:	Koordinat dönüşümü hesabı.	60
4.17:	Modal yerdeğiştirme talebi hesabı.	61
4.18:	Birim şekildeğiştirme limitleri.	62
4.19:	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı (ω_{we}) hesabı.	64
4.20:	Birim şekildeğiştirme limitleri (x doğrultusu).	65
4.21:	Birim şekildeğiştirme limitleri (y doğrultusu).	66
4.22:	Plastik dönme limitleri (x doğrultusu).	67
4.23:	Plastik dönme limitleri (y doğrultusu).	68
4.24:	Eleman hasar düzeyleri (x doğrultusu).	70
4.25:	Eleman hasar düzeyleri (y doğrultusu).	71
4.26:	Gevrek hasara uğrayan elemanlar (x doğrultusu).	73
4.27:	Süneklik kontrolü (x doğrultusu).	74
4.28:	Süneklik kontrolü (y doğrultusu).	75
4.29:	Bina deprem performans düzeyi.	76
5.1:	Rijitlik azaltma katsayılarının karşılaştırılması.	77
5.2:	Periyotların karşılaştırılması.	78
5.3:	Eleman hasar düzeyleri karşılaştırılması (x doğrultusu).	79

5.4:	Eleman hasar düzeyleri karşılaştırılması (y doğrultusu).	80
5.5:	Göçme durumu için beton akma sınır değerleri karşılaştırması.	84
5.6:	Göçme durumu için donatı akma sınır değerleri karşılaştırması.	85
6.1:	Doğrusal olmayan parametreler.	89
7.1:	Yönetmeliğe göre modal katkı çarpanı hesabı.	97
7.2:	Program çıktısı olarak alınan modal katkı çarpanı.	98

1. GİRİŞ

Türkiye’de bulunan birçok bölge, aktif fay hatları (Batı Anadolu, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu) sebebiyle deprem riski altındadır. Ülke genelinde tarih boyunca farklı büyüklüklerde çok sayıda deprem olmuştur. Yakın tarihte, 23 Ekim 2011’de 7.1 büyüklüğünde Van Depremi, 17 Ağustos 1999’da 7.5 büyüklüğünde Gölçük Depremi, 13 Mart 1992’de 6.8 büyüklüğünde Erzincan Depremi ve bunların haricinde birçok deprem olmuştur. Yaşanan depremlerin neticesinde büyük miktarda can kaybı ve bunun yanı sıra maddi kayıplar yaşanmıştır. Yakın gelecekte Marmara Bölgesi’nde gerçekleşebilecek büyük bir deprem öngörülmektedir. Mevcut koşullar altında, Türkiye’de yapılacak binaların imalatının, öngörülen depremlere uygun olarak yapılması ve mevcut binaların deprem performanslarının belirlenerek gerekli durumlarda güçlendirilmesi önem arz etmektedir.

Ülkemizde yapıların güvenliğinin belirlenmesinde bir ilk olarak, 2007 yılında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)” kapsamında, doğrusal yöntemler ve doğrusal olmayan yöntemler ile mevcut bina deprem performansının belirlenmesine açıklamalar yer almaktadır. Doğrusal yöntemler ile yapılan analizler yeterince net sonuç veremediği için, karmaşık yapılarda, doğrusal olmayan yöntemler tercih edilmektedir. Doğrusal olmayan yöntemlerle yapılan analizler sonucunda, binadaki elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri hesaplanarak, yönetmelikte belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda binanın deprem performansı belirlenmektedir.

Gelişen teknoloji ve artan bilgi birikimi sonucunda, daha detaylı ve net hesaplar yapılabilmesine olanak sağlayan “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)” 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik kapsamında, daha önceki yönetmelikte belirtilen yöntemler detaylandırılmış, çeşitli formüller, modelleme kuralları ve deprem performansının belirlenmesinde kullanılan sınır değerlerde değişiklikler olmuştur. Yeni yönetmelikte, önceki yönetmelikte hesaplanan kesit birim şekildeğiştirme kapasitelerinin yanı sıra, yapı elemanlarının dönme kapasiteleri de hesaplanıp, belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılarak, mevcut bina deprem performansı belirlenmektedir.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu tez çalışmasının amacı, 2019 yılında yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında doğrusal olmayan yöntemler ile mevcut bina deprem performansı belirlenmesini açıklamak ve 2007 yılında yayınlanan bir önceki yönetmelik ile arasındaki farkları ortaya koymaktır.

Bu tez kapsamında açıklanan çalışmalar, mevcut bina deprem performansı belirlenmesi hususunda yapılacak yeni çalışmaların geliştirilmesinde fayda sağlayacaktır. Kümülatif olarak gelişen bilgi birikimiyle beraber, ileriki yıllarda depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda çok daha iyi bir noktaya gelinecektir. Bu sayede, olası bir depremde oluşabilecek can kayıpları minimuma indirilecektir.

Tez çalışmasının kapsamında, mevcut bir yapının, ETABS programında, yönetmelikte belirtilen esaslara uygun olarak üç boyutlu matematiksel modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan model üzerinde, Doğrusal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanarak, yapının, seçilecek doğrusal olmayan analiz yöntemine, yönetmelikte belirtilen koşullar dâhilinde uygun olup olmadığı irdelenecektir. Daha sonra model üzerinde, yapı elemanlarının kesit rijitlikleri yönetmelikte belirtildiği şekilde azaltılacak ve elemanların uç noktalarına yığılı mafsallar atanacaktır. Bu şekilde, model üzerinde, olası bir deprem halinde yapının sergileyeceği gerçek performansa yaklaşılması hedeflenmektedir.

Modelleme işlemi tamamlandıktan sonra, doğrusal olmayan itme analizi yapılarak, her bir adımda binanın tepe noktasında oluşan maksimum deformasyon hesaplanacak ve bu verilerle itme eğrisi oluşturulacaktır. Elde edilen itme eğrisine koordinat dönüşümü uygulanarak modal kapasite diyagramı oluşturulacaktır. Bu diyagram üzerinde, binanın deprem doğrultusunda hâkim birinci doğal titreşim periyodu kullanılarak, deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi bulunacaktır. Buna karşılık gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri), tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşınca kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır. Daha sonra, elde edilen istemler, yönetmelikte belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılarak binanın deprem performansı belirlenecektir. Her iki yönetmeliğe göre ayrı ayrı hesap yapıp, sonuçlar kıyaslanacaktır.

1.2. Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesine ilişkin yapılan çeşitli çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

2007 yılında, Prof. Dr. Nuray Aydınoglu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi'nin yayınladığı kitapta, DBYBHY-2007'ye göre mevcut yapı deprem performansı değerlendirmesine ilişkin örnekler çözmüştür [1].

2008 yılında, ICCBT 2008 kapsamında, M. Seifi, J. Noorzaei, M. S. Jaafar, E. Yazdan Panah tarafından yayınlanan konferans bildirisinde, doğrusal olmayan statik itme analizinin temelleri ve süreç içerisinde bu yöntemin gelişimi anlatılmaktadır [2].

2008 yılında, Ahmet Emre Toprak tarafından hazırlanan yüksek lisans tezi kapsamında, mevcut bir binanın, DBYBHY-2007'de ve Eurocode 8'de anlatılan doğrusal yöntemler ve doğrusal olmayan yöntemlere göre, deprem performansı değerlendirmesi yapılmıştır [3].

2008 yılında, Kadid A., Boumrkik A. tarafından Asian Journal Of Civil Engineering (Building And Housing) dergisinde yayınlanan makalede, 5,8 ve 12 katlı üç farklı betonarme bina, doğrusal olmayan statik itme yöntemiyle analiz edilip, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Doğrusal kısımda binalar arasında büyük farklılıklar olmadığı, doğrusal olmayan kısma geçildiğinde ise, kat yüksekliği arttıkça, aynı deplasman altındaki taban kesme kuvveti isteminin arttığı gözlemlenmiştir [4].

2010 yılında, Özgür Bozdağ tarafından hazırlanan doktora tezi kapsamında, enerji esaslı yeni bir artımsal itme analizi yöntemi geliştirilmiştir. Yapı doğrusal ötesi sınıra geçtikten sonra, her bir plastik mafsall oluşumu sırasında harcana çıkan enerjilerin toplanması ile yapının toplam plastik enerjisi hesaplanmıştır. Klasik modal kapasite eğrisinden farklı olarak, enerji-kapasite eğrisi oluşturulmuştur [5].

2018 yılında, Prof. Dr. Nuray Aydınoglu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nde yapmış olduğu sunumda, TBDY-2018'e göre mevcut yapı deprem performansı değerlendirmesine ilişkin örnekler çözmüştür [6].

2. BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bu çalışmada irdelenecek olan yapı sistemi gerçek bir bina olup, İstanbul ilinin Kadıköy ilçesinde, Sahraicedit Mahallesi'nde 174 pafta / 838 ada / 81 parsel sınırları içerisinde bulunmaktadır. İncelenen bina konut binası olarak kullanılmaktadır. Yerinde yapılan incelemelerle, binanın bulunduğu araziye ait zemin etüt raporları ve mevcut yapı elemanlarının durumuna ilişkin laboratuvar raporları hazırlanmıştır.

2.1. Zemin Parametreleri

Zemin parametrelerine ilişkin bilgiler aşağıda belirtilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Zemin parametreleri.

Dinamik Parametreler	Birimler	1. Tabaka	2. Tabaka
V_p	m/s	1089	1445
V_s	m/s	478	697
Ortalama Kalınlık	m	1.5	-
V_p/V_s	-	2.28	2.07
Poisson Oranı	-	0.38	0.35
Yoğunluk	gr/cm ³	1.78	1.91
Kayma Modülü	kg/cm	4069	9285
Elastisite Modülü	kg/cm	11236	25040
Bulk Modülü	t/m ³	15674	27528
Yatak Katsayısı	kg/cm	1702	2664
Taşıma Gücü	kg/cm	4.3	6.7
Zemin Emniyet Gerilmesi	s	1.4	2.2
Zemin Hâkim Titreşim Periyodu	-	0.29	

Hesaplanan zemin parametrelerine göre, DBYBHY-2007 Bölüm 6'da belirtilen Tablo 6.1 ve Tablo 6.2 [7] kullanılarak yerel zemin sınıfı ve yerel zemin grubu belirlenmiştir. (Tablo 2.2, 2.3).

Tablo 2.2: Yerel zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (Kpa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85—100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevsek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...	—	—	500—1000	700—1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30—50	65—85	—	400—700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16—32	—	200—400	300—700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400—700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10—30	35—65	—	200—400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8—16	—	100—200	200—300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...	—	—	—	< 200
	2. Gevsek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil...	< 8	—	< 100	< 200

Tablo 2.3: Eski yönetmeliğe göre yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h ₁)
Z1	(A) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
<u>Z2</u>	h ₁ > 15 m olan (B) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h ₁ ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h ₁ > 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ > 10 m olan (D) grubu zeminler

Hesaplanan zemin parametrelerine göre, TBDY-2018 Bölüm 16’da belirtilen Tablo 16.1 [8] kullanılarak yerel zemin sınıfı belirlenmiştir (Tablo 2.4).

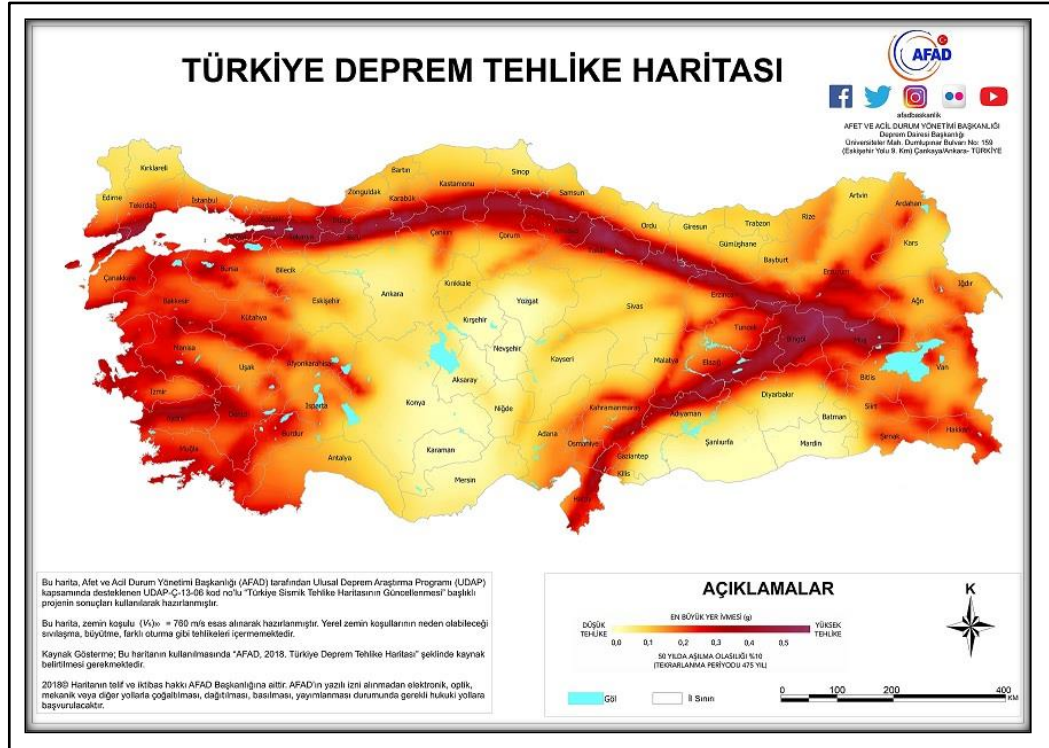
Tablo 2.4: Yeni yönetmeliğe göre yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V _s) ₃₀ [m/s]	(N ₆₀) ₃₀ [darbe /30 cm]	(C _u) ₃₀ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
<u>ZC</u>	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	>50	>250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
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	<180	<15	<70

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından 2019’da yayınlanan deprem bölgeleri haritasına (Şekil 2.1) göre, yapının bulunduğu bölge 1. Derece Deprem Bölgesi’nde yer almaktadır. DBYBHY-2007 Bölüm 2’de belirtilen Tablo 2.2’ye [7] göre etkin yer ivmesi katsayısı belirlenmiştir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5: Etkin yer ivmesi katsayısı.

Deprem Bölgesi	A_0
<u>1</u>	<u>0.40</u>
2	0.30
3	0.20
4	0.10



Şekil 2.1: Deprem bölgeleri haritası.

DBYBHY-2007 Bölüm 2’de belirtilen Tablo 2.4 [7]’de belirtilen verilere göre verilere göre, spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B belirlenmiştir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 : Spektrum karakteristik periyotları.

Yerel Zemin	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
<u>Z2</u>	<u>0.15</u>	<u>0.40</u>
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Arada geçen süre içinde yapılan jeolojik ve jeofizik araştırmalara bağlı olarak ülkemizdeki deprem tehlike haritası yenilenmiştir. AFAD tarafından 2016 yılında yayınlana interaktif deprem haritasına, mevcut binanın konumunun koordinatları girilerek, DD-2 deprem düzeyi ve ZC zemin sınıfına göre hesaplanan zemin parametreleri aşağıda belirtilmiştir (Tablo 2.7). Hesaplamalarda TBDY-2018 Bölüm 2’de bulunan Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 kullanılmıştır. (Tablo 2.8, 2.9). Detaylı bilgi [Ek-A] kapsamında belirtilmiştir.

Tablo 2.7: Sismik parametreler.

Parametre	Değer
S_s	0.939
S_1	0.257
PGA	0.386
PGV	23.820
T_L	6

Tablo 2.8: Kısa periyot yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	<u>1.3</u>	<u>1.3</u>	<u>1.2</u>	<u>1.2</u>	<u>1.2</u>	<u>1.2</u>
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Tablo 2.9: 1.0 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları.

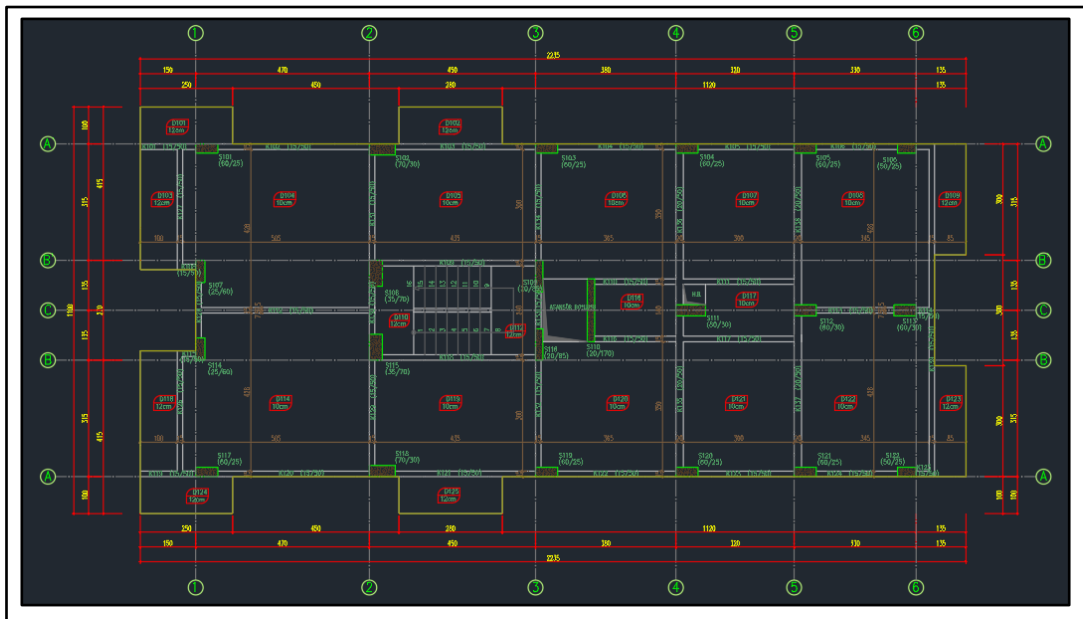
Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.4</u>
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

2.2. Bina Hakkında Genel Bilgiler

Deprem performansı yapılacak olan bina, 1 bodrum kat, zemin kat ve 6 normal kattan oluşmaktadır. Bina oturum alanı, x yönünde 21.50 m ve y yönünde 11.00 m olmak üzere 236.50 m² dir. Zemin kat itibariyle binada konsol döşemeler bulunmaktadır. Binanın orta kısmında 2.04 m²lik asansör shaftı bulunmaktadır. Her katta 21 kolon ve 1 taşıyıcı perde bulunmaktadır. Ayrıca, bodrum kat çevresi perdelerle çevrelenmiştir. Konsol döşemeler 12 cm, diğer döşemeler 10 cm kalınlığındadır. Kiriş boyutları 15×50 cm ve 20×50 cm olarak değişkenlik göstermektedir.

Yerinden alınan örnekler neticesinde belirlenen beton ve çelik dayanımları aşağıda belirtilmiştir.

- Beton : 10 MPa (C10)
- Donatı Çeliği : 220 MPa (S220, Nervürlü)



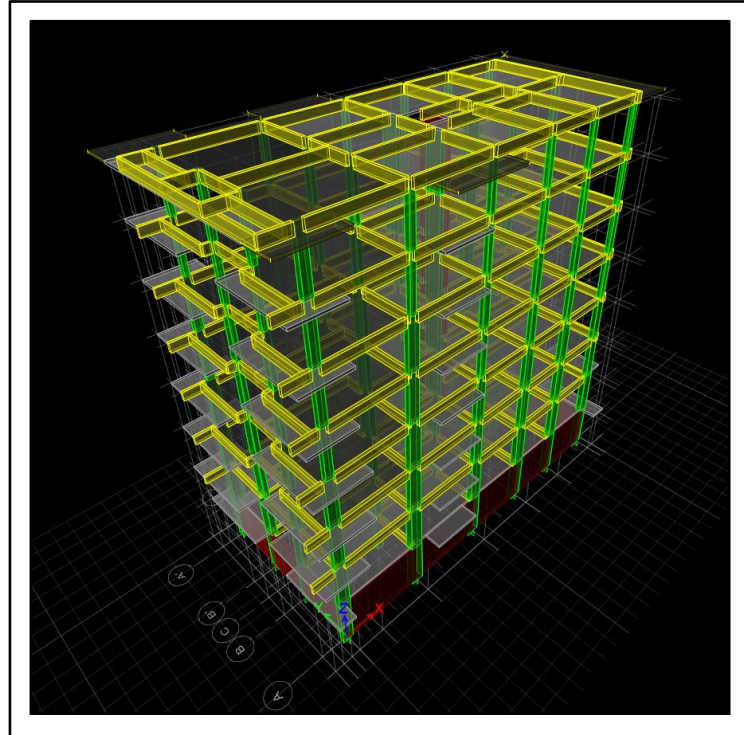
Şekil 2.2: Normal kat planı.

3. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNA DEPREM PERFORMANSI ANALİZİ

Bu bölüm, modelleme, analiz öncesi kontrol, analiz ve sonuçlar olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Hesaplamalarda DBYBHY-2007 Bölüm 7.4’de tanımlanan, deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar esas alınmıştır. Bina bilgi düzeyinin kapsamlı olduğu kabul edilmiştir. Bina önem katsayısı “1” olarak alınmıştır ($I = 1.00$).

3.1. Binanın Üç Boyutlu Matematiksel Modelinin Oluşturulması

Binanın modelinin oluşturulmasında ETABS programı kullanılmıştır. Kolon ve kirişler çubuk eleman, perde ve döşemeler kabuk eleman olarak modellenmiştir. Bina elemanlarının birleşim bölgeleri sonsuz rijit olarak kabul edilmiştir. En alt katta bulunan kolonların alt uçlarına ankastre mesnet tanımlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Üç boyutlu matematiksel bina modeli.

3.1.1. Malzeme Modellerinin Tanımlanması

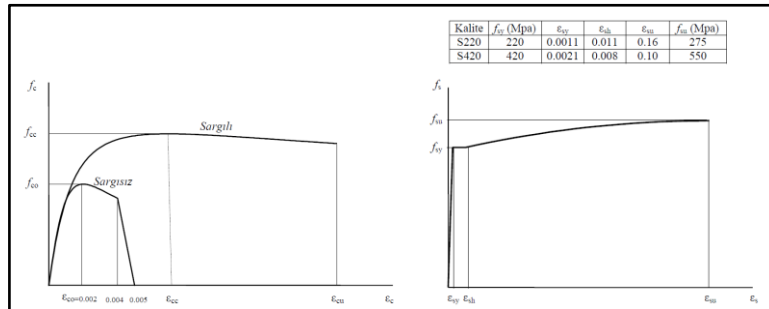
Yeni bir malzeme modeli oluşturularak, betonun ve çeliğin mevcut dayanımı ve yoğunluğu tanımlanmıştır (Şekil 3.2, 3.3). Daha sonra, DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7B’de belirtilen doğrusal ötesi malzeme modeli (Şekil 3.4) programa tanımlanmıştır (Şekil 3.5, 3.6).

The screenshot shows the 'Material Property Design Data' dialog box for a concrete material named 'C10'. The 'General Data' section includes fields for Material Name (C10), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (Yellow), and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has options for 'Specify Weight Density' and 'Specify Mass Density', with values for Weight per Unit Volume (24.9325 kN/m³) and Mass per Unit Volume (2543.536 kg/m³). The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity (E: 24277 MPa), Poisson's Ratio (ν: 0.2), Coefficient of Thermal Expansion (α: 0.0001 1/°C), and Shear Modulus (G: 10115.42 MPa). The 'Design Properties for Concrete Materials' section includes Characteristic Concrete Cylinder Strength (f_{ck}: 10 MPa) and a checkbox for 'Lightweight Concrete'. The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...' and 'Material Damping Properties...'. The dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

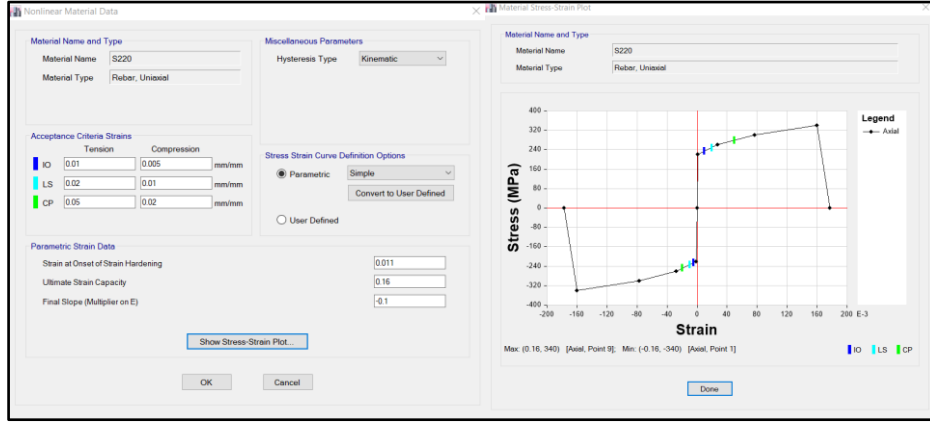
Şekil 3.2: Beton doğrusal malzeme özellikleri.

The screenshot shows the 'Material Property Design Data' dialog box for a rebar material named 'S220'. The 'General Data' section includes fields for Material Name (S220), Material Type (Rebar), Directional Symmetry Type (Uniaxial), Material Display Color (Change), and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has options for 'Specify Weight Density' and 'Specify Mass Density', with values for Weight per Unit Volume (75.9729 kN/m³) and Mass per Unit Volume (7649.547 kg/m³). The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity (E: 200000 MPa) and Coefficient of Thermal Expansion (α: 0.000117 1/°C). The 'Design Properties for Rebar Materials' section includes Minimum Yield Strength (F_y: 220 MPa), Minimum Tensile Strength (F_u: 340 MPa), Expected Yield Strength (F_{ye}: 242 MPa), and Expected Tensile Strength (F_{ue}: 374 MPa). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...' and 'Material Damping Properties...'. The dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

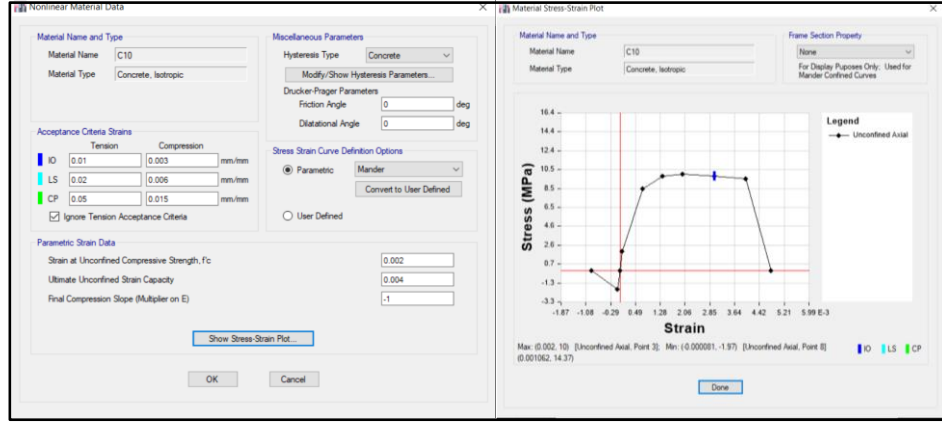
Şekil 3.3: Çelik doğrusal malzeme özellikleri.



Şekil 3.4: Beton ve çelik malzeme modeli.



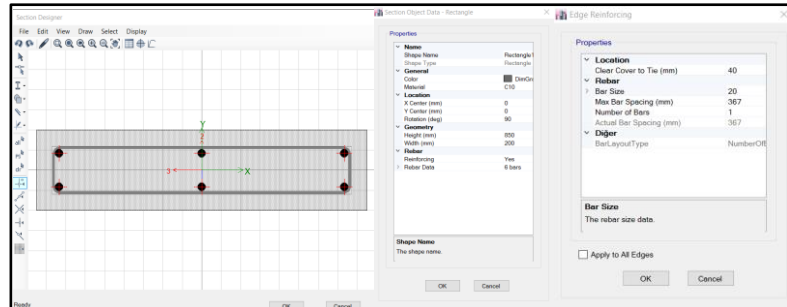
Şekil 3.5: Tanımlanan doğrusal ötesi çelik modeli.



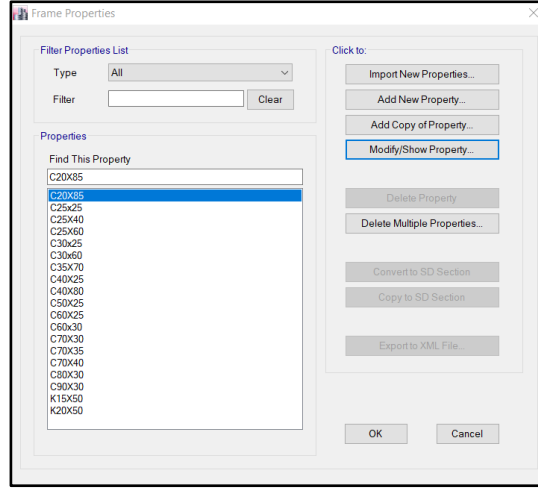
Şekil 3.6: Tanımlanan doğrusal ötesi beton modeli.

3.1.2. Kolon ve Kiriş Kesitlerinin Tanımlanması

Kesitleri oluştururken, programda bulunan “Section Designer” kullanılmıştır. Bu sayede kesitlere donatı bilgileri de atanmıştır (Şekil 3.7, 3.8).



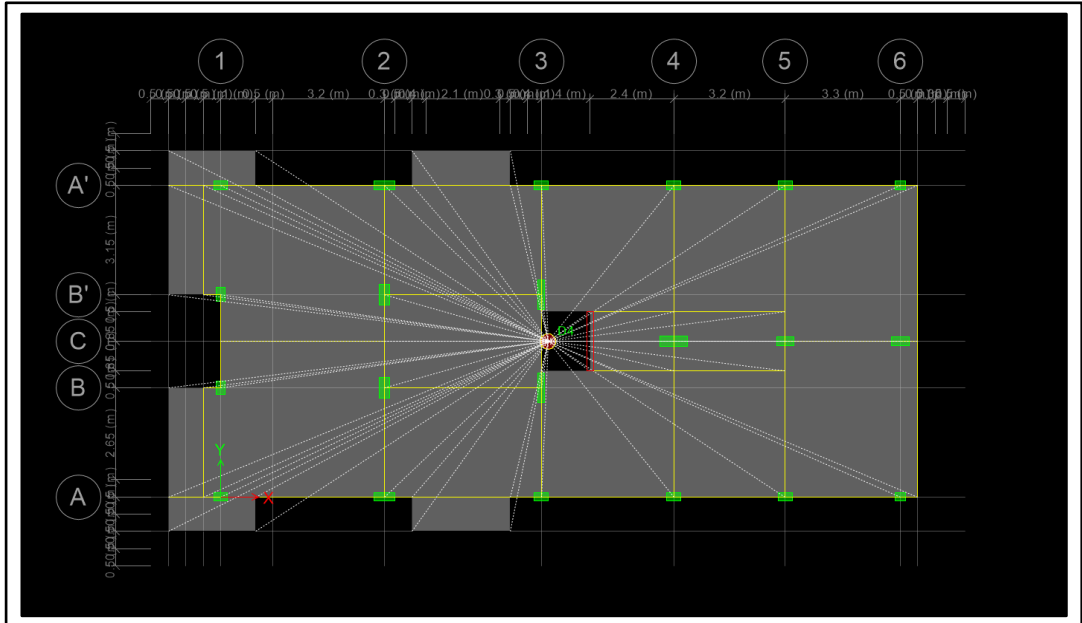
Şekil 3.7: “Section designer” ile tanımlanmış kesit.



Şekil 3.8: Yapı analizinde kullanılan tanımlanmış kesitlerin listesi.

3.1.3. Kat Düzlemlerinde Düğüm Noktalarında Rijit Diyafram Atanması

Döşemelerde herhangi bir süreksizlik olmadığı için tüm katlarda düğüm noktalarına rijit diyafram özelliği tanımlanmıştır (Şekil 3.9). Bu şekilde, döşeme kabuk elemanının kendi içindeki olası deformasyonlar engellenerek daha anlamlı bir analiz yapılması amaçlanmıştır.



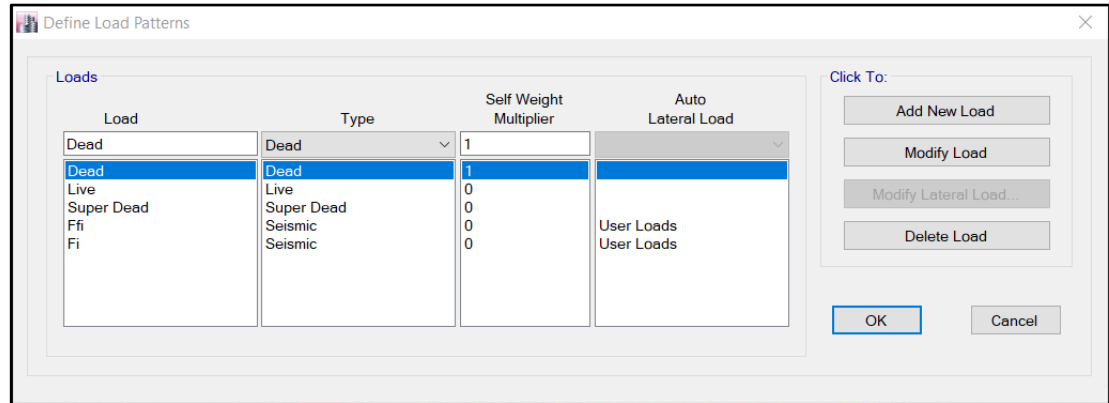
Şekil 3.9: Normal kat rijit diyafram planı.

