

**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**KAT ADETLERİ FARKLI BETONARME BİNALARIN
DEPREM PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUŞA UĞUR ÇAPA

İSTANBUL, 2020



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**KAT ADETLERİ FARKLI BETORNARME BİNALARIN
DEPREM PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YUŞA UĞUR ÇAPA
(170241002)**

**TEZ DANIŞMANI
PROF.DR ZEKAİ CELEP**

İSTANBUL, 2020



FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda **170241002** numaralı **Yuşa Uğur Çapa**'nın hazırladığı "**Kat Adetleri Farklı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi**" konulu **Yüksek Lisans Tezi** ile ilgili **Tez Savunma Sınavı**, 25/06/2020 Perşembe günü saat 10:00'da Çevrimiçi Video Görüşmesi ile yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE OYBİRLİĞİ** ile karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ (*)	İMZA
Prof.Dr. Zekai Celep	Kabul	
Prof.Dr. Kadir Güler	Kabul	
Dr. Öğr. Üyesi Cenk Aksoylar	Kabul	

	Sayfa 1/1
	FSMVÜ.EÖD.FR-
	Yayın Tarihi:

BEYAN/ ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağılı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Yuşa Uğur ÇAPA

KAT ADETLERİ FARKLI BETORNARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

YUŞA UĞUR ÇAPA

ÖZET

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de, yeni binalarda yapılacak tasarım yöntemleri, mevcut binalarda ise doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde kullanılacak parametreler ve kurallar belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında TBDY 2018’e göre tasarlanan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı bina, mevcut binalar kabul edilerek hesap yapılmıştır. Seçilen binaların, TBDY 2018 Bölüm 15’te mevcut binalar için tanımlanan performans hedefleri ile uyumunu incelenmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca kat adedi arttıkça hesap yöntemlerinde elde edilen sonuçlardaki değişiklikler araştırılmıştır.

Tez toplam dokuz bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde güncellenen ve ülkemizde son yönetmelik olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018’e göre tez içeriğinde kullanılacak olan hesap yöntemlerinin ve bu yöntemleri kullanılırken kullanılacak parametrelerin nasıl bulunduğu ayrıntılı şekilde anlatılmıştır.

İkinci bölümde seçilen üç adet bina esas alınarak, betonarme binaların tasarımı başlığı altında; binaların taşıyıcı sistemlerinin ön boyutlandırılması, malzeme özellikleri, deprem karakteristikleri, boyutlandırmada esas alınan yükler gibi birçok parametre ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde Eşdeğer Deprem Yükü Hesap Yöntemi, dördüncü bölümde Mod Birleştirme Hesap Yöntemi ve beşinci bölümde Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz Hesap Yöntemi kullanılarak, her bir hesap yöntemi için üç katlı, beş katlı ve yedi katlı binalara ait taban kesme kuvvetleri, tepe yer değiştirmeleri ve devir değerlerinin hesabı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde Statik İtme Hesap Yöntemi ve yedinci bölümde Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi kullanılarak, seçilen üç binaya ait deprem performanslarının belirlenebilmesi için gerekli olan plastikleşen kesitlerin maksimum plastik dönme değerlerinin, taban kesme kuvvetlerinin, tepe yer değiştirme değerlerinin, taşıyıcı sistemde oluşan hasar miktarları gibi birçok parametrenin hesabı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Sekizinci bölümde üç farklı binada analiz için kullanılan, doğrusal olan ve doğrusal olmayan toplam beş adet hesap yöntemi; Eşdeğer Deprem Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz Hesap Yöntemi, Statik İtme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Dokuzuncu bölümde göz önüne alınan üç farklı bina için doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin tamamı kullanılarak karşılaştırılan analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Statik itme, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme yöntemi, zaman tanım alanında doğrusal analiz hesap yöntemi, performans.

AN INVESTIGATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCES OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH VARIOUS NUMBER OF STORIES

YUŞA UĞUR ÇAPA

ABSTRACT

Turkish Building Earthquake Regulation 2018 states the rules to be used in the design and evaluation of new and existing buildings. It contains linear and nonlinear analysis methods; the rules and the parameters used are explained. In this thesis, the buildings that have three, five and seven stories are designed according to the Turkish Building Earthquake Regulation (TBDY) in 2018. Later, the buildings are accepted as existing buildings and their seismic evaluations have been carried out by using the rules of the Turkish Building Earthquake Regulation 2018 Chapter 15 by employing the corresponding performance targets prescribed for the existing buildings. Linear and nonlinear analysis methods are used and the results are evaluated. In the end a comprehensive comparison of the results has been made. Variations in the application of the linear and nonlinear method and those of the results are displayed in details by considering number of stories.

The thesis consists of nine parts.

In the first part, the rules of the Turkish Building Earthquake Regulation and their application procedures are described in details.

In the second part, three building are selected and their parameters such as; geometry of the structural system and characteristics of the material, earthquake characteristics and the loads considered, are presented under the title of the design of concrete buildings.

In the third part, the equivalent seismic load analysis method and in the fourth part, the modal superposition method are given. In the fifth part, the linear analysis method in the time domain analysis which is used for each type of selected building is presented. In the numerical application, period, base shear forces, maximum internal forces, moments and displacements, are calculated and the results are given comparatively.

In the sixth part, static pushover analysis and in the seventh part, nonlinear analysis method in the time domain are presented by employing plastic hinges at the end of the beams and columns in the structural systems of the selected buildings. Time variations of the rotations of the plastic hinges, the base shear forces, the peak displacements, the level of damages in the plastic hinges (nonlinear deformations) including the variations of various parameters are illustrated in details. The results evaluated have been compared.

In the eighth part, five linear and non linear methods such as; equivalent seismic load method, mode superposition method, linear analysis method in time domain, static pushover, nonlinear analysis method in time domain are used for analysis in three different selected buildings and the results are compared.

In the ninth part, for the three selected buildings, all linear and non linear calculation methods are used and the results of the compared analysis are evaluated.

Keywords: Static pushover, linear analysis method in time definition field, equivalent earthquake load, mode superposition method, nonlinear analysis method in time definition field, performance.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam sürecinde kendisinden almış olduğum destek için tez yöneticisi danışmanım Prof. Dr Zekai CELEP'e ve yüksek lisans eğitimim sürecinde aldığım derslerle ilgili üzerimde emeği olan Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesinin değerli öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca hep yanımda olan ve her konuda yardımcı olup beni bugünlere getiren anneme, babama ve kardeşime, tez çalışmam esnasında, bana zamanını ayırıp yardımcı olan bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Dr. Ali Ruzi Özuygur'a, Araş.Gör. Muhammed Şükrü Yavaş'a, İnşaat Mühendisi Barış Şahin'e, İnşaat Mühendisi Furkan Aslan'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yuşa Uğur ÇAPA

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
SEMBOLLER.....	x
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TABLO LİSTESİ	xiii
GİRİŞ.....	1
1. BİNALARIN DÜŞEY VE DEPREM YÜKLERİ ALTINDA TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	2
1.1. DÜŞEY VE DEPREM YÜKÜ ALTINDAKİ BİNALARIN TBDY’DE YENİ BİNALAR İÇİN TASARIM KURALLARI VE MEVCUT BİNALAR İÇİN İNCELEME KURALLARI	2
1.1.1. Deprem Tasarım Sınıfları	2
1.1.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	2
1.1.3. Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)	2
1.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	2
1.1.5. Bina Performans Düzeyleri.....	3
1.1.6. Performans Hedefleri ve Tasarım Şartları	4
1.2. DAYANIMA GÖRE TASARIM	5
1.2.1. Performans Hedefleri	5
1.2.2. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	5
1.2.3. Kapasite Tasarım İlkeleri	6
1.2.4. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu.....	6
1.2.5. Dayanım Fazlalığı Katsayısı	6
1.2.6. Süneklik	7
1.2.7. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	7
1.2.7.1. Doğrusal Hesap Yöntemi	7
1.2.7.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı.....	7
1.2.7.3. Mod Birleştirme Yöntemi İle Doğrusal Deprem Hesabı.....	8
1.2.7.4. Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemiyle Doğrusal Deprem Hesabı..	8
1.3. PLASTİK MAFSAL KAVRAMI	8
1.4. SPEKTRUM VE SPEKTRUMA UYGUN DEPREM KAYDI.....	8
1.5. ŞEKİL DEĞİŞTİRMEYE GÖRE DEĞERLENDİRME	10
1.5.1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri.....	10

1.5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri.....	11
1.5.3. Statik İtme Analizi İle Değerlendirme ve Uygulaması.....	11
1.5.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Değerlendirme ve Uygulaması..	12
1.6. TEZ ÇALIŞMASININ AMACI.....	12
2. BETONARME BİNALARIN TASARIMI	13
2.1. SEÇİLEN ÜÇ BİNA VE ÖNTASARIMI.....	13
2.1.1. Tasarımı ve Değerlendirilmesi Yapılacak Binaların Geometrileri.....	13
2.1.2. Malzeme Özellikleri.....	14
2.1.3. Deprem Karakteristikleri	14
2.1.4. Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler.....	16
2.1.5. Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması.....	16
2.2. ÜÇ KATLI BİNA ÖN TASARIMI.....	17
2.3. BEŞ KATLI BİNA ÖN TASARIMI	20
2.4. YEDİ KATLI BİNA ÖN TASARIMI.....	24
3. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ	28
3.1. ÜÇ KATLI BİNA	28
3.2. BEŞ KATLI BİNA	28
3.3. YEDİ KATLI BİNA.....	29
3.4. KARŞILAŞTIRMA.....	29
4. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ.....	30
4.1. ÜÇ KATLI BİNA	30
4.2. BEŞ KATLI BİNA	31
4.3. YEDİ KATLI BİNA	31
4.4. KARŞILAŞTIRMA.....	32
5. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMİ.....	33
5.1. ÜÇ KATLI BİNA	34
5.2. BEŞ KATLI BİNA	35
5.3. YEDİ KATLI BİNA	36
5.4. KARŞILAŞTIRMA.....	36
6. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- STATİK İTME YÖNTEMİ.....	38
6.1 ÜÇ KATLI BİNA STATİK İTME ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME	38
6.2. BEŞ KATLI BİNA STATİK İTME ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME.....	54
6.3. YEDİ KATLI BİNA STATİK İTME ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME	63
6.4. KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRME	71

7. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI-ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMİ.....	75
7.1. ÜÇ KATLI BİNA.....	76
7.2. BEŞ KATLI BİNA.....	78
7.3. YEDİ KATLI BİNA.....	81
7.4. KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRME.....	83
8. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	86
9. SONUÇLAR.....	94
10. KAYNAKLAR.....	96
EKLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	98

SEMBOLLER

F_s	: Kısa periyod bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	: 1.0 saniye periyod için yerel zemin etki katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyod bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyod için tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_p	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı simgesi
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı simgesi
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı simgesi
I	: Bina Önem Katsayısı simgesi
G	: Sabit yük etkisi
Q	: Hareketli yük etkisi
H_N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam yüksekliği
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
A	: En kesit alanı
F_y	: Yapı çeliğinin karakteristik minimum akma gerilmesi
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
h	: En kesit yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
L	: Çubuk boyu
M	: Eğilme momenti
h_f	: Döşeme kalınlığı
T	: Lineer tek serbestlik dereceli sistemin titreşim periyodu
d	: Tepe noktasının yatay yer değiştirmesi
m_i	: i. katın kütlesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
β	: Yatay tasarım spektrumu için alt sınır faktörü
V_t	: Deprem etkisi ile ortaya çıkan taban kesme kuvveti
μ	: Süneklik oranı
M_y	: Akma momenti
g	: Yerçekimi ivmesi
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aR}(T)$: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
V_t	: Taban kesme kuvveti
V_{tx}	: X doğrultusunda elde edilen toplam taban kesme kuvveti
β	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
Ls	: Kiriş kesme açıklığı

SEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Tasarım ivme spektrumu (TBDY 2018).....	9
Şekil 1.2 : Moment-Eğrilik ilişkisi	11
Şekil 2.1 : Betonarme binaların düşey kesitteki düzenleri.....	13
Şekil 2.2 : Betonarme binaların plan düzeni.....	13
Şekil 2.3 : Binaların görünüşleri ve 3D analiz modelleri.....	14
Şekil 2.4 : ZC zemin sınıfı yatay-düşey elastik tasarım ivme spektrumları	15
Şekil 2.5 : Türkiye deprem tehlikesi haritası (DD2 depremi).....	15
Şekil 2.6 : Örnek kiriş donatı düzeni	17
Şekil 2.7 : Tip kiriş donatı düzeni.....	18
Şekil 2.8 : Üç katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması	19
Şekil 2.9 : Üç katlı bina kolon planı ve numaralandırılması	19
Şekil 2.10 : Kolonlardaki G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler.....	20
Şekil 2.11 : Tiplerine kiriş donatı yerleşim düzeni (a,b,c,d,e).....	21
Şekil 2.12 : Beş katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması	22
Şekil 2.13 : Beş katlı bina kolon planı ve numaralandırılması	23
Şekil 2.14 : Kolonlardaki G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler.....	23
Şekil 2.15 : Tiplerine kiriş donatı yerleşim düzeni (a,b,c,d,e).....	25
Şekil 2.16 : Yedi Katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması	26
Şekil 2.17 : Yedi katlı bina kolon planı ve numaralandırılması	27
Şekil 2.18 : Kolonlardaki G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler.....	27
Şekil 3.1 : Katlara göre periyot ve frekans değerlerinin karşılaştırılması.....	30
Şekil 5.1 : Benzeştirilmiş ivme(g)-zaman(s) grafikleri ve ortalama deprem spektrumu.....	34
Şekil 5.2 : Depremlerin spektrumu ve ZC elastik spektral ivme spektrumu	34
Şekil 6.1 : Section designer kiriş kesiti ve analiz modeli	39
Şekil 6.2 : Section designer kolon kesiti ve veri tablosu.	40
Şekil 6.3 : Üç katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme değişimi.....	45
Şekil 6.4 : Üç katlı bina kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi.....	46
Şekil 6.5 : Üç katlı tüm bina kirişleri hasar durumları.....	47
Şekil 6.6 : Üç katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları.....	47
Şekil 6.7 : Üç katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları.....	48
Şekil 6.8 : Üç katlı bina üçüncü kat kirişleri hasar durumları	48
Şekil 6.9 : Üç katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları	50
Şekil 6.10 : Üç katlı binanın birinci kat kolonları hasar durumları	50
Şekil 6.11 : Üç katlı binanın ikinci kat kolonları hasar durumları.....	50
Şekil 6.12 : Üç katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları	51
Şekil 6.13 : Üç katlı binaya ait tüm kolon ve kirişlerin hasar durumları.....	53
Şekil 6.14 : Üç katlı binada katlara etki eden kesme kuvvetleri değerleri.....	53
Şekil 6.15 : Beş katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme değişimi	57
Şekil 6.16 : Beş katlı kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi	59
Şekil 6.17 : Beş katlı tüm bina kirişleri hasar durumları	59
Şekil 6.18 : Beş katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları	60
Şekil 6.19 : Beş katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları.....	60
Şekil 6.20 : Beş katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları	61
Şekil 6.21 : Beş katlı binanın birinci kat kolonları hasar durumları	61
Şekil 6.22 : Beş katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları.....	61

Şekil 6.23 : Yedi katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme değişimi.....	66
Şekil 6.24 : Yedi katlı kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi.....	67
Şekil 6.25 : Yedi katlı tüm bina kirişleri hasar durumları.....	68
Şekil 6.26 : Yedi katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları	68
Şekil 6.27 : Yedi katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları.....	69
Şekil 6.28 : Yedi katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları	69
Şekil 6.29 : Yedi katlı bina birinci kat kolonları hasar durumları	69
Şekil 6.30 : Yedi katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları	70
Şekil 6.31 : Statik itme eğrilerinin karşılaştırılması	73
Şekil 7.1 : Benzeştirilmiş ivme(g)-zaman(s) grafikleri ve ortalama deprem spektrumu.....	75
Şekil 7.2 : Depremlerin spektrumu ve ZC elastik spektral ivme spektrumu	76
Şekil 7.3 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği	77
Şekil 7.4 : Üç katlı binaya ait hasar durumu.....	78
Şekil 7.5 : Üç katlı binaya ait hasar durumu grafikleri.....	78
Şekil 7.6 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği	79
Şekil 7.7 : Beş katlı binaya ait hasar durumu.....	80
Şekil 7.8 : Beş katlı binaya ait hasar durumu grafikleri.....	81
Şekil 7.9 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği	81
Şekil 7.10 : Yedi katlı binaya ait hasar durumu.....	83
Şekil 7.11 : Yedi katlı binaya ait hasar durumu grafikleri.....	83
Şekil 7.12 : Binalara ait giriş genel hasar durumu grafikleri	85
Şekil 7.13 : Binalara ait kolon genel hasar durumu grafikleri	85
Şekil 8.1 : Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırma grafiği	86
Şekil 8.2 : Tepe yer değiştirmesi karşılaştırma grafiği	87
Şekil 8.3 : Üç katlı bina taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği	88
Şekil 8.4 : Beş katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği	89
Şekil 8.5 : Yedi katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği	89
Şekil 8.6 : Üç katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği	90
Şekil 8.7 : Beş katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği.....	90
Şekil 8.8 : Yedi katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği	91