3.1.4. Yük Tanımlamaları

Yük tanımlamaları, DBYBHY-2007 Bölüm 7.4’de belirtildiği şekilde programa tanımlanmıştır. Yüklerin döşemelere eşit olarak dağıldığı kabul edilmiştir. Tanımlanan yükler aşağıda belirtilmiştir (Tablo 3.1), (Şekil 3.10).

Tablo 3.1: Yük tanımları.

Yük	Yük Tipi	Yük Tanımlaması	Birim Yük Miktarı
DL	Zati Yük	Zati Yük	Malzemeler programa tanımlandığı için, otomatik olarak hesaplanacaktır.
LL	Hareketli Yük	Hareketli Yük	2 kN/m ²
SDL	Kaplama Yükü	Zati Yük	1.5 kN/m ²
F _i	Eşdeğer Deprem Yükü	Deprem Yükü	Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenmiştir
F _{fi}	Fiktif Eşdeğer Deprem Yükü	Deprem Yükü	Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenmiştir



Şekil 3.10: Program yük atamaları.

3.1.5. Kütle Kaynağı Oluşturulması

Binanın doğal titreşim periyodunun doğru olarak belirlenebilmesi için, kütlelerin programa doğru olarak tanımlanması gerekmektedir. Yapı elemanlarının ağırlığı program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. Hareketli yük ve kaplama yükleri, kütle kaynağı içine ek olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.11).

Şekil 3.11: Kütle kaynağı (mass source) tanımlamaları.

Tablo 3.2: Hareketli yük katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser	0.60
<u>Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.</u>	<u>0.30</u>

3.2. DBYBHY-2007’ye Göre Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Analizi

Yönetmelik kapsamında doğrusal elastik olmayan iki farklı analiz yöntemi bulunmaktadır:

- Artımsal İtme Analizi
 - Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu tez kapsamında, yukarıda belirtilen yöntemlerden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılacaktır.

3.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analiz Yapılması

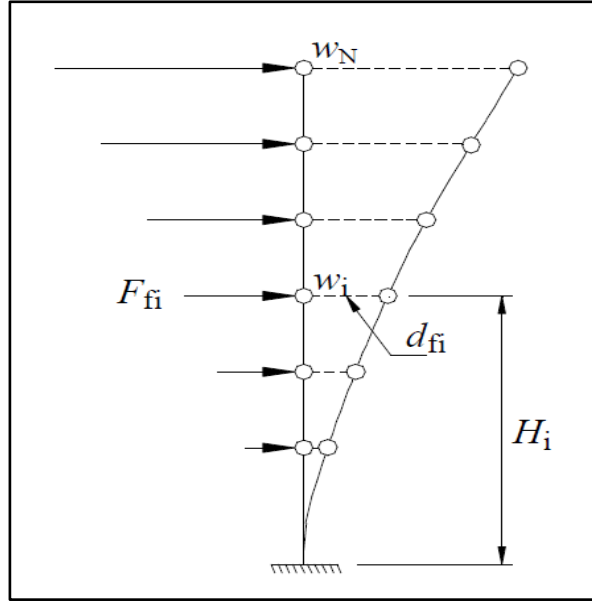
Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabilmesi için, mevcut binanın DBYBHY-2007 Bölüm 7.6.5.2’de açıklanan ve aşağıda belirtilen koşulları sağlaması gerekmektedir:

- Binanın kat sayısının bodrum hariç 8’den fazla olmaması.
- Doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması.
- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması.

Binanın bodrum hariç kat adeti “7 kat” ve toplam yüksekliği “19.6 m” olduğundan birinci koşul sağlanmaktadır. Diğer koşullar için doğrusal elastik hesap yapılması gerekmektedir. Doğrusal hesap yöntemi olarak “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılacaktır. Hesap ile ilgili ayrıntılar DBYBHY-2007 Bölüm 2 kapsamında anlatılmıştır.

3.2.1.1. Doğrusal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile koşulların kontrol edilmesi

Eşdeğer deprem yüğü hesabında, kat kütleleri ve kat yükseklikleri kullanılarak, 1 kN büyüklüğündeki fiktif deprem yükünün katlara dağılımı bulunmuştur (Şekil 3.12). Bulunan fiktif yükler, zemin kat üstündeki katların kütle merkezine etki ettirilerek, katlardaki fiktif yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan fiktif yerdeğiştirmeler ve fiktif yükler kullanılarak, eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı Denklem (3.1-3.8)’e göre hesaplanmıştır (Tablo 3.3, 3.4).



Şekil 3.12: Eşdeğer deprem yükü dağılımı.

$$\begin{aligned} A(T) &= A_0 I S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T)g \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad , \quad (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 \quad , \quad (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad , \quad (T_B < T) \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.3)$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.4)$$

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.5)$$

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.6)$$

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.7)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.8)$$

Tablo 3.3: Eşdeğer deprem yükü hesabı (x doğrultusu).

X DOĞRULTUSU							
W HESABI							9993.02
	h (m)	g _i (kN)	q _i (kN)	n	w _i (kN)	W (kN)	
6NK	19.60	1256.00	423.70	0.30	1567.50		
5NK	16.80	1118.42	346.35	0.30	1315.38		
4NK	14.00	1140.10	345.83	0.30	1364.47		
3NK	11.20	1167.14	345.83	0.30	1364.47		
2NK	8.40	1194.87	345.05	0.30	1431.28		
1NK	5.60	1228.48	345.05	0.30	1431.28		
ZK	2.80	1443.40	335.90	0.30	1518.63		
F _{fi} HESABI							111496.12
	h (m)	w _i (kN)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _{fi} (kN)		
				111496.12			
6NK	19.60	1567.50	19.60		0.27555		
5NK	16.80	1315.38	16.80		0.19820		
4NK	14.00	1364.47	14.00		0.17133		
3NK	11.20	1364.47	11.20		0.13706		
2NK	8.40	1431.28	8.40		0.10783		
1NK	5.60	1431.28	5.60		0.07189		
ZK	2.80	1518.63	2.80	0.03814			
T HESABI							
	h (m)	m _i (kNs²/m)	d _{fi} (m)	F _{fi} (kN)	Σm _i *d _f ²	ΣF _{fi} *d _{fi}	T (s)
					4.68E-07	2.40E-05	0.88
6NK	19.60	159.79	3.40E-05	0.2756			
5NK	16.80	134.09	3.00E-05	0.1982			
4NK	14.00	139.09	2.40E-05	0.1713			
3NK	11.20	139.09	1.90E-05	0.1371			
2NK	8.40	145.90	1.30E-05	0.1078			
1NK	5.60	145.90	7.00E-06	0.0719			
ZK	2.80	154.80	2.00E-06	0.0381			
S(T ₁) HESABI							
0<=T<=T _a		YANLIŞ					
T _a <T<=T _b		YANLIŞ					
T _b <T		DOĞRU					
T _a	T _b	S(T ₁)					
0.15	0.40	1.330					
A(T ₁) HESABI							
A ₀	I	S(T ₁)	A(T ₁)				
0.40	1.00	1.33	0.532				
R _a (T ₁) HESABI							
R	T	T _a	R _a (T ₁)				
1	0.88	0.15	1.00				
V _t HESABI							
W	A(T ₁)	R _a (T ₁)	V _t				
9993.02	0.53	1.00	5318.12				
V _t Kontrol							
V _t	0,1*A ₀ *I*W						
5318.12	399.72						
V _t ≥ 0,1*A ₀ *I*W	DOĞRU						
V _t	5318						
ΔF _n HESABI							
h (m)	N	V _t (kN)	ΔF _n				
2.80	7.00	5318.12	279.20				
F _i HESABI							
	h (m)	V _t (kN)	F _n (kN)	w _i (ton)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _i (kN)
		5318.12	279.20			111496.12	
6NK	19.60			1567.50	19.60		1668
5NK	16.80			1315.38	16.80		999
4NK	14.00			1364.47	14.00		863
3NK	11.20			1364.47	11.20		691
2NK	8.40			1431.28	8.40		543
1NK	5.60			1431.28	5.60		362
ZK	2.80			1518.63	2.80		192
V _t							5318

Tablo 3.4: Eşdeğer deprem yükü hesabı (y doğrultusu).

Y DOĞRULTUSU							
W HESABI							9993.02
	h (m)	g _i (kN)	q _i (kN)	n	w _i (kN)	W (kN)	
6NK	19.60	1256.00	423.70	0.30	1567.50		
5NK	16.80	1118.42	346.35	0.30	1315.38		
4NK	14.00	1140.10	345.83	0.30	1364.47		
3NK	11.20	1167.14	345.83	0.30	1364.47		
2NK	8.40	1194.87	345.05	0.30	1431.28		
1NK	5.60	1228.48	345.05	0.30	1431.28		
ZK	2.80	1443.40	335.90	0.30	1518.63		
F _{fi} HESABI							111496.12
	h (m)	w _i (kN)	H _i (m)	Σw _i *H _i	F _{fi} (kN)		
6NK	19.60	1567.50	19.60	111496.12	0.27555		
5NK	16.80	1315.38	16.80		0.19820		
4NK	14.00	1364.47	14.00		0.17133		
3NK	11.20	1364.47	11.20		0.13706		
2NK	8.40	1431.28	8.40		0.10783		
1NK	5.60	1431.28	5.60		0.07189		
ZK	2.80	1518.63	2.80		0.03814		
T HESABI							
	h (m)	m _i (kNs²/m)	d _{fi} (m)	F _{fi} (kN)	Σm _i *d _{fi} ²	ΣF _{fi} *d _{fi}	T (s)
6NK	19.60	159.79	3.70E-05	0.2756	5.65E-07	2.64E-05	0.92
5NK	16.80	134.09	3.20E-05	0.1982			
4NK	14.00	139.09	2.80E-05	0.1713			
3NK	11.20	139.09	2.10E-05	0.1371			
2NK	8.40	145.90	1.40E-05	0.1078			
1NK	5.60	145.90	8.00E-06	0.0719			
ZK	2.80	154.80	2.00E-06	0.0381			
S(T _i) HESABI							
0<=T<=T _a		YANLIŞ					
T _a <T<=T _b		YANLIŞ					
T _b <T		DOĞRU					
T _a	T _b	S(T _i)					
0.15	0.40	1.284					
A(T _i) HESABI							
A ₀	I	S(T _i)	A(T _i)				
0.40	1.00	1.28	0.514				
R _a (T _i) HESABI							
R	T	T _a	R _a (T _i)				
1	0.92	0.15	1.00				
V _i HESABI							
W	A(T _i)	R _a (T _i)	V _i				
9993.02	0.51	1.00	5132.33				
V _i Kontrol							
V _i	0,1*A ₀ *I*W						
5132.33	399.72						
V _i ≥ 0,1*A ₀ *I*W	DOĞRU						
V _i	5132						
ΔF _n HESABI							
h (m)	N	V _i (kN)	ΔF _n				
2.80	7.00	5132.33	269.45				
F _i HESABI							
	h (m)	V _i (kN)	F _n (kN)	w _i (ton)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _i (kN)
6NK	19.60	5132.33	269.45	1567.50	19.60	111496.12	1609
5NK	16.80			1315.38	16.80		964
4NK	14.00			1364.47	14.00		833
3NK	11.20			1364.47	11.20		667
2NK	8.40			1431.28	8.40		524
1NK	5.60			1431.28	5.60		350
ZK	2.80			1518.63	2.80		185
V _i							5132

Hesaplanan eşdeğer deprem yükleriyle yapılan analiz sonucunda elde edilen yerdeğiştirmelerle kat ötelemeleri ve kat burulma oranları hesaplanmıştır. Yatay yükler her katın kütle merkezinde tanımlanıp, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmamıştır (Tablo 3.5, 3.6), (Şekil 3.13).

Story	Diaphragm	Fx kN	Fy kN	Mz kNm
6.NK	D6	2090	1994	0
5.NK	D5	1291	1212	0
4.NK	D4	1091	1041	0
3.NK	D3	657	645	0
2.NK	D2	670	645	0
1.NK	D1	459	438	0
ZEMİN	DZ	236	225	0
BODURUM	DB	0	0	0

Şekil 3.13: Katlara uygulanan eşdeğer deprem yükleri.

Tablo 3.5: Kat burulması kontrolü.

Kat Burulması Kontrolü								
Kat	H	X			Y			<1.4
		$\Delta_{i(max)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\Delta_{i(max)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	
6NK	19.60	24.387	23.046	1.058	23.374	20.467	1.142	<u>OK</u>
5NK	16.80	32.210	31.411	1.025	26.187	24.454	1.071	<u>OK</u>
4NK	14.00	30.644	27.561	1.112	33.518	26.840	1.249	<u>OK</u>
3NK	11.20	33.478	30.446	1.100	35.254	28.686	1.229	<u>OK</u>
2NK	8.40	29.353	26.187	1.121	34.198	27.338	1.251	<u>OK</u>
1NK	5.60	25.711	23.141	1.111	28.335	22.766	1.245	<u>OK</u>
ZK	2.80	11.956	10.902	1.097	12.459	10.175	1.224	<u>OK</u>

Tablo 3.6: Kat ötelemeleri kontrolü.

Kat Ötelemeleri Kontrolü												
Kat	H	X					Y					<0.02
		$d_{i(max)}$	$d_{i(avg)}$	$\Delta_{i(max)}$	$\delta_{i(max)}$	$\delta_{i(max)} / H_i$	$d_{i(max)}$	$d_{i(avg)}$	$\Delta_{i(max)}$	$\delta_{i(max)}$	$\delta_{i(max)} / H_i$	
6NK	19.60	187.73	172.69	24.38	24.38	0.009	193.32	160.72	23.37	23.37	0.008	<u>OK</u>
5NK	16.80	163.35	149.64	32.21	32.21	0.012	169.95	140.25	26.18	26.18	0.009	<u>OK</u>
4NK	14.00	131.14	118.23	30.64	30.64	0.011	143.76	115.80	33.51	33.51	0.012	<u>OK</u>
3NK	11.20	100.49	90.67	33.47	33.47	0.012	110.24	88.96	35.25	35.25	0.013	<u>OK</u>
2NK	8.40	67.02	60.23	29.35	29.35	0.010	74.99	60.27	34.19	34.19	0.012	<u>OK</u>
1NK	5.60	37.66	34.04	25.71	25.71	0.009	40.79	32.94	28.33	28.33	0.010	<u>OK</u>
ZK	2.80	11.95	10.90	11.95	11.95	0.004	12.45	10.17	12.45	12.45	0.004	<u>OK</u>

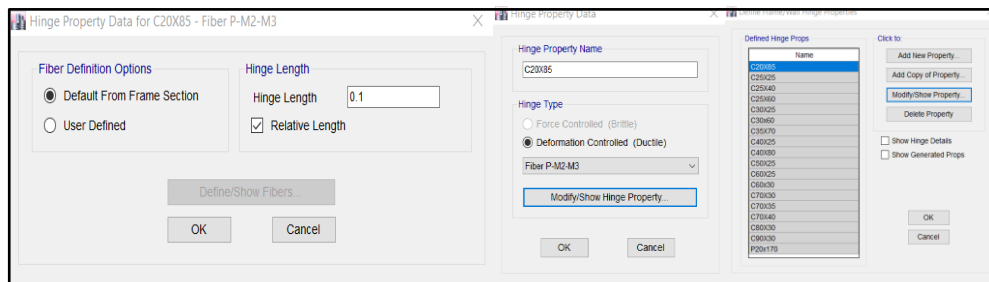
Tablo 3.7: Kütle katılım oranları.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
Modal	1	0.94	0%	13%	0%
Modal	2	0.83	<u>72%</u>	0%	0%
Modal	3	0.79	0%	<u>70%</u>	0%
Modal	4	0.33	0%	0%	0%
Modal	5	0.30	13%	0%	0%
Modal	6	0.26	0%	13%	0%
Modal	7	0.18	0%	0%	0%
Modal	8	0.17	6%	0%	0%
Modal	9	0.13	0%	4%	0%
Modal	10	0.13	0%	2%	0%
Modal	11	0.11	2%	0%	0%
Modal	12	0.09	0%	0%	0%

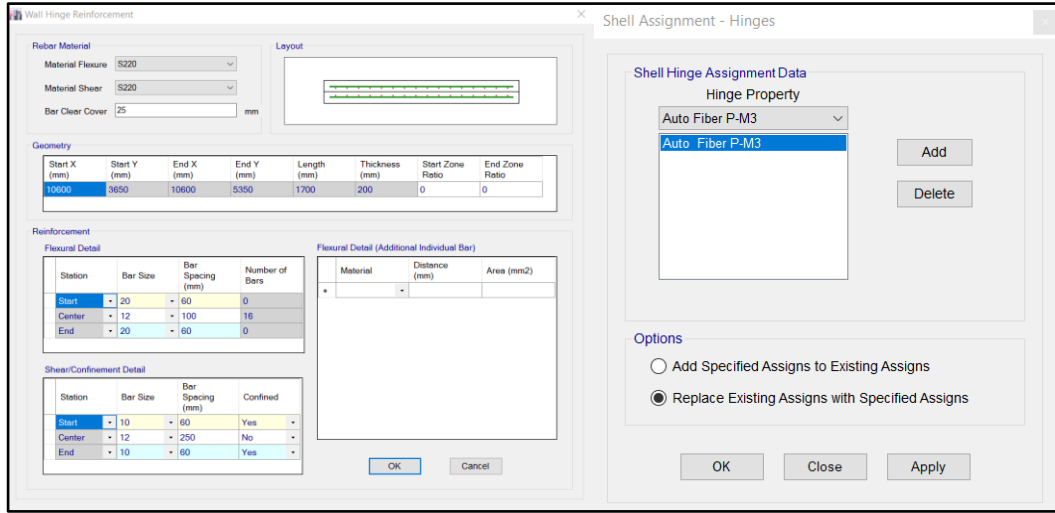
Deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının %70'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır (Tablo 3.7).

3.2.1.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için yapı elemanlarına yığılı mafsallar atanmıştır. Çubuk eleman olarak tanımlanan kirişlere yığılı mafsallar, çubuk eleman kolonlara ve kabuk eleman olarak tanımlanan perdelerle yayılı mafsallar atanmıştır. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5 h$). Mafsallar, kolon ve kirişlerin alt ve üst uçlarına, perdelerin orta noktalarına atanmıştır (Şekil 3.14, 3.15).



Şekil 3.14: Kolon ve kiriş plastik mafsalları.



Şekil 3.15: Perde plastik mafsalları.

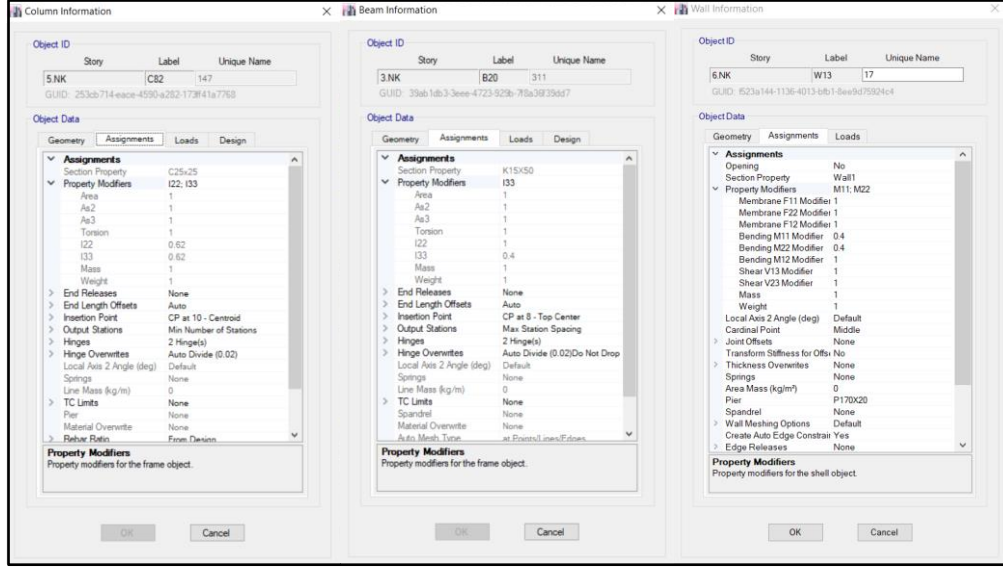
Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ tanımlanmış ve deprem analizi, azaltılmış rijitlikler tanımlanan model üzerinde yapılmıştır. Etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılmıştır:

- Kirişlerde : $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$
- Kolon ve perdelerde: $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \Rightarrow (EI)_e = 0.40 (EI)_0$
 $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \Rightarrow (EI)_e = 0.80 (EI)_0$

Eksenel basınç kuvveti N_D ' nin ara değerleri için enterpolasyon yapılmıştır. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenmiştir (Şekil 3.16). Hesaplamalara ilişkin örnek olarak, her katta üç adet kolon ve bir adet perdenin hesap ayrıntıları (Tablo 3.8)'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Kolon ve perde etkin rijitlik hesaplamaları.

Story	Column	Unique Name	Load Case	Section	Area	F _{cm}	$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})}$	(EI) _e
					cm ²	kN/m ²		
6.NK	C1	153	G+0.3Q	C40X25	833	10000	0.10	0.40
6.NK	C2	158	G+0.3Q	C25x25	520	10000	0.11	0.41
6.NK	C4	155	G+0.3Q	C30x25	625	10000	0.13	0.44
5.NK	C1	132	G+0.3Q	C40X25	833	10000	0.17	0.49
5.NK	C2	137	G+0.3Q	C25x25	520	10000	0.17	0.49
5.NK	C4	134	G+0.3Q	C30x25	625	10000	0.22	0.57
4.NK	C1	111	G+0.3Q	C40X25	833	10000	0.24	0.58
4.NK	C2	116	G+0.3Q	C30x25	625	10000	0.19	0.52
4.NK	C4	115	G+0.3Q	C60X25	1250	10000	0.16	0.49
3.NK	C1	90	G+0.3Q	C40X25	833	10000	0.31	0.68
3.NK	C2	95	G+0.3Q	C30x25	625	10000	0.24	0.59
3.NK	C4	94	G+0.3Q	C60X25	1250	10000	0.22	0.55
2.NK	C1	69	G+0.3Q	C60X25	1250	10000	0.26	0.61
2.NK	C2	74	G+0.3Q	C50X25	1041	10000	0.18	0.51
2.NK	C4	73	G+0.3Q	C70X30	1750	10000	0.19	0.53
1.NK	C1	46	G+0.3Q	C60X25	1250	10000	0.31	0.68
1.NK	C2	51	G+0.3Q	C50X25	1041	10000	0.21	0.55
1.NK	C4	50	G+0.3Q	C70X30	1750	10000	0.23	0.58
ZEMİN	C1	24	G+0.3Q	C60x30	1500	10000	0.30	0.67
ZEMİN	C2	26	G+0.3Q	C60x30	1500	10000	0.18	0.51
ZEMİN	C4	27	G+0.3Q	C70X40	2333	10000	0.21	0.54
BODRUM	C1	1	G+0.3Q	C60x30	1500	10000	0.07	0.40
BODRUM	C2	3	G+0.3Q	C60x30	1500	10000	0.04	0.40
BODRUM	C4	4	G+0.3Q	C70X40	2333	10000	0.06	0.40
6.NK	P170X20	17	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.02	0.40
5.NK	P170X20	18	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.04	0.40
4.NK	P170X20	19	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.07	0.40
3.NK	P170X20	20	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.09	0.40
2.NK	P170X20	21	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.11	0.41
1.NK	P170X20	22	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.13	0.44
ZEMİN	P170X20	23	G+0.3Q	P170X20	3400	10000	0.15	0.47



Şekil 3.16: Kolon, kiriş ve perde etkin rijitlik tanımlamaları.

3.2.1.3. İtme analizi

Statik karakterli artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Düşey yük analizinde kullanılan yük kombinasyonu Denklem (3.9)'da belirtilmiştir. Yük tanımlamalarına ilişkin detaylar, bölüm 3.1.4.' de açıklanmıştır.

$$\text{Düşey Yükleme} = G + SDL + 0.3 LL \quad (3.9)$$

Daha sonra, yukarıda açıklanan doğrusal olmayan statik düşey yük analizi başlangıç koşulu olarak kullanılarak, deprem doğrultusunda hâkim olan modun etkisi altında, doğrusal olmayan statik itme analizi yapılmıştır (Şekil 3.17, 3.18). Binanın tepe noktasındaki bir nokta 30cm deplasman yapıncaya kadar bina itilerek, binanın mevcut deprem etkisi altındaki itme eğrisi elde edilmiştir.

Load Case Data

General

Load Case Name: Non-Linear Static Dead

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Super Dead	1
Load Pattern	Live	0.3

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Nonlinear Parameters: Default

OK Cancel

Şekil 3.17: Düşey yük kombinasyonu.

Load Case Data

General

Load Case Name: Pushover-X

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Non-Linear Static Dead

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: User Defined

OK Cancel

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 300 mm

Monitored Displacement

☒ DOF/Joint: U1 6 HK 40

☐ Generalized Displacement

Quasi-static Parameters

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History

Output Time Step Size: 1 sec

Mass Proportional Damping: 0 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: 0

OK Cancel

Nonlinear Parameters

Solution Control

Maximum Total Steps: 2000

Maximum Null Steps: 2000

Use Event-To-Event Stepping: Yes

Event Lumping Tolerance (Relative): 0.01

Use Iteration: Yes

Maximum Constant-Stiffness Iterations: 10

Maximum Newton-Raphson Iterations: 40

Iteration Convergence Tolerance (Relative): 1

Use Line Search: No

Material Nonlinearity Parameters

Maximum Total Steps

Maximum total steps (per stage if staged construction).

Set to Default Values

OK Cancel

Şekil 3.18: Statik itme analizi parametreleri.

Elde edilen statik itme eğrisine, DBYBHY-2007 Bölüm 7.6.5.' de anlatılan yöntemlerle, Denklem (3.10-3.12)'e göre koordinat dönüşümü uygulanarak modal kapasite diyagramı edilmiştir (Şekil 3.19), (Tablo 3.9, 3.10).

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.10)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.11)$$

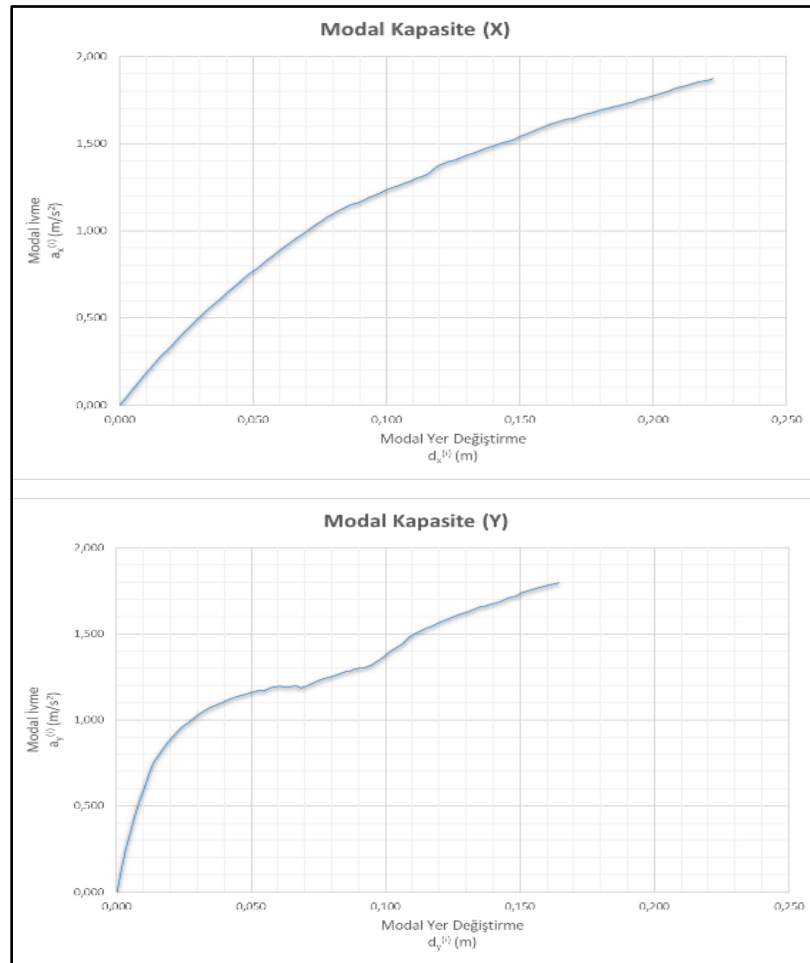
$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.12)$$

Tablo 3.9: Modal katkı çarpanı ve mod şekli genliği hesabı.

X Yönü (Mod 2)	i'nci Katın Kütlesi	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	Modal Katkı Çarpanı	En Üst Katt Mod Şekli Gen.	Etkin Kütle
-	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{zin}	L_{x1}	m_{0i}	M_n	Γ_{x1}	Φ_{xN1}	M_{x1}
-	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	-	mm	t
6.NK	159.79	0.050	2.2E-04	4.37E-04	7.99	0.0084	3.9E-01	27	0.050	856
5.NK	134.09	0.045	1.1E-04	4.29E-04	6.03	0.0062	2.7E-01			
4.NK	139.09	0.037	-2.5E-05	4.08E-04	5.15	0.0063	1.9E-01			
3.NK	139.09	0.028	-1.6E-05	3.56E-04	3.89	0.0064	1.1E-01			
2.NK	145.90	0.019	-1.1E-05	2.79E-04	2.77	0.0067	5.2E-02			
1.NK	145.90	0.011	-3.5E-06	2.08E-04	1.60	0.0069	1.7E-02			
ZK	154.80	0.004	2.2E-07	1.18E-04	0.62	0.0073	2.4E-03			
BK	169.72	0.000	2.3E-07	3.18E-05	0.01	0.0089	5.5E-07			
Σ	1188.38	-	-	-	28.07	-	1.04			
Y Yönü (Mod 3)	i'nci Katın Kütlesi	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	Modal Katkı Çarpanı	En Üst Katta Mod Şekli Gen.	Etkin Kütle
-	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{zin}	L_{y1}	m_{0i}	M_n	Γ_{y1}	Φ_{yN1}	M_{y1}
-	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	-	mm	t
6.NK	159.79	-0.014	0.073	4.2E-04	11.66	0.0084	8.8E-01	25	0.073	869
5.NK	134.09	-0.012	0.066	4.1E-04	8.85	0.0062	6.1E-01			
4.NK	139.09	-0.009	0.053	3.9E-04	7.37	0.0063	4.0E-01			
3.NK	139.09	-0.007	0.041	3.4E-04	5.70	0.0064	2.4E-01			
2.NK	145.90	-0.005	0.027	2.7E-04	3.94	0.0067	1.1E-01			
1.NK	145.90	-0.003	0.015	2.1E-04	2.19	0.0069	3.4E-02			
ZK	154.80	-0.001	0.005	1.3E-04	0.77	0.0073	4.1E-03			
BK	169.72	0.000	1.76E-04	4.3E-05	0.03	0.0089	5.2E-06			
Σ	1188.38	-	-	-	40.52	-	2.28			

Tablo 3.10: Koordinat dönüşümü hesabı.

En Üst Kattaki Yer Değiştirme	Taban Kesme Kuvveti	Modal Yer Değiştirme	Modal İvme	En Üst Kattaki Yer Değiştirme	Taban Kesme Kuvveti	Modal Yer Değiştirme	Modal İvme
$u_{xN1}^{(i)}$	$V_{x1}^{(i)}$	$d_{x1}^{(i)}$	$a_{x1}^{(i)}$	$u_{yN1}^{(i)}$	$V_{y1}^{(i)}$	$d_{y1}^{(i)}$	$a_{y1}^{(i)}$
X DOĞRULTUSU				Y DOĞRULTUSU			
Mm	kN	m	m/s ²	mm	kN	m	m/s ²
30.065	311.52	<u>0.022</u>	<u>0.387</u>	31.878	728.59	<u>0.017</u>	<u>0.762</u>
60.065	598.35	<u>0.044</u>	<u>0.699</u>	65.606	938.82	<u>0.036</u>	<u>0.982</u>
93.065	844.39	<u>0.069</u>	<u>0.986</u>	104.005	1029.87	<u>0.057</u>	<u>1.077</u>
123.065	1005.29	<u>0.091</u>	<u>1.174</u>	138.018	1071.38	<u>0.076</u>	<u>1.121</u>
153.065	1123.86	<u>0.113</u>	<u>1.312</u>	172.833	1146.06	<u>0.095</u>	<u>1.199</u>
184.565	1258.30	<u>0.137</u>	<u>1.469</u>	210.245	1331.58	<u>0.115</u>	<u>1.393</u>
232.565	1418.701	<u>0.172</u>	<u>1.656</u>	244.033	1432.29	<u>0.134</u>	<u>1.498</u>
274.565	1533.83	<u>0.203</u>	<u>1.791</u>	278.037	1519.53	<u>0.152</u>	<u>1.590</u>
300.065	1602.84	<u>0.222</u>	<u>1.871</u>	300.033	1562.55	<u>0.164</u>	<u>1.635</u>



Şekil 3.19: Modal kapasite diyagramı.

Modal kapasite diyagramı üzerinde, DBYBHY 2007 Bilgilendirme Eki 7C' de ayrıntıları verilen deprem doğrultusunda birinci (hâkim) moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme (S_{di1}) Denklem (3.17)'ye göre hesaplanarak (Tablo 3.11), Denklem (3.19)'a göre tepe yer değiştirmesi istemi ($U_{xN1}^{(p)}$) elde edilmiştir (Tablo 3.12). Elde edilen tepe yer değiştirmesi istemine ulaşınca kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile yeni bir modal kapasite diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni modal kapasite diyagramı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme göre hesaplanan spektral ivme grafiği (Şekil 3.20)'de gösterilmiştir. Spektral yerdeğiştirme hesabında kullanılan bina doğal titreşim periyotları (Tablo 3.7)'de gösterilmiştir.

Tablo 3.11: Spektral yerdeğiştirme hesabı.

T	S(T)	A(T)	$S_{ae}(T)$	ω^2	$S_{de}(T)$	Cr	$S_{di}(T)$
<u>0.79</u>	1.45	0.58	5.69	63.26	0.09	1.00	<u>0.09</u>
<u>0.82</u>	1.40	0.56	5.48	57.44	0.10	1.00	<u>0.10</u>

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B)
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$

$$A(T) = A_0 I S(T) \tag{3.14}$$

$$S_{ae}(T) = A(T)g \tag{3.15}$$

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \tag{3.16}$$

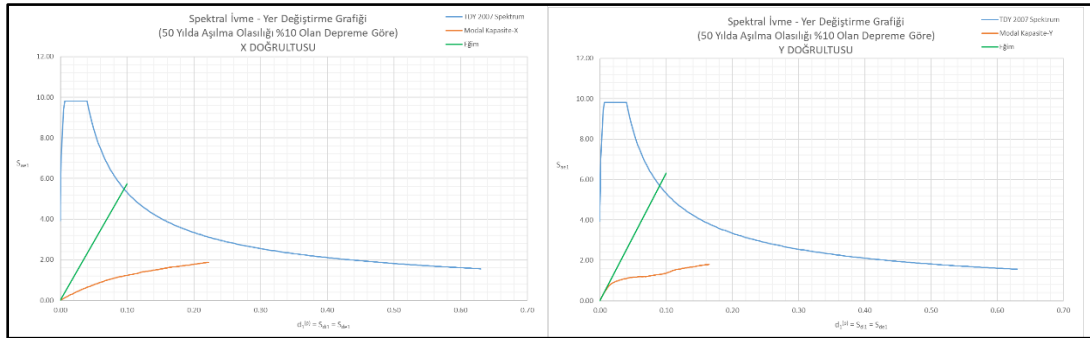
$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \tag{3.17}$$

Tablo 3.12: Tepe yerdeğiştirmesi istemi hesabı.

Φ_{xN1}	Γ_{x1}	$d_1^{(p)}$	$U_{xN1}^{(p)}$	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	$d_1^{(p)}$	$U_{yN1}^{(p)}$
0.050	27.00	0.10	<u>0.13</u>	0.073	25.00	0.09	<u>0.16</u>

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.18)$$

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.19)$$



şekil 3.20: Spektral ivme – yer değiştirme grafiği.

3.2.1.4. Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

Tepe yerdeğiştirmesi talebine göre yapılan itme analizi sonucunda her iki deprem doğrultusunda elde edilen, mafsallarda oluşan plastik dönme istemleri kullanılarak, Denklem (3.20)’ye göre plastik eğrilik istemleri elde edilmiştir.

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.20)$$

Hesaplanan *plastik eğrilik istemi* Φ_p ile kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen (şekil 3.21) iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan *eşdeğer akma eğriliği* Φ_y toplanarak, Denklem (3.21)’e göre toplam eğrilik istemi Φ_t elde edilmiştir. Eşdeğer akma eğrilikleri hesaplanırken Sap2000 programının “Section Designer” kesit analizi kısmı kullanılmıştır. Toplam eğrilik istemi hesabı aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. (Tablo 3.13-3.17).

$$\Phi_t = \Phi_p + \Phi_y \quad (3.21)$$

Tablo 3.13: Toplam eğrilik istemi hesabı (kolon, x doğrultusu).

Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{κ}	ϵ_c	ϵ_s	Location	KONTROL
6.NK	C1	HC40X25	0.0003	0.0068	0.0113	0.0006	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C1	HC40X25	0.0006	0.0068	0.0116	0.0006	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C11	HC20X85	0.0003	0.0150	0.0034	0.0008	0.0018	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C11	HC20X85	0.0002	0.0150	0.0033	0.0008	0.0017	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C14	HC30X25	0.0008	0.0085	0.0116	0.0007	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C14	HC30X25	0.0004	0.0085	0.0112	0.0007	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C1	HC40X25	0.0002	0.0066	0.0112	0.0006	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C1	HC40X25	0.0002	0.0066	0.0112	0.0006	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C11	HC20X85	0.0003	0.0155	0.0033	0.0009	0.0016	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C11	HC20X85	0.0002	0.0155	0.0032	0.0009	0.0015	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C14	HC30X25	0.0008	0.0096	0.0142	0.0011	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C14	HC30X25	0.0006	0.0096	0.0140	0.0011	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C1	HC40X25	0.0005	0.0066	0.0129	0.0009	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C1	HC40X25	0.0004	0.0066	0.0128	0.0009	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C11	HC20X85	0.0003	0.0155	0.0033	0.0009	0.0016	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C11	HC20X85	0.0001	0.0155	0.0031	0.0009	0.0015	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C14	HC50X25	0.0000	0.0054	0.0117	0.0008	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C14	HC50X25	0.0000	0.0054	0.0117	0.0008	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C1	HC40X25	0.0004	0.0067	0.0128	0.0009	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C1	HC40X25	0.0003	0.0067	0.0127	0.0009	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C11	HC20X85	0.0002	0.0164	0.0031	0.0011	0.0013	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C11	HC20X85	0.0001	0.0164	0.0030	0.0011	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C14	HC50X25	0.0000	0.0054	0.0137	0.0011	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C14	HC50X25	0.0001	0.0054	0.0138	0.0011	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C1	HC60X25	0.0002	0.0043	0.0129	0.0010	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C1	HC60X25	0.0001	0.0043	0.0128	0.0010	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C11	HC20X85	0.0001	0.0179	0.0030	0.0011	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C11	HC20X85	0.0001	0.0179	0.0030	0.0011	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C14	HC60x30	0.0000	0.0042	0.0091	0.0008	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C14	HC60x30	0.0000	0.0042	0.0091	0.0008	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C1	HC60X25	0.0003	0.0043	0.0130	0.0010	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C1	HC60X25	0.0001	0.0043	0.0128	0.0010	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C11	HC20X85	0.0001	0.0179	0.0030	0.0011	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C11	HC20X85	0.0000	0.0179	0.0029	0.0011	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C14	HC60x30	0.0000	0.0045	0.0102	0.0011	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C14	HC60x30	0.0000	0.0045	0.0102	0.0011	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C1	HC60x30	0.0003	0.0042	0.0105	0.0011	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C1	HC60x30	0.0001	0.0042	0.0103	0.0011	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C11	HC20X85	0.0000	0.0205	0.0032	0.0014	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C11	HC20X85	0.0000	0.0205	0.0032	0.0014	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C14	HC70X35	0.0000	0.0037	0.0075	0.0008	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C14	HC70X35	0.0000	0.0037	0.0075	0.0008	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ

Tablo 3.14: Toplam eğrilik istemi hesabı (kolon, y doğrultusu).

Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{ty}	ϵ_c	ϵ_s	Location	KONTROL
6.NK	C1	HC40X25	0.0362	0.0068	0.007	0.00080	0.0014	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C1	HC40X25	0.0317	0.0068	0.007	0.00080	0.0015	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C11	HC20X85	0.0004	0.0152	0.014	0.00040	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C11	HC20X85	0.0006	0.0152	0.014	0.00040	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C14	HC30X25	0.0061	0.0085	0.009	0.00070	0.0013	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	C14	HC30X25	0.0044	0.0085	0.009	0.00070	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C1	HC40X25	0.1674	0.0067	0.007	0.00080	0.0014	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C1	HC40X25	0.1147	0.0067	0.007	0.00080	0.0014	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C11	HC20X85	0.0083	0.0160	0.014	0.00040	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C11	HC20X85	0.0044	0.0160	0.014	0.00040	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C14	HC30X25	0.0036	0.0097	0.011	0.00110	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	C14	HC30X25	0.0021	0.0097	0.011	0.00110	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C1	HC40X25	0.0969	0.0067	0.007	0.00100	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C1	HC40X25	0.1015	0.0067	0.007	0.00100	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C11	HC20X85	0.0045	0.0201	0.016	0.00060	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C11	HC20X85	0.0017	0.0201	0.016	0.00060	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C14	HC50X25	0.0075	0.0054	0.005	0.00090	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	C14	HC50X25	0.0057	0.0054	0.005	0.00090	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C1	HC40X25	0.0952	0.0079	0.007	0.00100	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C1	HC40X25	0.1014	0.0079	0.007	0.00100	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C11	HC20X85	0.0082	0.0354	0.019	0.00090	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C11	HC20X85	0.0017	0.0354	0.019	0.00090	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C14	HC50X25	0.0030	0.0054	0.005	0.00110	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	C14	HC50X25	0.0014	0.0054	0.006	0.00110	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C1	HC60X25	0.0222	0.0046	0.004	0.00100	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C1	HC60X25	0.0246	0.0046	0.004	0.00100	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C11	HC20X85	0.0026	0.0306	0.019	0.00090	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C11	HC20X85	0.0007	0.0306	0.019	0.00090	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C14	HC60x30	0.0012	0.0044	0.004	0.00090	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	C14	HC60x30	0.0009	0.0044	0.004	0.00090	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C1	HC60X25	0.0223	0.0051	0.005	0.00110	0.0013	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C1	HC60X25	0.0144	0.0051	0.004	0.00100	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C11	HC20X85	0.0047	0.0279	0.019	0.00090	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C11	HC20X85	0.0008	0.0279	0.018	0.00090	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C14	HC60x30	0.0009	0.0046	0.004	0.00090	0.0012	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	C14	HC60x30	0.0000	0.0046	0.004	0.00090	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C1	HC60x30	0.0118	0.0054	0.005	0.00100	0.0013	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C1	HC60x30	0.0004	0.0054	0.004	0.00090	0.0012	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C11	HC20X85	0.0035	0.0235	0.022	0.00130	0.0011	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C11	HC20X85	0.0004	0.0235	0.022	0.00130	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C14	HC70X35	0.0002	0.0038	0.004	0.00100	0.0013	ALT	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	C14	HC70X35	0.0001	0.0038	0.004	0.00100	0.0013	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ

Tablo 3.15: Toplam eğrilik istemi hesabı (kiriş, x doğrultusu).

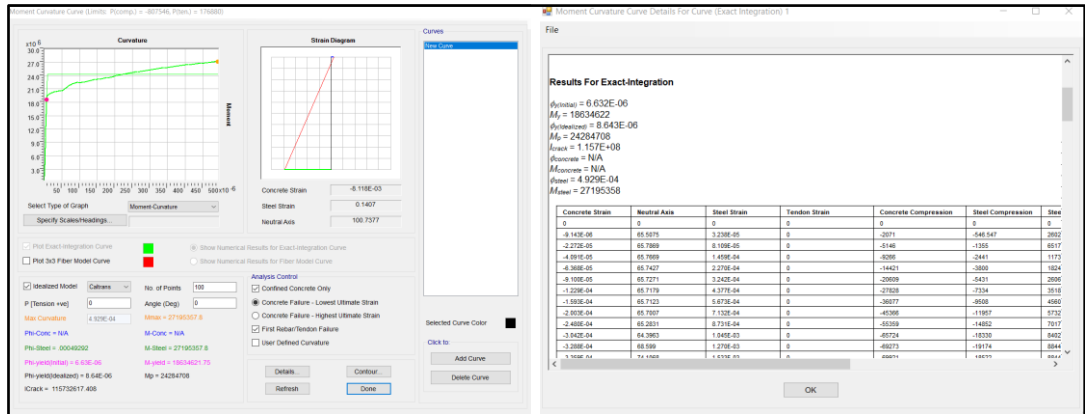
Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{tx}	ϵ_c	ϵ_s	Loc.	KONTROL
6.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B13	HSDK15X50	0.0005	0.0064	0.0190	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B13	HSDK15X50	0.0014	0.0064	0.0199	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B13	HSDK15X50	0.0020	0.0064	0.0205	0.0001	0.0012	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B13	HSDK15X50	0.0045	0.0064	0.0230	0.0001	0.0014	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B13	HSDK15X50	0.0021	0.0064	0.0206	0.0001	0.0012	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B13	HSDK15X50	0.0060	0.0064	0.0245	0.0001	0.0015	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B13	HSDK15X50	0.0018	0.0064	0.0203	0.0001	0.0012	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B13	HSDK15X50	0.0060	0.0064	0.0245	0.0001	0.0015	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B13	HSDK15X50	0.0011	0.0064	0.0196	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B13	HSDK15X50	0.0055	0.0064	0.0240	0.0001	0.0015	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0185	0.0001	0.0011	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B13	HSDK15X50	0.0025	0.0064	0.0210	0.0001	0.0012	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B18	HSDK15X50	0.0047	0.0064	0.0232	0.0001	0.0014	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B18	HSDK15X50	0.0105	0.0064	0.0290	0.0001	0.0018	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ

Tablo 3.16: Toplam eğrilik istemi hesabı (kiriş, y doğrultusu).

Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{ty}	ϵ_c	ϵ_s	Loc.	KONTROL
6.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B1	HSDK15X50	0.0167	0.0064	0.0228	0.0013	0.0080	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
6.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B1	HSDK15X50	0.0212	0.0064	0.0273	0.0014	0.0098	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B1	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B1	HSDK15X50	0.0079	0.0064	0.0140	0.0011	0.0046	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B1	HSDK15X50	0.0267	0.0064	0.0328	0.0016	0.0119	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B1	HSDK15X50	0.0105	0.0064	0.0166	0.0011	0.0057	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B1	HSDK15X50	0.0275	0.0064	0.0336	0.0017	0.0121	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B1	HSDK15X50	0.0145	0.0064	0.0206	0.0012	0.0072	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B1	HSDK15X50	0.0287	0.0064	0.0348	0.0017	0.0126	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B1	HSDK15X50	0.0182	0.0064	0.0243	0.0013	0.0087	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B1	HSDK15X50	0.0243	0.0064	0.0304	0.0015	0.0109	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B1	HSDK15X50	0.0168	0.0064	0.0229	0.0013	0.0080	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B1	HSDK15X50	0.0181	0.0064	0.0242	0.0013	0.0087	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B13	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B18	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SAĞ	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZK	B18	HSDK15X50	0.0000	0.0064	0.0061	0.0006	0.0019	SOL	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ

Tablo 3.17: Toplam eğrilik istemi hesabı (perde, x ve y doğrultusu).

X DOĞRULTUSU									
Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{tx}	ϵ_c	ϵ_s	Location	KONTROL
6.NK	W13	W13H1	0.0000	1.02E-03	0.001	0.0005	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	W13	W13H2	0.0000	1.02E-03	0.001	0.0005	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	W13	W13H3	0.0000	1.02E-03	0.001	0.0005	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	W13	W13H4	0.0000	1.02E-03	0.001	0.0005	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	W13	W13H5	0.0000	1.02E-03	0.001	0.0005	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	W13	W13H6	0.0000	1.29E-03	0.001	0.0010	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	W13	W13H7	0.0000	1.29E-03	0.001	0.0010	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
BODRUM	W13	W13H8	0.0000	1.29E-03	0.001	0.0010	0.0011	ÜST	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
Y DOĞRULTUSU									
Story	Frame	Hinge	Φ_p	Φ_y	Φ_{tx}	ϵ_c	ϵ_s	Location	KONTROL
6.NK	W13	W13H1	0.0164	1.70E-03	0.140	0.0023	0.0014	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
5.NK	W13	W13H2	0.0322	1.70E-03	0.156	0.0026	0.0015	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
4.NK	W13	W13H3	0.0037	1.60E-03	0.017	0.0005	0.0015	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
3.NK	W13	W13H4	0.0057	1.70E-03	0.129	0.0020	0.0013	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
2.NK	W13	W13H5	0.0457	1.60E-03	0.059	0.0007	0.0006	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
1.NK	W13	W13H6	0.0071	1.50E-03	0.022	0.0007	0.0002	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
ZEMİN	W13	W13H7	0.0235	1.50E-03	0.025	0.0008	0.0020	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ
BODRUM	W13	W13H8	0.0045	1.50E-03	0.006	0.0003	0.0002	ORTA	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ



Şekil 3.21: Moment-eğrilik diyagramı üzerinden akma momenti (Φ_y) hesabı.

Eğrilik istemi hesabından kullanılan birim şekildeğiştirme limitleri aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir. Limit değerler DBYBHY-2007 bölüm 7.6.9.'dan alınmıştır.

Sargı etkisini hesaba katmak için $\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}$ oranı hesaplanmıştır (Tablo 3.18, 3.19).

Tablo 3.18: Birim şekildeğiştirme sınır değerleri (x doğrultusu).

Story	Frame/Wall	Hinge	ρ_s/ρ_{sm}	Minimum Hasar		Can Güvenliği		Göçme	
				$(\epsilon_{cu})_{-MN}$	$(\epsilon_s)_{-MN}$	$(\epsilon_{cu})_{-GV}$	$(\epsilon_s)_{-GV}$	$(\epsilon_{cu})_{-GC}$	$(\epsilon_s)_{-GC}$
6.NK	C1	HC40X25	32,69%	0.0035	0.0100	0.0068	0.0400	0.0086	0.0600
6.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
6.NK	C14	HC30X25	36,45%	0.0035	0.0100	0.0071	0.0400	0.0091	0.0600
5.NK	C1	HC40X25	32,69%	0.0035	0.0100	0.0068	0.0400	0.0086	0.0600
5.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
5.NK	C14	HC30X25	24,30%	0.0035	0.0100	0.0059	0.0400	0.0074	0.0600
4.NK	C1	HC40X25	32,69%	0.0035	0.0100	0.0068	0.0400	0.0086	0.0600
4.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
4.NK	C14	HC50X25	19,02%	0.0035	0.0100	0.0054	0.0400	0.0067	0.0600
3.NK	C1	HC40X25	21,80%	0.0035	0.0100	0.0057	0.0400	0.0071	0.0600
3.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
3.NK	C14	HC50X25	19,02%	0.0035	0.0100	0.0054	0.0400	0.0067	0.0600
2.NK	C1	HC60X25	16,60%	0.0035	0.0100	0.0052	0.0400	0.0053	0.0600
2.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
2.NK	C14	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
1.NK	C1	HC60X25	16,60%	0.0035	0.0100	0.0052	0.0400	0.0063	0.0600
1.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
1.NK	C14	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
ZEMİN	C1	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
ZEMİN	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
ZEMİN	C14	HC70X35	15,23%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0061	0.0600
6.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
6.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
5.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
5.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
4.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
4.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
3.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
3.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
2.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
2.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
1.NK	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
1.NK	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B1	HSDK15X50	128,0%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B13	HSDK15X50	123,1%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B18	HSDK15X50	123,7%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
6.NK	W13	W13H1	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
5.NK	W13	W13H2	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
4.NK	W13	W13H3	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
3.NK	W13	W13H4	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
2.NK	W13	W13H5	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
1.NK	W13	W13H6	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
ZEMİN	W13	W13H7	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
BODRUM	W13	W13H8	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600

Tablo 3.19: Birim şekildeğiştirme sınır değerleri (y doğrultusu).

Story	Frame/Wall	Hinge	ρ_s/ρ_{sm}	Minimum Hasar		Can Güvenliği		Göçme	
				$(\epsilon_{cu})_{-MN}$	$(\epsilon_s)_{-MN}$	$(\epsilon_{cu})_{-GV}$	$(\epsilon_s)_{-GV}$	$(\epsilon_{cu})_{-GC}$	$(\epsilon_s)_{-GC}$
6.NK	C1	HC40X25	32,69%	0.0035	0.0100	0.0068	0.0400	0.0086	0.0600
6.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
6.NK	C14	HC30X25	36,45%	0.0035	0.0100	0.0071	0.0400	0.0091	0.0600
5.NK	C1	HC40X25	32,69%	0.0035	0.0100	0.0068	0.0400	0.0086	0.0600
5.NK	C11	HC20X85	14,51%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0060	0.0600
5.NK	C14	HC30X25	24,30%	0.0035	0.0100	0.0059	0.0400	0.0074	0.0600
4.NK	C1	HC40X25	21,80%	0.0035	0.0100	0.0057	0.0400	0.0071	0.0600
4.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
4.NK	C14	HC50X25	19,02%	0.0035	0.0100	0.0054	0.0400	0.0067	0.0600
3.NK	C1	HC40X25	21,80%	0.0035	0.0100	0.0057	0.0400	0.0071	0.0600
3.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
3.NK	C14	HC50X25	19,02%	0.0035	0.0100	0.0054	0.0400	0.0067	0.0600
2.NK	C1	HC60X25	16,60%	0.0035	0.0100	0.0052	0.0400	0.0063	0.0600
2.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
2.NK	C14	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
1.NK	C1	HC60X25	16,60%	0.0035	0.0100	0.0052	0.0400	0.0063	0.0600
1.NK	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
1.NK	C14	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
ZEMİN	C1	HC60x30	18,13%	0.0035	0.0100	0.0053	0.0400	0.0065	0.0600
ZEMİN	C11	HC20X85	9,67%	0.0035	0.0100	0.0045	0.0400	0.0054	0.0600
ZEMİN	C14	HC70X35	15,23%	0.0035	0.0100	0.0050	0.0400	0.0061	0.0600
6.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
6.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
5.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
5.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
4.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
4.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
3.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
3.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
2.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
2.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
1.NK	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
1.NK	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B1	HSDK15X50	128,00%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B13	HSDK15X50	123,08%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
ZEMİN	B18	HSDK15X50	123,68%	0.0035	0.0100	0.0135	0.0400	0.0180	0.0600
6.NK	W13	W13H1	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
5.NK	W13	W13H2	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
4.NK	W13	W13H3	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
3.NK	W13	W13H4	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
2.NK	W13	W13H5	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
1.NK	W13	W13H6	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
ZEMİN	W13	W13H7	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600
BODRUM	W13	W13H8	5,70%	0.0035	0.0100	0.0041	0.0400	0.0048	0.0600

3.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Bina deprem performansının belirlenmesi için, sünek olarak hasar gören elemanların, yönetmelikte belirtilen (DBYBHY-2007 Bölüm 7.7) performans düzeylerinden hangisinin koşullarını sağladığını belirlemek gerekmektedir. Bu koşulların kontrolü için, önceki bölümde hesaplanan birim şekildeğiştirmeler kullanılmıştır (Şekil 3.22). Gevrek olarak hasar gören elemanlar bu hesaba katılmamıştır ve belirlenen bina deprem performansı, gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla geçerlidir.

KOLONLAR					
XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	21	100%	0%	0%	0%
5.NK	20	100%	0%	0%	0%
4.NK	10	100%	0%	0%	0%
3.NK	9	100%	0%	0%	0%
2.NK	12	100%	0%	0%	0%
1.NK	7	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	9	100%	0%	0%	0%
BODRUM	6	100%	0%	0%	0%

KOLONLAR					
Y YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	21	100%	0%	0%	0%
5.NK	21	100%	0%	0%	0%
4.NK	20	100%	0%	0%	0%
3.NK	19	100%	0%	0%	0%
2.NK	21	100%	0%	0%	0%
1.NK	19	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	19	100%	0%	0%	0%
BODRUM	6	100%	0%	0%	0%

PERDELER					
XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	1	100%	0%	0%	0%
5.NK	1	100%	0%	0%	0%
4.NK	1	100%	0%	0%	0%
3.NK	1	100%	0%	0%	0%
2.NK	1	100%	0%	0%	0%
1.NK	1	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	1	100%	0%	0%	0%
BODRUM	1	100%	0%	0%	0%

PERDELER					
Y YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	1	100%	0%	0%	0%
5.NK	1	100%	0%	0%	0%
4.NK	1	100%	0%	0%	0%
3.NK	1	100%	0%	0%	0%
2.NK	1	100%	0%	0%	0%
1.NK	1	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	1	100%	0%	0%	0%
BODRUM	0	0%	0%	0%	0%

KIRIŞLAR					
XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	40	100%	0%	0%	0%
5.NK	39	100%	0%	0%	0%
4.NK	39	100%	0%	0%	0%
3.NK	39	100%	0%	0%	0%
2.NK	39	100%	0%	0%	0%
1.NK	39	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	36	100%	0%	0%	0%
BODRUM	19	100%	0%	0%	0%

KIRIŞLAR					
Y YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
6.NK	40	100%	0%	0%	0%
5.NK	39	100%	0%	0%	0%
4.NK	39	100%	0%	0%	0%
3.NK	39	100%	0%	0%	0%
2.NK	39	100%	0%	0%	0%
1.NK	39	100%	0%	0%	0%
ZEMİN	36	100%	0%	0%	0%
BODRUM	19	100%	0%	0%	0%

Şekil 3.22: Kolon, kiriş ve perde hasar durumları.

Gevrek eleman bulunup bulunmadığının kontrolü için, her iki doğrultudaki deprem kuvveti altında, tüm yapı elemanlarına gelen kesme kuvvetlerinin o elemanların kesme kuvveti kapasitelerine oranları hesaplanmıştır. Hesaplara göre binada gevrek hasara uğrayan elemanlar bulunmaktadır (Tablo 3.20, 3.21).

Tablo 3.20: Süneklik Kontrolü (x doğrultusu).

Story	Column	V _e kN	V _{cr} kN	V _c kN	V _w kN	V _r kN	V _d kN	V _e kN	KONTROL
6.NK	C1	32.5091	50.30	40.24	13.82	54.06	146.67	32.51	SÜNEK
6.NK	C11	26.8212	83.49	66.79	47.00	113.79	249.33	26.82	SÜNEK
6.NK	C14	27.8694	38.91	31.12	13.82	44.95	110.00	27.87	SÜNEK
5.NK	C1	41.2919	51.36	41.09	13.82	54.91	146.67	41.29	SÜNEK
5.NK	C11	30.8528	85.62	68.50	47.00	115.50	249.33	30.85	SÜNEK
5.NK	C14	40.2261	42.20	33.76	13.82	47.58	110.00	40.23	SÜNEK
4.NK	C1	36.7505	52.05	41.64	13.82	55.46	146.67	36.75	SÜNEK
4.NK	C11	33.9497	87.73	70.18	47.00	117.18	249.33	33.95	SÜNEK
4.NK	C14	94.9831	45.41	36.32	13.82	50.15	110.00	94.98	GEVREK
3.NK	C1	42.6889	52.65	42.12	13.82	55.94	146.67	42.69	SÜNEK
3.NK	C11	38.6334	89.78	71.82	47.00	118.82	249.33	38.63	SÜNEK
3.NK	C14	88.5956	47.88	38.31	13.82	52.13	110.00	88.60	GEVREK
2.NK	C1	52.6706	53.25	42.60	13.82	56.43	146.67	52.67	SÜNEK
2.NK	C11	37.165	91.79	73.44	47.00	120.43	249.33	37.17	SÜNEK
2.NK	C14	97.6827	50.02	40.01	13.82	53.84	110.00	97.68	GEVREK
1.NK	C1	55.5694	53.93	43.14	13.82	56.97	146.67	55.57	SÜNEK
1.NK	C11	36.0321	93.82	75.06	47.00	122.06	249.33	36.03	SÜNEK
1.NK	C14	98.292	52.05	41.64	13.82	55.47	110.00	98.29	GEVREK
ZEMİN	C1	47.5565	55.06	44.05	13.82	57.87	146.67	47.56	SÜNEK
ZEMİN	C11	27.9166	95.86	76.69	47.00	123.68	249.33	27.92	SÜNEK
ZEMİN	C14	109.7961	54.96	43.97	13.82	57.79	110.00	109.80	GEVREK
BODRUM	C1	0.0753	48.56	38.85	13.82	52.67	146.67	0.08	SÜNEK
BODRUM	C11	2.4251	97.87	78.29	47.00	125.29	249.33	2.43	SÜNEK
BODRUM	C14	0.0006	57.84	46.28	13.82	60.10	110.00	0.00	SÜNEK
6.NK	P170X20	1.116	165.49	132.39	11.06	143.45	498.67	1.12	SÜNEK
5.NK	P170X20	5.253	168.11	134.49	11.06	145.55	498.67	5.25	SÜNEK
4.NK	P170X20	0.0911	170.68	136.55	11.06	147.60	498.67	0.09	SÜNEK
3.NK	P170X20	0.0618	173.21	138.57	11.06	149.63	498.67	0.06	SÜNEK
2.NK	P170X20	0.0209	175.68	140.55	11.06	151.61	498.67	0.02	SÜNEK
1.NK	P170X20	0.0361	178.06	142.45	11.06	153.51	498.67	0.04	SÜNEK
ZEMİN	P170X20	0.022	180.32	144.26	11.06	155.32	498.67	0.02	SÜNEK
BODRUM	P170X20	9.6223	171.45	137.16	11.06	148.22	498.67	9.62	SÜNEK
6.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
6.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B1	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B13	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B18	15	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK

Tablo 3.21: Süneklik Kontrolü (y doğrultusu).

Story	Column	V _e kN	V _{cr} kN	V _c kN	V _w kN	V _r kN	V _d kN	V _e kN	KONTROL
6.NK	C1	32.8441	50.62	40.49	13.82	54.32	146.67	32.84	SÜNEK
6.NK	C11	6.2884	83.05	66.44	47.00	113.44	249.33	6.29	SÜNEK
6.NK	C14	5.9394	38.89	31.11	13.82	44.94	110.00	5.94	SÜNEK
5.NK	C1	18.1624	52.67	42.14	13.82	55.96	146.67	18.16	SÜNEK
5.NK	C11	13.8676	85.66	68.52	47.00	115.52	249.33	13.87	SÜNEK
5.NK	C14	14.668	42.17	33.74	13.82	47.56	110.00	14.67	SÜNEK
4.NK	C1	15.8994	54.61	43.69	13.82	57.51	146.67	15.90	SÜNEK
4.NK	C11	15.0989	87.73	70.18	47.00	117.18	249.33	15.10	SÜNEK
4.NK	C14	17.216	45.48	36.38	13.82	50.20	110.00	17.22	SÜNEK
3.NK	C1	17.5124	56.55	45.24	13.82	59.06	146.67	17.51	SÜNEK
3.NK	C11	12.8037	89.78	71.82	47.00	118.82	249.33	12.80	SÜNEK
3.NK	C14	20.0009	48.77	39.02	13.82	52.84	110.00	20.00	SÜNEK
2.NK	C1	26.9079	58.70	46.96	13.82	60.78	146.67	26.91	SÜNEK
2.NK	C11	7.0927	91.79	73.44	47.00	120.43	249.33	7.09	SÜNEK
2.NK	C14	5.0127	52.23	41.78	13.82	55.60	110.00	5.01	SÜNEK
1.NK	C1	31.2927	60.86	48.68	13.82	62.51	146.67	31.29	SÜNEK
1.NK	C11	4.7769	93.82	75.06	47.00	122.06	249.33	4.78	SÜNEK
1.NK	C14	6.2831	55.68	44.55	13.82	58.37	110.00	6.28	SÜNEK
ZEMİN	C1	20.5281	62.99	50.39	13.82	64.21	146.67	20.53	SÜNEK
ZEMİN	C11	4.6919	95.86	76.69	47.00	123.68	249.33	4.69	SÜNEK
ZEMİN	C14	1.9938	59.22	47.37	13.82	61.20	110.00	1.99	SÜNEK
BODRUM	C1	0.0753	51.29	41.03	13.82	54.85	146.67	0.08	SÜNEK
BODRUM	C11	101.0441	97.87	78.29	47.00	125.29	249.33	101.04	SÜNEK
BODRUM	C14	34.5649	62.60	50.08	13.82	63.90	110.00	34.56	SÜNEK
6.NK	P170X20	118.8742	164.43	131.54	11.06	142.60	498.67	118.87	SÜNEK
5.NK	P170X20	3.1946	168.91	135.13	11.06	146.18	498.67	3.19	SÜNEK
4.NK	P170X20	4.8025	171.83	137.47	11.06	148.52	498.67	4.80	SÜNEK
3.NK	P170X20	4.5374	174.74	139.79	11.06	150.85	498.67	4.54	SÜNEK
2.NK	P170X20	4.2705	177.63	142.10	11.06	153.16	498.67	4.27	SÜNEK
1.NK	P170X20	3.8515	180.52	144.41	11.06	155.47	498.67	3.85	SÜNEK
ZEMİN	P170X20	3.5605	183.60	146.88	11.06	157.93	498.67	3.56	SÜNEK
BODRUM	P170X20	498.3042	182.08	145.66	11.06	156.72	498.67	498.30	GEVREK
6.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
6.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B1	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B13	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK
ZEMİN	B18	15	35.97	28.78	8.29	37.07	110.00	15.00	SÜNEK

Tablo 3.22: Gevrek elemanlar listesi.