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 : Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme ve çelik binalar	4
Tablo 1.2 : Deprem tasarım sınıflarına göre deprem yalıtımlı binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları	4
Tablo 2.1 : Yerel zemin sınıflarına bağlı olarak zemin cinsi ve kullanılacak değerler	15
Tablo 2.2 : Döşeme ve kirişlerdeki düşey yükler.	16
Tablo 2.3 : Kolon kesit tipleri.	16
Tablo 2.4 : Üç katlı binada kullanılan kiriş tipleri	17
Tablo 2.5 : Üç katlı bina kiriş tiplerine göre donatı alanları	18
Tablo 2.6 : Üç katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı.....	19
Tablo 2.7 : Üç katlı bina kolonları donatı düzeni.....	19
Tablo 2.8 : Üç katlı bina kolonları tip düzeni.....	20
Tablo 2.9 : Beş katlı binada kullanılan kiriş tipleri ve donatı dağılımı	20
Tablo 2.10 : Kiriş tiplerine göre donatı alanları	22
Tablo 2.11 : Beş katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı	22
Tablo 2.12 : Beş katlı bina kolonları donatı düzeni	23
Tablo 2.13 : Beş katlı bina kolonları tip düzeni	24
Tablo 2.14 : Yedi katlı binada kullanılan kiriş tipleri ve donatı dağılımı	24
Tablo 2.15 : Yedi katlı bina kiriş tiplerine göre donatı alanları	25
Tablo 2.16 : Yedi katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı	26
Tablo 2.17 : Yedi katlı bina kolonları donatı düzeni.....	26
Tablo 2.18 : Yedi katlı bina kolonları tip düzeni.	27
Tablo 3.1 : Kat adedi farklı üç bina için eşdeğer deprem yükü yöntemi analiz sonuçları.	29
Tablo 4.1 : Üç katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.	31
Tablo 4.2 : Beş katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.	31
Tablo 4.3 : Yedi katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.	32
Tablo 4.4 : Kat adedi farklı üç bina için mod birleştirme yükü yöntemi analiz sonuçları	32
Tablo 4.5 : Kat adedi farklı üç bina için hesap yöntemleri analiz sonuçları	33
Tablo 5.1 : Üç katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçlarının.....	35
Tablo 5.2 : Beş katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçlarının	35
Tablo 5.3 : Yedi katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçları.....	36
Tablo 5.4 : Üç katlı binaya ait ortalama deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçları.....	37
Tablo 5.5 : Hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	37
Tablo 6.1 : Üç katlı bina serbest titreşim sonuçları.....	38
Tablo 6.2 : Üç katlı binanın kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerleri	43
Tablo 6.3 : Üç katlı binanın kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri... ..	43
Tablo 6.4 : Üç katlı binanın kolon kesitlerine ait hesaplanan değerler.	44
Tablo 6.5 : Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri.	44
Tablo 6.6 : Üç katlı binanın tepe yer değiştirme - taban kesme kuvveti değerleri.....	45
Tablo 6.7 : Üç katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri.....	46
Tablo 6.8 : Üç katlı bina için birinci kat kirişlerinin performans değerleri.....	49
Tablo 6.9 : Üç katlı bina için birinci kat kolonlarının performans değerleri.....	51
Tablo 6.10 : Üç katlı binanın katlara göre hasar oranları	52
Tablo 6.11 : Beş katlı bina modal analiz sonuçları	54
Tablo 6.12 : Beş katlı bina kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerleri.....	55
Tablo 6.13 : Beş katlı bina kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri	56

Tablo 6.14 : Kolon kesitlerine ait hesaplanan değerler	56
Tablo 6.15 : Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri	57
Tablo 6.16 : Beş katlı binanın tepe yer değiştirme-taban kesme kuvveti değerleri	58
Tablo 6.17 : Beş katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri	58
Tablo 6.18 : Beş katlı binanın katlara göre hasar oranı	62
Tablo 6.19 : Yedi katlı bina modal analiz sonuçları.....	63
Tablo 6.20 : Kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerler	64
Tablo 6.21 : Kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri	64
Tablo 6.22 : Kolon Kesitlerine ait hesaplanan değerler	65
Tablo 6.23 : Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri	65
Tablo 6.24 : Yedi katlı binanın tepe yer değiştirme - taban kesme kuvveti değerleri.....	66
Tablo 6.25 : Yedi katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri	67
Tablo 6.26 : Yedi katlı binanın katlara göre hasar oranı	71
Tablo 6.27 : Binaların modlara göre periyot ve modal kütle oranları	72
Tablo 6.28 : Hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	72
Tablo 6.29 : Üç, beş ve yedi katlı binaların hasar bölgeleri	74
Tablo 7.1 : Taban kesme kuvveti ve yer değiştirme değerleri	76
Tablo 7.2 : Deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları.....	77
Tablo 7.3 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları	78
Tablo 7.4 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri	79
Tablo 7.5 : Deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları	79
Tablo 7.6 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları	80
Tablo 7.7 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri	81
Tablo 7.8 : Deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları.....	82
Tablo 7.9 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları	82
Tablo 7.10 : Üç farklı binaya ait taban kesme kuvveti-yer değiştirme değerleri	84
Tablo 7.11 : Üç farklı binaya ait kirişlerin toplam hasar durumu değerleri	85
Tablo 7.12 : Üç farklı binaya ait kolonların toplam hasar durumu değerleri	85
Tablo 8.1 : Taban kesme kuvveti karşılaştırma değerleri	87
Tablo 8.2 : Tepe yer değiştirmesi karşılaştırma değerleri	88
Tablo 8.3 : Periyotların karşılaştırılması	92
Tablo 8.4 : Hesap yöntemlerinin karşılaştırılması.....	92

GİRİŞ

Dünyada meydana gelen depremlerden ve özellikle ülkemizde 1999 Gölcük depreminden sonra çıkarılan dersler sonucunda, binaların performans hedefleri ile ilgili konularda ve binalara uygulanacak teknik yöntemlerle ilgili değişime ve yeniliğe ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda yeni yapılması planlanan binaların depreme dayanıklı tasarımının yapılması, mevcut binalarda deprem etkisi altında ortaya çıkması beklenen hasar seviyesinin belirlenmesi, oluşabilecek depremlerde can güvenliği yetersiz binalarda uygulanması gereken yapısal güçlendirme tekniklerinin neler olması gerektiği ile ilgili konular gelişen ve yenileşen bilim ışığında yeniden ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda performans dayalı tasarım ve değerlendirmeyi esas alan bir çalışma alanı ortaya çıkmış ve bu çalışma alanı hızla yenileşmeye ve gelişmeye başlamıştır.

Bu çalışmada TBDY 2018'e göre tasarımı yeni bina olarak yapılmış ve kat adetleri farklı üç bina esas alınmıştır. Göz önüne alınan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı binaların, yeni tasarımda beklenen performans hedef şartlarını sağlama durumu ve bina kat adedinin, bina performans hedefi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Seçilen binaların deprem yükleri etkisi altında taşıyıcı sistem üzerindeki performanslarının belirlenebilmesi için yönetmelikte yer alan doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmıştır. Doğrusal olmayan çözümde Statik İtme Hesap Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi seçilmiştir. TBDY 2018'e göre tasarımı yapılan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı binanın sağladıkları performans hedefleri birbirleriyle ve aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada göz önüne alınan binaların sağladıkları performans hedefleri, binanın kat adedinin farklı olması durumuna göre değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada doğrusal hesap yöntemini kullanılarak analizlerde yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ve her üç binaya ait elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır.

1. BİNALARIN DÜŞEY VE DEPREM YÜKLERİ ALTINDA TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

1.1. Düşey ve Deprem Yüğü Altındaki Binaların TBDY’de Yeni Binalar İçin Tasarım Kuralları ve Mevcut Binalar İçin İnceleme Kuralları

Bu bölümde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (TBDY) 3.bölümde deprem etkisi altında binaların değeriendirilmesi ve tasarımı için genel esaslar başlığı altında belirtilen parametreler ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

1.1.1. Deprem Tasarım Sınıfları

1.1.1.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Depreme dayanıklı bina tasarlandığında, binaya etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesinde, binanın türüne veya kullanım amacına göre değışiklik gösteren katsayıya Bina Önem Katsayısı (I) denilmektedir. Buradaki hedef amaç, deprem sonrasında kullanılması zorunlu olan (hastane, okul vb.) binaların deprem sırasında hasar almadan veya kısa sürede onarımının sağlanabileceğı basit düzeyde hasarlar almasına müsaade eden bina tasarımlarını yapmaktır. Örnek verilecek olursa, deprem sonrası hemen kullanılması gerekli binalar (hastane, okul vb.) için bina kullanım sınıfı (BKS=1) için bina önem katsayısı 1.5 alınırken, insanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalarda (alışveriş merkezi, ibadethaneler vb.) bina kullanım sınıfı (BKS=2) için bina önem katsayısı 1.2 alınmaktadır. BKS=1 ve BKS=2 bina kullanım sınıflarına girmeyen diğeri binalarda(konutlar, işyerleri vb.) bina kullanım sınıfı BKS=3 için bina önem katsayısı 1 alınmaktadır. Bina önem katsayılarında da anlaşılacağı üzere binanın türü, yapısı ve özelliklerine göre bu değeri artmaktadır. Bina önem katsayıları TBDY 2018 Bölüm 3. Tablo 3.1’de ayrıntılı olarak verilmektedir.

1.1.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), binanın bulunduğu deprem bölgesindeki ilgili spektral ivme katsayısı ve kullanım amacına bağılı olarak belirlenmektedir. Binaya ait bina kullanım sınıfı(BKS) ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) belirlendikten sonra bu iki parametreye bağılı olarak TBDY 2018 Bölüm 3’te yer alan Tablo 3.1’e göre deprem sınıfı belirlenebilmektedir. Deprem tasarım sınıfı (DTS) rakam değeri olarak arttıkça deprem tehlikesi daha az olan bölgeyi, rakam değeri olarak azaldıkça deprem tehlikesi daha çok olan bölgeyi temsil eder. Yani en tehlikeli bölge, deprem tasarım sınıfı (DTS=1) olduğu yerdir.

1.1.3. Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)

Bina yüksekliğı H_N , deprem hesabı bakımından bina tabanından başlayıp ölçülen yükseklik olarak tanımlanmaktadır. Deprem etkisi altında tasarımda binalar, sekiz bina yükseklik sınıfına (BYS) yüksekliklerine göre ayrılmıştır. Bina yükseklik sınıfının belirlenebilmesi için deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina yüksekliğinin (H_N) bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreler elde edildikten sonra TBDY 2018 Bölüm 3 Tablo 3.3’teki verilere bağılı olarak bina yükseklik sınıfı (BYS) belirlenebilmektedir.

1.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

1.1.4.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini

nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

1.1.4.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

1.1.4.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

1.1.4.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Diğer bir deyişle bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

1.1.5. Bina Performans Düzeyleri

Bu başlıkta bina performans hedeflerinin tanımına esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için bina performans düzeyleri verilmiştir.

1.1.5.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyinde, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan hasarın ihmal edilebilir düzeyde kaldığı veya herhangi bir yapısal hasarın oluşmadığı duruma karşı gelmektedir.

1.1.5.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, yapısal elemanlarda doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği hasar düzeyine karşı gelmektedir.

1.1.5.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, can güvenliğinin sağlanarak, bina taşıyıcı sistem elemanlarında genel olarak hasarın onarımının yapabildiği veya çok ağır olmayan hasar düzeyine karşı gelmektedir.

1.1.5.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlendiği performans düzeyi olduğu gibi başka bir ifadeyle bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir.

1.1.6. Performans Hedefleri ve Tasarım Şartları

Dört deprem yer hareketi düzeyi için TBDY 2018 yönetmeliği kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan Normal Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1a, 2a için tanımlanan İleri Performans Hedefleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de verilmiştir. Göz önüne alınacak binanın deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfı (DTS) bilindikten sonra uygulanması gereken performans hedefleri, ayrıntılı olarak tablolar halinde TBDY 2018 Bölüm 3 Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 1.1: Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar (Yüksek binalar dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H.Düzeyi	DTS= 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS= 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımının uygulama kapsamaları Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de verilmiştir. Binanın DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde yeni yapılacağı göz önüne alınırsa, normal performans ve ileri performans hedeflerinin kontrollü hasar düzeyi ile sınırlı kalacağı, kullanılacak değerlendirme/tasarım yaklaşımının ise dayanıma göre tasarım olacağı görülmektedir. Deprem yer hareketi düzeyleri ve deprem tasarım sınıfı (DTS) değerlerine bağlı olarak performans hedefleri ve değerlendirme/tasarım yaklaşımları değişmektedir.

Tablo 1.2: Deprem tasarım sınıflarına göre deprem yalıtımlı binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları
(a) Yeni yapılacak deprem yalıtımlı binalar – üstyapı

Deprem Yer H.Düzeyi	DTS= 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS= 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH	DGT	KK	DGT
DD-1	-	-	-	-

(b) Deprem yalıtımı yapılarak güçlendirilecek mevcut binalar – üstyapı

Deprem Yer H.Düzeyi	DTS= 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS= 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	KH	DGT	SH	DGT
DD-1	-	-	-	-

1.2. Dayanıma Göre Tasarım

Bu bölümün amacı binaların dayanıma göre tasarım (DGT) yaklaşımı ile tasarımı için kullanılacak doğrusal hesap esaslarının belirlenmesidir. Dayanıma göre tasarım (DGT) yaklaşımında esas alınacak noktalar şu şekilde sıralanabilir:

(a) Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.

(b) Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, gerekli durumlarda dayanım fazlalığı da dikkate alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri elde edilir.

(c) Eleman dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır.

(d) Deprem hesabından elde edilen görelî kat ötelemeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılır.

(e) Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında olduğu ve aynı zamanda görelî kat ötelemelerinin izin verilen sınırların altında olduğu gösterilerek tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak sonuca gidilir.

1.2.1. Performans Hedefleri

Bu bölüm kapsamındaki tüm binalarda, Tablo 1.1’de normal performans hedefi olarak tanımlanan Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlaması ve taşıyıcı elemanların göçme durumuna geçmemesi hedeflenmiştir. Bu performans düzeyinin seçilmesi sırasında kullanılan parametreler aşağıda açıklanmış ve bu parametrelere bağlı olarak performans hedefi seçilmiştir. Kontrollü hasar performans düzeyi, can güvenliği sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelmektedir.

Bu çalışmada konut olarak kullanılacak bina seçildiği için bina kullanım sınıfı (BKS=3), bina önem katsayısı=1 olarak belirlenmiştir. Binanın konumuna ait $S_{DS} = 1.162$ değeri, yönetmelikte belirtilen $0.75 \leq S_{DS}$ sınır koşuluna göre ve BKS=3 te yer almasından dolayı deprem tasarım sınıfı DTS=1 bulunmuştur.

DTS=1 için 3 katlı bina $H_N=9$ m ($7 \leq H_N \leq 10,5$) için bina yükseklik sınıfı BYS=7
DTS=1 için 5 katlı bina $H_N=15$ m ($10,5 \leq H_N \leq 17,5$) için bina yükseklik sınıfı BYS=6
DTS=1 için 7 katlı bina $H_N=21$ m ($17,5 \leq H_N \leq 28$) için bina yükseklik sınıfı BYS=5
bulunmuş olup seçilen yükseklikler bu sınırı sağlamaktadır. Ancak şekil değiştirmeye dayalı inceleme daha ayrıntılı olup, her zaman uygulanabileceği için inceleme şekil değiştirmeye göre yapılacaktır.