KAT	ELEMEN	V _r	V _d	V _e	KONTROL	KAT	ELEMEN	V _r	V _d	V _e	KONTROL
		kN	kN	kN				kN	kN		
X Doğrultusu						X Doğrultusu					
5.K	C13	114.18	352.00	177.46	GEVREK	ZK	C80	45.15	91.67	68.82	GEVREK
4.K	C81	41.55	91.67	52.47	GEVREK	ZK	C81	47.08	91.67	75.56	GEVREK
4.K	C82	41.51	91.67	44.43	GEVREK	ZK	C82	43.88	91.67	48.47	GEVREK
4.K	C83	47.87	110.00	78.86	GEVREK	ZK	C83	55.24	110.00	92.75	GEVREK
4.K	C84	42.28	91.67	57.74	GEVREK	ZK	C86	46.80	91.67	88.96	GEVREK
4.K	C86	41.61	91.67	50.76	GEVREK	ZK	C2	45.15	91.67	69.00	GEVREK
4.K	C3	41.59	91.67	52.83	GEVREK	ZK	C3	47.14	91.67	75.91	GEVREK
4.K	C4	48.11	110.00	79.79	GEVREK	ZK	C4	55.54	110.00	93.75	GEVREK
4.K	C5	42.47	91.67	57.83	GEVREK	ZK	C6	46.81	91.67	89.10	GEVREK
4.K	C6	41.64	91.67	53.58	GEVREK	ZK	C14	57.79	110.00	109.80	GEVREK
4.K	C14	50.15	110.00	94.98	GEVREK	ZK	C15	57.81	110.00	89.93	GEVREK
4.K	C15	49.50	110.00	75.21	GEVREK	Y Doğrultusu					
3.K	C81	42.87	91.67	57.99	GEVREK	4.K	C3	41.78	91.67	46.88	GEVREK
3.K	C83	49.59	110.00	80.32	GEVREK	3.K	C3	43.15	91.67	54.89	GEVREK
3.K	C84	43.70	91.67	64.99	GEVREK	3.K	C5	43.90	91.67	72.99	GEVREK
3.K	C86	42.83	91.67	58.70	GEVREK	1.K	C3	46.08	91.67	70.46	GEVREK
3.K	C3	42.93	91.67	58.12	GEVREK	1.K	C6	46.03	91.67	59.13	GEVREK
3.K	C4	49.86	110.00	80.57	GEVREK	ZK	C5	48.73	91.67	53.77	GEVREK
3.K	C5	43.88	91.67	65.87	GEVREK	ZK	C6	47.64	91.67	61.86	GEVREK
3.K	C6	42.84	91.67	58.28	GEVREK	BK	C10	66.28	146.67	121.14	GEVREK
3.K	C13	119.35	352.00	132.90	GEVREK	BK	P170	156.72	498.67	498.30	GEVREK
3.K	C14	52.13	110.00	88.60	GEVREK						
3.K	C15	51.46	110.00	75.19	GEVREK						
2.K	C80	42.83	91.67	60.54	GEVREK						
2.K	C82	42.44	91.67	53.38	GEVREK						
2.K	C83	51.46	110.00	75.57	GEVREK						
2.K	C86	44.10	91.67	90.20	GEVREK						
2.K	C2	42.83	91.67	60.75	GEVREK						
2.K	C4	51.74	110.00	75.50	GEVREK						
2.K	C6	44.11	91.67	90.43	GEVREK						
2.K	C14	53.84	110.00	97.68	GEVREK						
2.K	C15	53.51	110.00	78.71	GEVREK						
1.K	C80	43.80	91.67	44.52	GEVREK						
1.K	C81	45.49	91.67	82.66	GEVREK						
1.K	C82	42.98	91.67	55.00	GEVREK						
1.K	C83	53.32	110.00	93.01	GEVREK						
1.K	C84	46.71	91.67	85.98	GEVREK						
1.K	C86	45.38	91.67	81.74	GEVREK						
1.K	C2	43.80	91.67	44.59	GEVREK						
1.K	C3	45.56	91.67	82.83	GEVREK						
1.K	C4	53.61	110.00	94.08	GEVREK						
1.K	C5	46.87	91.67	86.40	GEVREK						
1.K	C6	45.38	91.67	81.67	GEVREK						
1.K	C13	124.46	352.00	126.97	GEVREK						
1.K	C14	55.47	110.00	98.29	GEVREK						
1.K	C15	55.54	110.00	84.57	GEVREK						

Her iki deprem doğrultusunda yapılan kontrollere göre, binadaki tüm kolon, kiriş ve perdelerin şekildeğiştirmelerinin minimum hasar bölgesinde olduğu görölmüştür. Fakat, binadaki elemanların büyük bir kısmı gevrek hasara uğradığı için, mevcut bina, DBYBHY-2007 Bölüm 7.7’de açıklanan, “Can Güvenliği Performans Düzeyi”ni sağlayamamıştır. Konutlarda “Can Güvenliği Performans Düzeyi” şartının sağlanması beklendiği için, bina mevcut durumda kullanıma uygun değildir (Tablo 3.23).

Tablo 3.23: Bina deprem performans düzeyi.

HEMEN KULLANIM PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir
Herhangi bir katta diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir
CAN GÜVENLİĞİ PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %30’u İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir
İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır
En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi’ndedir
Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının 30’u aşmaması gerekir
GÖÇME ÖNCESİ PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20’si Göçme Bölgesi’ne geçebilir.
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi’ndedir.
Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’u aşmaması gerekir
GÖÇME DURUMU
Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu’ndadır

4. 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNA DEPREM PERFORMANSI ANALİZİ

Bu bölüm, modelleme, analiz öncesi kontrol, analiz ve sonuçlar olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Hesaplamalarda TBDY-2018 Bölüm 15.4’de tanımlanan, deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar esas alınmıştır. Bina bilgi düzeyinin kapsamlı olduğu kabul edilmiştir. Bina önem katsayısı uygulanmamıştır ($I = 1.00$).

4.1. Binanın Üç Boyutlu Matematiksel Modelinin Oluşturulması

Binanın modelinin oluşturulmasında ETABS programı kullanılmıştır. Kolon ve kirişler çubuk eleman, perde ve döşemeler kabuk eleman olarak modellenmiştir. Bina elemanlarının birleşim bölgeleri sonsuz rijit olarak kabul edilmiştir. En alt katta bulunan kolonların alt uçlarına ankastre mesnet tanımlanmıştır. Modelleme kısmında, 2007 deprem yönetmeliğine göre oluşturulan modele büyük ölçüde benzeyen bir model oluşturulmuştur. Modeller arasındaki en büyük fark, etkin kesit rijitlikleridir.

4.1.1. Malzeme Modellerinin Oluşturulması

Yeni bir malzeme modeli oluşturularak, betonun ve çeliğin mevcut dayanımı ve yoğunluğu tanımlanmıştır. Daha sonra, TBDY-2018 Bilgilendirme Eki 5A’da belirtilen doğrusal ötesi malzeme modeli programa tanımlanmıştır. Malzeme modelleri 2007 yönetmeliği için hazırlanan model ile aynı şekilde tanımlanmıştır.

4.1.2. Kolon ve Kiriş Kesitlerinin Oluşturulması

Kesitleri oluştururken, TBDY-2018 Bölüm 5.4’de belirtilen modelleme kuralları esas alınmıştır ve Sap2000 programda bulunan “Section Designer” kullanılmıştır. Kesitler, 2007 yönetmeliği için hazırlanan model ile aynı şekilde tanımlanmıştır.

4.1.3. Döşemelere Rijit Diyafram Atanması

Döşemelerde herhangi bir süreksizlik olmadığı için tüm katlarda döşemelere rijit diyafram tanımlanmıştır. Bu şekilde, kabuk elemanın kendi içindeki olası deformasyonlar engellenerek daha anlamlı bir analiz yapılması amaçlanmıştır. Rijit diyaframlar, 2007 yönetmeliği için hazırlanan model ile aynı şekilde tanımlanmıştır.

4.1.4. Yük Tanımlamaları

Yük tanımlamaları, TBDY-2018 Bölüm 5.2’de belirtildiği şekilde programa tanımlanmıştır. Yüklerin döşemelere eşit olarak dağıldığı kabul edilmiştir. Yükler, 2007 yönetmeliği için hazırlanan model ile aynı şekilde tanımlanmıştır.

4.1.5. Kütle Kaynağı Oluşturulması

Binanın doğal titreşim periyodunun doğru olarak belirlenebilmesi için, kütlelerin programa doğru olarak tanımlanması gerekmektedir. Beton ve çelik modelleri programa tanımlandığından, zati ağırlık için ayrı bir hesap yapılmayıp, program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. Hareketli yük ve kaplama yükleri, kütle kaynağı içine ek olarak tanımlanmıştır. Hareketli yük tanımlanırken, yönetmelikte belirtilen hareketli yük katılım katsayısı kullanılmıştır. Kütle kaynağı, 2007 yönetmeliği için hazırlanan model ile aynı şekilde tanımlanmıştır.

4.2. TBDY-2018’e Göre Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Analizi

Yönetmelik kapsamında doğrusal elastik olmayan iki farklı analiz yöntemi bulunmaktadır:

- Tek Modlu İtme Yöntemleri
 - Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi
 - Değişken Tek Modlu İtme Yöntemi
- Çok Modlu İtme Yöntemleri
 - Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu tez kapsamında, yukarıda belirtilen yöntemlerden “Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi” kullanılacaktır.

4.2.1. Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi ile Analiz Yapılması

Sabit tek modlu itme yönteminin uygulanabilmesi için, mevcut binanın TBDY-2018 Bölüm 5.6.2.1 ve 5.6.2.2’de açıklanan ve aşağıda belirtilen koşulları sağlaması gerekmektedir.

- Binanın Bina Yükseklik Sınıfı $BYS \geq 5$ koşulunu sağlaması.
- Herhangi bir katta, ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması.
- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütlesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması.

Bina yükseklik sınıfının belirlenmesi için, öncelikle deprem tasarım sınıfının belirlenmesi gerekmektedir. Deprem tasarım sınıfının (DTS) belirlenmesinde kullanılacak DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}) hesaplanırken, tez kapsamında “Bölüm 2.1 : Zemin Parametreleri” içerisinde hesaplanan F_s (Tablo 2.8), F_1 (Tablo 2.9), S_s (Tablo 2.7), S_1 (Tablo 2.7), parametreleri kullanılmıştır. S_{DS} katsayısının bulunmasına ilişkin hesaplar Denklem (4.1)’de belirtilmiştir .

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_s F_s \\ S_{DS} &= 1.127 \end{aligned} \tag{4.1}$$

DTS’nin belirlenmesinde kullanılacak bina kullanım sınıfı (BKS) değeri ise (Tablo 4.1)’de belirtilmiştir.

Tablo 4.1: Bina kullanım sınıfları.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
<u>BKS = 3</u>	<u>Diğer binalar</u> <u>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara qirmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</u>	<u>1.0</u>

İncelenen bina konut türünde olduğu için, (Tablo 4.1)'e göre "BKS = 3" olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2: Deprem tasarım sınıfları.

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
<u>$0.75 \leq S_{DS}$</u>	<u>DTS = 1a</u>	<u>DTS = 1</u>

(Tablo 4.1)’e göre hesaplanan $BKS = 3$ ve denklem (2.1)’e göre hesaplanan $S_{DS} = 1.127 \geq 0.75$ olduğu için, (Tablo 4.2)’ye göre “DTS = 1” olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.3: Bina yükseklik sınıfları.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına		
	DTS = 1, 1a, 2,	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
<u>BYS = 5</u>	<u>$17.5 < H_N \leq 28$</u>	<u>$28 < H_N \leq 42$</u>	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$7 < H_N \leq 10.5$	

Zemin kat itibariyle kat yüksekliği $17.50 \text{ m} < 19.60 \text{ m} \leq 28.00 \text{ m}$ ve (Tablo 4.2)’ye göre hesaplanan $DTS = 1$ olduğundan, (Tablo 4.3)’e göre belirlenen bina yükseklik sınıfı $BYS = 5$ olarak belirlenmiştir.

$BYS = 5 \geq 5$ olduğundan, ilk koşul sağlanmaktadır. Diğer koşulların kontrolü için, doğrusal hesap yöntemleri ile analiz yapmak gerekmektedir. Doğrusal hesap yöntemi olarak “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılacaktır. Hesap ile ilgili ayrıntılar TBDY-2018 Bölüm 4.7 kapsamında anlatılmıştır.

4.2.1.1. Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile koşulların kontrol edilmesi

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için, binanın belirli koşulları sağlaması gerekmektedir. Bu koşullar (Tablo 4.4)’de belirtilmiştir.

Tablo 4.4: Eşdeğer deprem yükü koşulları.

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$BYS \geq 4$	$BYS \geq 5$
<u>Diğer tüm binalar</u>	<u>$BYS \geq 5$</u>	<u>$BYS \geq 6$</u>

BYS = 5 ve DTS = 1 olduğu için, [Tablo 4.4]'e göre, incelenen bina, eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar arasına girmektedir. Eşdeğer deprem yükü hesabında, kat kütleleri ve kat yükseklikleri kullanılarak, 1 kN büyüklüğündeki fiktif deprem yükünün katlara dağılımı bulunmuştur (Şekil 3.13). Bulunan fiktif yükler, zemin kat üstündeki katların kütle merkezine etki ettirilerek, katlardaki fiktif yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan fiktif yerdeğiştirmeler ve fiktif yükler kullanılarak, eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı hesaplanmıştır (Tablo 4.6, 4.7). Eşdeğer deprem yükü hesabı yönteminin ayrıntıları, TBDY-2018 Bölüm 4.7 dahilinde açıklanmıştır. Hesaplara ilişkin detaylar, Denklem (4.2-4.14)'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Eşdeğer deprem yükü hesabında kullanılan parametreler.

Parametre	Değer
R	1.000
I	1.000
S_{D1}	0.386
S_{DS}	1.127
F_1	1.500
F_S	1.200

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.2)$$

$$F_{fiE}^{(X)} = \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.3)$$

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_f^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (4.4)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS}, \quad (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS}, \quad (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T}, \quad (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2}, \quad (T_L \leq T) \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$S_1 = S_1 F_1 \quad (4.7)$$

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (4.8)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.9)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.10)$$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad (4.11)$$

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} G \quad (4.12)$$

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (4.13)$$

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.14)$$

Tablo 4.6: Eşdeğer deprem yükü hesabı (x doğrultusu).

X DOĞRULTUSU											
W HESABI							974.50				
	h (m)	g _i (t)	q _i (t)	n	m _i (t)	m _t (t)					
6NK	19.60	131.75	43.19	0.30	144.71						
5NK	16.80	120.72	35.31	0.30	131.32						
4NK	14.00	122.93	35.25	0.30	133.51						
3NK	11.20	125.69	35.25	0.30	136.27						
2NK	8.40	128.80	35.17	0.30	139.36						
1NK	5.60	132.23	35.17	0.30	142.78						
ZK	2.80	136.30	34.24	0.30	146.57						
F _{fi} HESABI							10818.20				
	h (m)	m _i (t)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _{fi} (kN)						
				10818.20							
6NK	19.60	144.71	19.60		0.262						
5NK	16.80	131.32	16.80		0.204						
4NK	14.00	133.51	14.00		0.173						
3NK	11.20	136.27	11.20		0.141						
2NK	8.40	139.36	8.40		0.108						
1NK	5.60	142.78	5.60		0.074						
ZK	2.80	146.57	2.80		0.038						
T HESABI											
	h (m)	m _i (t)	d _{fi} (m)	F _{fi} (kN)	Σm _i *d _{fi} ² (kNs²m)	ΣF _{fi} *d _{fi} (kNm)	T _P ^(x) (s)				
					1.33E-05	1.31E-04	2.00				
6NK	19.60	144.71	0.000184	0.262							
5NK	16.80	131.32	0.000164	0.204							
4NK	14.00	133.51	0.000134	0.173							
3NK	11.20	136.27	0.000105	0.141							
2NK	8.40	139.36	0.000071	0.108							
1NK	5.60	142.78	0.000041	0.074							
ZK	2.80	146.57	0.000013	0.038							
S _{ae} (T) HESABI											
S _{DS} = S _S F _S	1.127										
S _{D1} = S _I F _I	0.386										
0<=T<=T _a	YANLIŞ										
T _a <T<=T _b	YANLIŞ										
T _b <=T<=T _L	DOĞRU										
T _L <=T	YANLIŞ										
T _a	T _b	S(T ₁)									
0.068	0.342	0.609									
S _{ae} (T) =	0.193										
S _{aR} (T) HESABI											
S _{ae} (T)	I	R _a (T)	S _{aR} (T)								
0.19	1.00	1.00	0.193								
V _t HESABI											
m _t	S _{aR}	V _t									
974.50	0.193	1842.67									
V _t Kontrol											
V _t	V _{IE} ^(x) >=0.04*m _t *I*S _{DS} *g										
1842.67	430.88										
KONTROL	DOĞRU										
V _t =	1843										
ΔF _n HESABI											
h (m)	N	V _t (kN)	ΔF _n								
2.80	7.00	1842.67	96.74								
F _i HESABI											
	h (m)	V _t (kN)	F _n (kN)					w _i (ton)	H _i (m)	Σw _i *H _i	F _i ^(x) (kN)
		1842.67	96.74							10818.20	
6NK	19.60							144.71	19.60		554
5NK	16.80							131.32	16.80		356
4NK	14.00							133.51	14.00		302
3NK	11.20							136.27	11.20		246
2NK	8.40			139.36	8.40	189					
1NK	5.60			142.78	5.60	129					
ZK	2.80			146.57	2.80	66					
V _t							1843				

Tablo 4.7: Eşdeğer deprem yükü hesabı (y doğrultusu).

Y DOĞRULTUSU											
W HESABI							974.50				
	h (m)	g _i (kN)	q _i (kN)	n	m _i (t)	m _t (t)					
6NK	19.60	1292.45	43.19	0.30	144.71						
5NK	16.80	1184.30	35.31	0.30	131.32						
4NK	14.00	1205.98	35.25	0.30	133.51						
3NK	11.20	1233.02	35.25	0.30	136.27						
2NK	8.40	1263.57	35.17	0.30	139.36						
1NK	5.60	1297.17	35.17	0.30	142.78						
ZK	2.80	1337.08	34.24	0.30	146.57						
F _{fi} HESABI							10818.20				
	h (m)	m _i (t)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _{fi} (kN)						
				10818.20							
6NK	19.60	144.71	19.60		0.262						
5NK	16.80	131.32	16.80		0.204						
4NK	14.00	133.51	14.00		0.173						
3NK	11.20	136.27	11.20		0.141						
2NK	8.40	139.36	8.40		0.108						
1NK	5.60	142.78	5.60		0.074						
ZK	2.80	146.57	2.80		0.038						
T HESABI											
	h (m)	m _i (t)	d _{fi} (m)	F _{fi} (kN)	Σm _i *d _{fi} ² (kNs ² m)	ΣF _{fi} *d _{fi} (kNm)	T _P ^(y) (s)				
					8.10E-06	1.02E-04	1.77				
6NK	19.60	144.71	1.52E-04	0.262							
5NK	16.80	131.32	1.27E-04	0.204							
4NK	14.00	133.51	1.04E-04	0.173							
3NK	11.20	136.27	7.50E-05	0.141							
2NK	8.40	139.36	4.90E-05	0.108							
1NK	5.60	142.78	2.40E-05	0.074							
ZK	2.80	146.57	8.00E-06	0.038							
S _{ae} (T) HESABI											
S _{DS} = S _S F _S	1.127										
S _{DI} = S _I F _I	0.386										
0<=T<=T _a	YANLIŞ										
T _a <T<=T _b	YANLIŞ										
T _b <T<=T _L	DOĞRU										
T _L <=T	YANLIŞ										
T _a	T _b	S(T ₁)									
0.068	0.342	0.671									
S _{ae} (T) =	0.218										
S _{ar} (T) HESABI											
S _{ae} (T)	I	R _a (T)	S _{ar} (T)								
0.22	1.00	1.00	0.218								
V _t HESABI											
m _t	S _{aR}	V _t									
974.50	0.218	2082.11									
V _t Kontrol											
V _t	V _{IE} ^(y) >=0.04*m _t *I*S _{DS} *g										
2082.11	430.88										
KONTROL	DOĞRU										
V _t =	2082										
ΔF _n HESABI											
h (m)	N	V _t (kN)	ΔF _n								
2.80	7.00	2082.11	109.31								
F _i HESABI											
	h (m)	V _t (kN)	F _n (kN)					w _i (ton)	H _i (m)	Σw _j *H _j	F _i ^(y) (kN)
6NK	19.60	2082.11	109.31					144.71	19.60	10818.20	627
5NK	16.80							131.32	16.80		402
4NK	14.00							133.51	14.00		341
3NK	11.20							136.27	11.20		278
2NK	8.40							139.36	8.40		213
1NK	5.60			142.78	5.60	146					
ZK	2.80			146.57	2.80	75					
V _t							2082				

Hesaplanan eşdeğer deprem yükleriyle yapılan analiz sonucunda elde edilen yerdeğiştirmelerle kat ötelemeleri ve kat burulma oranları hesaplanmıştır. Yatay yükler her katın kütle merkezinde tanımlanıp, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmamıştır. Hesaplanan eşdeğer deprem yükleri altında yapılan doğrusal analiz sonucunda elde edilen yerdeğiştirmelere göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları, her katta $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlamaktadır (Tablo 4.8). Bu kontrol ile birlikte, sabit tek modlu itme analizinin 2. önkoşulu da sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.8: A1 – Burulma düzensizliği kontrolü (x ve y doğrultusu).

A1 - BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ											
X						Y					
	H	$\Delta_{i(max)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.4$		H	$\Delta_{i(max)}$	$\Delta_{i(ort)}$	η_{bi}	$\eta_{bi} < 1.4$
6NK	19.60	0.041	0.040	1.0	<u>OK</u>	6NK	19.60	0.053	0.047	1.1	<u>OK</u>
5NK	16.80	0.058	0.058	1.0	<u>OK</u>	5NK	16.80	0.049	0.051	1.0	<u>OK</u>
4NK	14.00	0.056	0.056	1.0	<u>OK</u>	4NK	14.00	0.060	0.052	1.2	<u>OK</u>
3NK	11.20	0.063	0.063	1.0	<u>OK</u>	3NK	11.20	0.056	0.052	1.1	<u>OK</u>
2NK	8.40	0.057	0.057	1.0	<u>OK</u>	2NK	8.40	0.052	0.047	1.1	<u>OK</u>
1NK	5.60	0.051	0.051	1.0	<u>OK</u>	1NK	5.60	0.035	0.036	1.0	<u>OK</u>
ZK	2.80	0.024	0.024	1.0	<u>OK</u>	ZK	2.80	0.016	0.015	1.1	<u>OK</u>

Deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının %70'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır (Tablo 4.9). Bu kontrol ile birlikte, sabit tek modlu itme analizinin tüm önkoşulları sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.9: Kütle katılım oranları.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
Modal	1	2.13	1%	3%	0%
Modal	2	2.12	<u>74%</u>	0%	0%
Modal	3	1.78	0%	<u>71%</u>	0%
Modal	4	0.79	0%	0%	0%
Modal	5	0.76	12%	0%	0%
Modal	6	0.49	0%	16%	0%
Modal	7	0.45	0%	0%	0%
Modal	8	0.42	6%	0%	0%
Modal	9	0.32	0%	0%	0%
Modal	10	0.27	2%	0%	0%
Modal	11	0.23	0%	0%	0%
Modal	12	0.20	0%	6%	0%

4.2.1.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için yapı elemanlarına mafsallar atanmıştır. Çubuk eleman olarak tanımlanan kirişlere yığılı mafsallar, çubuk eleman kolonlara ve kabuk eleman olarak tanımlanan perdeler yayılı mafsallar atanmıştır. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5 h$). Mafsallar, kolon ve kirişlerin alt ve üst uçlarına, perdelerin orta noktalarına atanmıştır. Ayrıntılı bilgi, TBDY-2018 Bölüm 5.3 dahilinde açıklanmıştır. Mafsalların matematiksel modele tanımlanması, tezin 3. Bölümünde 2007 yönetmeliğine göre hazırlanan modele yapılan tanımlamalar ile aynı şekilde yapılmıştır. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ tanımlanmış ve deprem analizi, azaltılmış rijitlikler tanımlanan model üzerinde yapılmıştır. Etkin eğilme rijitliklerinin hesaplamalarına ilişkin açıklamalar Denklem (4.15)'te yer almaktadır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{3 \theta_y} \quad (4.15)$$

Burada kullanılan “ M_y ” ve “ θ_y ”, çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamalarını göstermektedir. “ θ_y ” nin hesaplamasına ilişkin detaylar, Denklem (4.16)'da aşağıda gösterilmiştir.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0.0015\eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (4.16)$$

Burada kullanılan “ Φ_y ”, plastik mafsallık kesitindeki akma eğriliğini göstermektedir ve kesitler üzerinde yapılan moment eğrilik analizleri sonucunda elde edilmiştir. “ L_s ”, kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı) ifade etmektedir. Kiriş ve kolonlarda $\eta = 1$, perdelerde $\eta = 0.5$ alınmıştır. “ h ”, kesit yüksekliğidir. “ d_b ” mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin toplam çapını, “ f_{ce} ” ve “ f_{ye} ” ise betonun ortalama basınç dayanımı ile donatının ortalama akma dayanımını göstermektedir. Hesaplamalara ilişkin örnek olarak, her katta üç adet kolon ve üç adet kirişin hesap ayrıntıları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.10-4.12). Perdelerin etkin rijitlik bilgileri, program tarafından otomatik olarak atanmaktadır.

Tablo 4.10: Etkin rijitlik hesaplamaları (kolon – M22).

Story	Element	Unique Name	ϕ_y	η	d_b	f_{ye}	f_{ce}	θ_y	$(EI)_e$	$(EI)_0$	Ratio
-	-	-	1/m	-	m	MPa	MPa	rad	-	-	-
6.NK	C1	153	0.011	1	0.02	220	10	0.009	1661	12644	<u>0.13</u>
6.NK	C11	161	0.004	1	0.02	220	10	0.005	9181	248489	<u>0.04</u>
6.NK	C14	163	0.010	1	0.02	220	10	0.008	1132	9483	<u>0.12</u>
5.NK	C1	132	0.011	1	0.02	220	10	0.009	2063	12644	<u>0.16</u>
5.NK	C11	140	0.003	1	0.02	220	10	0.005	14399	248489	<u>0.06</u>
5.NK	C14	142	0.012	1	0.02	220	10	0.009	1364	9483	<u>0.14</u>
4.NK	C1	111	0.011	1	0.02	220	10	0.009	2063	12644	<u>0.16</u>
4.NK	C11	119	0.003	1	0.02	220	10	0.005	14399	248489	<u>0.06</u>
4.NK	C14	121	0.012	1	0.02	220	10	0.009	2780	15806	<u>0.18</u>
3.NK	C1	90	0.013	1	0.02	220	10	0.010	2124	12644	<u>0.17</u>
3.NK	C11	98	0.003	1	0.02	220	10	0.005	16208	248489	<u>0.07</u>
3.NK	C14	100	0.015	1	0.02	220	10	0.011	2819	15806	<u>0.18</u>
2.NK	C1	69	0.013	1	0.02	220	10	0.010	2922	18967	<u>0.15</u>
2.NK	C11	77	0.003	1	0.02	220	10	0.005	18107	248489	<u>0.07</u>
2.NK	C14	79	0.011	1	0.02	220	10	0.009	5103	32774	<u>0.16</u>
1.NK	C1	46	0.013	1	0.02	220	10	0.010	2922	18967	<u>0.15</u>
1.NK	C11	54	0.003	1	0.02	220	10	0.005	18107	248489	<u>0.07</u>
1.NK	C14	56	0.012	1	0.02	220	10	0.009	5070	32774	<u>0.15</u>
ZEMİN	C1	24	0.010	1	0.02	220	10	0.008	5025	32774	<u>0.15</u>
ZEMİN	C11	32	0.003	1	0.02	220	10	0.005	20190	248489	<u>0.08</u>
ZEMİN	C14	34	0.009	1	0.02	220	10	0.008	9299	60719	<u>0.15</u>
BODRUM	C1	1	0.009	1	0.02	220	10	0.007	3970	32774	<u>0.12</u>
BODRUM	C11	9	0.003	1	0.02	220	10	0.005	23148	248489	<u>0.09</u>
BODRUM	C14	11	0.009	1	0.02	220	10	0.008	9303	60719	<u>0.15</u>

Tablo 4.11: Etkin rijitlik hesaplamaları (kolon – M33).

Story	Element	Unique Name	ϕ_y	η	d_b	f_{ye}	f_{ce}	θ_y	$(EI)_e$	$(EI)_0$	Ratio
-	-	-	1/m	-	m	MPa	MPa	rad	-	-	-
6.NK	C1	153	0.007	1	0.02	220	10	0.007	2934	32370	<u>0.09</u>
6.NK	C11	161	0.015	1	0.02	220	10	0.011	1033	13757	<u>0.08</u>
6.NK	C14	163	0.010	1	0.02	220	10	0.008	1161	13656	<u>0.09</u>
5.NK	C1	132	0.007	1	0.02	220	10	0.007	3852	32370	<u>0.12</u>
5.NK	C11	140	0.015	1	0.02	220	10	0.011	1208	13757	<u>0.09</u>
5.NK	C14	142	0.009	1	0.02	220	10	0.007	2039	13656	<u>0.15</u>

Devamı bir sonraki sayfada...

...Bir önceki sayfanın devamı											
4.NK	C1	111	0.007	1	0.02	220	10	0.007	3852	32370	<u>0.12</u>
4.NK	C11	119	0.015	1	0.02	220	10	0.011	1208	13757	<u>0.09</u>
4.NK	C14	121	0.005	1	0.02	220	10	0.005	7835	63222	<u>0.12</u>
3.NK	C1	90	0.007	1	0.02	220	10	0.007	4555	32370	<u>0.14</u>
3.NK	C11	98	0.016	1	0.02	220	10	0.012	1597	13757	<u>0.12</u>
3.NK	C14	100	0.005	1	0.02	220	10	0.005	9053	63222	<u>0.14</u>
2.NK	C1	69	0.004	1	0.02	220	10	0.005	12398	109248	<u>0.11</u>
2.NK	C11	77	0.018	1	0.02	220	10	0.013	1489	13757	<u>0.11</u>
2.NK	C14	79	0.005	1	0.02	220	10	0.006	13539	131098	<u>0.10</u>
1.NK	C1	46	0.004	1	0.02	220	10	0.005	12398	109248	<u>0.11</u>
1.NK	C11	54	0.018	1	0.02	220	10	0.013	1489	13757	<u>0.11</u>
1.NK	C14	56	0.005	1	0.02	220	10	0.006	14334	131098	<u>0.11</u>
ZEMİN	C1	24	0.004	1	0.02	220	10	0.005	14347	131098	<u>0.11</u>
ZEMİN	C11	32	0.020	1	0.02	220	10	0.015	1585	13757	<u>0.12</u>
ZEMİN	C14	34	0.004	1	0.02	220	10	0.005	22769	242875	<u>0.09</u>
BODRUM	C1	1	0.004	1	0.02	220	10	0.005	9697	131098	<u>0.07</u>
BODRUM	C11	9	0.020	1	0.02	220	10	0.015	1674	13757	<u>0.12</u>
BODRUM	C14	11	0.004	1	0.02	220	10	0.005	23570	242875	<u>0.10</u>

Tablo 4.12: Etkin rijitlik hesaplamaları (kiriş – M33).

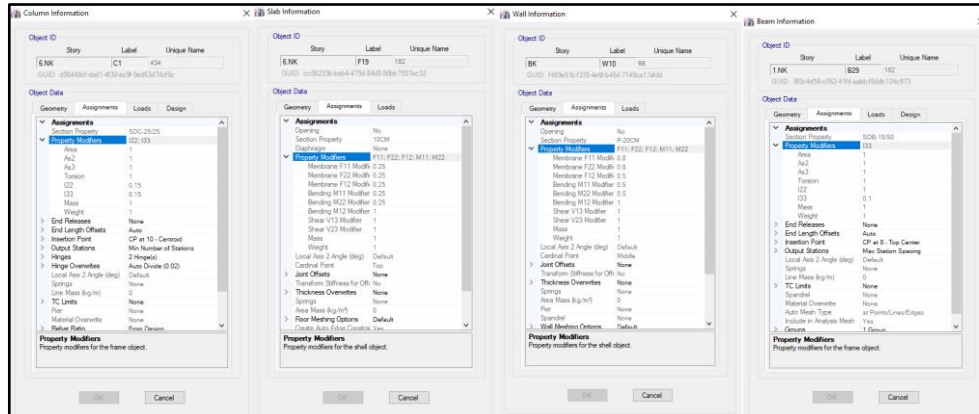
Story	Element	Unique Name	ϕ_y	η	d_b	f_{ye}	f_{ce}	θ_y	$(EI)_e$	$(EI)_o$	Ratio
-	-	-	1/m	-	m	MPa	MPa	rad	-	-	-
6.NK	B1	179	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
6.NK	B13	257	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
5.NK	B1	189	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
5.NK	B13	263	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
4.NK	B1	199	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
4.NK	B13	269	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
3.NK	B1	209	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
3.NK	B13	275	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
2.NK	B1	219	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
2.NK	B13	281	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
1.NK	B1	229	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
1.NK	B13	287	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
ZEMİN	B18	307	0.018	1	0.01	220	10	0.018	363	3414	<u>0.11</u>
ZEMİN	B1	239	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
ZEMİN	B13	293	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>
BODRUM	B1	13	0.018	1	0.01	220	10	0.013	330	3414	<u>0.10</u>
BODRUM	B18	305	0.018	1	0.01	220	10	0.018	363	3414	<u>0.11</u>
BODRUM	B13	251	0.018	1	0.01	220	10	0.013	331	3414	<u>0.10</u>

Döşemeler ve bodrum kat perdeleri doğrusal olarak tasarlandığı için, yukarıda yapılan hesaplar bu yapı elemanları için yapılmamıştır. Bu elemanların etkin kesit rijitliklerinin bulunması için aşağıda gösterilen (Tablo 4.13) kullanılmıştır.

Tablo 4.13: Etkin rijitlik katsayıları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	Eksenel	Kayma
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eksenel	Kayma
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

TBDY Bölüm 5.4.5.'e göre hesaplanan etkin kesit rijitlikleri, oluşturulan matematiksel model üzerindeki kesitlere atanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Etkin kesit rijitliklerinin programa tanımlanması.

4.2.1.3. İtme analizi

TBDY-2018 Bölüm 5.2.2.2’de belirtildiği üzere, doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapılacak deprem hesabından önce, düşey yüklerin (deprem yükleri haricindeki yükler) taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Düşey yük analizinde kullanılan yük kombinasyonu Denklem (4.17)’de belirtilmiştir.

$$G + Q_e + 0.2 S \quad (4.17)$$

Burada “G” sabit yük etkisini, “S” kar yükü etkisini, “ Q_e ” etkin hareketli yük etkisini göstermektedir. Sabit yük etkisine, binanın yapı elemanlarının mevcut beton ve donatıya göre ağırlıkları (g) ve kaplama yükü (SDL) dahil edilmiştir. Kaplama yükü hesaplanırken $SDL = 1.5 \text{ kN/m}^2$ olarak kabul edilmiştir. “ Q_e ”nin hesabında hareketli yük kütle katılım katsayısı Denklem (4.18)’de gösterildiği gibi kullanılmıştır.

$$Q_e = nQ \quad (4.18)$$

Burada “n”, hareketli yük katılım katsayısını, “Q” hareketli yükü temsil etmektedir. Hareketli yük katılım katsayısının hesaplanmasında (Tablo 4.14) kullanılmıştır.

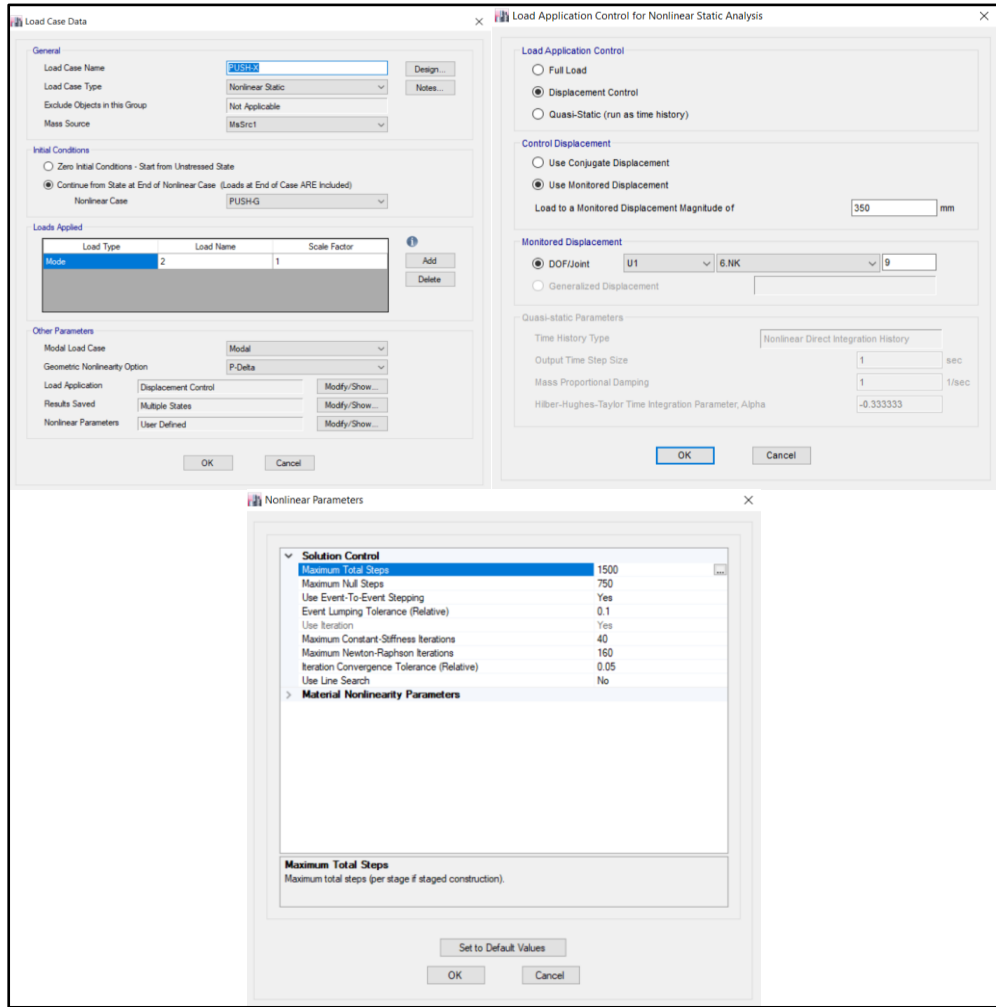
Tablo 4.14: Hareketli yük katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser	0.60
<u>Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.</u>	<u>0.30</u>

Hareketli yük hesaba katılırken $Q = 2 \text{ kN/m}^2$ olarak kabul edilmiştir. Kar yükü etkisi, incelenen binanın mevcut bulunduğu konum göz önüne alınarak hesaba katılmamıştır. Doğrusal olmayan deprem hesabından önce uygulanacak düşey yüklerin son hali Denklem (4.19)’da gösterilmiştir.

$$g + SDL + nQ \quad (4.19)$$

Yukarıda gösterilen düşey yük kombinasyonu altında yapılan doğrusal olmayan statik analiz sonuçları başlangıç koşulu olarak kullanılarak, deprem doğrultusunda hâkim olan modun etkisi altında doğrusal olmayan statik itme analizi yapılmıştır (Şekil 4.2). Binaın tepe noktasındaki bir nokta 35 cm deplasman yapıncaya kadar bina itilerek, binaın mevcut deprem etkisi altındaki itme eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 4.2: Statik itme analizi parametreleri.

Koordinatları tepe yerdeğiştirmesi ($u_{N \times 1}^{(X,k)}$) ve taban kesme kuvveti ($V_{tx1}^{(X,k)}$) olan itme eğrisine, TBDY-2018 EK 5B’ de anlatılan yöntemlerle koordinat dönüşümü uygulanarak modal kapasite diyagramı edilmiştir.

Kesme kuvvetinin modal ivmeye dönüşümü için kat modal etkin kütleleri kullanılmıştır. Dönüşümün ayrıntıları (4.20)'de belirtilmiştir.

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{tx1}^{(X,k)}}{m_{tx1}^{(X,1)}} \quad (4.20)$$

Burada $m_{tx1}^{(X,1)}$, taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerini, $V_{tx1}^{(X,k)}$, deprem doğrultusundaki taban kesme kuvvetini, $a_1^{(X,k)}$ modal ivmeyi temsil etmektedir. $V_{tx1}^{(X,k)}$, yapılan itme analizi sonucunda programın hesapladığı itme eğrisi grafiğinden elde edilmektedir. $m_{tx1}^{(X,1)}$, Denklem (4.21-4.23)'de hesapları gösterilen kat etkin kütlelerinin toplanması sonucu elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} m_{ix1}^{(X,1)} &= m_i \Phi_{ix1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \\ m_{iy1}^{(X,1)} &= m_i \Phi_{iy1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \\ m_{i\theta1}^{(X,1)} &= m_i \Phi_{i\theta1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \end{aligned} \quad (4.21)$$

$$m_{txn}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{ixn} \quad (4.22)$$

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i(X)n}}{\sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{ixn}^2 + m_i \Phi_{iyn}^2 + m_{i\theta} \Phi_{i\theta n}^2)} \quad (4.23)$$

Burada $m_{ix1}^{(X,1)}$, $m_{iy1}^{(X,1)}$, $m_{i\theta1}^{(X,1)}$, kat etkin kütlelerinin birinci itme adımında ($k=1$) hesaplanan birinci (deprem doğrultusunda hâkim) mod karşılıklarıdır ($n=1$). $\Gamma_1^{(X,1)}$ ise, modal katkı çarpanı $\Gamma_n^{(X)}$ 'in, birinci itme adımında hesaplanan birinci (deprem doğrultusunda hâkim) mod karşılığıdır. $\Phi_{ix1}^{(1)}$, $\Phi_{iy1}^{(1)}$, sırasıyla x ve y doğrultusundaki n'inci doğal titreşim mod şekli genliğini, $\Phi_{i\theta1}^{(1)}$, z ekseninde dönme olarak n'inci doğal titreşim mod şekli genliğini ifade etmektedir. Modal ivme $a_1^{(X,k)}$ hesaplandıktan sonra, grafikte tepe yerdeğiştirmesi ($u_{Nx1}^{(X,k)}$)'e karşılık gelen birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$ Denklem (4.24)'e göre hesaplanmıştır. Koordinat dönüşümleri yapıldıktan sonra modal kapasite diyagramı elde edilmiştir (Şekil 4.3).

$$d_1^{(X,k)} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{Nx1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (4.24)$$

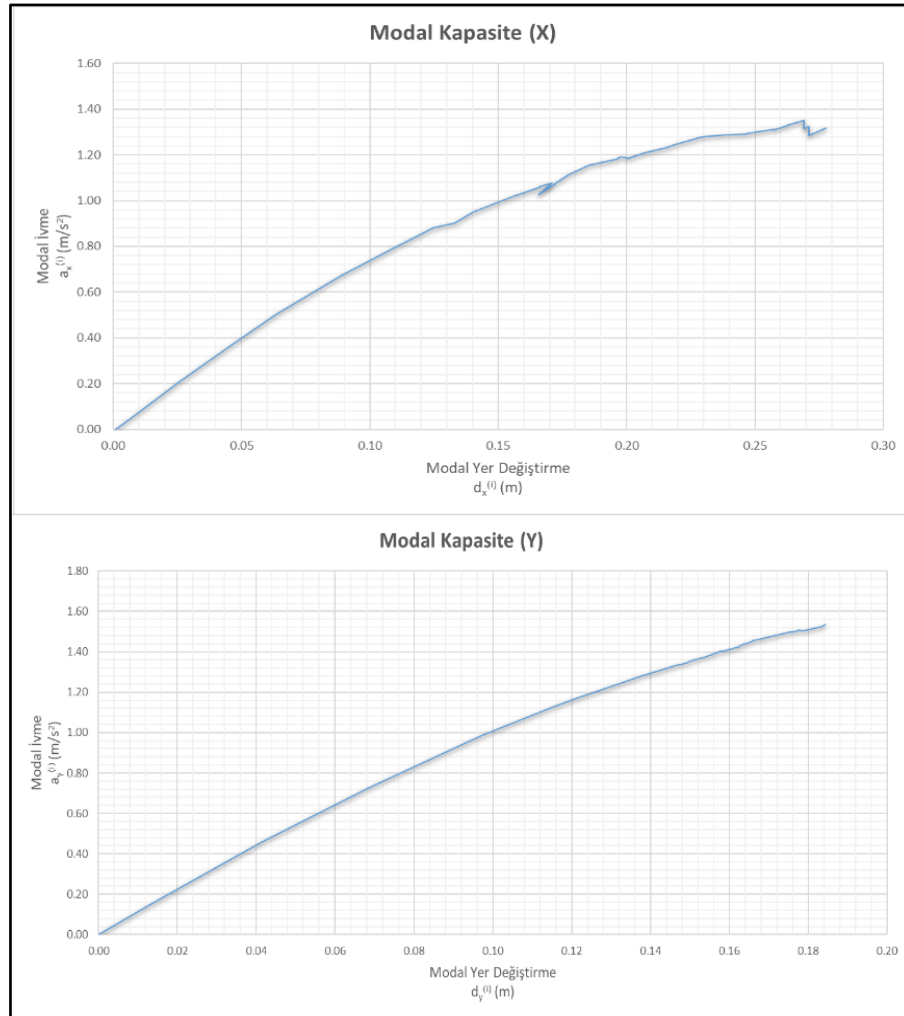
Burada $\Phi_{Nx1}^{(1)}$, *deprem doğrultusunda hâkim moda ait en üst kattaki mod şekli genliğini* ifade etmektedir. $\Phi_{Nx1}^{(1)}$ 'in ve $\Gamma_1^{(X,1)}$ 'in hesaplarına ve koordinat dönüşümlerine ilişkin sayısal örnekler, (Tablo 4.15) ve (Tablo 4.16)'da gösterilmiştir.

Tablo 4.15: Modal katkı çarpanı ve mod şekli genliği hesabı.

X Yönü (Mod 2)	i'inci Katın Kütlesi	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Modal Katkı Çarpanı	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (x)	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (y)	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (Φ)	Taban Kesme Kuvveti Etkin Kütlesi (x)	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği
-	m_i	$m_{\theta i}$	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{zin}	Γ_{x1}	$m_{ix1}^{(X,1)}$	$m_{iy1}^{(X,1)}$	$m_{i\Phi 1}^{(X,1)}$	$m_{tx1}^{(X,1)}$	Φ_{Nx1}
-	t	t-m ²	mm	mm	mm	-	t	t	t	t	mm
6.NK	144.71	8434.40	5.9E-02	6.3E-02	3.66E-08	<u>21</u>	179.29	191.45	0.01	661.897	<u>0.059</u>
5.NK	131.32	6254.41	5.3E-02	5.30E-02	3.47E-08		146.15	146.15	0.00		
4.NK	133.51	6369.66	4.3E-02	4.2E-02	3.41E-08		120.56	117.76	0.00		
3.NK	136.27	6513.69	3.4E-02	3.3E-02	2.58E-08		97.29	94.43	0.00		
2.NK	139.36	6739.00	2.3E-02	2.2E-02	1.76E-08		67.31	64.38	0.00		
1.NK	142.78	6954.65	1.3E-02	1.2E-02	1.00E-08		38.98	35.98	0.00		
ZEMİN	146.57	7367.16	4.0E-03	4.0E-03	3.40E-09		12.31	12.31	0.00		
Σ	974.50										
Y Yönü (Mod 3)	i'inci Katın Kütlesi	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Modal Katkı Çarpanı	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (x)	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (y)	i'inci Kattaki Etkin Modal Kütle (Φ)	Taban Kesme Kuvveti Etkin Kütlesi (y)	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği
-	m_i	$m_{\theta i}$	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{zin}	Γ_{x1}	$m_{ix1}^{(X,1)}$	$m_{iy1}^{(X,1)}$	$m_{i\Phi 1}^{(X,1)}$	$m_{ty3}^{(Y,1)}$	Φ_{Ny1}
-	t	t-m ²	mm	mm	mm	-	t	t	t	t	mm
6.NK	144.71	8434.3987	1.1E-02	7.0E-02	9.36E-08	<u>27</u>	42.98	273.49	0.02	981.653	<u>0.070</u>
5.NK	131.32	6254.4121	1.0E-02	6.1E-02	1.90E-07		35.46	216.28	0.03		
4.NK	133.51	6369.6633	8.0E-03	4.9E-02	2.10E-07		28.84	176.63	0.04		
3.NK	136.27	6513.6929	7.0E-03	3.8E-02	2.20E-07		25.75	139.81	0.04		
2.NK	139.36	6739.0018	5.0E-03	2.6E-02	1.90E-07		18.81	97.83	0.03		
1.NK	142.78	6954.6453	3.0E-03	1.5E-02	1.30E-07		11.57	57.83	0.02		
ZEMİN	146.57	7367.1646	1.0E-03	5.0E-03	5.00E-08		3.96	19.79	0.01		
Σ	974.50										

Tablo 4.16: Koordinat dönüşümü hesabı.

X Doğrultusu				Y Doğrultusu			
En Üst Kattaki Yer Değiştirme	Taban Kesme Kuvveti	Modal Yer Değiştirme	Modal İvme	En Üst Kattaki Yer Değiştirme	Taban Kesme Kuvveti	Modal Yer Değiştirme	Modal İvme
$u_{xN1}^{(i)}$	$V_{x1}^{(i)}$	$d_{x1}^{(i)}$	$a_{x1}^{(i)}$	$u_{xN1}^{(i)}$	$V_{x1}^{(i)}$	$d_{x1}^{(i)}$	$a_{x1}^{(i)}$
mm	kN	m	m/s ²	mm	kN	m	m/s ²
11.30	44.78	<u>0.01</u>	<u>0.07</u>	24.88	148.60	<u>0.01</u>	<u>0.15</u>
78.54	331.16	<u>0.06</u>	<u>0.50</u>	78.32	448.26	<u>0.04</u>	<u>0.46</u>
138.19	532.53	<u>0.11</u>	<u>0.80</u>	129.15	712.02	<u>0.07</u>	<u>0.73</u>
164.82	597.75	<u>0.13</u>	<u>0.90</u>	183.66	968.77	<u>0.10</u>	<u>0.99</u>
205.13	678.30	<u>0.17</u>	<u>1.02</u>	250.88	1223.41	<u>0.13</u>	<u>1.25</u>
256.58	801.19	<u>0.21</u>	<u>1.21</u>	299.07	1377.77	<u>0.16</u>	<u>1.40</u>
305.58	854.57	<u>0.25</u>	<u>1.29</u>	348.36	1504.48	<u>0.18</u>	<u>1.53</u>
344.09	872.54	<u>0.28</u>	<u>1.32</u>				



Şekil 4.3: Modal kapasite diyagramı.

Koordinat dönüşümlerinin uygulanmasıyla modal kapasite eğrisi elde edildikten sonra, depremin modal yerdeğiştirme talebine karşılık gelen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme $d_{1,max}^{(X)}$ Denklem (4.25)'e göre hesaplanmıştır.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (4.25)$$

Burada gösterilen $S_{di}(T_1)$ taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşılık gelen ve Denklem (4.26)'da hesaplanan doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (4.26)$$

Burada gösterilen $S_{de}(T_1)$, daha önce (4.2.6) ile hesaplanan elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi $S_{ae}(T)$ 'yi, C_R ise spektral yerdeğiştirme oranını göstermektedir. C_R 'nin hesabına ilişkin detaylar Denklem (4.27)'de gösterilmiştir.

$$C_R = 1 \quad , \quad T_1 > T_B$$

$$C_R = \frac{1+(R_y-1)\frac{T_B}{T_1}}{R_y} \quad , \quad T_1 \leq T_B \quad (4.27)$$

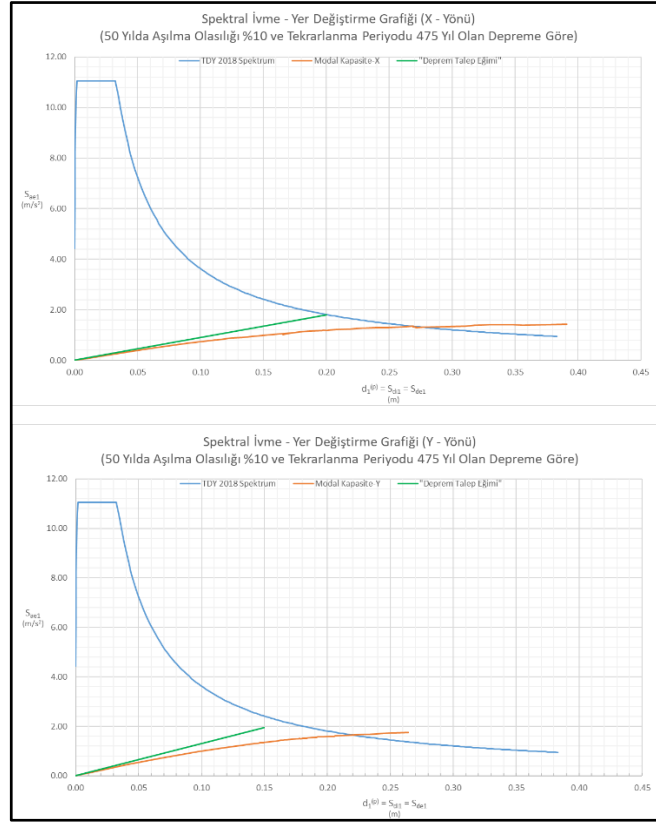
Yukarıda hesaplanan $d_{1,max}^{(X)}$ 'ın hesaplarına ilişkin sayısal örnek aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Modal yerdeğiştirme talebi hesabı.

Doğrultu	T_1	$S_{ae}(T_1)$	$S_{de}(T_1)$	C_{r1}	$S_{di}(T_1)$	$d_{1,max}^{(X)}$
-	(s)	(m/s ²)	(m)	-	(m)	(cm)
X	2.12	1.80	0.20	1.00	0.20	<u>20.00</u>
Y	1.78	2.17	0.17	1.00	0.17	<u>17.00</u>

$d_{1,max}^{(X)}$ hesaplandıktan sonra, elde edilen tepe yer değıştirmesi istemine ulaşınca kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile yeni bir modal kapasite diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni modal kapasite diyagramı ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan depreme göre hesaplanan spektral ivme grafiğinin birlikte gösterildiğİ grafik (Şekil 4.4)'de gösterilmiştir. Spektral

yerdeğiştirme hesabında kullanılan bina doğal titreşim periyotları, daha önce yukarıda gösterilen (Tablo 4.8)’de gösterilmiştir.



şekil 4.4: Spektral ivme – yer değiştirme grafiği.

4.2.1.4. Birim şekildeğiştirme istem ve limitlerinin belirlenmesi

Birim şekildeğiştirme istemi olarak, itme analizi sonucunda elde edilen ve her iki deprem doğrultusunda tüm yapı elemanlarındaki mafsallarda oluşan dönme değerleri kullanılmıştır. Elde edilen istemler, TBDY Bölüm 5.8’de belirtilen birim şekildeğiştirme sınır değerleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: Birim şekildeğiştirme limitleri.

$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018$	$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4 \varepsilon_{su}$	$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} [(\phi_u - \phi_y) L_p (1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s}) +$
$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$	$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G\ddot{O})}$
$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075$	$\theta_p^{(SH)} = 0$

Göçmenin önlenmesi hasar düzeyi için tanımlanan beton birim kısalmasının hesabı Denklem (4.28)-(4.31)'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04 \sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (4.28)$$

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.29)$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \quad (4.30)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (4.31)$$

Burada gösterilen $\varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$, Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısalmasını, ω_{we} , etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını, α_{se} , sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$, dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını, f_{ywe} , enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını, f_{ce} , betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımını göstermektedir.

Göçmenin önlenmesi hasar düzeyi için tanımlanan çelik birim uzamasının hesabı Denklem (4.32)'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4\varepsilon_u \quad (4.32)$$

Burada ε_{su} , çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, depremin deplasman talebi $d_{1,max}^{(X)}$ 'e göre itme analizi sonucunda hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır, kesite etkiyen eksenel kuvvet ve yapılan eğrilik analizi sonucunda Denklem (4.33) ile hesaplanmıştır.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4.33)$$

Burada ϕ_u , Denklem (4.28) ve Denklem (4.32)'de hesaplanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmeleri ve kesite etkiyen eksenel kuvvet dikkate alınarak yapılan analizden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliğini göstermektedir. d_b , akma sonrası (göçme öncesine kadar) durum için akma uzaması penetrasyonuna bağlı donatı sıyrılması dönmesine karşı gelmektedir. L_p , plastik mafsallı boyunu, L_s , kesme açıklığını ifade etmektedir.

Binadaki yapı elemanlarının beton birim kısalması ve çelik birim uzaması için yukarıda anlatılan hesap yöntemlerine göre hesaplanan sınır değerlere ilişkin sayısal örnek aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.19, 4.21).

Tablo 4.19: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı (ω_{we}) hesabı.

X Doğrultusu													
-	a_{i1}	a_{i2}	b_0	h_0	α_{se}	A_{sh}	b_k	s	ρ_{sh}	$\rho_{sh,min}$	f_{ywe}	f_{ce}	ω_{we}
-	mm	mm	mm	mm	-	mm ²	mm	mm	-	-	Mpa	Mpa	-
C20X85	64	714	104	754	0.00	1885	120	200	7.9%	0	264	10	0.00
C25x25	126	126	154	154	0.10	616	170	200	1.8%	0	264	10	0.05
C25X40	118	268	154	304	0.16	1018	170	200	3.0%	0	264	10	0.07
C25X60	118	468	154	504	0.14	1527	170	200	4.5%	0	264	10	0.05
C30x25	172	122	204	154	0.14	804	220	200	1.8%	0	264	10	0.07
C30x60	168	468	204	504	0.24	2036	220	200	4.6%	0	264	10	0.13
C35X70	218	568	254	604	0.30	2545	270	200	4.7%	0	264	10	0.16
C40X25	268	118	304	154	0.16	1018	320	200	1.6%	0	264	10	0.07
C40X80	268	668	304	704	0.34	3362	320	200	5.3%	0	264	10	0.21
C50X25	368	118	404	154	0.16	1326	420	200	1.6%	0	264	10	0.07
C60X25	468	118	504	154	0.14	1527	520	200	1.5%	0	264	10	0.05
C60x30	468	168	504	204	0.24	2036	520	200	2.0%	0	264	10	0.13
C70X30	568	168	604	204	0.22	2262	620	200	1.8%	0	264	10	0.11
C70X35	564	214	604	254	0.31	2513	620	200	2.0%	0	264	10	0.16
C70X40	568	268	604	304	0.36	2947	620	200	2.4%	0	264	10	0.23
C80X30	664	164	704	204	0.20	2513	720	200	1.7%	0	264	10	0.09
C90X30	768	168	804	204	0.17	2771	820	200	1.7%	0	264	10	0.07
K15X50	30	380	54	404	0.00	383	70	100	5.5%	0	264	10	0.00
K20X50	80	380	104	404	0.18	383	120	100	3.2%	0	264	10	0.04
P20x170	176	1676	176	1676	0.00	905	20	250	18.1%	0	264	10	0.00
Y Doğrultusu													
-	a_{i1}	a_{i2}	b_0	h_0	α_{se}	A_{sh}	b_k	s	ρ_{sh}	$\rho_{sh,min}$	f_{ywe}	f_{ce}	ω_{we}
-	mm	mm	mm	mm	-	mm ²	mm	mm	-	-	Mpa	Mpa	-
C20X85	64	714	104	754	0.00	1885	770	200	1.2%	7.9%	264	10	0.00
C25x25	126	126	154	154	0.10	616	170	200	1.8%	1.8%	264	10	0.05
C25X40	118	268	154	304	0.16	1018	320	200	1.6%	3.0%	264	10	0.13
C25X60	118	468	154	504	0.14	1527	520	200	1.5%	4.5%	264	10	0.17
C30x25	172	122	204	154	0.14	804	170	200	2.4%	1.8%	264	10	0.07
C30x60	168	468	204	504	0.24	2036	520	200	2.0%	4.6%	264	10	0.30
C35X70	218	568	254	604	0.30	2545	620	200	2.1%	4.7%	264	10	0.38
C40X25	268	118	304	154	0.16	1018	170	200	3.0%	1.6%	264	10	0.07

Devamı bir sonraki sayfada...

...Bir önceki sayfanın devamı													
C30x25	172	122	204	154	0.14	804	170	200	2.4%	1.8%	264	10	0.07
C30x60	168	468	204	504	0.24	2036	520	200	2.0%	4.6%	264	10	0.30
C35X70	218	568	254	604	0.30	2545	620	200	2.1%	4.7%	264	10	0.38
C40X25	268	118	304	154	0.16	1018	170	200	3.0%	1.6%	264	10	0.07
C40X80	268	668	304	704	0.34	3362	720	200	2.3%	5.3%	264	10	0.48
C50X25	368	118	404	154	0.16	1326	170	200	3.9%	1.6%	264	10	0.07
C60X25	468	118	504	154	0.14	1527	170	200	4.5%	1.5%	264	10	0.05
C60x30	468	168	504	204	0.24	2036	220	200	4.6%	2.0%	264	10	0.13
C70X30	568	168	604	204	0.22	2262	220	200	5.1%	1.8%	264	10	0.11
C70X35	564	214	604	254	0.31	2513	270	200	4.7%	2.0%	264	10	0.16
C70X40	568	268	604	304	0.36	2947	320	200	4.6%	2.4%	264	10	0.23
C80X30	664	164	704	204	0.20	2513	220	200	5.7%	1.7%	264	10	0.09
C90X30	768	168	804	204	0.17	2771	220	200	6.3%	1.7%	264	10	0.07
K15X50	30	380	54	404	0.00	383	420	100	0.9%	5.5%	264	10	0.00
K20X50	80	380	104	404	0.18	383	420	100	0.9%	3.2%	264	10	0.15
P20x170	176	1676	176	1676	0.00	905	1700.00	250	0.2%	18.1%	264	10	0.00

Tablo 4.20: Birim şekildeğiştirme limitleri (X doğrultusu).

KESİT	ETKİN SARGI DONATISI MEKANİK DONATI ORANI	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI	KONTROLLÜ HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	KONTROLLÜ HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI	SINIRLI HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	SINIRLI HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI
-	ω_{we}	$\epsilon_{ce}^{(G\ddot{O})} \leq 0.018$	$\epsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0.4\epsilon_{su}$	$\epsilon_c^{(KH)} = 0.75\epsilon_c^{(G\ddot{O})}$	$\epsilon_s^{(KH)} = 0.75\epsilon_s^{(G\ddot{O})}$	$\epsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\epsilon_s^{(SH)} = 0.0075$
C20X85	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075
C25x25	0.05	0.0120	0.0480	0.0090	0.0360	0.0025	0.0075
C25X40	0.07	0.0140	0.0480	0.0105	0.0360	0.0025	0.0075
C25X60	0.05	0.0128	0.0480	0.0096	0.0360	0.0025	0.0075
C30x25	0.07	0.0138	0.0480	0.0103	0.0360	0.0025	0.0075
C30x60	0.13	0.0177	0.0480	0.0133	0.0360	0.0025	0.0075
C35X70	0.16	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C40X25	0.07	0.0140	0.0480	0.0105	0.0360	0.0025	0.0075
C40X80	0.21	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C50X25	0.07	0.0138	0.0480	0.0103	0.0360	0.0025	0.0075
C60X25	0.05	0.0128	0.0480	0.0096	0.0360	0.0025	0.0075
C60x30	0.13	0.0177	0.0480	0.0133	0.0360	0.0025	0.0075
C70X30	0.11	0.0166	0.0480	0.0125	0.0360	0.0025	0.0075
C70X35	0.16	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C70X40	0.23	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C80X30	0.09	0.0156	0.0480	0.0117	0.0360	0.0025	0.0075
C90X30	0.07	0.0144	0.0480	0.0108	0.0360	0.0025	0.0075
K15X50	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075
K20X50	0.04	0.0119	0.0480	0.0089	0.0360	0.0025	0.0075
P20x170	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075

Tablo 4.21: Birim şekildeğiştirme limitleri (Y doğrultusu).

KESİT	ETKİN SARGI DONATISI MEKANİK DONATI ORANI	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI	KONTROLLÜ HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	KONTROLLÜ HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI	SINIRLI HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN BETON BİRİM KISALMASI	SINIRLI HASAR PERFORMANS DÜZEYİ İÇİN ÇELİK BİRİM UZAMASI
-	ω_{we}	$\epsilon_c^{(GÖ)} \leq 0.018$	$\epsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\epsilon_{su}$	$\epsilon_c^{(KH)} = 0.75\epsilon_c^{(GÖ)}$	$\epsilon_s^{(KH)} = 0.75\epsilon_s^{(GÖ)}$	$\epsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\epsilon_s^{(SH)} = 0.0075$
C20X85	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075
C25x25	0.05	0.0120	0.0480	0.0090	0.0360	0.0025	0.0075
C25X40	0.13	0.0179	0.0480	0.0134	0.0360	0.0025	0.0075
C25X60	0.17	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C30x25	0.07	0.0138	0.0480	0.0103	0.0360	0.0025	0.0075
C30x60	0.30	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C35X70	0.38	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C40X25	0.07	0.0140	0.0480	0.0105	0.0360	0.0025	0.0075
C40X80	0.48	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C50X25	0.07	0.0138	0.0480	0.0103	0.0360	0.0025	0.0075
C60X25	0.05	0.0128	0.0480	0.0096	0.0360	0.0025	0.0075
C60x30	0.13	0.0177	0.0480	0.0133	0.0360	0.0025	0.0075
C70X30	0.11	0.0166	0.0480	0.0125	0.0360	0.0025	0.0075
C70X35	0.16	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C70X40	0.23	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
C80X30	0.09	0.0156	0.0480	0.0117	0.0360	0.0025	0.0075
C90X30	0.07	0.0144	0.0480	0.0108	0.0360	0.0025	0.0075
K15X50	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075
K20X50	0.15	0.0180	0.0480	0.0135	0.0360	0.0025	0.0075
P20x170	0.00	0.0035	0.0480	0.0026	0.0360	0.0025	0.0075

Kolon ve kirişlerin plastik dönme limitleri hesaplanırken, kesite etkiyen eksenel kuvvetler altında yapılan eğrilik analizinde, daha önce gösterilen (Tablo 4.16)'ya göre belirlenen beton ve çelik şekildeğiştirme limitlerine (hangisine daha önce ulaşılyorsa) karşılık gelen eğrilik değerleri kullanılmıştır.

Perdelerde plastik dönme limitlerini hesaplamak zor olacağından, direkt olarak, itme analizi sonucunda mafsallarda oluşan birim şekildeğiştirme talepleri, (Tablo 4.18)'de ve (Tablo 4.19)'da hesaplanan sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Binadaki yapı elemanlarının plastik dönmeleri için yukarıda anlatılan hesap yöntemlerine göre hesaplanan sınır değerlere ilişkin üç adet kolon ve üç adet kirişin ele alındığı sayısal örnek aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.22, 4.23).

Tablo 4.22: Plastik dönme limitleri (X doğrultusu).