1.2.2. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı), yapının elastik olmayan davranışı boyunca enerji yutma kapasitesini olarak tanımlanabilir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında enerji yutma kapasitesi, sönüm oranını dikkate alarak tasarım kuvvetlerini azaltmak için kullanılır. Deprem yüğü azaltma katsayısının kullanım amacı, doğrusal ötesi davranışla taşıyıcı sistem kapasitesindeki artışın ve depremin talebinde azalmanın göz önüne alınmasıdır. Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ tanımlanmaktadır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad (T > T_B) \quad (1.1)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad (T \leq T_B) \quad (1.2)$$

Burada R ve D tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı ile dayanım fazlalığı katsayısını, I bina önem katsayısını, T sistemin doğal titreşim periyodunu ve T_B spektrum köşe periyodunu göstermektedir. “R” katsayısı, taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. Binanın tabandaki toplam kesme kuvvetini (deprem kuvveti) deprem yükü azaltma katsayısına (R_a) bölerek tasarım yapılabilir. Dolayısıyla “R” payda da olduğunda ve ne kadar büyük ise, bina o kadar büyük deprem kuvvetine göre tasarlanır. “R” küçüldükçe, dayanım artar. Talep çoğalmış olacağı için dayanımın da yükselmesi gerekir. Dayanım fazlalığı katsayısı (D) akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır. Yani elemanın güvenlik faktörleri eklenmiş halinin dayanımı yani tasarım dayanımının, elemanın gerçek dayanımına oranını ifade eden değerdir. Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak deprem yükü azaltma katsayısı ise, yapının deprem etkisi altında ortaya çıkacak doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak, taşıyıcı sistem niteliğine bağlı taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve bina önem katsayısına bağlı olarak TBDY 2018 Bölüm 4 Tablo 4.1’de tanımlanmaktadır.

1.2.3. Kapasite Tasarım İlkeleri

Dayanımına göre tasarım çerçevesinde bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımında, bu bölümde verilen kurallara ek olarak kapasite tasarımı ilkeleri dikkate alınmaktadır. Kapasite tasarımı yaklaşımı, taşıyıcı sistemde açık olarak tanımlanan belirli elemanlarla (veya kesitlerle) sınırlı tutulmasını, bu davranışla uyumlu olarak diğer bütün elemanların yeterli dayanım kapasitesine sahip olmasını öngören tasarım yaklaşımıdır. Kapasite tasarım ilkesi, gevrek güç tükenmesi ortaya çıkacak durumları belirleyerek, bunların kapasitesini sünek güç tükenmesinden daha büyük yaparak, gevrek güç tükenme durumunu önlemektedir. Kolonlarda kesme kuvveti kapasitesinin, eğilme momenti kapasitesinden daha büyük olmasının sağlanması bir örnek olarak verilebilir.

1.2.4. Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin belirlenebilmesi için kullanılması gereken azaltılmış tasarım ivme spektrumu, T doğal titreşim periyoduna bağlı azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ denklem (1.3)’ te verilmiştir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (1.3)$$

Burada $R_a(T)$, deprem yükü azaltma katsayısını, $S_{ae}(T)$, DD2 deprem yer hareketi için yatay elastik tasarım spektral ivmesini ifade etmektedir.

1.2.5. Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Dayanım fazlalığı katsayısı (D) akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır. Yani elemanın güvenlik faktörleri eklenmiş halinin dayanımı yani tasarım dayanımının, elemanın gerçek dayanımına oranını ifade eden değerdir. Geometride, donatıda ve gerilmelerde kaçınılmaz olarak meydana gelen artışlardan dayanımda (kapasitede) meydana gelen artışları göz önüne almak için kullanılır. D’nin sebebi;

a) Çok küçük donatı gerektiğinde bunun konulmayıp daha büyük minimum donatının kullanılması,

- b) Kiriş ve kolonlarda mimari sebeplerle daha büyük kesitlerin kullanılması,
- c) Hesapta göz önüne alınmayan montaj donatısının gibi donatılarının kapasiteyi artırması olarak ifade edilebilir.

1.2.6. Süneklik

Süneklik, bir kesitin veya bir elemanın, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yer değiştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanabilir. Yapı göçmeden önce yönetmeliğe uygun sınır şartlarda doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilir düzeyde olabilir. R katsayısının yönetmeliklerdeki tanımında yapı süneklik azaltma katsayısından faydalanılır. Deprem yönetmelikleri hazırlanırken, sistem süneklik oranına (μ) bağlı bir yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) tanımlanır. Yapı sisteminin doğrusal – elastik teoriye göre hesaplanması ile elde edilen deprem iç kuvvetleri bu davranış katsayısına bölünerek azaltılır. Bu sayede sistemin doğrusal – elastik sınır ötesindeki davranışı hesaba katılır.

1.2.7. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

1.2.7.1. Doğrusal Hesap Yöntemi

Doğrusal hesap yöntemi ile hesap yapılırken denge ve uygunluk koşullarının sağlanması, deformasyon=şekil değiştirme durumları, malzeme için gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin bünye bağıntıları ile tespit edilmesi gerekmektedir. Dayanıma göre tasarım kapsamında kullanılan doğrusal hesapta modelleme yapılırken; bina taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak modellenmekte, birbirine dik iki yatay doğrultudaki (X ve Y) deprem etkisi ve düşey deprem etkisi dikkate alınmakta ve etkin kesit rijitlikleri kullanılmaktadır. Doğrusal yöntemle göre tasarım yapıldığında $I=1$ binaları için TBDY dolaylı olarak kontrollü hasar düzeyinin sağlandığını kabul etmektedir.

1.2.7.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı

TBDY 2018’de tanımlanan bu yöntem, binaların doğrusal statik analizinin yapılmasında kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntem binanın her iki ekseninde birbirine dik deprem doğrultularında, binaya etkileyen depremler için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Yöntemde, binanın göz önüne alınan deprem (X veya Y) doğrultusunda, binaya etkileyen toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı için ilgili doğrultudaki hâkim titreşim modu göz önüne alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesi ve binanın toplam kütlesi dikkate alınmaktadır. Bu değerler elde edildikten sonra katlara etkileyen eşdeğer deprem yükleri belirlenmektedir. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, yatay elastik tasarım spektral ivmesinin deprem yükü azaltma katsayısına bölümü ile elde edilmektedir. Üçüncü bölümde eşdeğer deprem yükü hesaplanırken, hem Sap2000 analiz sonucu hem de denklem 1.5 kullanılmıştır. Göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), $V_{IE}(X)$,

$$V_{IE}(X) = m_t \cdot S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (1.5)$$

verilmiştir. Burada $S_{aR}(T_p^{(X)})$, (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ göz önüne alınarak azaltılmış tasarım spektral ivmesini göstermektedir. S_{DS} ise kısa periyot için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısıdır.

1.2.7.3. Mod Birleştirme Yöntemi İle Doğrusal Deprem Hesabı

Bu yöntemde, seçilen herhangi bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak göz önüne alınan her bir titreşim moduna karşılık gelen davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile elde edilmektedir. Yeteri kadar titreşim modu dikkate alınarak hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri belirlendikten sonra istatistiksel olarak birleştirilen en büyük davranış büyüklükleri değeri elde edilmektedir.

1.2.7.4. Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemiyle Doğrusal Deprem Hesabı

Bu yöntemde, depremin eş zamanlı olarak birbirine dik iki yatay doğrultuda etkidiği göz önüne alınır, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklüklerinin değerleri (yer değiştirme, iç kuvvet bileşenleri, görel kat ötelenmesi) hesaplanmaktadır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan eş zamanlı modal davranış büyüklükleri bir sonraki adımda zaman tanım alanında doğrudan toplanarak davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi ve tasarımda esas alınmak üzere en büyük değerleri elde edilir. Bu yöntemin kullanılması durumunda doğrusal hesaplarda yönetmeliğin öngördüğü şartlara uygun deprem yer hareketi düzeyleri kullanılmalıdır.

1.3. Plastik Mafsallı Kavramı

Doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı ve toplam şekil değiştirmelerin lineer şekil değiştirmelere oranının büyük olduğu sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekil değiştirmelerin plastik mafsallı olarak adlandırılan belirli kesitlerde toplandığı ve bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı varsayılan teoridir. Plastik mafsallı bölgesinin boyu, eğrilik-moment değişimine, eleman boyunca eğilme momentinin değişimine, kesit yüksekliğine ve kesitteki normal kuvvete bağlıdır. Teorik açıklamaları ifade edilen plastik mafsallıların özellikleri Sap2000 analiz programında; PMM (P-M2-M3), M2, M3 plastik mafsalları şeklinde kullanılmaktadır. Belirtilen plastik mafsallı özellikleri: PMM kolonlarda, M2 ve M3 ise genellikle kirişlerde olmak üzere gerektiğinde kolonlarda da kullanılmıştır. Plastik mafsallı meydana gelebilmesi için, bu bölgedeki kesitlerin plastik eğrilik kapasitesine sahip olması gerekir. Ayrıca, bu kapasitenin kullanılabilmesi, ortaya çıkan plastik şekil değiştirmelerin kabul edilebilir seviyede kalması gerekir.

1.4. Spektrum ve Spektruma Uygun Deprem Kaydı

Bu bölümde, TBDY 2018 Bölüm 2'de Deprem Yer Hareketi başlığı altında kullanılan ifadeler ve parametreler ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

1.4.1. Tasarım İvme Spektrumu

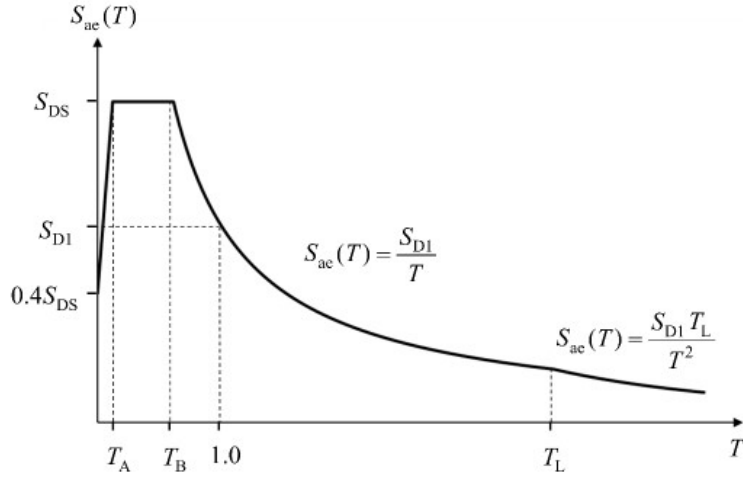
Deprem yer hareketi düzeyi için deprem tehlike haritaları, iki spektral ivme değerini tanımlayan spektral ivme haritaları olarak düzenlenmiştir. Boyutsuz olarak tanımlanan harita spektral ivme katsayıları aşağıda belirtilmiştir:

- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_S
- 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Bu değerler yerel zemin etkilerini de içerecek şekilde yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1 ile çarpılarak tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülür.

S_S ve $S_1 =$ Harita spektral ivme katsayıları

S_{DS} ve $S_{D1} =$ Tasarım spektral ivme katsayıları (Şekil 1.1)



Şekil 1.1 : Tasarım ivme spektrumu (TBDY 2018)

$$S_{ac}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (1.6)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (1.7)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (1.8)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (1.9)$$

Köşe periyotlar:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1.10) \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1.11)$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6s$ alınacaktır. Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B , S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanmaktadır. Bu parametrelerin, bu tez çalışmasının ikinci bölümünde sayısal değeri ve açıklamaları verilmiştir.

1.4.2. Deprem Kayıtlarının Seçimi

TBDY 2018'de belirtildiği üzere, bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında bir, iki boyutlu veya üç boyutlu deprem hesabında gerekli deprem yer hareketlerinin tanımlanması için kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmesi veya spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu suretle tasarımda kullanılacak spektrumla uyumlu kayıt elde edilmesi amaçlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılması gerekmektedir. Bu suretle binanın konumuna uygun deprem etkisinin kullanılması amaçlanmıştır. Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılamadığı durumlarda, zaman tanım alanında

benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu tür kayıtların kullanılması durumunda, binanın bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri göz önüne alınacaktır. Benzeştirme için kullanılacak model parametrelerinin, söz konusu bölgede meydana gelmiş depremlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları ile uyumlu olduğu gösterilecektir. Bu suretle tekil çok büyük ve çok küçük sonuçların tasarıma etkisi sınırlandırılmıştır. Zaman tanım alanında yapılacak diğer hesaplarda kullanılmak üzere deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarının tasarım spektrumuna spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ile de elde edilebilir. Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmamalıdır.

1.5. Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme

Şekil değiştirmeye göre değerlendirmede, sistem elemanlarının kesit boyutlarının ve donatısının belirli olması gerekir. Bunun için taşıyıcı sistemin Dayanım Göre Tasarımı yapılır, kesit ve donatı tespit edilir. Şekil Değiştirmeye göre değerlendirmede bu değerler esas alınarak değerlendirme yapılır ve bu değerlerin uygun olup olmadıkları belirlenir. Şekil değiştirmeye göre tasarım/değerlendirme yaklaşımında sırasıyla:

- Öngörülen performans hedefleri ile uyumlu deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistemin hesabı yapılır.
- Sünek davranışa ilişkin şekil değiştirme talepleri ve gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir.
- Elde edilen şekil değiştirme ve iç kuvvet öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak tanımlanan şekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır.

1.5.1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

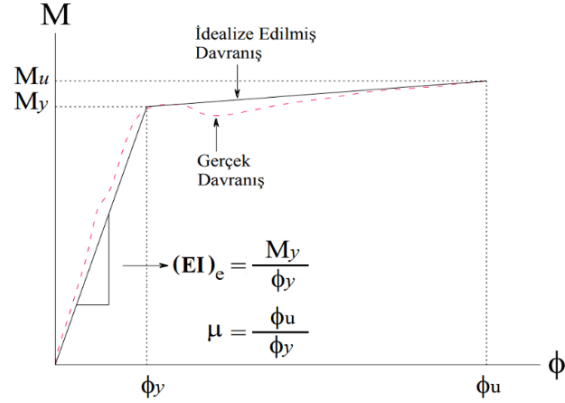
Yığılı plastik davranışı göz önüne alınarak modellenen perde, kolon, kiriş ve bağı kirişlerinin etkin kesit rijitlikleri denklem (1.12)'e göre hesaplanmaktadır.

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \frac{1}{3} \quad (1.12)$$

Bu denklemde, M_y ve θ_y çubuk elemanın uç bölgelerindeki plastik mafsalların etkin akma momentleri ile akma dönmelerinin ortalamalarını ifade etmektedir. Bu suretle elemanın belirli ölçüde betonun çatlamasının ve beton ve donatının doğrusal olmayan davranışını gözönüne alan etkin rijitlikleri hesaplanır. L_s ise kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı)'dır; kiriş ve kolonlarda bu değer yaklaşık olarak açıklığın yarısı olarak da alınabilir. Denk.(1.13)'te yer alan plastik mafsal akma dönmesi θ_y Denk.(1.13) ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\phi_y d b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (1.13)$$

Burada ilk terimin denklem 1.12 ile uyumunu görülmektedir. Son terimde, donatının sıyrılmasının eğriliğin artması etkisine karşı gelmektedir. Betonarme kesitlerde göz önüne alınan çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri ($(EI)_e$), Moment-Eğrilik ilişkisi göz önüne alınarak, akma momenti; M_y ve akma eğriliğine karşılık gelen ϕ_y oranı ile belirlenmektedir. Burada ilk eğrinin eğimi etkin kesit rijitliğini verir. Moment-Eğrilik ilişkisi Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2 : Moment-Eğrilik ilişkisi

Burada hesaplanan ϕ_y değeri, plastik mafsallardaki etkin akma eğriliğini göstermektedir. Kolonlarda ve kirişlerde $\eta = 1$ alınacaktır. h seçilen kesit yüksekliğidir. Akma durumu için donatı sıyrılması dönmesini ifade eden son terimde yer alan d_b donatı çeliklerinin ortalama çapını, f_y ve f_{ce} ise donatının ortalama akma dayanımını ve betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımını ifade etmektedir.

1.5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri aşağıdaki gibidir:

- Statik itme yöntemleri (Tek ve çok modlu)
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Bu yöntemler ile alakalı kullanım sınırları da aşağıda belirtilmiştir:

- Tek modlu itme yöntemi, bina yükseklik sınıfı 5'ten büyük ve eşit olan ve belirli koşulları sağlayan binalar için kullanılabilir.

- Çok modlu itme yöntemi bina yükseklik sınıfı 2'den büyük ve eşit olan tüm binalar için uygundur. Bu çalışmada bu yöntem kullanılmamıştır. Kullanılmama sebebi bu yöntemin oturmuş bir uygulaması mevcut olmayıp araştırmacıların verdiği çeşitli işlemler mevcuttur. Ayrıca binaların yüksekliklerinin sınırlı olması da kullanılmamada rol oynamıştır.

- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ise tüm binaların deprem hesaplamalarında kullanılmaya uygun bir yöntemdir.

Binalarda yükseklik arttıkça ileri modların katkısı artar. Bu sebepten düşük katlı binalarda statik itme analizi yeterli olurken, bina yüksekliği arttıkça birinci titreşim modunun esas alan tek modlu statik itme analizi yeterli olmaz, ileri modların esas alınması gerekir. Bu da TBDY 2018'de $BYS \geq 2$ olarak yansımıştır.