Story	Element	Section	P _{ort}	φ_y	$\varepsilon_{ce}^{(G\ddot{O})}$	$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$	φ_{Cmax}^x	φ_{Smax}^x	φ_u^x	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
-	-	-	kN	1/m	-	-	1/m	1/m	1/m	-	-	-
6.NK	C1	C25x25	50.00	0.0102	0.0120	0.0480	0.2901	0.3377	0.2901	0.0340	0.0260	0.0000
6.NK	C11	C80X30	150.00	0.008569	0.0156	0.0480	0.2746	0.2710	0.2746	0.0770	0.0580	0.0000
6.NK	C15	C25x25	50.00	0.0102	0.0120	0.0480	0.2901	0.3377	0.2901	0.0340	0.0260	0.0000
5.NK	C1	C25x25	150.00	0.0128	0.0120	0.0480	0.1393	0.1517	0.1393	0.0160	0.0120	0.0000
5.NK	C11	C80X30	350.00	0.008741	0.0156	0.0480	0.1799	0.1763	0.1799	0.0500	0.0380	0.0000
5.NK	C15	C25x25	150.00	0.0128	0.0120	0.0480	0.1393	0.1517	0.1393	0.0160	0.0120	0.0000
4.NK	C1	C40X25	250.00	0.0132	0.0140	0.0480	0.1644	0.1997	0.1644	0.0280	0.0210	0.0000
4.NK	C11	C80X30	650.00	0.0102	0.0156	0.0480	0.1180	0.1110	0.1180	0.0320	0.0240	0.0000
4.NK	C15	C40X25	150.00	0.0115	0.0140	0.0480	0.2270	0.2869	0.2270	0.0390	0.0290	0.0000
3.NK	C1	C40X25	250.00	0.0132	0.0140	0.0480	0.1644	0.1997	0.1644	0.0280	0.0210	0.0000
3.NK	C11	C80X30	900.00	0.0121	0.0156	0.0480	0.0875	0.0623	0.0875	0.0220	0.0170	0.0000
3.NK	C15	C40X25	250.00	0.0132	0.0140	0.0480	0.1644	0.1997	0.1644	0.0280	0.0210	0.0000
2.NK	C1	C60X25	350.00	0.0127	0.0128	0.0480	0.1589	0.1855	0.1589	0.0350	0.0260	0.0000
2.NK	C11	C80X30	900.00	0.0121	0.0156	0.0480	0.0875	0.0623	0.0875	0.0220	0.0170	0.0000
2.NK	C15	C60X25	350.00	0.0127	0.0128	0.0480	0.1589	0.1855	0.1589	0.0350	0.0260	0.0000
1.NK	C1	C60X25	350.00	0.0127	0.0128	0.0480	0.1589	0.1855	0.1589	0.0350	0.0260	0.0000
1.NK	C11	C80X30	1250.00	0.0182	0.0156	0.0480	0.0655	0.0091	0.0655	0.0150	0.0110	0.0000
1.NK	C15	C60X25	500.00	0.0146	0.0128	0.0480	0.1150	0.1400	0.1150	0.0240	0.0180	0.0000
ZEMİN	C1	C60x30	450.00	0.009837	0.0177	0.0480	0.1386	0.1286	0.1386	0.0300	0.0230	0.0000
ZEMİN	C11	C90X30	1350.00	0.0167	0.0144	0.0480	0.0646	0.0213	0.0646	0.0150	0.0110	0.0000
ZEMİN	C15	C60x30	450.00	0.009837	0.0177	0.0480	0.1386	0.1286	0.1386	0.0300	0.0230	0.0000
BODRUM	C11	C90X30	1350.00	0.0167	0.0144	0.0480	0.0646	0.0213	0.0646	0.0150	0.0110	0.0000
6.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
6.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
5.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
5.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
4.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
4.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
3.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
3.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
2.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
2.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
1.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
1.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
ZEMİN	B1	K20x50	0.00	0.006067	0.0119	0.0480	0.1313	0.1490	0.1313	0.0120	0.0090	0.0000
ZEMİN	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
ZEMİN	B19	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000

Tablo 4.23: Plastik dönme limitleri (Y doğrultusu).

Story	Element	Section	P_{ort}	ϕ_y	$\varepsilon_{ce}^{(G\ddot{O})}$	$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$	ϕ_{Cmax}^x	ϕ_{Smax}^x	ϕ_u^x	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
-	-	-	kN	1/m	-	-	1/m	1/m	1/m	-	-	-
6.NK	C1	C25x25	50.00	0.0102	0.0120	0.0480	0.2914	0.4035	0.2914	0.0350	0.0260	0.0000
6.NK	C11	C80X30	150.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0650	0.0637	0.0650	0.0180	0.0140	0.0000
6.NK	C15	C25x25	50.00	0.0102	0.0120	0.0480	0.2914	0.4035	0.2914	0.0350	0.0260	0.0000
5.NK	C1	C25x25	150.00	0.0128	0.0120	0.0480	0.1392	0.2786	0.1392	0.0160	0.0120	0.0000
5.NK	C11	C80X30	250.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0586	0.0578	0.0586	0.0160	0.0120	0.0000
5.NK	C15	C25x25	150.00	0.0128	0.0120	0.0480	0.1392	0.2786	0.1392	0.0160	0.0120	0.0000
4.NK	C1	C40X25	150.00	0.0064	0.0140	0.0480	0.0928	0.1178	0.0928	0.0160	0.0120	0.0000
4.NK	C11	C80X30	350.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0497	0.0497	0.0497	0.0140	0.0110	0.0000
4.NK	C15	C40X25	250.00	0.0069	0.0140	0.0480	0.0875	0.1167	0.0875	0.0150	0.0110	0.0000
3.NK	C1	C40X25	250.00	0.0069	0.0140	0.0480	0.0875	0.1167	0.0875	0.0150	0.0110	0.0000
3.NK	C11	C80X30	450.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0432	0.0423	0.0432	0.0120	0.0090	0.0000
3.NK	C15	C40X25	350.00	0.0079	0.0140	0.0480	0.0823	0.1092	0.0823	0.0140	0.0110	0.0000
2.NK	C1	C60X25	350.00	0.0042	0.0128	0.0480	0.0574	0.0669	0.0574	0.0130	0.0100	0.0000
2.NK	C11	C80X30	550.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0384	0.0356	0.0384	0.0100	0.0080	0.0000
2.NK	C15	C60X25	550.00	0.0049	0.0128	0.0480	0.0395	0.0468	0.0395	0.0080	0.0060	0.0000
1.NK	C1	C60X25	450.00	0.0044	0.0128	0.0480	0.0464	0.0509	0.0464	0.0100	0.0080	0.0000
1.NK	C11	C80X30	650.00	0.0032	0.0156	0.0480	0.0369	0.0345	0.0369	0.0100	0.0080	0.0000
1.NK	C15	C60X25	650.00	0.0054	0.0128	0.0480	0.0377	0.0454	0.0377	0.0080	0.0060	0.0000
ZEMİN	C1	C60x30	450.00	0.0043	0.0177	0.0480	0.0629	0.0596	0.0629	0.0140	0.0110	0.0000
ZEMİN	C11	C90X30	750.00	0.0028	0.0144	0.0480	0.0317	0.0300	0.0317	0.0090	0.0070	0.0000
ZEMİN	C15	C60x30	850.00	0.0057	0.0177	0.0480	0.0401	0.0396	0.0401	0.0080	0.0060	0.0000
BODRUM	C11	C90X30	850.00	0.0028	0.0144	0.0480	0.0302	0.0290	0.0302	0.0080	0.0060	0.0000
6.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
6.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
5.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
5.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
4.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
4.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
3.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
3.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
2.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
2.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
1.NK	B1	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
1.NK	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
ZEMİN	B1	K20x50	0.00	0.006067	0.0119	0.0480	0.1313	0.1490	0.1313	0.0120	0.0090	0.0000
ZEMİN	B13	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000
ZEMİN	B19	K15x50	0.00	0.005684	0.0035	0.0480	0.0409	0.1779	0.0409	0.0030	0.0020	0.0000

4.3. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Bina deprem performansının belirlenmesi için, sünük olarak hasar gören elemanların, TBDY-2018 Bölüm 5.8’de belirtilen ve daha önce yukarıda (Tablo 4.16)’da belirtilen performans düzeylerinden hangisinin koşullarını sağladığını belirlemek gerekmektedir. Elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesi için, plastik dönme limitleri belirlendikten sonra, itme analizi sonucunda mafsallarda oluşan dönme talepleri, bu limitler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen plastik dönme ve şekil değiştirme talepleri, TBDY-2018 Bölüm 15.7’de belirtilen esaslara göre, nervürsüz donatı (S220) kullanıldığından 1.5 ile çarpılarak artırılmıştır. Aynı bölümde belirtilen esaslara göre, şekil değiştirme ve plastik dönme limitleri kesme kuvveti oranına göre Denklem (4.34)’te belirtildiği gibi azaltılmıştır. Gevrek olarak hasar gören elemanlar bu hesaba katılmamıştır ve belirlenen bina deprem performansı, gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla geçerlidir.

$$\begin{aligned} V_e / (b_w d f_{ctm}) < 0.65 & \Rightarrow \text{Oran} = 1.00 \\ V_e / (b_w d f_{ctm}) > 1.30 & \Rightarrow \text{Oran} = 0.50 \\ 0.65 > V_e / (b_w d f_{ctm}) > 1.30 & \Rightarrow \text{Enterpolasyon} \end{aligned} \quad (4.34)$$

Elemanların hasar düzeylerinin hesabını açıklamak amacıyla üç kolon, üç giriş ve bir perdenin hasar düzeylerinin gösterildiği sayısal örnek her iki deprem doğrultusu için (Tablo 4.24)’de ve (Tablo 4.25)’te gösterilmiştir. Hesaplarda dönme/şekil değiştirme limitlerinin yukarıda belirtildiği gibi kesme kuvveti oranına göre azaltılmış miktarları ve dönme/şekil değiştirme taleplerinin yine yukarıda belirtildiği üzere nervürsüz donatı kullanıldığı için artırılmış miktarları kullanılmıştır. Gevrek elemanlar ile hesaba katılmayıp, güçlendirilmesi gereken elemanlar olarak ayrı bir tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4.24: Eleman hasar düzeyleri (X doğrultusu).

KAT	KOLON/ Kiriş	KESİT	θ_p	$V_c /$ ($b_w d f_{cm}$)	Üst Sınır Katsayısı	θ_p (GÖ)	θ_p (KH)	θ_p (SH)	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİN HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	C1	SDC-25/25	0.05%	0.62	1.00	3.40%	2.55%	0.00%				
6.K	C11	SDC-80/30	0.06%	0.63	1.00	7.70%	5.78%	0.00%				
6.K	C15	SDC-25/25	0.82%	1.19	0.58	1.97%	1.48%	0.00%				
5.K	C1	SDC-25/25	0.75%	1.44	0.50	0.80%	0.60%	0.00%				
5.K	C11	SDC-80/30	0.15%	2.86	0.50	2.50%	1.88%	0.00%	GEVREK HASAR			
5.K	C15	SDC-25/25	1.54%	1.20	0.57	0.92%	0.69%	0.00%				
4.K	C1	SDC-40/25	0.16%	0.90	0.80	2.25%	1.68%	0.00%				
4.K	C11	SDC-80/30	0.05%	0.67	0.97	3.13%	2.35%	0.00%				
4.K	C15	SDC-40/25	0.78%	1.93	0.50	1.95%	1.46%	0.00%				
3.K	C1	SDC-40/25	0.30%	1.13	0.62	1.75%	1.31%	0.00%				
3.K	C11	SDC-80/30	0.15%	2.68	0.50	1.10%	0.83%	0.00%	GEVREK HASAR			
3.K	C15	SDC-40/25	0.77%	2.01	0.50	1.40%	1.05%	0.00%				
2.K	C1	SDC-60/25	0.06%	0.58	1.00	3.50%	2.63%	0.00%				
2.K	C11	SDC-80/30	0.06%	0.69	0.96	2.12%	1.59%	0.00%				
2.K	C15	SDC-60/25	0.15%	1.76	0.50	1.75%	1.31%	0.00%				
1.N	C1	SDC-60/25	0.09%	0.71	0.95	3.34%	2.50%	0.00%				
1.K	C11	SDC-80/30	0.14%	2.12	0.50	0.75%	0.56%	0.00%				
1.K	C15	SDC-60/25	0.34%	1.89	0.50	1.20%	0.90%	0.00%				
ZK	C1	SDC-60/30	0.26%	0.77	0.90	2.71%	2.04%	0.00%				
ZK	C11	SDC-90/30	0.17%	1.74	0.50	0.75%	0.56%	0.00%				
ZK	C15	SDC-60/30	0.72%	1.26	0.52	1.58%	1.19%	0.00%				
BK	C11	SDC-90/30	0.03%	2.87	0.50	0.75%	0.56%	0.00%	GEVREK HASAR			
6.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
6.K	B13	SDB-15/50	0.05%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
5.K	B1	SDB-15/50	0.03%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
5.K	B13	SDB-15/50	0.33%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
4.K	B1	SDB-15/50	0.07%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
4.K	B13	SDB-15/50	0.68%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
3.K	B1	SDB-15/50	0.12%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
3.K	B13	SDB-15/50	0.92%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
2.K	B1	SDB-15/50	0.12%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
2.K	B13	SDB-15/50	0.79%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
1.K	B1	SDB-15/50	0.10%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
1.K	B13	SDB-15/50	0.78%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
ZK	B1	SDB-20/50	0.10%	0.68	0.976	1.17%	0.88%	0.00%				
ZK	B13	SDB-15/50	0.54%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
ZK	B19	SDB-15/50	0.20%	0.90	0.801	0.24%	0.18%	0.00%				
KAT	PERDE	KESİT	ϵ_{ce}			ϵ_c (GÖ)	ϵ_c (KH)	ϵ_c (SH)	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİN HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	P6	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
5.K	P5	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
4.K	P4	P20X170	0.01%			0.35%	0.26%	0.25%				
3.K	P3	P20X170	0.00%			0.35%	0.26%	0.25%				
2.K	P2	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
1.K	P1	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
ZK	PZ	P20X170	0.38%			0.35%	0.26%	0.25%				
BK	PB	P20X170	0.01%			0.35%	0.26%	0.25%				

Tablo 4.25: Eleman hasar düzeyleri (Y doğrultusu).

KAT	KOLON/ KIRIŞ	KESİT	θ_p	$V_c /$ ($b_w d_{cm}$)	Üst Sınır Katsayısı	θ_p (GÖ)	θ_p (KH)	θ_p (SH)	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	C1	SDC-25/25	0.04%	0.60	1.00	3.50%	2.63%	0.00%				
6.K	C11	SDC-80/30	0.01%	0.35	1.00	1.80%	1.35%	0.00%				
6.K	C15	SDC-25/25	0.14%	0.90	0.81	2.82%	2.12%	0.00%				
5.K	C1	SDC-25/25	0.15%	0.93	0.78	1.25%	0.94%	0.00%				
5.K	C11	SDC-80/30	0.01%	0.21	1.00	1.60%	1.20%	0.00%				
5.K	C15	SDC-25/25	0.23%	1.15	0.61	0.98%	0.74%	0.00%				
4.K	C1	SDC-40/25	0.06%	0.67	0.98	1.57%	1.18%	0.00%				
4.K	C11	SDC-80/30	0.02%	0.39	1.00	1.40%	1.05%	0.00%				
4.K	C15	SDC-40/25	0.10%	0.86	0.84	1.26%	0.94%	0.00%				
3.K	C1	SDC-40/25	0.10%	0.84	0.85	1.28%	0.96%	0.00%				
3.K	C11	SDC-80/30	0.02%	0.36	1.00	1.20%	0.90%	0.00%				
3.K	C15	SDC-40/25	0.12%	0.96	0.76	1.06%	0.80%	0.00%				
2.K	C1	SDC-60/25	0.06%	0.63	1.00	1.30%	0.98%	0.00%				
2.K	C11	SDC-80/30	0.03%	0.39	1.00	1.00%	0.75%	0.00%				
2.K	C15	SDC-60/25	0.08%	0.72	0.95	0.76%	0.57%	0.00%				
1.K	C1	SDC-60/25	0.07%	0.65	1.00	1.00%	0.75%	0.00%				
1.K	C11	SDC-80/30	0.04%	0.45	1.00	1.00%	0.75%	0.00%				
1.K	C15	SDC-60/25	0.10%	0.72	0.95	0.76%	0.57%	0.00%				
ZK	C1	SDC-60/30	0.08%	0.68	0.98	1.37%	1.03%	0.00%				
ZK	C11	SDC-90/30	0.02%	0.20	1.00	0.90%	0.68%	0.00%				
ZK	C15	SDC-60/30	0.08%	0.76	0.91	0.73%	0.55%	0.00%				
BK	C11	SDC-90/30	0.01%	0.13	1.00	0.80%	0.60%	0.00%				
6.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
6.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
5.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
5.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
4.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
4.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
3.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
3.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
2.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
2.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
1.K	B1	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
1.K	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
ZK	B1	SDB-20/50	0.00%	0.68	0.98	1.66%	1.24%	0.00%				
ZK	B13	SDB-15/50	0.00%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
ZK	B19	SDB-15/50	0.19%	0.91	0.80	0.24%	0.18%	0.00%				
KAT	PERDE	KESİT	ϵ_{ce}			ϵ_c (GÖ)	ϵ_c (KH)	ϵ_c (SH)	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6K	P6	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
5K	P5	P20X170	0.03%			0.35%	0.26%	0.25%				
4K	P4	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
3K	P3	P20X170	0.01%			0.35%	0.26%	0.25%				
2K	P2	P20X170	0.02%			0.35%	0.26%	0.25%				
1K	P1	P20X170	0.04%			0.35%	0.26%	0.25%				
ZK	PZ	P20X170	0.06%			0.35%	0.26%	0.25%				
BK	PB	P20X170	0.03%			0.35%	0.26%	0.25%				

Bina deprem performansının belirlenmesi için, sünük olarak hasar gören elemanların, yönetmelikte belirtilen (TBDY-2018 Bölüm 5.8) performans düzeylerinden hangisinin koşullarını sağladığını belirlemek gerekmektedir. Bu koşulların kontrolü için, önceki bölümde hesaplanan birim şekildeğiştirme/dönme talepleri ve birim şekildeğiştirme/dönme sınır değerleri kullanılmıştır. Gevrek olarak hasar gören elemanlar bu hesaba katılmamıştır ve belirlenen bina deprem performansı, gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla geçerlidir. Binada bulunan elemanların bulunduğu hasar bölgeleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.5).

KOLONLAR XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	21,00	19%	14%	67%	0%
5.NK	20,00	70%	10%	20%	0%
4.NK	20,00	35%	15%	50%	0%
3.NK	18,00	50%	0%	50%	0%
2.NK	18,00	11%	0%	89%	0%
1.NK	17,00	18%	12%	71%	0%
ZEMİN	21,00	14%	0%	86%	0%
BODRUM	5,00	0%	0%	100%	0%

PERDELER XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	1	0%	0%	0%	100%
5.NK	1	0%	0%	0%	100%
4.NK	1	0%	0%	0%	100%
3.NK	1	0%	0%	0%	100%
2.NK	1	0%	0%	0%	100%
1.NK	1	0%	0%	0%	100%
ZEMİN	1	100%	0%	0%	0%
BODRUM	1	0%	0%	0%	100%

KİRİŞLER XY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	26	0%	0%	31%	69%
5.NK	26	4%	0%	58%	38%
4.NK	26	19%	4%	54%	23%
3.NK	26	27%	8%	62%	4%
2.NK	26	23%	12%	50%	15%
1.NK	26	23%	8%	54%	15%
ZEMİN	31	19%	10%	52%	19%
BODRUM	19	0%	0%	37%	63%

KOLONLAR YY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
5.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
4.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
3.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
2.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
1.NK	21,00	0%	0%	100%	0%
ZEMİN	21,00	0%	0%	100%	0%
BODRUM	6,00	0%	0%	100%	0%

PERDELER YY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	1	0%	0%	0%	100%
5.NK	1	0%	0%	0%	100%
4.NK	1	0%	0%	0%	100%
3.NK	1	0%	0%	0%	100%
2.NK	1	0%	0%	0%	100%
1.NK	1	0%	0%	0%	100%
ZEMİN	1	0%	0%	100%	0%
BODRUM	1	0%	0%	0%	100%

KİRİŞLER YY YÖNÜ					
KAT	TOPLAM	GÖÇME BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	SINIRLI HASAR BÖLGESİ
6.NK	26	0%	0%	23%	77%
5.NK	26	0%	0%	42%	58%
4.NK	26	0%	0%	50%	50%
3.NK	26	0%	12%	38%	50%
2.NK	26	4%	8%	38%	50%
1.NK	26	12%	4%	35%	50%
ZEMİN	31	0%	3%	35%	61%
BODRUM	19	0%	0%	21%	79%

Şekil 4.5: Kolon, kiriş ve perde hasar durumları.

Elemanların sünüklik kontrolleri, TBDY-2018 Bölüm 15.5.2’de açıklanan hesap yöntemlerine ve Denklem (4.35-4.36)’ya göre yapılmıştır.

$$V_e \leq V_r \quad (4.35)$$

$$V_e \leq 0.85b_w d \sqrt{f_{ck}} \quad (4.36)$$

Burada gösterilen V_e , itme analizi sonucunda kesitte oluşan kesme kuvveti talebini ifade etmektedir. Kesitin kesme dayanımını ifade eden V_r , TS500 [9] Bölüm 8’de açıklanan yöntemlere ve Denklem (4.37-4.41)’e göre hesaplanmıştır.

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.37)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (4.38)$$

$$V_c = 0.8V_{cr} \quad (4.39)$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c} \right) \quad (4.40)$$

$$V_d \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (4.41)$$

Kesitte oluşan kesme kuvveti talebi V_e 'nin, Denklem (4.35)'te ve Denklem (4.36)'da belirtilen değerlerden fazla olması durumunda, elemanın gevrek hasara uğradığı, az olması durumunda sünek olarak davrandığı kabul edilmiştir. V_e değerinin V_d değerinden daha yüksek çıkması durumunda ise, elemana gelen kesme kuvvetinin tasarım kuvvetinin üstüne çıktığı ve yine gevrek hasara uğradığı kabul edilmiştir. Gevrek olarak hasara uğrayan tüm elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir. Süneklik kontrolü hesabına ilişkin üç adet kolon, üç adet kiriş ve bir adet perdenin her iki doğrultuda incelendiği sayısal örnek ve gevrek hasara uğrayan (güçlendirilmesi gereken) elemanlar aşağıda gösterilmiştir. Gevrek hasara uğrayan elemanların tamamı X doğrultusundadır. (Tablo 4.26-4.27)

Tablo 4.26: Gevrek hasara uğrayan elemanlar (X doğrultusu).

Story	Column	Section	V_{cr} kN	V_c kN	V_w kN	V_r kN	V_d kN	V_e kN	KONTROL
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.NK	C11	SDC-80/30	128.16	102.53	16.59	119.12	352.00	151.47	GEVREK
4.NK	C16	SDC-60/25	79.79	63.83	13.82	77.65	220.00	94.03	GEVREK
3.NK	C11	SDC-80/30	145.54	116.43	16.59	133.02	352.00	141.64	GEVREK
3.NK	C16	SDC-60/25	82.98	66.38	13.82	80.21	220.00	94.95	GEVREK
3.NK	C17	SDC-40/25	55.88	44.70	13.82	58.53	146.67	60.47	GEVREK
2.NK	C17	SDC-60/25	81.86	65.49	13.82	79.31	220.00	112.81	GEVREK
2.NK	C18	SDC-60/25	81.08	64.86	13.82	78.68	220.00	98.45	GEVREK
2.NK	C19	SDC-60/25	81.34	65.07	13.82	78.89	220.00	103.08	GEVREK
1.NK	C16	SDC-70/30	117.80	94.24	16.59	110.83	308.00	111.41	GEVREK
1.NK	C17	SDC-60/25	83.99	67.19	13.82	81.02	220.00	99.19	GEVREK
1.NK	C18	SDC-60/25	83.05	66.44	13.82	80.26	220.00	93.42	GEVREK
1.NK	C19	SDC-60/25	83.14	66.51	13.82	80.34	220.00	97.20	GEVREK
BK	C11	SDC-90/30	179.96	143.97	16.59	160.56	396.00	170.77	GEVREK

Tablo 4.27: Süneklik kontrolü (X doğrultusu).

Story	Column	Section	V _{cr}	V _c	V _w	V _r	V _d	V _e	KONTROL
-	-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
6.NK	C1	SDC-25/25	32.48	25.98	13.82	39.80	91.67	8.58	SÜNEK
6.NK	C11	SDC-80/30	119.88	95.90	16.59	112.49	352.00	33.70	SÜNEK
6.NK	C15	SDC-25/25	32.47	25.98	13.82	39.80	91.67	16.44	SÜNEK
5.NK	C1	SDC-25/25	34.61	27.69	13.82	41.51	91.67	19.89	SÜNEK
5.NK	C11	SDC-80/30	128.16	102.53	16.59	119.12	352.00	151.47	GEVREK
5.NK	C15	SDC-25/25	34.70	27.76	13.82	41.58	91.67	16.50	SÜNEK
4.NK	C1	SDC-40/25	54.84	43.87	13.82	57.69	146.67	19.96	SÜNEK
4.NK	C11	SDC-80/30	136.79	109.43	16.59	126.02	352.00	35.82	SÜNEK
4.NK	C15	SDC-40/25	54.83	43.86	13.82	57.69	146.67	42.61	SÜNEK
3.NK	C1	SDC-40/25	57.09	45.67	13.82	59.49	146.67	25.05	SÜNEK
3.NK	C11	SDC-80/30	145.54	116.43	16.59	133.02	352.00	141.64	GEVREK
3.NK	C15	SDC-40/25	57.07	45.66	13.82	59.48	146.67	44.38	SÜNEK
2.NK	C1	SDC-60/25	83.43	66.74	13.82	80.57	220.00	19.35	SÜNEK
2.NK	C11	SDC-80/30	152.14	121.71	16.59	138.30	352.00	36.78	SÜNEK
2.NK	C15	SDC-60/25	83.41	66.73	13.82	80.55	220.00	58.09	SÜNEK
1.NK	C1	SDC-60/25	85.80	68.64	13.82	82.46	220.00	23.44	SÜNEK
1.NK	C11	SDC-80/30	157.35	125.88	16.59	142.47	352.00	112.30	SÜNEK
1.NK	C15	SDC-60/25	85.78	68.62	13.82	82.45	220.00	62.51	SÜNEK
ZK	C1	SDC-60/30	102.63	82.10	16.59	98.69	264.00	30.64	SÜNEK
ZK	C11	SDC-90/30	175.56	140.45	16.59	157.04	396.00	103.71	SÜNEK
ZK	C15	SDC-60/30	102.55	82.04	16.59	98.63	264.00	50.05	SÜNEK
BK	C11	SDC-90/30	179.96	143.97	16.59	160.56	396.00	170.77	GEVREK
6.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
6.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZK	B1	SDB-20/50	47.96	38.37	27.65	66.01	146.67	15.00	SÜNEK
ZK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZK	B19	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK

Tablo 4.28: Süneklik kontrolü (Y doğrultusu).

Story	Column	Section	V _{cr}	V _c	V _w	V _r	V _d	V _e	KONTROL
-	-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
6.NK	C1	SDC-25/25	32.48	25.98	13.82	39.80	91.67	8.20	SÜNEK
6.NK	C11	SDC-80/30	118.76	95.01	16.59	111.59	352.00	18.70	SÜNEK
6.NK	C15	SDC-25/25	32.78	26.22	13.82	40.05	91.67	12.39	SÜNEK
5.NK	C1	SDC-25/25	34.61	27.69	13.82	41.51	91.67	12.82	SÜNEK
5.NK	C11	SDC-80/30	122.26	97.81	16.59	114.40	352.00	11.14	SÜNEK
5.NK	C15	SDC-25/25	35.61	28.49	13.82	42.31	91.67	15.85	SÜNEK
4.NK	C1	SDC-40/25	54.84	43.87	13.82	57.69	146.67	14.75	SÜNEK
4.NK	C11	SDC-80/30	125.76	100.61	16.59	117.20	352.00	20.75	SÜNEK
4.NK	C15	SDC-40/25	56.99	45.60	13.82	59.42	146.67	18.95	SÜNEK
3.NK	C1	SDC-40/25	57.09	45.67	13.82	59.49	146.67	18.52	SÜNEK
3.NK	C11	SDC-80/30	129.22	103.37	16.59	119.96	352.00	19.17	SÜNEK
3.NK	C15	SDC-40/25	60.90	48.72	13.82	62.55	146.67	21.20	SÜNEK
2.NK	C1	SDC-60/25	83.43	66.74	13.82	80.57	220.00	20.84	SÜNEK
2.NK	C11	SDC-80/30	132.65	106.12	16.59	122.71	352.00	20.85	SÜNEK
2.NK	C15	SDC-60/25	89.49	71.59	13.82	85.42	220.00	23.70	SÜNEK
1.NK	C1	SDC-60/25	85.80	68.64	13.82	82.46	220.00	21.45	SÜNEK
1.NK	C11	SDC-80/30	136.07	108.86	16.59	125.44	352.00	23.79	SÜNEK
1.NK	C15	SDC-60/25	94.70	75.76	13.82	89.59	220.00	23.66	SÜNEK
ZK	C1	SDC-60/30	102.63	82.10	16.59	98.69	264.00	26.79	SÜNEK
ZK	C11	SDC-90/30	153.94	123.15	16.59	139.74	396.00	11.83	SÜNEK
ZK	C15	SDC-60/30	114.27	91.41	16.59	108.00	264.00	30.22	SÜNEK
BK	C11	SDC-90/30	157.39	125.92	16.59	142.50	396.00	7.74	SÜNEK
6.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
6.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
5.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
4.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
3.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
2.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B1	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
1.NK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZK	B1	SDB-20/50	47.96	38.37	27.65	66.01	146.67	15.00	SÜNEK
ZK	B13	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK
ZK	B19	SDB-15/50	35.97	28.78	27.65	56.42	110.00	15.00	SÜNEK

Her iki deprem doğrultusunda yapılan kontrollere göre, binadaki kolon, kiriş ve perdelerin farklı hasar düzeylerinde olduğu ve gevrek hasara uğrayan elemanların bulunduğu görülmüştür. Bu koşullarda altında, incelenen binanın, TBDY-2018 Bölüm 15.5.8.'de deprem performansı düzeylerinden hiçbirinin gerektirdiği koşulları sağlayamadığı için “Göçme Durumu”nda olduğu kabul edilmiştir. Konutlarda “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi” şartının sağlanması beklendiği için, bina mevcut durumda kullanıma uygun değildir (Tablo 4.29).

Tablo 4.29: Bina deprem performans düzeyi.

SINIRLI HASAR PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir
Herhangi bir katta diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir
KONTROLLÜ HASAR PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %35'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir
İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır
En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir
Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir
GÖÇME ÖNCESİ PERFORMANS DÜZEYİ
Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir.
Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Sınırlı Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir
GÖÇME DURUMU
Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır

5. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 BİNA DEPREM PERFORMANSI KARŞILAŞTIRMASI

DBYBHY-2007 Bölüm 7’de ve TBDY-2018 Bölüm 15’te açıklanan mevcut bina deprem performansı analizi hesapları, temelde aynı doğrultuda ilerlerse de aralarında ciddi farklar bulunmaktadır. Etkin kesit rijitleri hesabı bu farklardan bir tanesidir. DBYBHY-2007’ye göre yapılan hesapta elemanların rijitlikleri %40 ~ %80 arasında azaltılırken, TBDY-2018’e göre yapılan hesapta ise etkin rijitliği, incelenen kesitte tanımlanan plastik mafsallardaki akma momenti ve dönme miktarına bağlı olarak hesaplanan katsayı ile azaltılmaktadır. Hesap yöntemlerindeki farklılık sebebiyle, TBDY-2018’e göre hesaplanan etkin rijitlikler, DBYBHY-2007’ye hesaplanan etkin rijitliklerden anlamlı oranda düşük çıkmaktadır. Bu durum, TBDY-2018’e göre oluşturulan modelde, bina rijitliğinin daha düşük olması ve binanın doğal titreşim periyotlarının büyümesine neden olmaktadır. Etkin rijitliklerin ve periyotların karşılaştırılmasına ilişkin tablolar aşağıda gösterilmiştir (Tablo 5.1, 5.2).

Tablo 5.1: Rijitlik azaltma katsayılarının karşılaştırılması.

Kat	Eleman	Rijitlik Azaltma Katsayısı		Fark
		DBYBHY-2007	TBDY-2018	
6.NK	C1	0.40	0.13	33%
6.NK	C4	0.44	0.12	27%
5.NK	C1	0.49	0.16	33%
5.NK	C4	0.57	0.14	25%
4.NK	C1	0.58	0.16	28%
4.NK	C4	0.49	0.18	37%
3.NK	C1	0.68	0.17	25%
3.NK	C4	0.55	0.18	33%
2.NK	C1	0.61	0.15	25%
2.NK	C4	0.53	0.16	30%
1.NK	C1	0.68	0.15	22%
1.NK	C4	0.58	0.15	26%
ZEMİN	C1	0.67	0.15	22%
ZEMİN	C4	0.54	0.15	28%
6.NK	P170X20	0.40	0.13	33%
5.NK	P170X20	0.40	0.04	10%
4.NK	P170X20	0.40	0.12	30%
3.NK	P170X20	0.40	0.16	40%
2.NK	P170X20	0.41	0.06	15%
1.NK	P170X20	0.44	0.14	32%
ZEMİN	P170X20	0.47	0.16	34%

Tablo 5.2: Periyotların karşılaştırılması.