1.5.3. Statik İtme Analizi İle Değerlendirme ve Uygulaması

Doğrusal olmayan deprem hesabı yapılırken tek modlu itme yöntemleri ve çok modlu itme yöntemleri kullanılabilir. Doğrusal olmayan bir yöntem olduğu için çözüm adım adım yapılır. Tüm doğrusal olmayan yöntemlerde olduğu üzere hesabın başlangıç adımında (0'ıncı adımında), deprem dışı sistemde bulunan yüklemeler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınır. Yeni yapılan binalarda düşey yüklerden meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirmelere izin verilmez. Çünkü bir binanın deprem yükü oluşmadan elastik ötesi şekil değiştirmeler yapması taşıyıcı sistemin yetersiz olduğuna karşı gelmektedir. Statik itme yöntemleri ile yapılan hesap sonucunda elde edilen sünek davranışa

karşı gelen değerlendirmeye esas plastik şekil değiştirmeler (örneğin plastik dönmeler) seçilen performans düzeyi için izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak şekil değiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır. Ayrıca sünek olmayan (gevrek) davranışa karşı gelen iç kuvvetler, kapasite ile karşılaştırılarak bu güç tükenmesinin ortaya çıkmaması sağlanmış olur. Deprem doğrultusunda her bir itme adımında katlara etkiyen deprem yükü artımları, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olarak tanımlanır. Statik itme hesabı sonucunda koordinatları tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti olan itme eğrisi elde edilir. Daha sonra bu eğriye uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları modal yer değiştirme – modal sözde-ivme olan modal kapasite diyagramı elde edilir. Hesabın son aşamasında bu diyagram, tanımlanan deprem etkisi altında modal yer değiştirme talebinin ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen iç kuvvet ve plastik şekil değiştirme taleplerinin hesaplanmasında esas alınır.

1.5.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Değerlendirme ve Uygulaması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelir. Bu işlemin yapılması sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi dikkate alınır. Taşıyıcı sistemin elemanları doğrusal olmayan davranış biçiminde, örneğin sistemin zorlanmasının tahmin edildiği kesitlerde plastik mafsalları tanımlanarak zaman tanım alanında çözüm yapılır. Doğrusal olmayan davranış kiriş ve kolonların uç kesitlerinde plastik mafsalları tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Burada kabul kriterleri statik itme çözümlemesindeki gibi olmaktadır. Hedef tepe yer değiştirme, zaman tanım alanında yapılan çözümlemeden elde edilir.

1.6. Tez Çalışmasının Amacı

TBDY 2018’de, yeni binalar için tasarım yöntemleri, mevcut binalarda için ise doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle yapılacak hesaplarda kullanılması gereken parametreler ve hesap kuralları sunulmuştur.

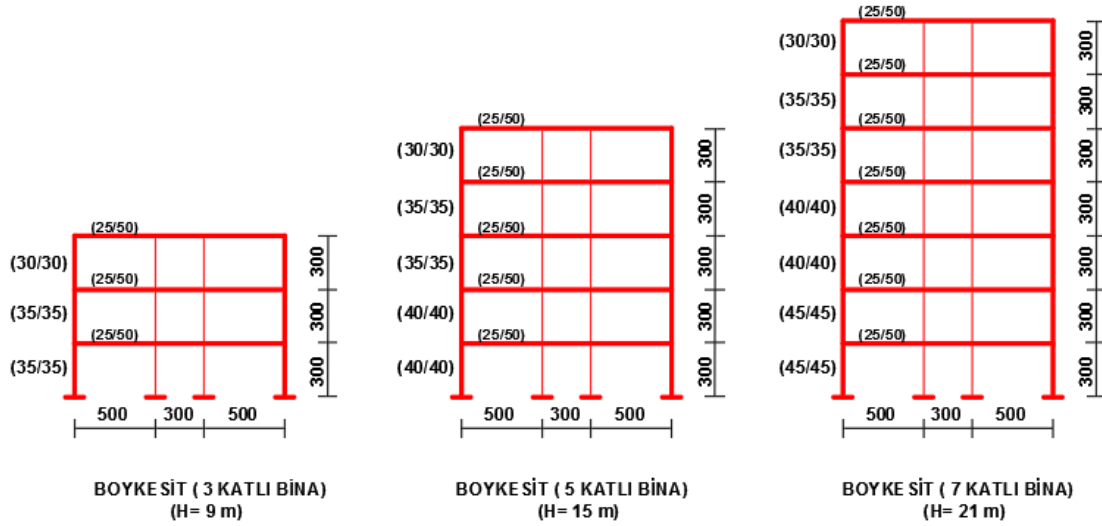
Bu tez çalışmasında TBDY 2018’e göre tasarlanan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı bina, mevcut binalar kabul edilerek TBDY Bölüm 15’te mevcut binalar için tanımlanan performans hedefleri ile uyumunu, doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak, elde edilen sonuçların değerlendirilerek karşılaştırılmasının yapılması, kat adedi arttıkça hesap yöntemlerinde elde edilen sonuçlardaki değişikliklerin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla TBDY 2018’e göre tasarımı yeni bina olarak yapılmış üç katlı, beş katlı ve yedi katlı olmak üzere seçilen üç bina esas alınarak, yeni tasarımın beklenen performans hedefini sağlama durumu ve bina kat adedinin, bina performans hedefi üzerine olan etkisi konu edilmiştir. Bu binaların deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performanslarını belirleyebilmek için yönetmelikte bulunan doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmıştır. Doğrusal olmayan çözümde statik itme hesap yöntemi ile zaman tanım alanında hesap yöntemi seçilmiştir. TBDY 2018’e göre tasarımı yapılan bu binaların sağladıkları performans hesap yöntemlerine göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada binaların sağladıkları performans hedefleri kat adedinin farklı olması açısından da değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada doğrusal hesap yöntemini kullanılarak analizler yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve her üç bina için kullanılan yöntem sonuçları birbiriyle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, göz önüne alınan üç farklı bina için doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin tamamı kullanılarak analiz sonuçları, kıyaslamaları, değerlendirilmesi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. BETONARME BİNALARIN TASARIMI

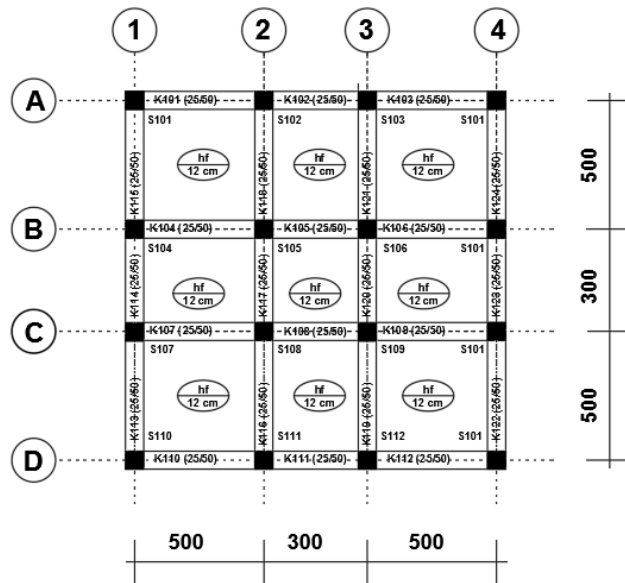
2.1. Seçilen Üç Bina ve Öntasarımı

2.1.1. Tasarımı ve Değerlendirilmesi Yapılacak Binaların Geometrileri

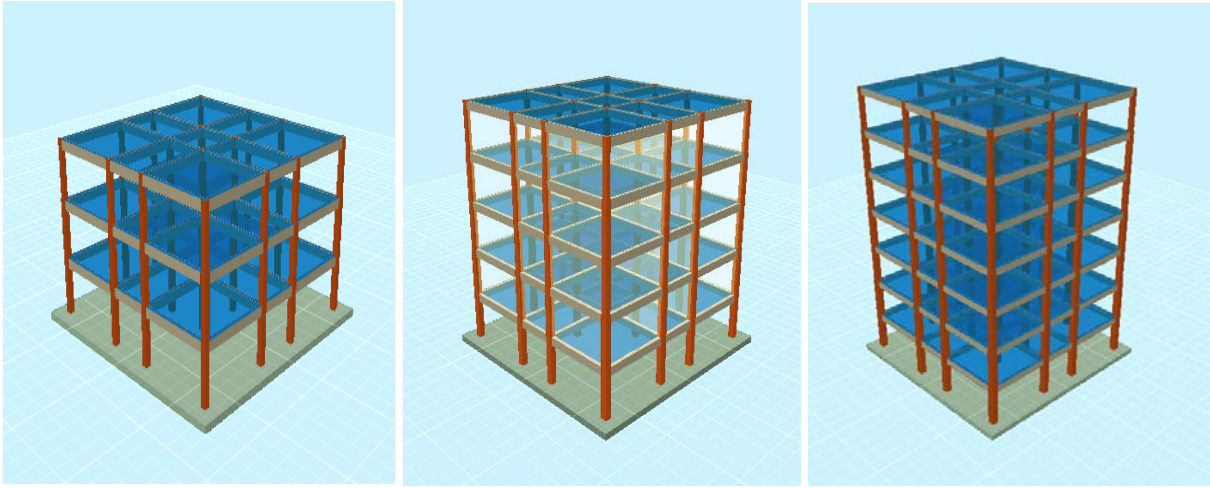
Bu çalışmada seçilen üç, beş ve yedi katlı üç adet betonarme konut binası üzerinde çalışılmıştır. Şekil 2.1’de seçilen binalar için düşey kesitler ve Şekil 2.2’de ise tipik kat planı verilmiştir. Her dört binada kat planları aynı olup, x doğrultusunda 4 eksene (1-4) , y doğrultusunda ise 4 eksene (A-D) sahiptir. Eksen açıklıkları x doğrultusu için sırasıyla 5m, 3m ve 5m olmak üzere toplam 13m , y doğrultusu ise sırasıyla 5m, 3m ve 5m olmak üzere toplam 13m dir. Bina taban alanı toplam 169m² dir. Göz önüne alınan üç, beş ve yedi katlı binalarda tüm kirişler 0,25 m × 0,50 m boyuta sahiptir. Bütün katlarda döşeme kalınlığı 120 mm kabul edilmiştir. Binaların kullanım amacı farklı kat adetlerine sahip konut binaları olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2.1 : Betonarme binaların düşey kesitteki düzenleri



Şekil 2.2 : Betonarme binaların plan düzeni



Şekil 2.3 : Binaların görünüşleri ve 3D analiz modelleri

2.1.2. Malzeme Özellikleri

Bu çalışmadaki seçilen binalarda kullanılan beton özellikleri; beton sınıfı C30, $f_{ck} = 30$ MPa, $E=32000$ MPa olarak donatı özellikleri ise donatı sınıfı B420C, $f_{yk} = 420$ MPa alınmıştır.

2.1.3. Deprem Karakteristikleri

Göz önüne alınan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı taşıyıcı sistem modellerinde esas alınan deprem karakteristikleri aşağıda verilmiştir. Mevcut konut binasının deprem güvenliğinin performansa dayalı hesap yöntemleri kapsamında değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilecek analizlerde esas alınacak deprem yer hareketi düzeyi, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) esaslarından yararlanılmış ve Deprem Tehlike Haritaları kullanılarak belirlenmiştir. Binaların İstanbul Fatih ilçesinde olduğu kabul edilmiştir. DD2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olan depremi temsil etmektedir. Buna göre DD2 için tasarım spektrumunun elde edilmesinde kullanılan temel parametreler aşağıdaki gibidir.

Binaların seçildiği bölge İstanbul Fatih İlçesi, Enlem: 41.013088, Boylam: 28.955984

Bina önem katsayısı : $I = 1,0$ (Konut)

Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0,30 (Konut)

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R = 8$ (Çerçeve taşıyıcı sistem)

Yerel zemin sınıfı : ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar.

$S_s = 0,968$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)(boyutsuz)

$S_1 = 0,268$ (1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)(boyutsuz)

$S_{DS} = 1,162$ (Kısa devir tasarım spektral ivme katsayısı) (boyutsuz)

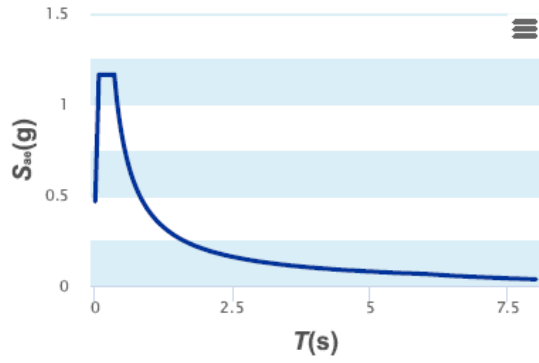
$S_{D1} = 0,402$ (1 saniye periyot için tasarım ivme katsayısı) (boyutsuz)

PGA= 0,397 (En büyük yer ivmesi) (g)

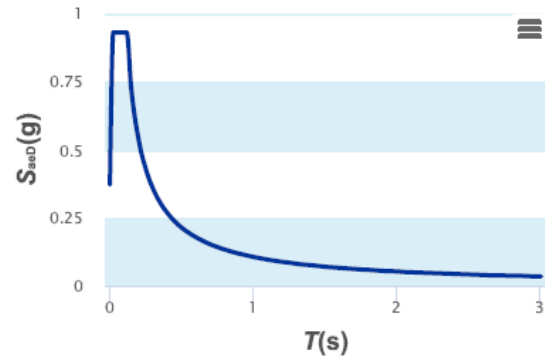
PGV= 24,467 (En büyük yer hızı) (cm/sn)

Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılarak mevcut binanın bulunduğu bölgenin depremselliği ve zemin sınıfı dikkate alınarak ve DD2 deprem yer hareketi düzeyi için hedef spektrumu Şekil 2.4'te yer almaktadır.

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



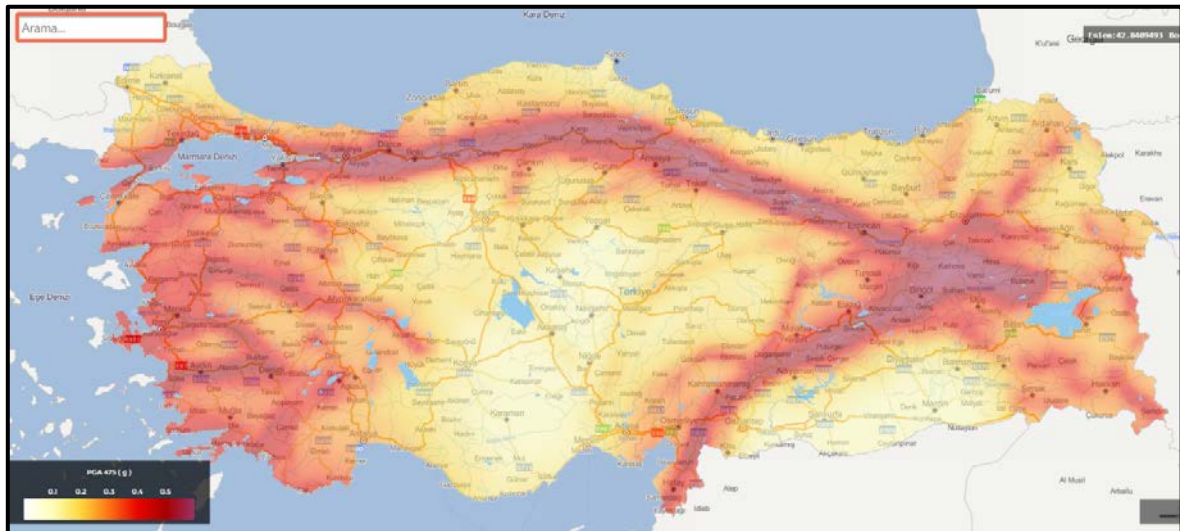
Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 2.4: ZC zemin sınıfı yatay-düşey elastik tasarım ivme spektrumları

Tablo 2.1: Yerel zemin sınıflarına bağlı olarak zemin cinsi ve kullanılacak değerler

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(I_p)_{30}$ [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 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
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (svilaşabilir zeminler, yüksek dercede 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 ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			



Şekil 2.5: Türkiye deprem tehlikesi haritası (DD2- Enlem: 41.013088, Boylam: 28.955984)

2.1.4 Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında aşağıda verilen düşey yükler kullanılmıştır. Bu yüklerle ilave olarak, elemanların kendi ağırlıklarından gelen zati yükler analiz sırasında göz önüne alınmıştır.

Duvar yükü (13 cm tuğla) : 6,25 kN/m

Sıva + kaplama : 1,48 kN/m²

Hareketli yük: 2 kN/m²

Döşeme ve kirişlere yük atanırken kullanılan düşey yükler Tablo 2.2’de gösterilmiştir.


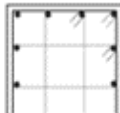
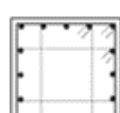
Tablo 2.2: Döşeme ve kirişlerdeki düşey yükler.



Düşey Yükler		
Döşemede yük atanırken	G=3 kN/m ²	(25 kN/m ³ x 0,12 m)
	Kaplama G1=0,148 tm ² = 1,48 kN/m ²	
Kirişlerde yük atanırken	G=3,1 kN/m ölü yük	(0,5 m x 0,25 m x 25 kN/ m ³)
	Duvar(G1)=0,625 t/m= 6,25 kN/m (13 cm duvar)	

2.1.5 Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması

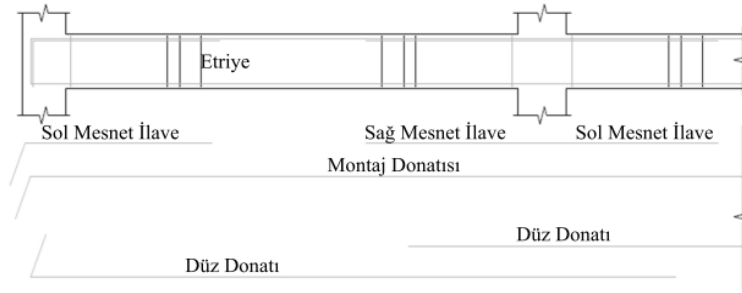
Taşıyıcı sistemlerin, yukarıda verilen özelliklere göre Sta4Cad v14 paket programı ile dayanıma göre doğrusal hesap yöntemi kullanılarak boyutlandırılması yapılmış, boyutlandırıldıktan sonra elde edilen veriler Sap2000 v20 paket programında taşıyıcı sistem analiz ve kontrolleri yapılmıştır. Bu boyutlandırma TBDY 2018’e uygun olarak yapılarak, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özellikleri ve donatıları elde edilmiştir. Ön boyutlamada çok sayıda sayısal denemeler yapılarak kolon kesitlerinin beton kesiti ve donatı bakımından minimum değerde tutulmasına özen gösterilmiştir. Bu suretle taşıyıcı sistemin kesit ve donatı bakımından en düşük değerlerde ve güvenlik bakımından TS500, TS498 ve TBDY’nin verdiği güvenlik sınırını sağlaması ancak üstünde bulunmasının minimum da sağlanmasına özen gösterilmiştir. Bu kontrolde TBDY’nin bütün kurallarının minimum da sağlanmasına özen gösterilmiştir. Analizler sonucunda bütün binalarda 5 tip farklı kolon kesiti elde edilmiş olup, bu beş tip kolon kesiti bütün binalarda kullanılan ortak kesitlerdir. Tablo 2.3’te, üç farklı bina için bulunan, beş tip kolonun kesit özellikleri verilmektedir.

Tablo 2.3: Kolon kesit tipleri.

Tip No	Kolon Kesitleri	b x h (m)	Düşey Donatı	Yatay Donatı
Tip 1		0,35 x 0,35	8Φ14	Φ8/12/8
Tip 2		0,40 x 0,40	12Φ14	Φ8/15/8
Tip 3		0,45 x 0,45	16Φ14	Φ8/15/8

Tip 4		0,30 x 0,30	6Φ14	Φ8/14/8
Tip 5		0,30 x 0,30	6Φ12	Φ8/14/8

Kiriş kesitlerindeki donatı düzenleri ve miktarları bina tipine göre değişmektedir. Göz önüne alınan üç katlı bina için Tablo 2.4, Tablo 2.5, Tablo 2.6 ve Şekil 2.7(a,b,c)'de kiriş kesit özellikleri verilmiştir. Kiriş kesitindeki donatıların örnek yerleşim düzeni Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Örnek kiriş donatı düzeni

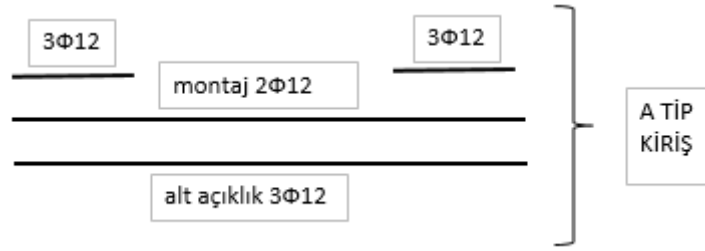
2.2. Üç Katlı Bina Ön Tasarımı

Bu bölümde, üç katlı binaya ait taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişlerin ön boyutlandırması yapıldıktan sonra Sta4Cad programı ile analiz yapılmış ve kesitler için elde donatı miktarlarının kirişlere göre dağılımı ve seçilen tipler Tablo 2.4'de verilmiştir. Donatıları yakın kirişler gruplandırılmıştır.

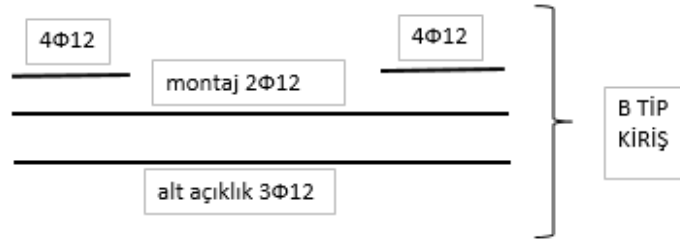
Tablo 2.4 : Üç katlı binada kullanılan kiriş tipleri

Üç Katlı Bina - Kiriş						
Kiriş	Montaj	Alt Açıklık	Sol Mesnet İlave	Sağ Mesnet İlave	Kirişler	Seçilen Tip
Kiris 1	2Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	K101,102,103,110,111,112,113,114,115,122,123,124,204,205,206,207,208,209,216,217,218,219,220,221	A
Kiris 2	2Φ12	3Φ12	4Φ12	4Φ12	K104,105,106,107,108,109,116,117,118,119,120,121	B
Kiris 3	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ12	K201,202,203,210,211,212,213,214,215,222,223,224,304,305,307,308,309,317,318,319,320,321	C
Kiris 4	2Φ12	3Φ12	1Φ12	1Φ12	K301,302,303,310,311,312,313,314,315,322,323,324	C
Kiris 5	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ12	K306,316	C

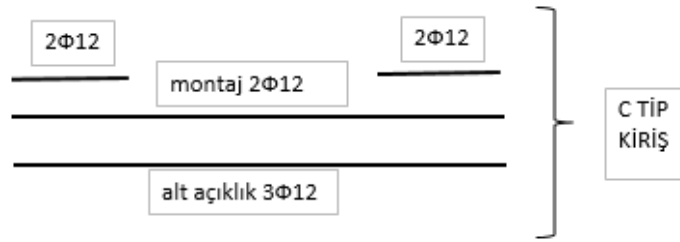
Yapılan boyutlandırma hesaplamaları sonucunda, kirişlere ait donatılara göre oluşturulan tipler Tablo 2.4’de ve donatı detayları Şekil 2.7(a,b,c)’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7(a) : A tip kiriş donatı düzeni



Şekil 2.7(b) : B tip kiriş donatı düzeni



Şekil 2.7(c) : C tip kiriş donatı düzeni

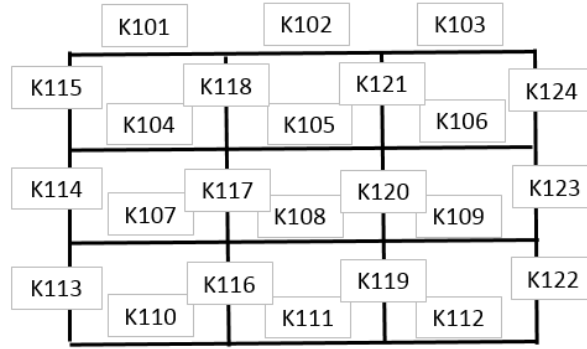
Oluşturulan kesit tiplerine göre hesaplarda kullanılacak kirişlerin donatı alanları Tablo 2.5’te verilmiştir. Tablo 2.5’te donatı alanlarına göre oluşturulan kiriş tiplerine göre, kiriş açıklıklarına bağlı olarak oluşturulan kiriş donatı yerleşim planları Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Üç katlı bina kiriş tiplerine göre donatı alanları (cm²)

Kiriş Tiplerine Göre Donatı Alanları (cm ²)				
Kiris	Sol Üst Donatı	Sol Alt Donatı	Sağ Üst Donatı	Sağ Alt Donatı
Kiris1	5,65(5Φ12)	3,39	5,65	3,39
Kiris2	6,78	3,39	6,78	3,39
Kiris3	4,52	3,39	4,52	3,39

Tablo 2.6: Üç katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı

Kiriş Tiplerine Göre Yerleşim Planı (Donatılı)			
A	B25/50_T1	L=3 m	K102,111,114,123,205,208,217,220
	B25/50_T2	L=5 m	K101,103,110,112,113,115,122,124,204,206,207,209,216,218,219,221
B	B25/50_T3	L=3 m	K105,108,117,120
	B25/50_T4	L=5 m	K104,106,107,109,116,118,119,121
C	B25/50_T5	L=3 m	K202,211,214,223,305,308,317,320,311,314,323,302
	B25/50_T6	L=5 m	K201,203,210,212,213,215,222,224, K301,303,304,306,307,309,310,312,313,315,316,318,319,321,322,324

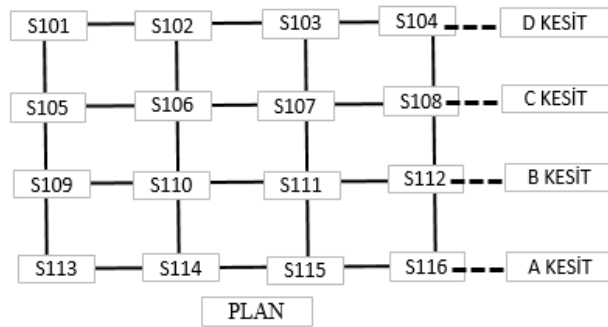


Şekil 2.8 : Üç katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması

Şekil 2.8’de kiriş planı ve kirişlerin numaralandırılması verilmiştir. Kirişlerin donatı yerleşimleri tamamlandıktan sonra kolonların da donatı yerleşimlerinin yapılması gerekmektedir. Binada her katta aynı kolon boyutları olmadığı için kolon boyutlarının değiştiği katlarda donatı miktarında da değişiklikler olacaktır. Tablo 2.7’de üç katlı binaya ait kolonların donatı yerleşim düzenleri verilmiştir.

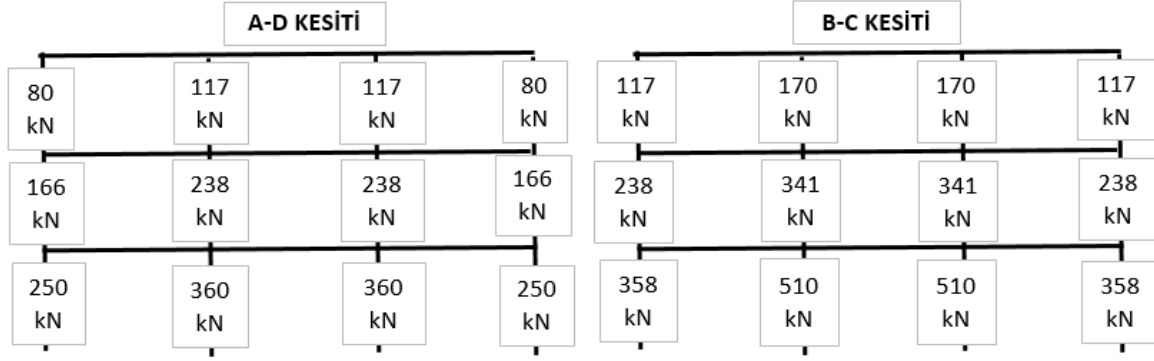
Tablo 2.7: Üç katlı bina kolonları donatı düzeni.

Üç Katlı Bina- Kolonlar				
Kat Kolonları	Boyutlar (cm)	Donatı	Toplam Donatı	Etriye Tipi
1-2 Kat	35 x 35	2x3Φ14 + 2x1Φ14	8Φ14	2Φ8/12/8
3 Kat	30 x 30	2x3Φ12	6Φ12	Φ8/14/8



Şekil 2.9 : Üç katlı bina kolon planı ve numaralandırılması

Şekil 2.9’da kolon planı ve kolonların numaralandırılması verilmiştir. Üç katlı binada $n=0,3$ olmak üzere $G+nQ$ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Kolonlardaki $G+nQ$ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler

$G+nQ$ yüklemesine ait normal kuvvetlere göre hassas çözümleme yapılabilmesi için oluşturulan kolon tipleri, normal kuvvetler ve kolon isimleri Tablo 2.8’de gösterilmiştir.

Tablo 2.8: Üç katlı bina kolonları tip düzeni.

Kolon Tipleri	($N= G+nQ$) (kN)	Kolonlar
S35x35_T1	510	S106,107,110,111
S35x35_T2	360	S102,103,105,108,109,112,114,115,206,207,210,211
S35x35_T3	250	S101,104,113,116,202,203,205,208,209,212,214,215
S35x35_T4	170	S201,204,213,216
S30x30_T5	170	S306,307,310,311
S30x30_T6	120	S301,302,303,304,305,308,309,312,313,314,315,316

2.3. Beş Katlı Bina Öntasarımı

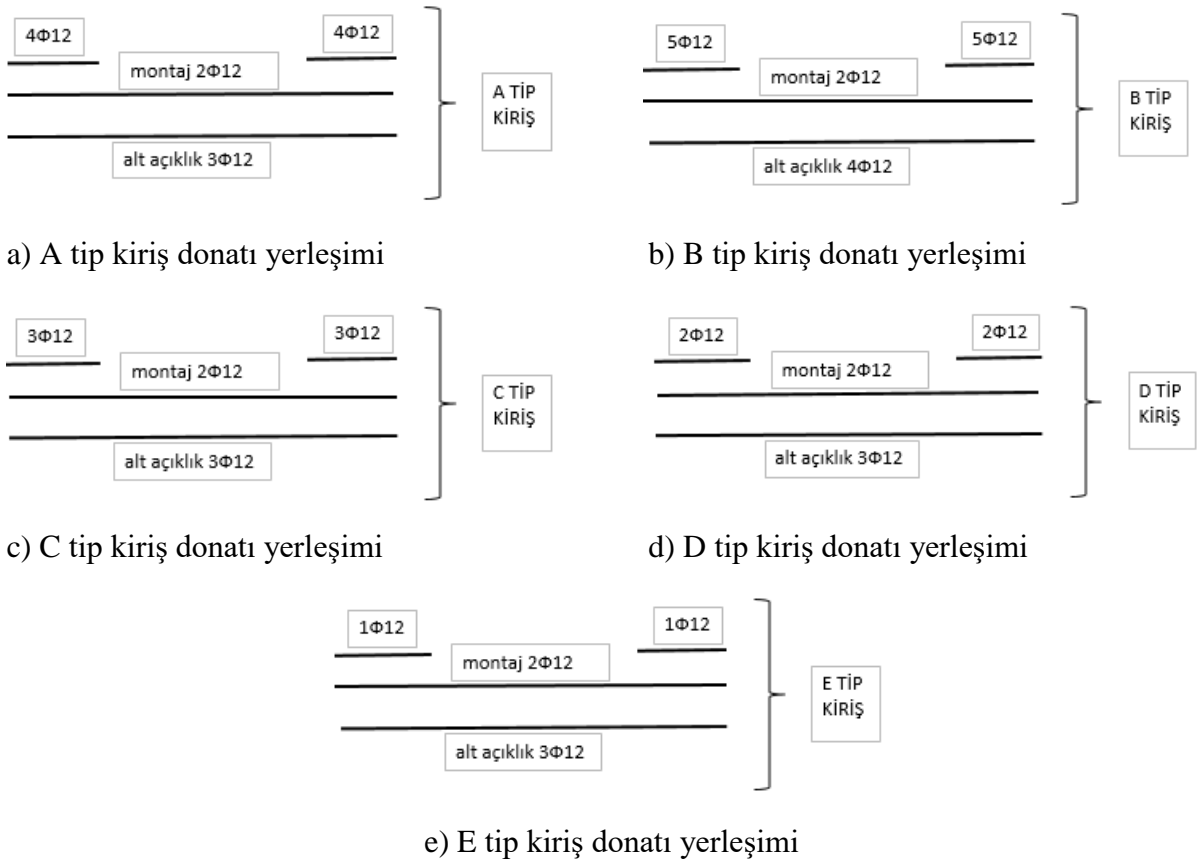
Göz önüne alınan beş katlı bina için; yapılan hesaplamalar sonucunda 1-2 katlar $0,40 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$, 3-4 katlar $0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$, 5 kat $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$ olarak kolonlar boyutlandırılmıştır. Kiriş kesitlerindeki donatı düzenleri ve miktarları bina kesit tiplerine göre değişmektedir. Tablo 2.9’da beş katlı binaya ait kirişlerin donatı yerleşimine bağlı olarak seçilen tiplerin ve bu tiplerin kapsadığı kiriş numaraları donatı miktarları ile verilmiştir.