Mod	Periyot		Fark
	DBYBHY-2007	TBDY-2018	
1	0.94	2.13	227%
2	0.83	2.12	255%
3	0.79	1.78	225%
4	0.33	0.79	239%
5	0.30	0.76	253%
6	0.26	0.49	188%
7	0.18	0.45	250%
8	0.17	0.42	247%
9	0.13	0.32	246%
10	0.13	0.27	208%
11	0.11	0.23	209%
12	0.09	0.20	222%

Bunların yanı sıra, şekildeğiştirme sınırlarının belirlenmesi ve hasar düzeylerinin tanımları da her iki yönetmelikte farklı olarak açıklanmıştır. DBYBDH-2007’de, itme analizi sonucunda mafsallarda oluşan dönme talepleri ile, ilgili kesitin, hesaplanan eksenel yük altındaki eğrilik analizinden elde edilen dönme talepleri toplanarak elde edilen toplam dönme taleplerine karşılık gelen birim uzama değerleri ile yönetmelikte tanımlanan limit değerler karşılaştırılarak, ilgili elemanın hangi performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir. TBDY-2018’de ise, sargı etkisi dikkate alınarak birim uzama limitleri ve itme analizi ile eğrilik analizi sonucunda elde edilen eğrilik değerleri kullanılarak plastik dönme limitleri hesaplanmış ve itme analizi sonucunda mafsallarda oluşan dönme değerleri ile bu limit değerler karşılaştırılarak ilgili elemanların deprem performansı belirlenmiştir.

DBYBHY-2007’ye göre yapılan analiz sonucunda yapı elemanlarının tamamı “Minimum Hasar” düzeyinde kalırken, TBDY-2018’e göre yapılan hesapta yapı elemanlarının büyük bir kısmı “Belirgin Hasar” bölgesinde kalmakla birlikte, her hasar düzeyinde eleman olduğu görülmüştür. Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizde, gevrek kırılmaya maruz kalan yapı elemanları bulunmaktadır. Bina elemanlarının her iki yönetmeliğe göre belirlenen hasar düzeylerinin karşılaştırması aşağıda gösterilmiştir (Tablo 5.3, 5.4).

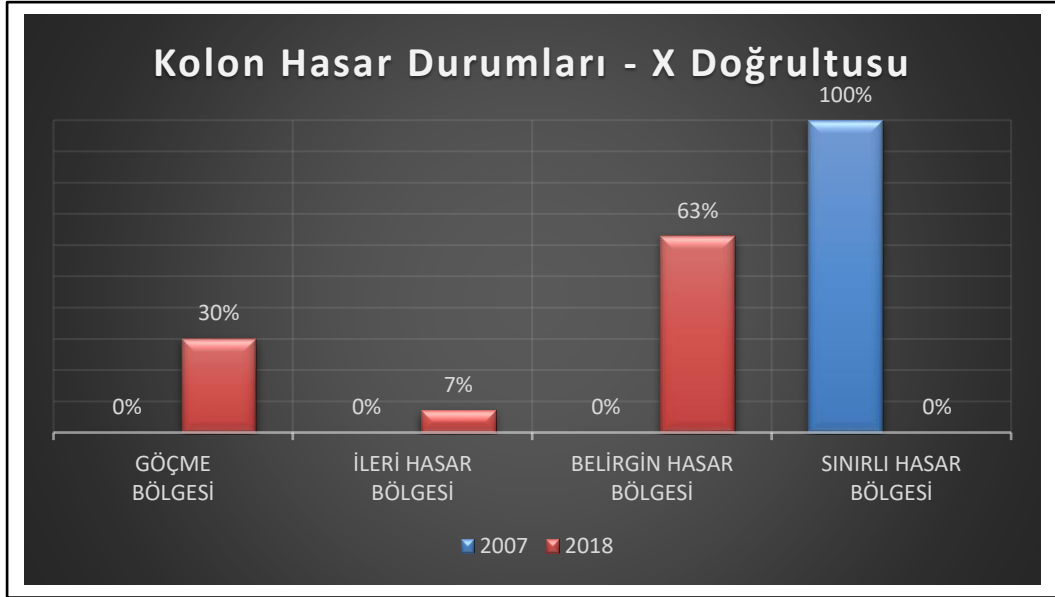
Tablo 5.3: Eleman hasar düzeyleri karşılaştırılması (x doğrultusu).

KAT	KOLON/ Kiriş	KESİT	DBYBHY-2007				TBDY-2018			
			GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	MİNİMU M HASAR	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	C1	SDC-25/25								
6.K	C11	SDC-80/30								
6.K	C15	SDC-25/25								
5.K	C1	SDC-25/25								
5.K	C11	SDC-80/30					GEVREK HASAR			
5.K	C15	SDC-25/25								
4.K	C1	SDC-40/25								
4.K	C11	SDC-80/30								
4.K	C15	SDC-40/25								
3.K	C1	SDC-40/25								
3.K	C11	SDC-80/30					GEVREK HASAR			
3.K	C15	SDC-40/25								
2.K	C1	SDC-60/25								
2.K	C11	SDC-80/30								
2.K	C15	SDC-60/25								
1.N	C1	SDC-60/25								
1.K	C11	SDC-80/30								
1.K	C15	SDC-60/25								
ZK	C1	SDC-60/30								
ZK	C11	SDC-90/30								
ZK	C15	SDC-60/30								
BK	C11	SDC-90/30					GEVREK HASAR			
6.K	B1	SDB-15/50								
6.K	B13	SDB-15/50								
5.K	B1	SDB-15/50								
5.K	B13	SDB-15/50								
4.K	B1	SDB-15/50								
4.K	B13	SDB-15/50								
3.K	B1	SDB-15/50								
3.K	B13	SDB-15/50								
2.K	B1	SDB-15/50								
2.K	B13	SDB-15/50								
1.K	B1	SDB-15/50								
1.K	B13	SDB-15/50								
ZK	B1	SDB-20/50								
ZK	B13	SDB-15/50								
ZK	B19	SDB-15/50								
KAT	PERDE	KESİT	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	MİNİMU M HASAR	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	P6	P20X170								
5.K	P5	P20X170								
4.K	P4	P20X170								
3.K	P3	P20X170								
2.K	P2	P20X170								
1.K	P1	P20X170								
ZK	PZ	P20X170								
BK	PB	P20X170								

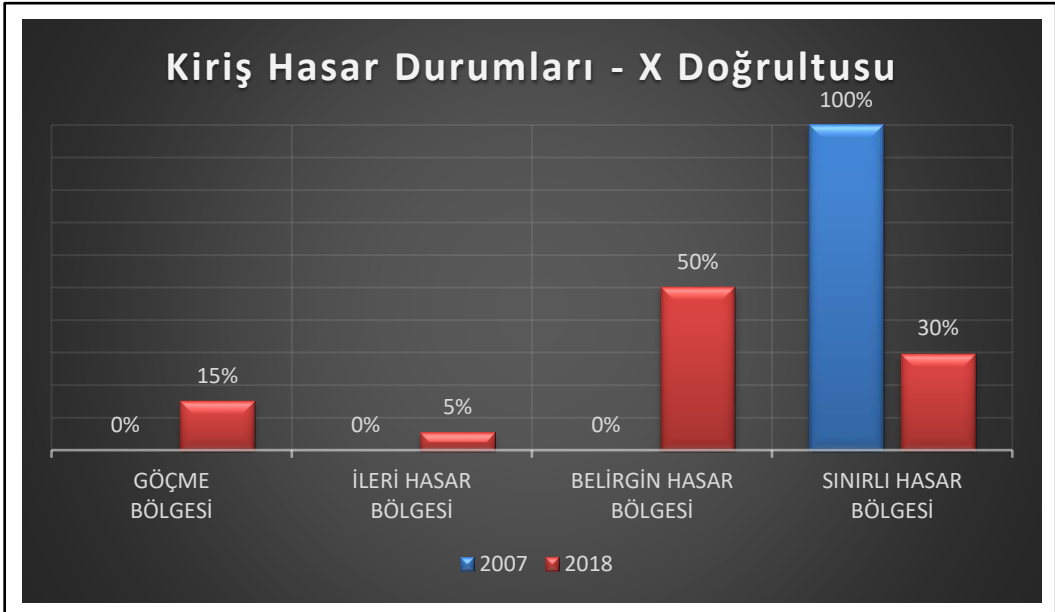
Tablo 5.4: Eleman hasar düzeyleri karşılaştırılması (y doğrultusu).

KAT	KOLON/ Kiriş	KESİT	DBYBHY-2007				TBDY-2018			
			GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	MINİMU M HASAR	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6.K	C1	SDC-25/25								
6.K	C11	SDC-80/30								
6.K	C15	SDC-25/25								
5.K	C1	SDC-25/25								
5.K	C11	SDC-80/30								
5.K	C15	SDC-25/25								
4.K	C1	SDC-40/25								
4.K	C11	SDC-80/30								
4.K	C15	SDC-40/25								
3.K	C1	SDC-40/25								
3.K	C11	SDC-80/30								
3.K	C15	SDC-40/25								
2.K	C1	SDC-60/25								
2.K	C11	SDC-80/30								
2.K	C15	SDC-60/25								
1.K	C1	SDC-60/25								
1.K	C11	SDC-80/30								
1.K	C15	SDC-60/25								
ZK	C1	SDC-60/30								
ZK	C11	SDC-90/30								
ZK	C15	SDC-60/30								
BK	C11	SDC-90/30								
6.K	B1	SDB-15/50								
6.K	B13	SDB-15/50								
5.K	B1	SDB-15/50								
5.K	B13	SDB-15/50								
4.K	B1	SDB-15/50								
4.K	B13	SDB-15/50								
3.K	B1	SDB-15/50								
3.K	B13	SDB-15/50								
2.K	B1	SDB-15/50								
2.K	B13	SDB-15/50								
1.K	B1	SDB-15/50								
1.K	B13	SDB-15/50								
ZK	B1	SDB-20/50								
ZK	B13	SDB-15/50								
ZK	B19	SDB-15/50								
KAT	PERDE	KESİT	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	MINİMU M HASAR	GÖÇME	İLERİ HASAR	BELİRGİ N HASAR	SINIRLI HASAR
6K	P6	P20X170								
5K	P5	P20X170								
4K	P4	P20X170								
3K	P3	P20X170								
2K	P2	P20X170								
1K	P1	P20X170								
ZK	PZ	P20X170								
BK	PB	P20X170								

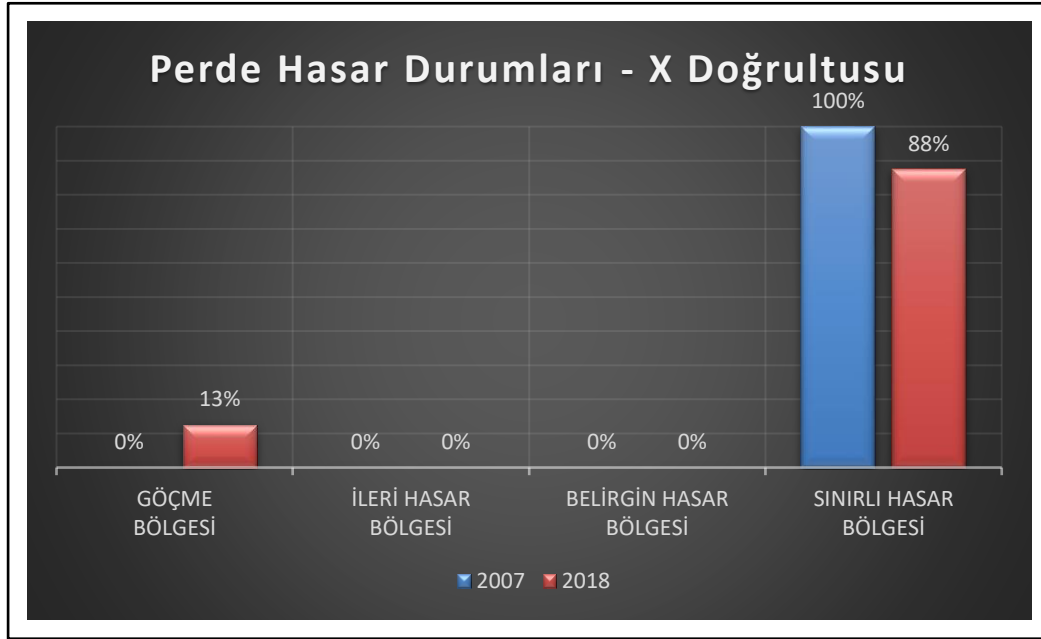
Hasar düzeylerinin bina geneline göre yüzdesel dağılımını her iki yönetmeliğe göre gösteren karşılaştırma grafikleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.2-5.6).



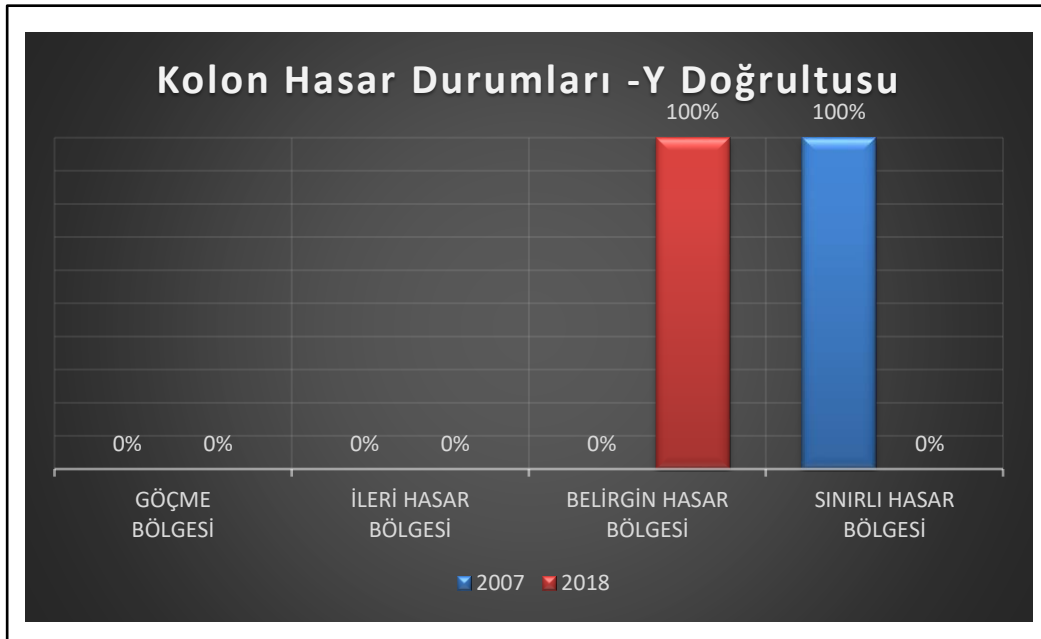
Şekil 5.1: Kolon hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).



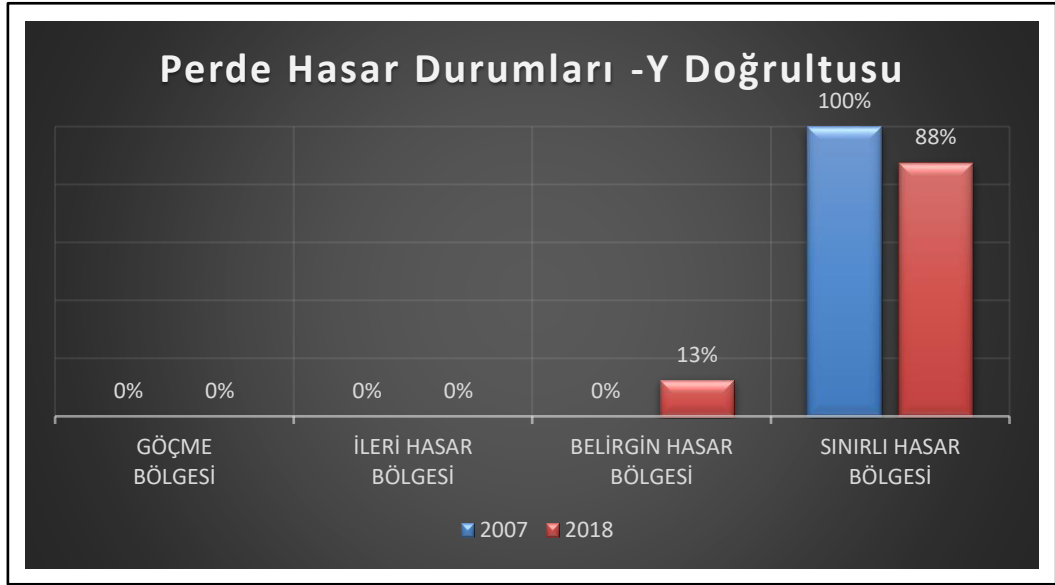
Şekil 5.2: Kiriş hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).



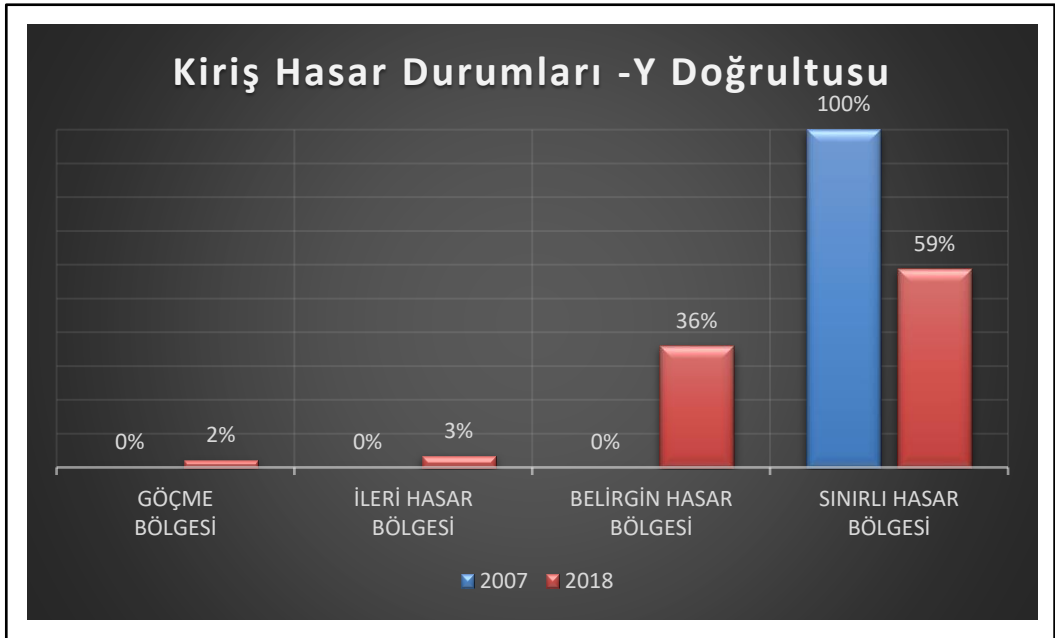
Şekil 5.3: Perde hasar durumları karşılaştırması (x doğrultusu).



Şekil 5.4: Kolon hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).



Şekil 5.5: Kiriş hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).



Şekil 5.6: Perde hasar durumları karşılaştırması (y doğrultusu).

Sınır değerlerin kıyaslaması ile ilgili olarak, aşağıda gösterilen tablolarda 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre hesaplanan beton ve çelik birim şekildeğiştirme değerleri, her iki deprem doğrultusu için kolon ve kirişler olarak ayrı ayrı gösterilmiştir. Daha sonra bu değerler birbiriyle kıyaslanarak, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan birim şekildeğiştirme değerlerinin 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan değerlere oranı her bir eleman için hesaplanmıştır.

Hesaplanan değerleri normalize etmek adına, 4 ayrı aralık oluşturularak oranlar bu aralıklar arasında gruplanmıştır. Sonuç tablosunda ise, her iki yöndeki elemanların oranları ile eleman adetleri ayrı ayrı çarpılıp toplanarak, toplam eleman sayısına bölünerek ortalama oran bulunmuştur. Bulunan sonuçlara göre, beton birim şekildeğiştirme, bir önceki yönetmeliğe göre hesaplanan değerin "0.49"una düşmüştür (Tablo 5.5). Çelik birim uzaması için bu değer "0.42"dir (Tablo 5.6). Bu sonuçlar altında birim şekildeğiştirme değerlerinin yaklaşık olarak %50 oranında azaldığı söylenebilir.

Tablo 5.5: Göçme durumu için beton akma sınır değerleri karşılaştırması

#	ELEMAN	DEPREM DOĞRULTUSU	ELEMAN ADETİ	ORAN ARALIĞI	ORTALAMA	STANDART SAPMA
X YÖNÜNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI					0.66	
1	KOLON	X	14	0.00-0.25	0.21	0.02
2	KOLON	X	46	0.25-0.50	0.43	0.06
3	KOLON	X	119	0.50-0.75	0.62	0.06
4	KOLON	X	115	0.75-1.00	0.85	0.05
X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI					0.60	
5	KİRİŞ	X	486	0.00-0.25	0.62	0.00
6	KİRİŞ	X	56	0.25-0.50	0.43	0.00
Y YÖNÜNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI					0.74	
7	KOLON	Y	22	0.00-0.25	0.21	0.01
8	KOLON	Y	6	0.25-0.50	0.31	0.06
9	KOLON	Y	35	0.50-0.75	0.66	0.06
10	KOLON	Y	231	0.75-1.00	0.82	0.04
Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI					0.16	
11	KİRİŞ	Y	486	0.25-0.50	0.10	0.00
12	KİRİŞ	Y	56	0.50-0.75	0.65	0.00
HER İKİ YÖNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI						0.70
HER İKİ YÖNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI						0.38
TÜM ELEMANLARIN ORTALAMASI						0.49

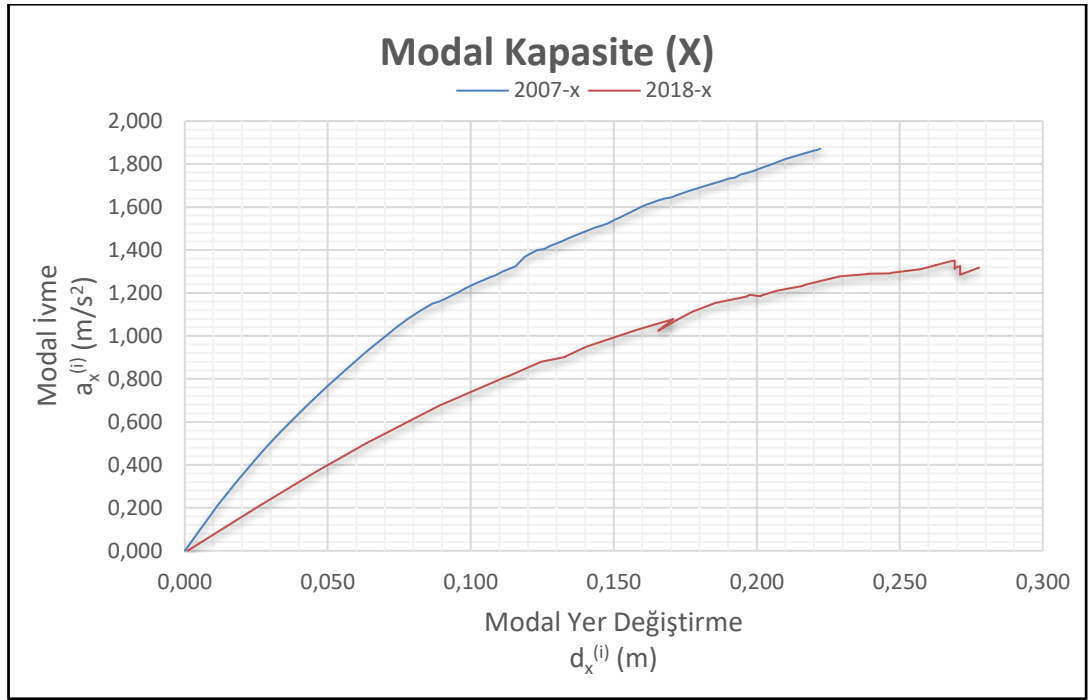
* Belirtilen oranlar, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan birim şekildeğiştirme sınır değerinin, 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan birim şekildeğiştirme sınır değerine olan oranını göstermektedir.

Tablo 5.6: Göçme durumu için donatı akma sınır değerleri karşılaştırması

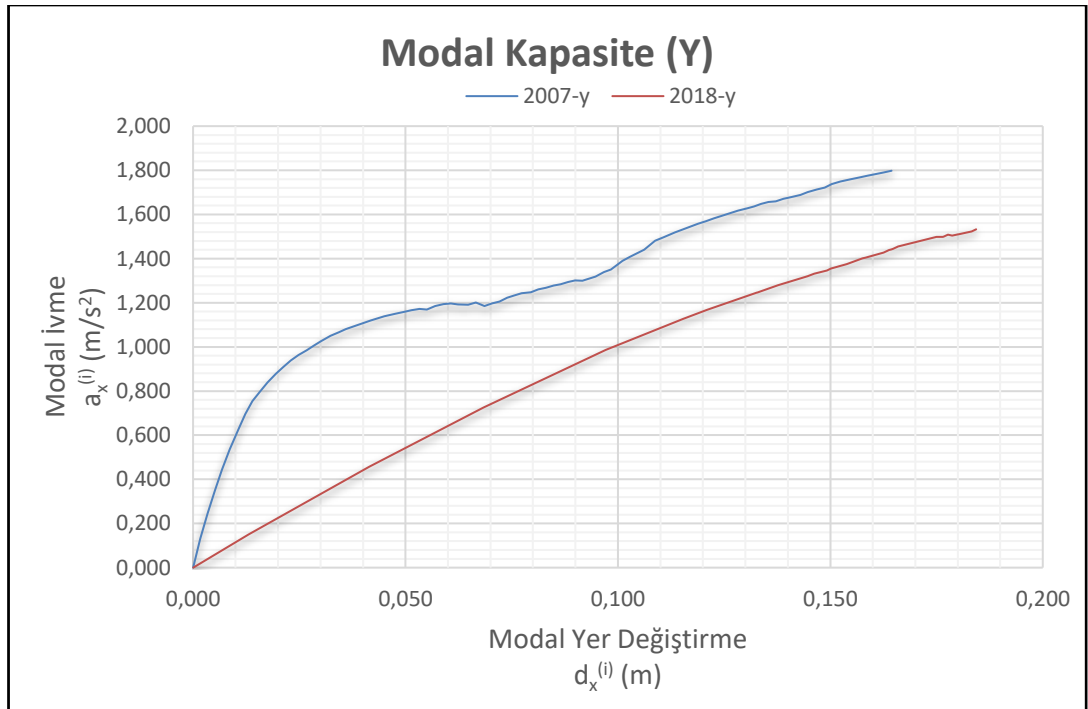
#	ELEMAN	DEPREM DOĞRULTUSU	ELEMAN ADETİ	ORAN ARALIĞI	ORTALAMA	STANDART SAPMA
X YÖNÜNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI					0.33	
1	KOLON	X	258	0.25-0.50	0.30	0.06
2	KOLON	X	36	0.50-0.75	0.53	0.01
X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI					0.44	
3	KİRİŞ	X	486	0.25-0.50	0.43	0.00
4	KİRİŞ	X	56	0.50-0.75	0.52	0.00
Y YÖNÜNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI					0.44	
5	KOLON	Y	148	0.25-0.50	0.35	0.08
6	KOLON	Y	146	0.50-0.75	0.53	0.01
Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI					0.44	
7	KİRİŞ	Y	486	0.25-0.50	0.43	0.00
8	KİRİŞ	Y	56	0.50-0.75	0.52	0.00
HER İKİ YÖNDEKİ KOLONLARIN ORTALAMASI						0.39
HER İKİ YÖNDEKİ KİRİŞLERİN ORTALAMASI						0.44
TÜM ELEMANLARIN ORTALAMASI						0.42

* Belirtilen oranlar, 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan birim şekildeğiştirme sınır değerinin, 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan birim şekildeğiştirme sınır değerine olan oranını göstermektedir.

Modal kapasite diyagramlarında oluşan fark ile ilgili olarak, her iki yönetmeliğe göre hesaplanan modal kapasite diyagramlarının karşılaştırması (Şekil 5.7) ve (Şekil 5.8)'de gösterilmiştir. 2018 yönetmeliğine gören yapılan hesapta, modal ivmelerin azalıp, modal yerdeğiştirmelerin artmış olduğu gözükmemektedir. Bu sebeple, 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplarla oluşturulan grafikteki modal kapasite eğrisinin eğimi, 2007 yönetmeliğine göre elde edilen eğrinin eğimine oranla daha azdır. 2018 yönetmeliğinde kullanılan rijitlik azaltma katsayılarının binayı dolayı bir önceki yönetmeliğe göre daha sünek bir yapıya dönüştürmesi, düşük ivmeler altında daha fazla yerdeğiştirme elde edilmesinin en önemli sebebi olarak kabul edilebilir.



Şekil 5.7: Modal kapasite diyagramlarının karşılaştırması (x doğrultusu).



Şekil 5.8: Modal kapasite diyagramlarının karşılaştırması (y doğrultusu).

6. İTME ANALİZİNDE KULLANILAN NON-LINEAR PARAMETRELERİN İTME ANALİZİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yapılan itme analizinin sonuçları, program üzerinde tanımlanan model üzerinden alındığından, programa yapılan malzeme ve kesit tanımları sonuçları değiştirebilmektedir. Bu sebeple, malzeme tanımları ve davranış özellikleri ile kesit detayları programa yönetmelikte belirtildiği şekilde tanımlanmıştır. Analizine etki eden bir başka özellik de itme hesabı parametreleridir. ETABS programına tanımlanan doğrusal olmayan statik analize ait “Load Case Data” kısmında bulunan “Nonlinear Parameters” kısmında, doğrusal olmayan hesaba ait parametreler değiştirilebilmektedir. Doğrusal olmayan hesap parametreleri ve bunlara ilişkin tanımlar aşağıda belirtilmiştir.

- Maximum Total Steps

Analizde kullanılacak maksimum adım sayısını ifade eder. Kaydedilen başarılı bir adımı ya da hata kaydedilmeyen başarısız bir adımı içerebilir. Analizin ne kadar süreceğine dair bir kontrol oluşturmaya yarar. İstenilen yerdeğiştirme ya da yük değerine ulaşılmadan maksimum adım sayısına ulaşırsa, adım sayısı arttırılarak analiz tekrar edilebilir.

- Maximum Null Steps

Analiz edilen adımda oluşan problemler nedeniyle oluşan, sonuç vermeyen analiz adımını ifade eder. Bir mafsalın yükünü aktarması, akması vb. olaylar ya da iterasyonun yakınsanmayarak adım sayısını küçültmeye çalışması sebebiyle oluşabilirler. Boş adım sayısının artması, binanın analiz sırasında ciddi bir hasar görmesi ya da programın sayısal çözüm yapmakta zorlandığı anlamına gelir. Binalar pratikte mükemmel simetri ve malzeme kalitesine sahip olmadıkları için, bir analizde boş adım sayısının sıfır olması düşük bir ihtimaldir. Çok fazla boş adım olması ise, analizi gerçekçi olmaktan uzaklaştırır. Deneme yanılma yöntemiyle boş adım sayısının makul bir değere getirilmesi gerekebilir.

- Use Event-to-Event Stepping

Bir mafsallık akma durumuna geldiğinde, akma durumuna gelmek üzere olan mafsallarında akmış kabul edilerek tek bir adım altında toplanmasını ifade eder.

- Event Lumping Tolerance (Relative)

Event-to-Event Stepping özelliğinde kullanılacak toleransı ifade eder. Toleransı azaltmak, analiz süresini uzatmakla beraber daha gerçekçi bir analiz yapılmasına sebep olacaktır. Çok sayıda mafsallık içeren modellerde bu özellik kapatılabilir, fakat, mafsallarda ani dayanım düşüşleri bekleniyorsa, bu özelliğin kapatılması analizi olumsuz etkileyebilir.

- Use Iteration

Analiz için kullanılan iterasyonu ifade eder. Doğrusal olmayan denklemler, her yük adımında rijitlik matrisinin yeniden oluşturulup çözülmesiyle iteratif olarak çözümlenirler. Iterasyonlar sonuçlar yakınsanana kadar devam eder. Yakınsamaya ulaşamazsa, adım boyutları küçültülerek iterasyon tekrarlanır.

- Maximum Constant-Stiffness Iterations

Analiz için ilk aşamada kullanılan iterasyon yönteminin adım sayısını ifade eder. Belirtilen adım sayısında yakınsama elde edilemezse, diğer iterasyon yöntemine geçilir. Hızlı bir iterasyon yöntemidir.

- Maximum Newton-Raphson Iterations

İlk aşamada kullanılan iterasyon yönteminde yakınsamaya ulaşamazsa kullanılacak iterasyon yönteminin adım sayısını ifade eder. Belirtilen adım sayısında yakınsama elde edilemezse, adım boyutu küçültülerek iterasyon tekrarlanır. Program tarafından otomatik olarak belirtilen adım sayıları, birçok durumda işe yaramaktadır.

- Iteration Convergence Tolerance

İterasyon sırasında oluşabilecek hata toleransını ifade eder. Düzenli sonuçlar elde etmek için, bu tolerans için çok düşük değerler kullanmak gerekebilir.

- Use Line Search

Her iterasyon adımı için optimum itme miktarı artışını saptamak için kullanılan yöntemi ifade eder. Bu özelliği açmak, hesap süresini uzatmanın yanı sıra, daha az iterasyon yapılmasına ve daha etkili yakınsama davranışı elde edilmesine katkı sağlayabilir. Line Search kullanılacaksa, program tarafından otomatik olarak tanımlanan Line Search parametrelerinin kullanılması birçok durumda işe yaramaktadır.

Gerçekçi bir sonuç elde etmek adına, farklı parametrelerin kullanıldığı modeller oluşturulup, sonuçları karşılaştırılmıştır. Oluşturan modellerde kullanılan parametreler aşağıda gösterilmiştir. (Tablo 6.1)

Tablo 6.1: Doğrusal olmayan parametreler.