Tablo 2.9 : Beş katlı binada kullanılan kiriş tipleri ve donatı dağılımı

Beş Katlı Bina- Kiriş Donatı Dağılımı						
Kiriş	Montaj	Alt Açıklık	Sol Mesnet İlave	Sağ Mesnet İlave	Kirişler	Seçilen Tip
Kiris 1	2 ϕ 12	3 ϕ 12	4 ϕ 12	4 ϕ 12	K101,103,110,112,113,115,122,124,201,203,205,208,210,212,213,215,217,220,222,224,304,306,307,309,316,318,319,321	A Tipi

Kiris 2	2 ϕ 12	4 ϕ 12	5 ϕ 14	5 ϕ 14	K102,104,105,106,107,108,109,111,114,116,117,118,119,120,121,123,204,206,207,209,216,218,219,221	B Tipi
Kiris 3	2 ϕ 12	3 ϕ 12	3 ϕ 12	3 ϕ 12	K202,211,214,223,301,302,303,305,308,310,311,312,313,314,315,317,320,322,323,324	C Tipi
Kiris 4	2 ϕ 12	3 ϕ 12	2 ϕ 12	2 ϕ 12	K401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,504,505,506,507,508,509,516,517,518,519,520,521	D Tipi
Kiris 5	2 ϕ 12	3 ϕ 12	1 ϕ 12	1 ϕ 12	K501,502,503,510,511,512,513,514,515,522,523,524	E Tipi

Yapılan boyutlandırma hesaplamaları sonucunda, kirişlere ait donatılara göre oluşturulan tipler Tablo 2.9'da ve donatı detayları Şekil 2.11 (a,b,c,d,e)'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 : Tiplerine kiriş donatı yerleşim düzeni (a,b,c,d,e)

Oluşturulan kesit tiplerine göre hesaplarda kullanılacak kirişlerin donatı alanları Tablo 2.10'da verilmiştir. Tablo 2.10'da her bir kiriş tipine ait kirişin donatılarının yerleşiminin adet ve alan olarak karşılağı gösterilmiştir.

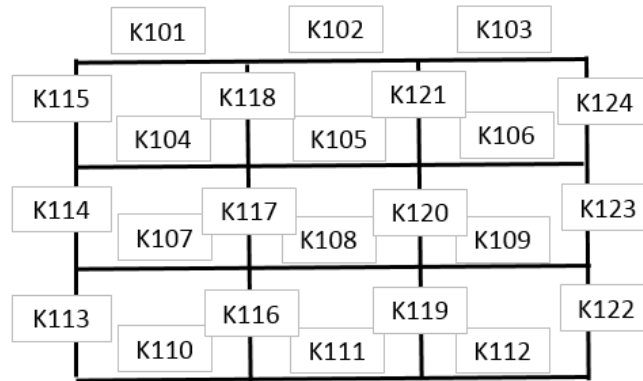
Tablo 2.10: Kiriş tiplerine göre donatı alanları (cm²)

Kiriş Tiplerine Göre Alanlar (cm ²)					Donatı	Alan (cm ²)	Donatı	Alan (cm ²)
Kiris	Sol Üst Donatı	Sol Alt Donatı	Sağ Üst Donatı	Sağ Alt Donatı				
Kiris1	6,79(6φ12)	3,39	6,79	3,39(3φ12)	1φ12	1,13	1φ14	1,54
Kiris2	7,92(7φ12)	4,52	7,92	4,52(4φ12)	2φ12	2,26	2φ14	3,08
Kiris3	5,65	3,39	5,65	3,39	3φ12	3,39	3φ14	4,62
Kiris4	4,52	3,39	4,52	3,39	4φ12	4,52	4φ14	6,16
Kiris5	3,39	3,39	3,39	3,39	5φ12	5,65	5φ14	7,70
					6φ12	6,79	6φ14	9,24
					7φ12	7,92		

Tablo 2.10’da donatı alanlarına göre oluşturulan kiriş tiplerine göre, kiriş açıklıklarına bağlı olarak oluşturulan kiriş donatı yerleşim planları Tablo 2.11’de gösterilmiştir. Şekil 2.12’de kiriş planı ve kirişlerin numaralandırılması verilmiştir.

Tablo 2.11: Beş katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı

Kiriş Tiplerine Göre Yerleşim Planı (Donatılı)			
A	B25/50_T1	L=3 m	K205,208,217,220
	B25/50_T2	L=5 m	K101,103,110,112,113,115,122,124,201,203,210,212,213,215,222,224,304,306,307,309,316,318,319,321
B	B25/50_T3	L=3 m	K102,105,108,111,114,117,120,123
	B25/50_T4	L=5 m	K104,106,107,109,116,118,119,121,204,206,207,209,216,218,219,221
C	B25/50_T5	L=3 m	K202,211,214,223,302,305,308,311,314,317,320,323
	B25/50_T6	L=5 m	K301,303,310,312,313,315,322,324
D	B25/50_T7	L=3 m	K402,405,408,411,414,417,420,423,505,508,517,520
	B25/50_T8	L=5 m	K401,403,404,406,407,409,410,412,413,415,416,418,419,421,422,424,504,506,507,509,516,518,519,521
E	B25/50_T9	L=3 m	K502,511,515,523
	B25/50_T10	L=5 m	K501,503,510,512,513,515,522,524

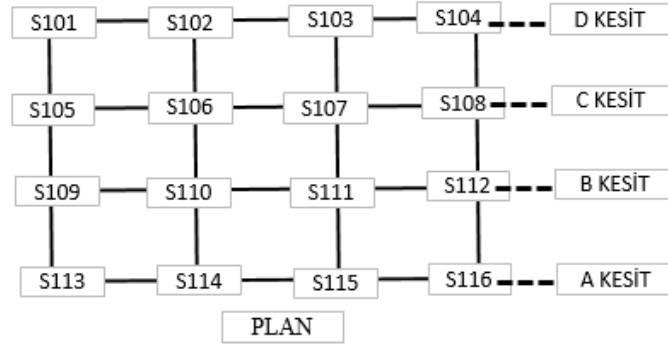
**Şekil 2.12 :** Beş katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması

Kirişlerin donatı yerleşimleri tamamlandıktan sonra kolonların da donatı yerleşimlerinin yapılması gerekmektedir. Binada her katta aynı kolon boyutları olmadığı için kolon boyutlarının değiştiği katlarda donatı miktarında da değişiklikler olacaktır. Tablo 2.12’de beş

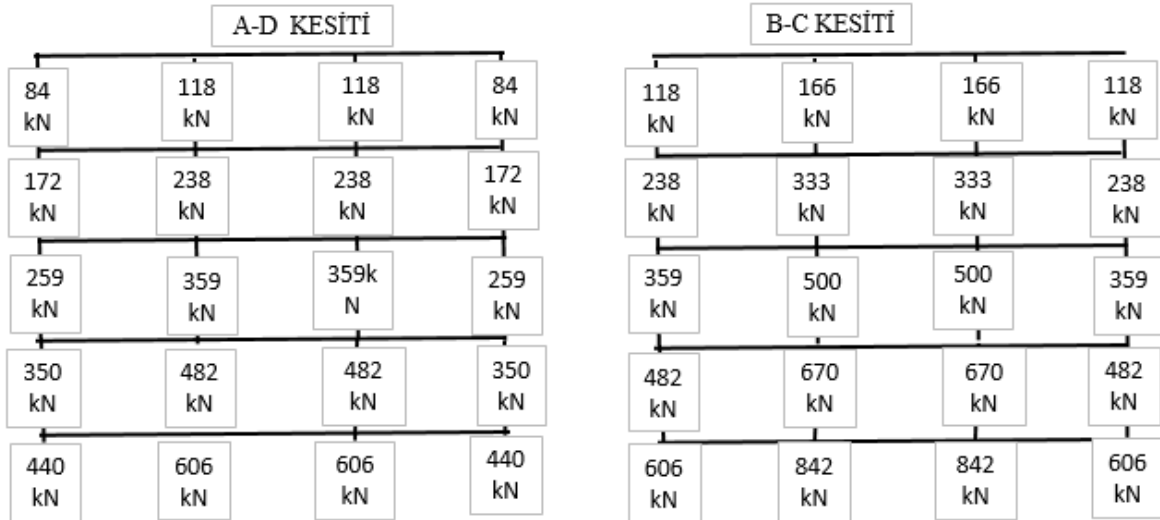
katlı binaya ait kolonların donatı yerleşim düzenleri verilmiştir. Şekil 2.13'te kolon planı ve kolonların numaralandırılması verilmiştir.

Tablo 2.12: Beş katlı bina kolonları donatı düzeni

Beş Katlı Bina- Kolonlar				
Kat Kolonları	Boyutları	Donatı	Toplam Donatı	Etriye Tipi
1-2 Kat	40 x 40	2x4Φ14 + 2x2Φ14	12Φ14	3Φ8/15/8
3-4 Kat	35 x 35	2x3Φ14 + 2x1Φ14	8Φ14	2Φ8/12/8
5 Kat	30 x30	2x2Φ14 + 2x1Φ14	6Φ14	Φ8/14/8



Şekil 2.13 : Beş katlı bina kolon planı ve numaralandırılması



Şekil 2.14 : Kolonlardaki G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler

Beş katlı binada $n=0,3$ olmak üzere G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler Şekil 2.14'de gösterilmiştir. G+nQ yüklemesine ait normal kuvvetlere göre hassas çözümleme yapılabilmesi için oluşturulan kolon tipleri, normal kuvvetler ve kolon isimleri Tablo 2.13'te gösterilmiştir.

Tablo 2.13: Beş katlı bina kolonları tip düzeni

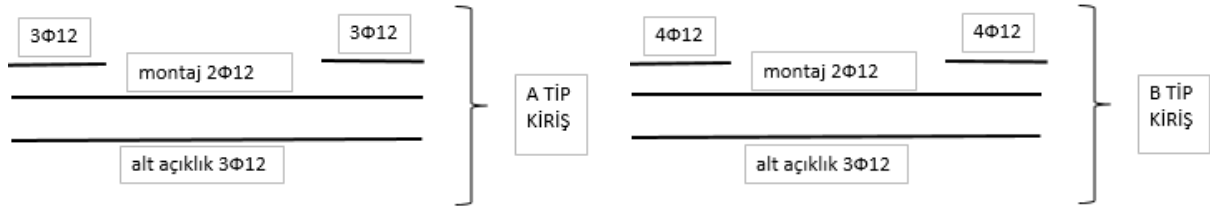
Kolon Tipleri	(N= G+nQ) (kN)	Kolonlar
S40x40_T1	850	S106,107,110,111
S40x40_T2	670	S102,103,114,115,206,207,214,215
S40x40_T3	500	S101,104,105,108,109,112,116,201,202,203,204,205,208, 209,212,213,214,215,216
S35x35_T4	500	S306,307,310,311
S35x35_T5	360	S302,303,305,308,309,312,314,315,406,407,410,411
S35x35_T6	260	S301,304,313,316,401,402,403,404,405,408,409,412,413,414,415,416
S30x30_T7	170	S506,507,510,511
S30x30_T8	120	S501,502,503,504,505,508,509,512,513,514,515,516

2.4. Yedi Katlı Bina Öntasarımı

Göz önüne alınan yedi katlı bina için; 1-2 katlar 0,45m × 0,45m, 3-4 katlar 0,40m × 0,40m, 5-6 katlar 0,35m × 0,35m, 7. kat 0,30m × 0,30m olarak kolonlar boyutlandırılmıştır. Kiriş kesitlerindeki donatı düzenleri ve miktarları bina tipine göre değişmektedir. Kiriş kesitlerindeki donatı düzenleri ve miktarları bina kesit tiplerine göre değişmektedir. Tablo 2.14’de yedi katlı binaya ait kirişlerin donatı yerleşimini bağlı olarak seçilen tiplerin ve bu tiplerin kapsadığı kiriş numaraları donatı miktarları ile verilmiştir. Yapılan boyutlandırma hesaplamaları sonucunda, kirişlere ait donatılara göre oluşturulan tipler Tablo 2.14’de ve donatı detayları Şekil 2.15(a,b,c,d,e)’te gösterilmiştir.

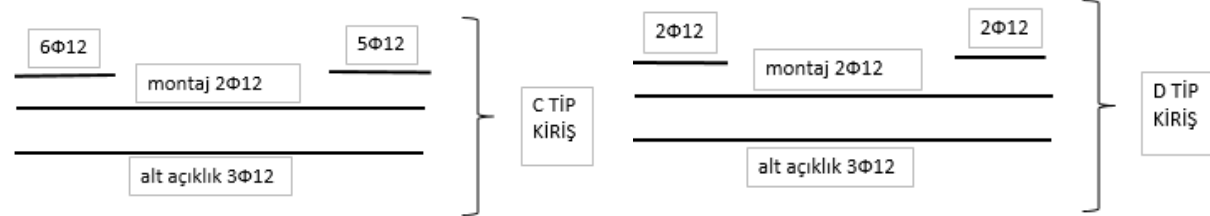
Tablo 2.14 : Yedi katlı binada kullanılan kiriş tipleri ve donatı dağılımı

Yedi Katlı Bina- Kiriş						
Kiriş	Montaj	Alt Açıklık	Sol Mesnet İlave	Sağ Mesnet İlave	Kirişler	Seçilen Tip
Kiris 1	2Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	K101,102,103,110,111,112,113,114,115,122,123,124,201,202,203,210,211,212,213,214,215,222,223,224,301,302,303,310,311,312,313,314,315,322,323,324,401,402,403,410,411,412,413,414,415,422,423,424,501,502,503,505,508,510,511,512,513,514,515,517,520,522,523,604,605,606,607,608,609,616,617,618,619,620,621	A Tipi
Kiris 2	2Φ12	3Φ12	4Φ12	4Φ12	K104,105,106,107,108,109,116,117,118,119,120,121,205,208,217,220,304,305,306,307,308,309,316,317,318,319,320,321,404,405,406,407,408,409,416,417,418,419,420,421,504,506,507,509,516,518,519,521	B Tipi
Kiris 3	2Φ12	3Φ12	6Φ12	5Φ12	K204,206,207,209,216,218,219,221	C Tipi
Kiris 4	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ12	K601,602,603,610,611,612,613,614,615,622,623,624,704,705,706,707,708,709,716,717,718,719,720,721	D Tipi
Kiris 5	2Φ12	3Φ12	1Φ12	1Φ12	K701,702,703,710,711,712,713,714,715,722,723,724	E Tipi



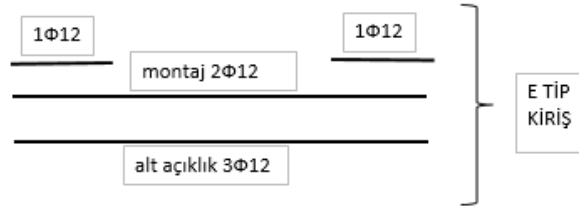
a) A tip kiriş donatı yerleşimi

b) B tip kiriş donatı yerleşimi



c) C tip kiriş donatı yerleşimi

d) D tip kiriş donatı yerleşimi



e) E tip kiriş donatı yerleşimi

Şekil 2.15 : Tiplerine kiriş donatı yerleşim düzeni (a,b,c,d,e)

Oluşturulan kesit tiplerine göre hesaplarda kullanılacak kirişlerin donatı alanları Tablo 2.15'te verilmiştir. Tablo 2.15'te donatı alanlarına göre oluşturulan kiriş tiplerine göre, kiriş açıklıklarına bağlı olarak oluşturulan kiriş donatı yerleşim planları Tablo 2.16'da gösterilmiştir.

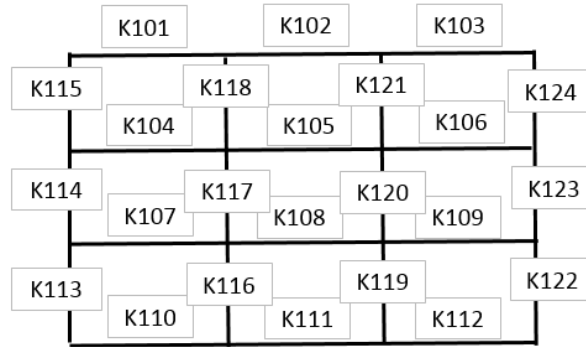
Tablo 2.15: Yedi katlı bina kiriş tiplerine göre donatı alanları (cm²)

Kiriş Tiplerine Göre Alanlar (cm ²)				
Kiris	Sol Üst Donatı	Sol Alt Donatı	Sağ Üst Donatı	Sağ Alt Donatı
Kiris1	5,65(5Φ12)	3,39	5,65	3,39
Kiris2	6,79	3,39	6,79	3,39
Kiris3	9,05	3,39	7,92	3,39
Kiris4	4,52	3,39	4,52	3,39
Kiris5	3,39	3,39	3,39	3,39

Tablo 2.16: Yedi katlı bina kiriş tiplerine göre yerleşim planı

Kiriş Tiplerine Göre Yerleşim Planı (Donatılı)			
A	B25/50_T1	L=3 m	K102,111,114,123,202,211,214,223,302,311,314,323,402,411,414, 423,502,505,508,511,514,517,520,523,605,608,617,620
	B25/50_T2	L=5 m	K101,103,110,112,113,115,122,124,201,203,210,212,213,215,222, 224,301,303,310,312,313,315,322,324,401,403,410,412,413,415,422,424,501,503,510,512,513,515,522,524,604,606,607, 609,616,618,619,621
B	B25/50_T3	L=3 m	K105,105,117,120,205,208,217,220,305,308,317,320,405,408,417,420
	B25/50_T4	L=5 m	K104,106,107,109,116,118,119,121,304,306,307,309,316,318,319,321,404,406,407,409,416,418,419,421,504,506,507,509,516,518,519,521
C	B25/50_T5	L=5 m	K204,206,207,209,216,218,219,221
D	B25/50_T6	L=3 m	K602,611,614,623,705,708,717,720
	B25/50_T7	L=5 m	K601,603,610,612,613,615,622,624,704,706,707,709,716,718,719,721
E	B25/50_T8	L=3 m	K702,711,714,723
	B25/50_T9	L=5 m	K701,703,710,712,713,715,722,724

Şekil 2.16’da kiriş planı ve kirişlerin numaralandırılması verilmiştir.

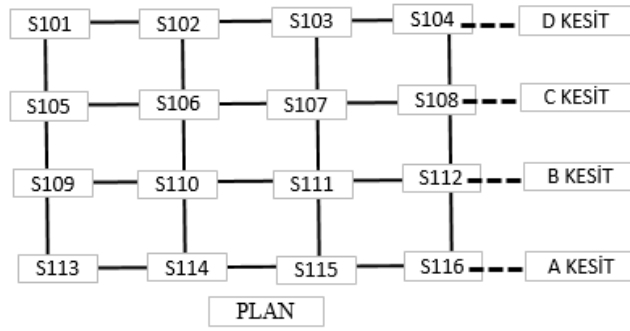
**Şekil 2.16 :** Yedi Katlı bina kiriş planı ve numaralandırılması

Kirişlerin donatı yerleşimleri tamamlandıktan sonra kolonların da donatı yerleşimlerinin yapılması gerekmektedir. Binada her katta aynı kolon boyutları olmadığı için kolon boyutlarının değiştiği katlarda donatı miktarında da değişiklikler olacaktır. Tablo 2.17’de yedi katlı binaya ait kolonların donatı yerleşim düzenleri verilmiştir.

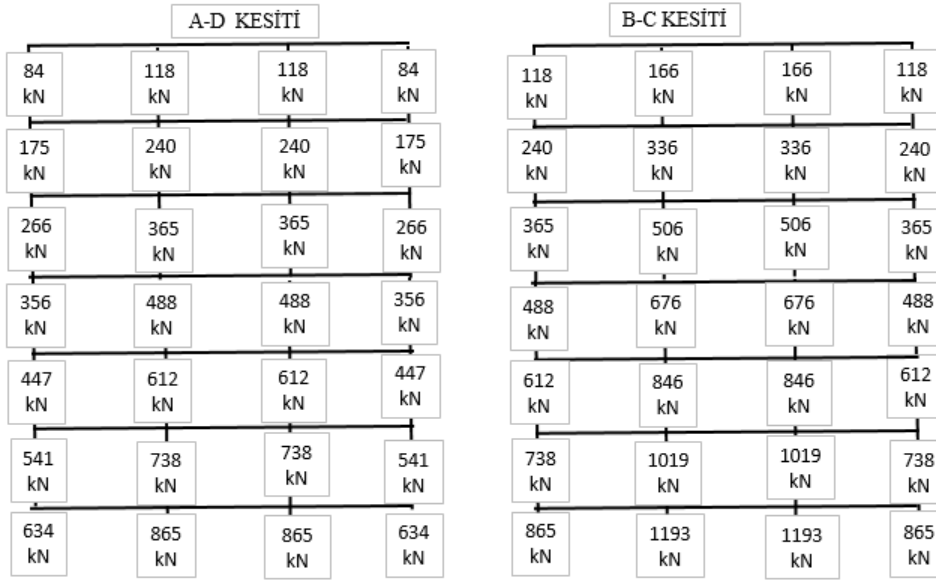
Tablo 2.17: Yedi katlı bina kolonları donatı düzeni.

Yedi Katlı Bina- Kolonlar				
Kat Kolonları	Boyutları	Donatı	Toplam Donatı	Etriye Tipi
1-2 Kat	45 x 45	2x5φ14 + 2x3φ14 (Gövde)	16φ14	2φ8/15/8
1-2 Kat	40 x 40	2x4φ14 + 2x2φ14 (Gövde)	12φ14	3φ8/15/8
5-6 Kat	35 x 35	2x3φ14 + 2x1φ14 (Gövde)	8φ14	2φ8/12/8
7 Kat	30 x 30	2x2φ14 + 2x1φ14 (Gövde)	6φ14	φ8/14/8

Şekil 2.17’de kolon planı ve kolonların numaralandırılması verilmiştir.



Şekil 2.17 : Yedi katlı bina kolon planı ve numaralandırılması



Şekil 2.18 : Kolonlardaki G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler

Yedi katlı binada $n=0,3$ olmak üzere G+nQ yüklemesi altında oluşan normal kuvvetler Şekil 2.18’de gösterilmiştir. G+nQ yüklemesine ait normal kuvvetlere göre hassas çözümleme yapılabilmesi için oluşturulan kolon tipleri, normal kuvvetler ve kolon isimleri Tablo 2.18’de gösterilmiştir.

Tablo 2.18: Yedi katlı bina kolonları tip düzeni.

Kolon Tipleri	(N= G+nQ) (kN)	Kolonlar
S45x45_T1	1200	S106,107,110,111,206,207,210,211
S45x45_T2	870	S102,103,105,108,109,112,114,115
S45x45_T3	740	S101,104,113,116,201,202,20,204,205,208,209,212,213,214,215,216
S40x40_T4	850	S306,307,310,311
S40x40_T5	680	S302,303,305,308,312,314,315,406,407,410,411
S40x40_T6	490	S301,304,313,316,401,402,403,404,405,408,409,412,413,414,415,416
S35x35_T7	510	S506,507,510,511
S35x35_T8	370	S501,502,503,504,505,508,509,512,513,514,515,516,606,607,610,611
S35x35_T9	240	S601,602,603,604,605,608,609,612,613,614,615,616
S30x30_T10	170	S706,707,710,711
S30x30_T11	120	S701,702,703,704,705,708,709,712,713,714,715,716

3. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Bu bölümde göz önüne alınan üç, beş ve yedi katlı binaların eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Sap2000 programında belirlenen bina ağırlığı ve ilgili depreme ait deprem spektrumu kullanılarak yapılan analiz sonuçları ve değerlendirilmesi verilmiştir. Yapılan hesaplarda kolon ve kiriş elemanlarında azaltılmış rijitlikler kullanılmıştır. Binanın ağırlığı $G+nQ$ değeri ve her iki doğrultudaki T_x ve T_y periyotları Sap2000 çözümlerinden elde edilmiştir. Titreşim moduna bakılarak T_x veya T_y değerleri bulunabilir. V_x ve V_y her iki doğrultudaki taban kesme kuvvetleri değerleri birbirinden farklı olabilir. Bunun için deprem spektrumlarının verilmesi gerekmektedir. Bu bölümde Sap2000 programı kullanılarak elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirme değerleri her üç farklı yükseklikteki bina için hesaplanmıştır.

3.1. Üç Katlı Bina

Göz önüne alınan 3 katlı bina için eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılan hesaplarda; üç katlı binanın ağırlığı 5919 kN bulunmuştur. Binanın periyot değeri 0,51 s, frekans değeri ise 1,96 Hz bulunmuştur. DD2 spektrumunda 0,51 saniyeye denk gelen $S_{ac}(T)$ değeri 0,79g olarak bulunmuştur. $S_{aR}(T) = 0,79/8 = 0,0987g$ bulduktan sonra, $V_{tE}^{(X)} = m_t \cdot S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS}$ g denklemi kullanılarak toplam eşdeğer deprem kuvvetinin belirlenmiştir. $V_{tE}^{(X)} = 5919 \cdot (0,0987) = 584$ kN bulunur. Sınır şartı değeri ise $0,04 m_t g I S_{DS} = 0,04 (5919)(1)(1,162) = 275$ kN bulunmuştur. ($584 > 275$)

Yapılan analizlerle Sap2000 programından da alınan değerler sonucunda üç katlı binaya ait eşdeğer deprem kuvveti değeri $V_{tE} = 584$ kN olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplarda bina iki ekseninde de simetrik olmasından dolayı taban kesme kuvvetleri X ve Y doğrultularında aynı bulunmuştur. Sap2000’de bina modeli oluşturulup deprem spektrumları (DD2) ve deprem yükleri girildikten sonra menüde define - load patterns kısmında tanımlanan deprem yük modelleri seçilip modify kısmında yer alan c (base shear coefficient yani kesme kuvveti katsayısı) katsayısı olarak geçen yönetmeliğimizde $S_{aR}(T)$ olarak tanımlanan değer programaya girilmesi ve analiz yaptırılması gerekmektedir. Eşdeğer deprem yükünün bulunabilmesi için bina ağırlığının c katsayısı ile çarpılması gerekmektedir. Bu bölümde binanın ağırlığı Sap2000’den alınan bina sismik ağırlığı bulduktan sonra taban kesme kuvveti hesaplanmıştır. Sap2000 programı kullanılarak bu kuvvet bütün katlara dağıtılmış, kat yer değiştirmeleri ve kolon-kiriş iç kuvvetleri bulunmuştur. İç kuvvetleri, azaltılmış deprem kuvvetini kullanarak hesaplarken, yer değiştirmelerin, azaltılmamış deprem kuvveti ile hesaplamak gerekir veya azaltılmış kuvvetle hesaplanan yer değiştirmelerin doğrusal hesapta azaltma katsayısı ile çarpılması gerekmektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak X ve Y yönündeki tepe yer değiştirme değerleri, binanın düzenli, kat adedinin az ve binanın iki ekseninde de simetrik olmasından dolayı her iki yönde de azaltılmamış olarak 6,80 cm bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 3.4’de karşılaştırma bölümünde tüm binalar için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

3.2. Beş Katlı Bina

Göz önüne alınan beş katlı bina için eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılan hesaplarda; üç katlı bina için yapılan hesapların aynısı yapılmakta olup, yapılan hesaplar sonucu elde edilen değerlerin hesap adımları verilmiştir. Hesap adımları sıralanacak olursa; beş katlı bina ağırlığı 9981 kN, binanın periyot değeri 0,67 s , frekans değeri ise 1,49 Hz bulunmuştur. DD2 spektrumunda periyot 0,67 s denk gelen $S_{ac}(T)$ değeri 0,601g olarak bulunmuştur. $S_{aR}(T) = 0,601/8 = 0,075g$, $V_{tE}^{(X)} = m_t \cdot S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS}$ g denklemi kullanılarak,

$V_{tE}^{(X)} = 9981 \cdot (0,075) = 749$ kN bulunur. Ayrıca $0,04 m_t g I S_{DS} = 0,04 (9981)(1)(1,162) = 463$ kN olarak sınır şartı değeri bulunur. ($749 > 463$) Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak azaltılmamış X yönündeki tepe yer değiştirme değeri 9,84 cm, Y yönündeki tepe yer değiştirme değeri ise simetrik olmasından dolayı 9,84 cm olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 3.4'de karşılaştırma bölümünde tüm binalar için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

3.3. Yedi Katlı Bina

Göz önüne alınan yedi katlı bina için eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılan hesaplarda; üç ve beş katlı binalar için yapılan hesapların aynısı yapılmakta olup, yapılan hesaplar sonucu elde edilen değerler bu bölümde verilmiştir. Hesap adımları sıralanacak olursa; beş katlı bina ağırlığı 13993 kN, binanın periyot değeri 0,90 s, frekans değeri ise 1,11 Hz bulunmuştur. Spektrumda periyot 0,90 s denk gelen $S_{ae}(T)$ değeri 0,481g bulunmuştur. $S_{aR}(T) = 0,481/8 = 0,060g$, $V_{tE}^{(X)} = m_t \cdot S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} \cdot g$ denklemi kullanılarak, $V_{tE}^{(X)} = 13993 \cdot (0,060) = 839$ kN bulunur. Ayrıca $0,04 m_t g I S_{DS} = 0,04 (13993)(1)(1,162) = 650$ kN olarak sınır şartı değeri bulunur. ($839 > 650$) Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak azaltılmamış X yönündeki ve Y yönündeki tepe yer değiştirme değeri 16,00 cm bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 3.4'te karşılaştırma bölümünde karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

3.4. Karşılaştırma

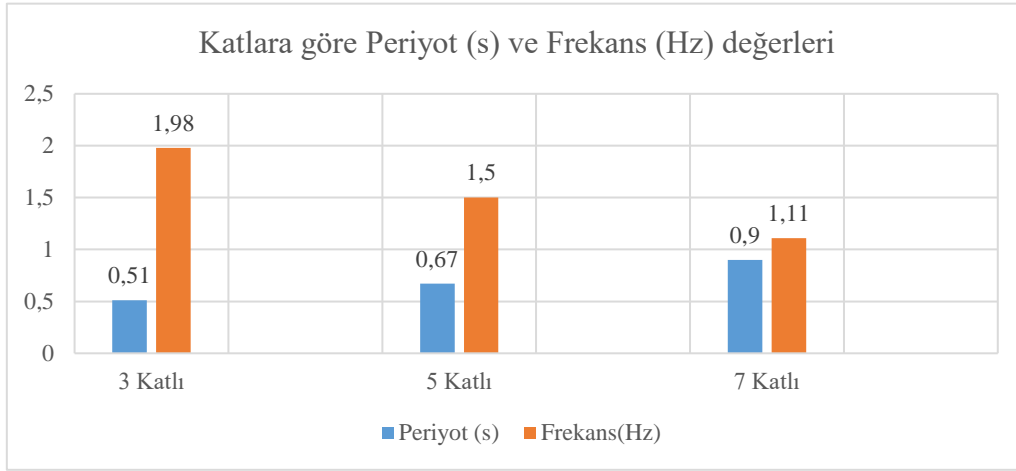
Bu bölümde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre üç, beş ve yedi katlı binalarda hesaplanan taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirme, periyot ve frekans değerleri Tablo 3.1'de verilmiş, her üç bina için karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1. : Kat adedi farklı üç bina için eşdeğer deprem yükü yöntemi analiz sonuçları

Kat Adedi	Yöntem	Doğrultu	Taban Kesme Kuvveti (kN) (Azaltılmış kuvvet altında)	Tepe Yer Değiştirme (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	Taban Kesme Kuvveti/ Bina Ağırlığı oranı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği oranı	Periyot (s)	Frekans (Hz)
3 Katlı	Eşdeğer Deprem Yükü	X	584	6,80	0,099	0,008	0,51	1,98
5 Katlı		X	749	9,84	0,075	0,007	0,67	1,50
7 Katlı		X	839	16,00	0,060	0,008	0,90	1,11

Tablo 3.1'de de görüldüğü üzere kat adedi arttıkça taban kesme kuvvetleri ve tepe yer değiştirmeleri artmaktadır. Taban kesme kuvvetleri değerlerinde üç katlı bina ile beş katlı bina arasındaki farkın ($749-584=165$ kN), beş katlı bina ile yedi katlı bina arasındaki farktan ($839-749=90$ kN) daha fazla olduğu görülmektedir. Azaltılmamış kuvvet altında tepe yer değiştirmeleri değerleri için üç katlı bina ile beş katlı bina arasındaki farkın ($9,84-6,80=3,04$ cm), beş katlı bina ile yedi katlı bina arasındaki farktan ($16,00-9,84=6,16$ cm) daha küçük olduğu görülmektedir. Bina simetrik olmasında dolayı x yönündeki tepe yer değitirme değerleri y yönündeki değerlerle aynıdır. Sonuç olarak bu çalışmada eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak, kat adedi arttıkça eşdeğer deprem yüklerinin ve tepe yer değiştirme değerlerinin arttığı söylenebilir. Taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranına her üç bina için bakılacak

olunursa, bina ağırlığının taban kesme kuvvetinden daha fazla artmasına bağlı olarak kat adedi arttıkça bu oranın azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.1. : Katlara göre periyot ve frekans değerlerinin karşılaştırılması.