Parameters	Model_101	Model_102	Model_103	Model_104	Model_105	Model_106	Model_107
Maximum Total Steps	200	200	200	200	1000	1000	1000
Maximum Null Steps	50	50	200	200	200	200	200
Use Event-to-Event Stepping	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Event Lumping Tolerance (Relative)	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1
Use Iteration	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Maximum Constant-Stiffness Iterations	10	20	20	20	20	40	40
Maximum Newton-Raphson Iterations	40	80	80	80	80	160	160
Iteration Convergence Tolerance	0.0001	0.01	0.01	0.01	0.1	0.05	0.10
Use Line Search	Yes	No	No	No	No	No	No
Parameters	Model_108	Model_109	Model_110	Model_111	Model_112	Model_113	Model_114
Maximum Total Steps	1000	1000	1500	1500	1500	1500	1500
Maximum Null Steps	200	200	750	750	750	750	750
Use Event-to-Event Stepping	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Event Lumping Tolerance (Relative)	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Use Iteration	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Maximum Constant-Stiffness Iterations	40	40	40	40	40	40	40
Maximum Newton-Raphson Iterations	160	160	160	160	160	160	160
Iteration Convergence Tolerance	1	0.1	0.05	0.1	0.04	0.05	0.05
Use Line Search	No	No	No	No	No	No	No

Modellerden elde edilen sonuçlara göre bir sonraki modelde parametreler değiştirilmiş ve optimum itme eğrisi elde edilene kadar bu değişiklikler devam etmiştir. Parametrelerin değişimleri ve bu değişimlerin itme eğrisi üzerindeki etkisi aşağıda belirtilmiştir:

- Model_101

Talep edilen deplasman sınırına ulaşamadan analiz sonlandı. Doğrusal grafik oluştu. Maximum deplasman 90mm'ye ulaştı.

- Model_101 -> Model_102

Max Iteration Step Number arttırıldı, Iteration Convergence Tolerance arttırıldı, Line Search kapatıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşamadan analiz sonlandı. Doğrusala yakın eğrisel bir grafik oluştu. Maximum deplasman 145mm'ye ulaştı.

- Model_102 -> Model_103

Null Step Number arttırıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşamadan analiz sonlandı. Maximum deplasman 170 mm'ye ulaştı.

- Model_103 -> Model_104

Event Lumping Tolerance arttırıldı. Değişiklik olmadı.

- Model_104 -> Model_105

Max Step Number arttırıldı, Iteration Convergence Tolerance arttırıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Eğrisel grafik oluştu. Eğri üzerinde ani düşüşler gözlemlendi. Maximum deplasman 350 mm'ye ulaştı.

- Model_105 -> Model_106

Max Iteration Step Number arttırıldı, Iteration Convergence Tolerance azaltıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşamadan analiz sonlandı. Düzgün, eğrisel grafik oluştu. Maximum deplasman 290 mm'ye ulaştı.

- Model_106 -> Model_107

Iteration Convergence Tolerance arttırıldı, itme miktarı 500 mm'ye çıkartıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Eğrisel grafik oluştu. Eğri üzerinde ani düşüşler gözlemlendi. Maximum deplasman 500 mm'ye ulaştı.

- Model_107 -> Model_108

Iteration convergence tolerance arttırıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı . Doğrusala yakın eğri şeklinde grafik oluştu. Maximum deplasman 500 mm'ye ulaştı.

- Model_108 -> Model_109

Event Lumping Tolerance arttırıldı, Iteration Convergence tolerance azaltıldı. Event lumping tolerance değerinin arttırılmasıyla, analiz 2. adımda sonlandı. Maximum deplasman 5 mm'ye ulaştı.

- Model_109 -> Model_110

Max Step Number arttırıldı, Max Null Step Number arttırıldı, Event Lumping Tolerance azaltıldı, Iteration Convergence Tolerance azaltıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Düzgün eğrisel grafik oluştu. Maximum deplasman 500 mm'ye ulaştı.

- Model_110 -> Model_111

Iteration Convergence Tolerance arttırıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Eğride ani düşüşler oluştu ve talep edilen kuvvet arttı. Maximum deplasman 500 mm'ye ulaştı.

- Model_111 -> Model_112

Iteration Convergence Tolerance azaltıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşamadan analiz sonlandı. Düzgün eğrisel grafik oluştu. Maximum deplasman 250 mm'ye ulaştı.

- Model_112 -> Model_113

Iteration Convergence Tolerance arttırıldı. Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Düzgün eğrisel grafik oluştu. Maximum deplasman 500 mm'ye ulaştı.

- Model_113 -> Model_114

İtme miktarı 210 mm'ye azaltıldı (Deprem Talebi). Talep edilen deplasman sınırına ulaşıldı. Düzgün eğrisel grafik oluştu. Maximum deplasman 210 mm'ye ulaştı.

Yapılan analizlerin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlara göre parametrelerin analize etkileri konusunda şu yorumlar yapılabilir:

- Maximum Total Steps

Parametre varsayılan değerlerde kalınca, istenilen sonuç elde edilemeden analiz sonlanmıştır. Adım sayısını, analiz istenilen yerdeğiştirme miktarına ulaşana kadar arttırmak gerekmektedir. “X Doğrusu” için 1500 adım yeterli olmuştur. Adım sayısını bu değerin altına düşürmek mümkündür, fakat analiz süresinde çok büyük bir değişiklik olmadığı için gerek duyulmamıştır.

- Maximum Null Steps

Parametre varsayılan değerde kalınca, istenilen sonuç elde edilemeden analiz sonlanmıştır. Adım sayısını, analiz istenilen yerdeğiştirme miktarına ulaşana kadar arttırmak gerekmektedir. Fakat, boş adım sayısının çok fazla arttırılması, gerçek dışı sonuçlar ortaya çıkarabileceğinden, doğrusal kalan ya da çok fazla ani düşüş içeren itme grafiği oluştuğunda, boş adım sayısı azaltılmalıdır. Boş adım sayısını fazla arttırmamak adına, modelde kolon ve perdelerde plastik yığılı mafsallar yerine fiber yayılı mafsallar kullanılarak, analiz süresinin uzaması karşılığında yakınsama hataları azaltılmıştır. X Doğrultusu için 750 boş adım yeterli olmuştur. Bu değeri azaltmak mümkündür, fakat analizlerde bu değere ulaşılmadığı için gerek kalmamıştır.

- Use Event-to-Event Stepping

Parametre varsayılan değerde (açık) kalınca, analiz süresi uzamakla beraber analizin sonuçlarının netliği artmaktadır. Mafsallarda ani dayanım düşüşleri beklendiği için, bu değer varsayılanda bırakılmıştır.

- Event Lumping Tolerance (Relative)

Parametre varsayılan değerde kalınca, sonuç elde edilemeden analiz sonlanmıştır. Tolerans değerini “0.1”e çıkartmak, daha düzgün bir sonuç alınmasına yardımcı olmuştur.

- Use Iteration

Parametre, değiştirilebilen bir parametre değildir. İtme analizinde her koşulda iterasyon kullanılarak hesap yapılacaktır.

- Maximum Constant-Stiffness Iterations

Parametre varsayılan değerde kalınca, sonuç elde edilemeden analiz sonlanmıştır. İterasyon sayısının arttırılması, analiz süresi uzamakla beraber, adım boyutunun aşırı derecede küçültülerek iterasyonun yakınsanamaması sorununu ortadan kaldırmaktadır.

- Maximum Newton-Raphson Iterations

Parametre varsayılan değerde kalınca, sonuç elde edilemeden analiz sonlanmıştır. İterasyon sayısının arttırılması, analiz süresi uzamakla beraber, adım boyutunun aşırı derecede küçültülerek iterasyonun yakınsanamaması sorununu ortadan kaldırmaktadır.

- Iteration Convergence Tolerance

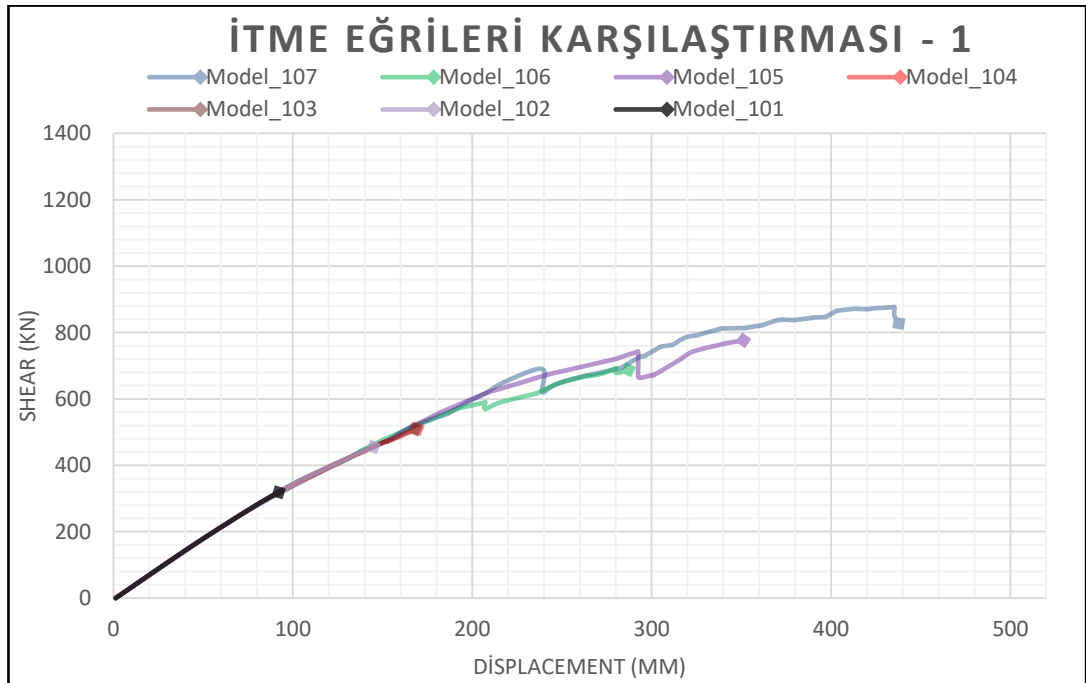
Parametre varsayılan değerde kalınca, iterasyon yakınsanamadığı zaman, adım sayısı küçültülerek iterasyon tekrarlanmaktadır. Karmaşık, simetrik olmayan ve burulma düzensizliği oranı yüksek olan binalarda, mafsalların birçoğunda iterasyon yakınsanamamakta ve adım boyutu 10^{-20} 'lere kadar küçülebilmektedir. Bu durumda, analiz mevcut adımda kalarak ilerleyememektedir. İterasyon yakınsama toleransı arttırılarak, bu durum ortadan kaldırabilmektedir. Fakat bu değer çok fazla

büyütülmesi, mafsalların gerçek hasar durumunu göstermeyerek, aslında akmış olan mafsalları akmamış göstererek, doğrusal bir itme eğrisi oluşmasına sebep olabilir. Bu sebeplerden dolayı, iterasyon yakınsama toleransı, en önemli doğrusal olmayan parametrelerden bir tanesidir. Diğer parametreler ve modelleme koşulları gözden geçirilerek dikkatli bir şekilde küçük oranlarda arttırılmalıdır. Tolerans “0.04” değerine getirildiğinde, analiz sonuçlandırılmamış ve 250 mm’ye ulaşınca analiz bitip, doğrusala yakın bir itme eğrisi vermiştir. X Doğrultusunda, toleransı “0.05” değerinde kabul etmek, düzgün bir itme eğrisi elde etmek için yeterli olmuştur.

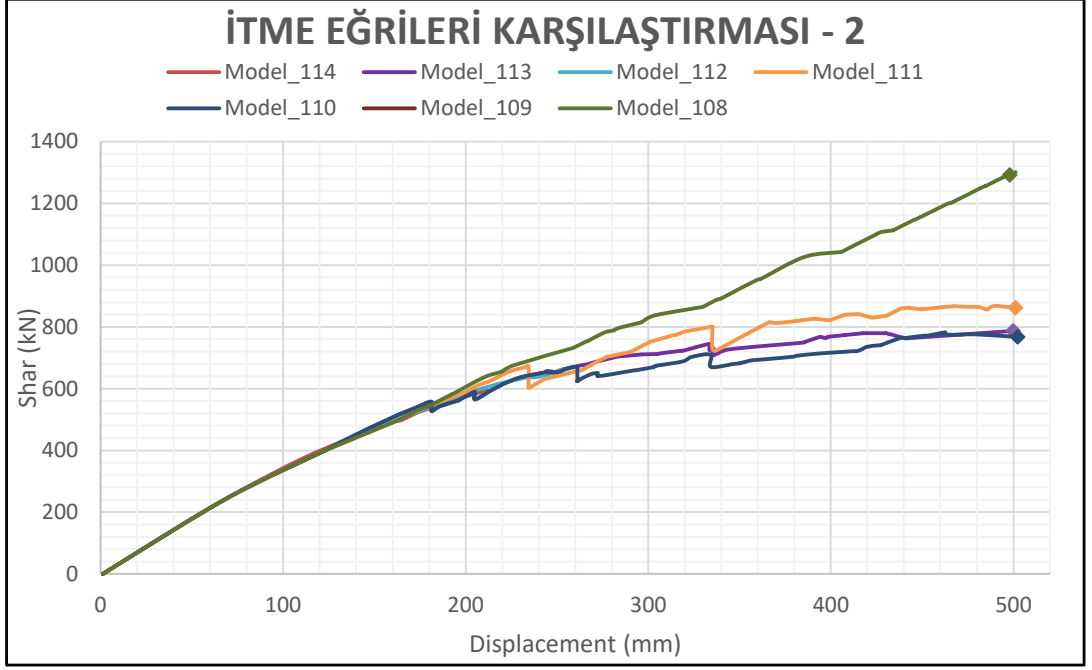
- Use Line Search

Parametre “açık” olarak kullanılıncı, analiz süresi ciddi miktarda artmakta, bununla birlikte iterasyonun yakınsama oranı yükselmektedir. Bu parametre açık olarak analiz yapınca, analiz süresi çok fazla uzadığı ve istenilen yakınsama oranına ulaşamadığı için, kapalı bırakılmıştır.

Modellerin itme eğrilerinin karşılaştırmasının yapıldığı grafikler (Şekil 6.1, 6.2) ve referans alınan itme eğrisi (Şekil 6.3) aşağıda gösterilmiştir.

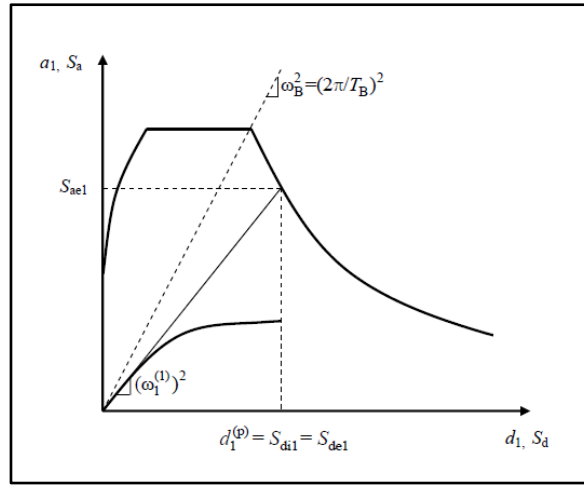


Şekil 6.1: Doğrusal olmayan parametrelere göre itme eğrileri (1. Kısım).



Şekil 6.2: Doğrusal olmayan parametrelere göre itme eğrileri (2. Kısım).

Farklı parametrelerle yapılan analizlerin sonuçlarına göre, simetrik olmayan ve TBDY-2018'e göre tasarlanmayan bir binanın itme eğrisini düzgün bir şekilde elde edebilmek için, toplam adım ve boş adım sayısını (total steps / null steps) arttırmak gerekmektedir. Aksi takdirde, iterasyon yapılırken yakınsanamayan adımlardan dolayı analiz erken sona erip, istenilen sona ulaşamamaktadır. Ayrıca, iterasyon yakınsama tolerasyonu (iteration convergance tolerance) arttırılmadığı sürece, aynı şekilde analiz çözüme ulaşamamaktadır. Bu değer artırılması da analizin çözüme ulaşabilmesi için önem arz etmektedir. Diğer parametreler, yukarıda bahsedilen parametrelerle aynı oranda etkiye sahip olmamakla birlikte, en doğru çözümün yapılabilmesi için bu parametrelerle ince ayar yapılması gerekmektedir. Bir başka önemli nokta ise, bu parametrelerin kademeli olarak değiştirilmesidir. Özellikle iterasyon yakınsama toleransının ve boş adım sayısının kontrolsüzce artırılması, analizin bir çözüme ulaşmasına fakat elde edilen çözümün gerçek dışı olmasına sebep olabilmektedir. Bu tez kapsamında yapılan ve (Şekil 6.1, 6.2)'de karşılaştırılması gösterilen itme eğrilerinden, referans alınan (Şekil 6.3)'e göre en uygun olan eğri "Model_113" eğrisi olmuştur. Daha sonra yapılan hesaplamalar bu eğri üzerinden yapılmıştır.



Şekil 6.3: Yönetmeliğe göre ideal itme eğrisi.

7. MODAL KATKI ÇARPANI HESABINDA HESAP YÖNTEMLERİ FARKLILIĞI

3. ve 4. Bölümlerde 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre yapılan modal katkı çarpanlarının hesabı yapılırken, yönetmeliklerde belirtilen hesap yöntemleri ile program çıktısı olarak elde edilen veriler karşılaştırılmış ve aralarında anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Yönetmeliğe göre yapılan hesapta, etkin kütle miktarı, her iki doğrultuda, toplam kütlein yaklaşık %100'ne denk gelmektedir. Normal koşullarda buradaki beklenti, bu oranın her iki doğrultuda programdan alınan kütle katılımı oranına yakın olmasıdır. Aynı hesapta, modal katkı çarpanı "x doğrultusunda 23,62", "y doğrultusunda 35,12" olarak hesaplanmıştır [Tablo 7.1]. Program çıktılarına göre yapılan hesapta ise, etkin kütle miktarı, toplam kütle ile programdan alınan kütle katılım oranının çarpılması ile elde edilmiştir. Modal katkı çarpanında ise her iki doğrultuda direkt olarak programdan alınan veri kullanılmıştır. Modal katkı çarpanı "x doğrultusunda 27", "y doğrultusunda 25" olarak alınmıştır [Tablo 7.2]. Yönetmelikte belirtilen hesap sonucu ile programdan elde edilen veriler arasında ortaya çıkan uyumsuzluk sebebiyle, her iki yöntemde elde edilen verilerin irdelenmesi gerekmiştir. İrdeleme sonucunda, programdan elde edilen veriye göre neredeyse aynı oranda kütle katılımına (x:%72 , y:%73) sahip iki doğrultuya ait modal katkı çarpanları arasında yaklaşık 1.5 kat (35,12 / 23,63) fark olması ve yönetmeliğe göre yapılan hesapta etkin kütle oranlarının %100'e yakın olması gerçekçi gelmediği için, hesaplamalarda programdan elde edilen veriler

kullanılmıştır. Yönetmeliğe göre yapılan hesapta kullanılan ve programdan elde edilen mod şekilleri ile kat kütleleri tekrar kontrol edilmiş ve program ile uyumsuzluk bulunamamıştır. Ortaya çıkan farkın sebebi bilinmemekle beraber, yönetmelik ve programın hesap yaklaşımındaki farklılıklardan kaynaklanması ihtimal dahilindedir.

Tablo 7.1: Yönetmeliğe göre modal katkı çarpanı hesabı.

					$L_{xm} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xm}$		$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xm}^2 + m_i \Phi_{ym}^2 + m_{0i} \Phi_{0m}^2)$		$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xm}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$	$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1}$
X Yönü (Mod 2)	i'inci Katın Kütle	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk (x)	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği	Etkin Kütle	Modal Katkı Çarpanı
	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{0in}	L_{x1}	m_{0i}	M_n	Φ_{xN1}	M_{x1}	Γ_{x1}
	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	mm	t	-
6.NK	159.79	0.0500	0.0002	0.0004	7.9893	0.0084	0.3995	0.05	1188.37	23.62
5.NK	134.09	0.0450	0.0001	0.0004	6.0338	0.0062	0.2715			
4.NK	139.09	0.0370	0.0000	0.0004	5.1463	0.0063	0.1904			
3.NK	139.09	0.0280	0.0000	0.0004	3.8945	0.0065	0.1090			
2.NK	145.90	0.0190	0.0000	0.0003	2.7721	0.0067	0.0527			
1.NK	145.90	0.0110	0.0000	0.0002	1.6049	0.0069	0.0177			
ZEMİN	154.80	0.0040	0.0000	0.0001	0.6192	0.0073	0.0025			
BODRUM	169.72	0.0001	0.0000	0.0000	0.0097	0.0089	0.0000			
Σ	1188.4				28.07		1.04			
Y Yönü (Mod 3)	i'inci Katın Kütle	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk (y)	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği	Etkin Kütle	Modal Katkı Çarpanı
	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	Φ_{0in}	L_{y1}	m_{0i}	M_n	Φ_{yN1}	M_{y1}	Γ_{y1}
	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	mm	t	-
6.NK	159.79	-0.014	0.0730	0.0004	11.6644	0.0084	0.8828	0.07	1153.62	35.12
5.NK	134.09	-0.012	0.0660	0.0004	8.8496	0.0062	0.6034			
4.NK	139.09	-0.009	0.0530	0.0004	7.3718	0.0063	0.4020			
3.NK	139.09	-0.007	0.0410	0.0003	5.7027	0.0065	0.2406			
2.NK	145.90	-0.005	0.0270	0.0003	3.9393	0.0067	0.1100			
1.NK	145.90	-0.003	0.0150	0.0002	2.1885	0.0069	0.0341			
ZEMİN	154.80	-0.001	0.0050	0.0001	0.7740	0.0073	0.0040			
BODRUM	169.72	0.000	0.0002	0.0000	0.0299	0.0089	0.0000			
Σ	1188.4				40.52		2.28			

Tablo 7.2: Program çıktısı olarak alınan modal katkı çarpanı.

					$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin}^2$		$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)$		Kütle katılım oranı x Toplam kütle	Program
X Yönü (Mod 2)	i'nci Katın Kütlesi	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk (x)	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği	Etkin Kütle	Modal Katkı Çarpanı
	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	$\Phi_{\theta in}$	L_{x1}	$m_{\theta i}$	M_n	Φ_{xN1}	M_{x1}	Γ_{x1}
	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	mm	t	-
6.NK	159.79	0.0500	0.0002	0.0004	7.9893	0.0084	0.3995	0.05	855.63	27.00
5.NK	134.09	0.0450	0.0001	0.0004	6.0338	0.0062	0.2715			
4.NK	139.09	0.0370	0.0000	0.0004	5.1463	0.0063	0.1904			
3.NK	139.09	0.0280	0.0000	0.0004	3.8945	0.0065	0.1090			
2.NK	145.90	0.0190	0.0000	0.0003	2.7721	0.0067	0.0527			
1.NK	145.90	0.0110	0.0000	0.0002	1.6049	0.0069	0.0177			
ZEMİN	154.80	0.0040	0.0000	0.0001	0.6192	0.0073	0.0025			
BODRUM	169.72	0.0001	0.0000	0.0000	0.0097	0.0089	0.0000			
Σ	1188.4				28.07		1.04			
Y Yönü (Mod 3)	i'nci Katın Kütlesi	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (x)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (y)	i'inci Kattaki Mod Şekli Genliği (z)	Etkin Modal Uzunluk (y)	i'inci Katın Kütle Eylemsizlik Momenti	Modal Kütle	En Üst Kattaki Mod Şekli Genliği	Etkin Kütle	Modal Katkı Çarpanı
	m_i	Φ_{xin}	Φ_{yin}	$\Phi_{\theta in}$	L_{y1}	$m_{\theta i}$	M_n	Φ_{yN1}	M_{y1}	Γ_{y1}
	t	mm	mm	mm	t-mm	mm ⁴	t-mm ²	mm	t	-
6.NK	159.79	-0.0140	0.0730	0.0004	11.6644	0.0084	0.8828	0.07	867.51	25.00
5.NK	134.09	-0.0120	0.0660	0.0004	8.8496	0.0062	0.6034			
4.NK	139.09	-0.0090	0.0530	0.0004	7.3718	0.0063	0.4020			
3.NK	139.09	-0.0070	0.0410	0.0003	5.7027	0.0065	0.2406			
2.NK	145.90	-0.0050	0.0270	0.0003	3.9393	0.0067	0.1100			
1.NK	145.90	-0.0030	0.0150	0.0002	2.1885	0.0069	0.0341			
ZEMİN	154.80	-0.0010	0.0050	0.0001	0.7740	0.0073	0.0040			
BODRUM	169.72	0.0000	0.0002	0.0000	0.0299	0.0089	0.0000			
Σ	1188.4				40.52		2.28			

8. SONUÇ

Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde, mevcut binanın deprem performansının DBYBHY-2007'ye göre “Can Güvenliği Performans Düzeyi”ni, TBDY-2018'e göre ise “Kontrollü Hasar Performans Düzeyi”ni sağlayamadığı belirlenmiştir. Bu koşullar altında yapının kullanılması uygun değildir. Her iki analize göre de bina kullanılamayacak durumda olsada, elemanların hasar dağılımları farklıdır. Bu farklılığın sebebi, yönetmeliklerin kullandığı hesap yöntemlerinin ve tanımların birbiriyle farklı olmasıdır.

Rijitlik azaltma katsayılarının hesaplanma yöntemi bu farklardan bir tanesidir. TBDY-2018'de belirtilen açıklamalara göre elde edilen etkin rijitlik değerleri, DBYBHY-2007'de belirtilen açıklamalara göre elde edilen etkin rijitlik değerlerine göre daha düşüktür. Bu sebeple, TBDY-2018'e göre oluşturulan modelde kabul edilen bina rijitliği daha azdır. Rijitliğin az olması sebebiyle, TBDY-2018'e göre yapılan hesapta binanın periyodu ve tepe yerdeğiştirmesi talebi artmakta, iç kuvvet talebi ise düşmektedir. Bu koşullar altında, binanın daha fazla deplasman yapabileceği fakat daha fazla hasara uğrayacağı çıkarımı yapılabilir.

Bu durumun yanı sıra, TBDY-2018 Bölüm 15.7'de şekildeğiştirme sınırları ile ilgili olarak daha önceki yönetmelikte bulunmayan birtakım koşullar bulunmaktadır. Nervürsüz donatı kullanılması durumunda şekildeğiştirme ve plastik dönme taleplerinin 1.5 ile çarpılması ve şekildeğiştirme hesabı yapılan kesitin kesme kuvveti oranına göre şekildeğiştirme üst sınırlarının 0.5 çarpılarak azaltılması bu koşullar arasındadır. İncelenen binada S220 nervürsüz donatı kullanıldığı için, hesaplanan şekildeğiştirme ve plastik dönme değerleri 1.5 katına çıkartılmıştır. Ayrıca, binada kesme kuvveti oranı 1.30 dan büyük olan kesitler olduğu için bu kesitlerin şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları 0.5 ile çarpılarak azaltılmıştır.

Bunların yanı sıra, TBDY-2018'de belirtilen yöntemlerle analiz yapılırken, DBYBHY-2007'de belirtilen yöntemlerden farklı olarak, her kesit için ayrı bir şekildeğiştirme sınırı belirlenmiş ve her yapı elemanı için ayrı ayrı plastik dönme sınırları belirlenmiştir. Bu sayede, yapılan analizle, göçme durumunda olan elemanların tespiti daha gerçekçi bir şekilde yapılabilmiştir. Mevcut koşullar altında, ortaya çıkan sonuçların beklentiler dahilinde gerçekleştiği söylenebilir.

Bu aşamadan sonra, binanın mevcut koşullar altında kullanılması güvenliği olmadığı için, bina kontrollü olarak yıkılmalı ya da binaya güçlendirme uygulanmalıdır. Binanın kullanılmasına karar verilirse, öncelikle gevrek olarak hasar gören tüm elemanlar güçlendirilmelidir. Daha sonra, binadaki diğer zayıf elemanlar yapılacak hesaplarla güçlendirilmeli ya da yapılacak maliyet çalışmaları sonucunda uygun görülürse binaya kauçuk (LRB) ya da sarkaç sistem (FPS) sismik izolatörler eklenmelidir. Binanın güçlendirmesinin ne şekilde yapılacağına, yapılacak ileri çalışmalar ile karar verilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Aydınoğlu N., Özer E., Sucuoğlu H., (2007), "Yeni Deprem Yönetmeliği ve Uygulamalı Çözümler", Yayın No:3, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi.
- [2] Seifi M., Noorzaei J., Jaafar M.S., Yazdan Panah E., (2008), "Nonlinear Static Pushover Analysis in Earthquake Engineering: State of Development", 1st Conference on Construction and Building Technology, 69-80, Kuala Lumpur, Malaysia, 16-20 June.
- [3] Toprak A., (2008), "Betonarme Binaların Deprem Performans Seviyelerinin Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yaklaşımların Kullanılarak Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [4] Kadid A., Boumrkik A., (2008), "Pushover Analysis Of Reinforced Concrete Frame Structures", Asian Journal Of Civil Engineering (Building And Housing), 9 (5), 75-83.
- [5] Bozdağ Ö., (2010), "Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Yönlü Modal Birleştirme ve Enerji Esaslı Yerdeğiştirmeye Dayalı Bir Artımsal İtme Analiz Yöntemi", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [6] Web 1, (2018), http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7a2a567764664a1_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=15, (Erişim Tarihi: 13/05/2020).
- [7] ResGaz 1, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007 tarih ve 26454 sayılı Resmî Gazete.
- [8] ResGaz 2, (2019), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı Resmî Gazete.
- [9] ResGaz 3, (2000), Türk Standardı TS500, 12 Temmuz 2000 tarih ve 24107 sayılı Resmî Gazete.

ÖZGEÇMİŞ

Ziya Can ÖREN 1990 yılında Trabzon’da doğdu. 2009 yılında başladığı Anadolu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2014 yılında başarıyla tamamlayarak, 2017 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında başladı. 2014 yılından bu yana özel sektördeki üst yapı projelerinde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.

EKLER

Ek A : Açıklamalar

İnteraktif web uygulaması üzerinden elde edilen zemin parametreleri, aşağıda gösterilen şekillerde açıklanmıştır.

AFAD



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	1	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	40.985624°	
Boylam	29.083123°	

Çıktılar

$S_S = 0.939$	$S_1 = 0.257$	$PGA = 0.386$	$PGV = 23.820$
---------------	---------------	---------------	----------------

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil A1.1 : Deprem girdileri ve ivme değerleri.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatıaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_I > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler : 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($P_I > 50$) killer , 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Şekil A1.2 : Bölgeye ait yerel zemin sınıfı.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_S=0.939$ için $F_S=1.200$

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_1=0.257$ için $F_1=1.500$

Şekil A1.3 : Bölgeye ait yerel zemin sınıfına ait F_S ve F_1 değerleri.

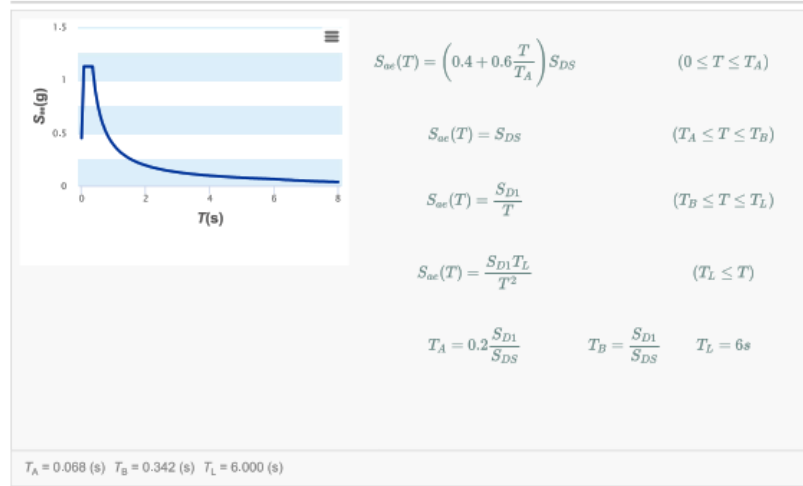
$$S_{DS} = S_S F_S = 0.939 \times 1.200 = 1.127$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.257 \times 1.500 = 0.386$$

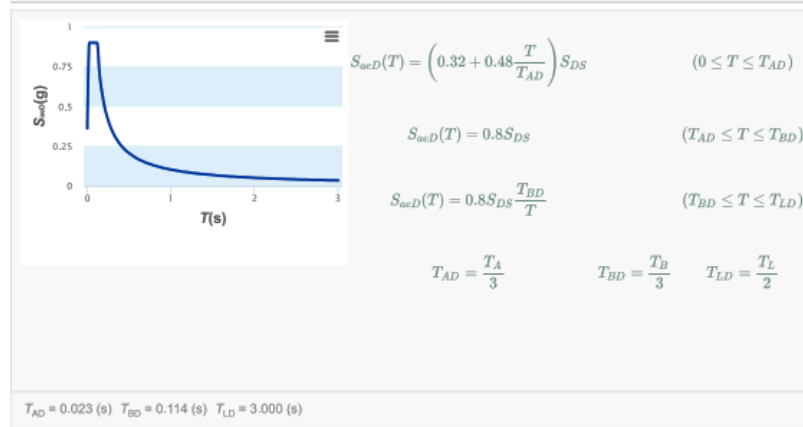
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil A1.4 : İvme katsayıları ve tasarım spektrumları.