Her üç bina için periyot ve frekans değerlerine ait karşılaştırma değerleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.1’de görüleceği üzere kat adedi arttıkça binaların periyot değeri artmaktadır. Periyot değerinin artışı bağlı olarak ($T=1/f$) formülüne bağlı olarak frekans değeri orantılı olarak kat adedi arttıkça azalmaktadır. Üç katlı bina ile beş katlı binanın periyotları arasındaki farkın oranı karşılaştırılacak olursa $((0,67-0,51) / 0,67=0,23)$ %23 oranında periyot değerinde artış olduğu, beş katlı bina ile yedi katlı binanın periyotları arasındaki farkın oranı karşılaştırılacak olursa $((0,9-0,67)/0,9=0,25)$ %25 oranında periyot artışı görülmektedir. Bu çalışmada kat adedinin orantılı artışına (3-5-7) bağlı olarak, periyotlarda birbirine yakın oranda artış göstermiştir.(%23-%25)

4. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ

Eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın ilgili doğrultudaki birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem de binanın birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak da kabul edilebilir. Mod birleştirme yönteminde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri ve kat kütleleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod için şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir. Bu bölümde göz önüne alınan üç, beş ve yedi katlı binaların mod birleştirme yöntemine göre Sap2000 programı kullanılarak yapılan analiz sonuçları ve değerlendirilmesi verilmiştir.

4.1. Üç Katlı Bina

Bu bölümde üç katlı binada analiz sonucu elde edilen taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirmeleri, kütle katılım oranlarıyla birlikte periyot değerleri verilmiştir. Yapılan hesaplarda taban kesme kuvveti her iki doğrultu yani X ve Y doğrultularında azaltılmış kuvvet altında 498 kN bulunmuştur. Her iki doğrultuda sonucun aynı çıkması binanın her iki doğrultuda da binanın düzenli ve simetrik olmasından kaynaklanmaktadır. Tepe yer değiştirmesi ise her iki doğrultu için azaltılmamış kuvvet altında 5,80 cm bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 4.4’de karşılaştırma bölümünde tüm binalar için karşılaştırılmalı olarak

verilmiştir. Tablo 4.1’de Sap2000 programı ile yapılan analizde elde edilen parametrelerin sonuçları ilk altı mod şekline göre verilmiştir. Mod sayısı arttıkça; periyot değerleri azalmakta, frekans değerleri ters orantılı olarak artmakta ve kümülatif modal kütle oranları da artmaktadır. Binanın birinci moda göre modal kütle oranı %85 olarak bulunmaktadır. Mod birleştirmede ilgili doğrultuda tek mod kullanıldığında taban kesme kuvveti; $V_b = \text{Birinci mod katılım katsayısı} \times \text{ağırlık} \times S_{aR}(T)$ denklemi de kullanılarak, üç katlı bina için $V_b = 0,85 \times 5919 \times 0,099=498$ kN bulunabilir.

Tablo 4.1. : Üç katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.

Bina Adedi	Mod No	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Oranları					
				UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
3 Katlı	1	0,51	1,98	0,00	0,85	0,00	0,00	0,85	0,00
	2	0,51	1,98	0,85	0,00	0,00	0,85	0,85	0,00
	3	0,46	2,18	0,00	0,00	0,85	0,85	0,85	0,85
	4	0,19	5,40	0,00	0,11	0,00	0,85	0,96	0,85
	5	0,19	5,40	0,11	0,00	0,00	0,96	0,96	0,85
	6	0,17	5,92	0,00	0,00	0,11	0,96	0,96	0,96

4.2. Beş Katlı Bina

Beş katlı bina için mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplarda taban kesme kuvveti her iki doğrultu yani X ve Y doğrultularında azaltılmış kuvvet altında 643 kN bulunmuştur. Tepe yer değiştirmesi ise her iki doğrultu için azaltılmamış kuvvet altında 8,11 cm bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 4.4’de karşılaştırma bölümünde tüm binalar için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Tablo 4.2’de Sap2000 programı ile yapılan analizde elde edilen parametrelerin sonuçları ilk altı mod şekline göre verilmiştir. Mod sayısı arttıkça; periyot değerleri azalmakta, frekans değerleri ters orantılı olarak artmakta ve kümülatif modal kütle oranları da artmaktadır. Binanın birinci moda göre modal kütle oranı %86 olarak bulunmaktadır. Mod birleştirmede ilgili doğrultuda tek mod kullanıldığında taban kesme kuvveti; $V_b = \text{Birinci mod katılım katsayısı} \times \text{ağırlık} \times S_{aR}(T)$ denklemi de kullanılarak, beş katlı bina için $V_b = 0,86 \times 9981 \times 0,075= 643$ kN bulunabilir.

Tablo 4.2. : Beş katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.

Bina Adedi	Mod No	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Oranları					
				UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
5 Katlı	1	0,67	1,49	0,86	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00
	2	0,67	1,49	0,00	0,86	0,00	0,86	0,86	0,00
	3	0,60	1,67	0,00	0,00	0,86	0,86	0,86	0,86
	4	0,22	4,55	0,04	0,01	0,00	0,90	0,87	0,86
	5	0,22	4,55	0,01	0,04	0,00	0,91	0,91	0,86
	6	0,19	5,26	0,00	0,00	0,05	0,91	0,91	0,91

4.3. Yedi Katlı Bina

Yedi katlı bina için mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplarda taban kesme kuvveti her iki doğrultu yani X ve Y doğrultularında azaltılmış kuvvet altında 718 kN

bulunmuştur. Tepe yer değiştirmesi ise her iki doğrultu için azaltılmamış kuvvet altında 12,73 cm bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo halinde Bölüm 4.4’de karşılaştırma bölümünde tüm binalar için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Tablo 4.3’te Sap2000 programı ile yapılan analizde elde edilen parametrelerin sonuçları ilk altı mod şekline göre verilmiştir. Mod sayısı arttıka; periyot değerleri azalmakta, frekans değerleri ters orantılı olarak artmakta ve kümülatif modal kütle oranları da artmaktadır. Binanın birinci moda göre modal kütle oranı %86 olarak bulunmuştur. Mod birleştirmede ilgili doğrultuda tek mod kullanıldığında taban kesme kuvveti; $V_b = \text{Birinci mod katılım katsayısı} \times \text{ağırlık} \times S_{aR}(T)$ denklemi de kullanılarak, beş katlı bina için $V_b = 0,86 \times 13993 \times 0,060 = 718 \text{ kN}$ bulunabilir.

Tablo 4.3. : Yedi katlı bina için modlara göre periyot, frekans ve modal kütle oranları.

Bina Adedi	Mod No	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Oranları					
				UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
7 katlı	1	0,90	1,11	0,86	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00
	2	0,90	1,11	0,00	0,86	0,00	0,86	0,86	0,00
	3	0,78	1,28	0,00	0,00	0,84	0,86	0,86	0,84
	4	0,36	2,78	0,03	0,04	0,00	0,89	0,90	0,85
	5	0,36	2,78	0,04	0,03	0,00	0,93	0,93	0,85
	6	0,31	3,22	0,00	0,00	0,09	0,93	0,93	0,93

4.4. Karşılaştırma

Bu bölümde mod birleştirme yükü yöntemine göre üç, beş ve yedi katlı binalarda hesaplanan taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirme, periyot ve frekans değerleri Tablo 4.4’de verilmiş, Tablo 4.5’te ise eşdeğer deprem yükü yönteminde elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. İncelenen binalarda, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre elde edilen sonuçların, Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan sonuçlardan daha büyük olduğu gözlenmiştir. Tablo 4.4’te mod birleştirme yöntemine göre analiz sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilecek olursa, bina kat adedi arttıka azaltılmış taban kesme kuvveti değerlerinin ve azaltılmamış kuvvet altındaki tepe yer değiştirmelerin arttığı görölmektedir.

Tablo 4.4. : Kat adedi farklı üç bina için mod birleştirme yükü yöntemi analiz sonuçları

Kat Adedi	Yöntem	Doğrultu	Taban Kesme Kuvveti (kN) (Azaltılmış kuvvet altında)	Tepe Yer Değiştirme (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı Oranı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği Oranı
3 Katlı	Mod Birleştirme	X	498	6,96	0,084	0,773
5 Katlı	Mod Birleştirme	X	643	8,11	0,064	0,540
7 Katlı	Mod Birleştirme	X	718	12,73	0,051	0,606

Tablo 4.5. : Kat adedi farklı üç bina için hesap yöntemleri analiz sonuçları

Kat Adedi	Yöntem	Doğrultu	Taban Kesme Kuvveti (kN) (Azaltılmış kuvvet altında)	Tepe Yer Değiştirme (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	Bina Ağırlığı (kN)	S _{aR} (T)	β
3 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	584	6,80	5919	0,099	1,17
	Mod Birleştirme	X	498	5,80			
5 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	749	9,84	9981	0,075	1,16
	Mod Birleştirme	X	643	8,11			
7 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	839	16,00	13993	0,060	1,17
	Mod Birleştirme	X	718	12,73			

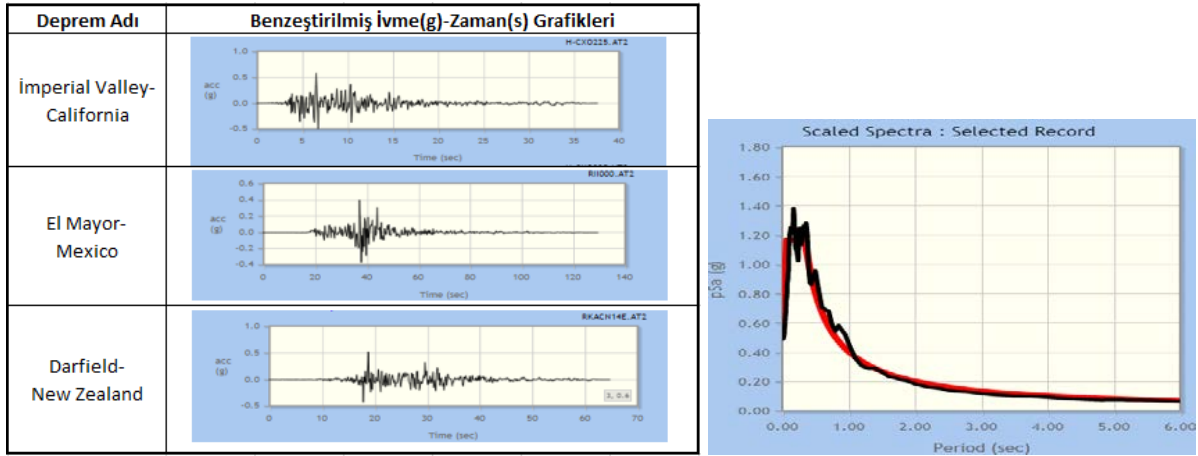
Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre elde edilen sonuçların mod birleştirme yöntemine göre bulunan sonuçlardan daha büyük çıkmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin hesap adımları gereği kat kesme kuvvetinin daha büyük alınması nedeni ile bu sonuç doğaldır. Mod birleştirme yöntemiyle deprem hesabı yapıldığında, binaya ait bulunan taban kesme kuvveti değerinin, eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değeri ile kıyaslanması gerekmektedir. Mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerleri, eşdeğer deprem kuvvetlerinden küçük çıkarsa, TBDY 2018 bölüm 4.8.4'te belirtildiği üzere azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre (β) katsayısı ile büyütülmesi yapılması öngörülmüştür. Mod birleştirme yönteminde bulunan taban kesme kuvveti küçük çıktığında elde edilen sonucu, eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuca yaklaştırmak için bir katsayı çarpılması gerekmektedir. Bu katsayı (β) ise eşdeğer deprem yükünden elde edilen taban kesme kuvvetinin, mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetine oranı ile elde edilen değer olarak tanımlanabilir. Tablo 4.5'te üç farklı bina için kullanılan iki hesap yönteminden elde edilen değerlerle birlikte değerlerin karşılaştırılması ve oranları verilmiştir. Tablo 4.5'te de görüldüğü üzere her iki yöntem arasında elde edilen sonuçlar değerlendirilecek olursa eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen sonuçların mod birleştirmeden elde edilen sonuçlara göre daha büyük olduğu görülmektedir. İki yöntem arasında taban kesme kuvvetleri farkının azaltılması için kullanılan ve yönetmelikte belirlenen (β) katsayısı değerleri, bu çalışmada katlara göre 1,16-1,17 seviyesinde olduğu görülmektedir.

5. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMİ.

Göz önüne alınan binaların zaman tanım alanında doğrusal elastik hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem kayıtları kullanılarak birinci bölümde ayrıntılı şekilde açıklanan hesap modeli oluşturmalı ve hesap yapılmalıdır. Bu bölümde ilk olarak, hesapta kullanılacak deprem kayıtlarının TBDY 2018 yönetmelik şartlarına uygunluğu denetlenmiştir. Seçilen 3 adet deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları, yerel zemin koşulları dikkate alınarak, PEER Ground Motion Database ve Seismo Match programı kullanılarak 3, 5 ve 7 katlı binanın bulunduğu yere en uygun deprem kayıtları seçilmek suretiyle yönetmeliğe uygun olarak benzeştirilmiştir.

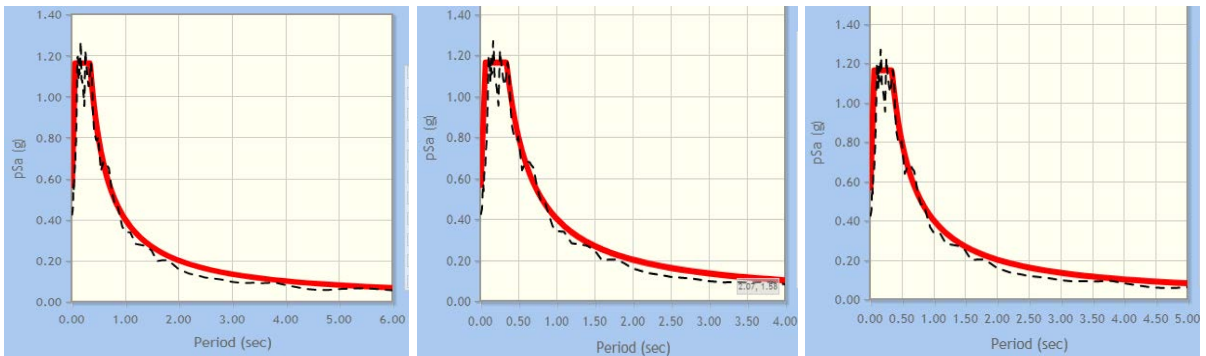
Bu çalışmada, zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılacak olan seçilen üç adet yer hareketi, 1979 yılında meydana gelen İmperial Valley - California depremi, 2010 yılında

oluşan El Mayor- Mexico depremi ve 2010 yılında meydana gelen Darfield-New Zealand depremidir.



Şekil 5.1: Benzeştirilmiş ivme(g)-zaman(s) grafikleri ve ortalama deprem spektrumu

Şekil 5.1’de seçilen her bir deprem kaydına ait benzeştirilmiş ivme-zaman değişimleri verilmiştir. Benzeştirilmiş ivme kayıtlarının ortalama ivme spektrumu ve ZC zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrileri siyah renkli eğri olarak Şekil 5.2’de gösterilmektedir. ZC zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrisi kırmızı renkli eğri ile gösterilmiştir. Şekil 5.2’den de anlaşıldığı gibi benzeştirme sonucunda türetilen yeni ivme kayıtlarının ivme spektrumu eğrileri, ZC zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrisi ile uyum içindedir.



a) İmperial Valley-California b) El Mayor- Mexico c) Darfield-New Zealand

Şekil 5.2 : Depremlerin spektrumu ve ZC elastik spektral ivme spektrumu.

Her deprem kaydı kendi özelliğini sonuçlara yansıtmakta ve dolayısıyla seçilen farklı deprem kayıtları için farklı analiz sonuçları elde edilmektedir. Bu nedenle, çalışmada zaman tanım alanında hesap yönteminden elde edilen sonuçlar, yönetmelik koşulları dikkate alınarak farklı depremlerden hesaplanan değerlerin ortalaması olarak alınmıştır. Deprem kayıtlarının benzeştirilmesi için ölçeklendirme yapıldığında ölçek faktörü; İmperial Valley depremi için 2,1432 , El Mayor depremi için 1,0288 , Darfield depremi için 3,1527 alınmıştır.

5.1. Üç Katlı Bina

Üç katlı binanın Sap2000 programıyla analizinin yapılabilmesi için üç adet deprem kaydına ait spektrum değerlerinin programa yüklenmesi gerekmektedir. Seçilen üç adet deprem kayıtları X ve Y doğrultusu için spektrum değerleri sisteme kaydedilir ve analiz yaptırılır. Üç adet deprem kaydına ait zaman tanım alanında doğrusal analiz sonuçları Tablo 5.1’de verilmektedir.

Tablo 5.1. : Üç katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçlarının maksimum değerleri

Deprem Kayıtları	R ile Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	R ile Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)
	X doğrultusu	X doğrultusu	X doğrultusu
Darfield	2905	5,16	363
Mexico	4387	8,26	548
İmperial	6307	10,70	788
Ortalama	4533	8,04	567

Tablo 5.1’de elde edilen sonuçlar değerlendirilecek olursa, her deprem kaydı kendi özelliğini sonuçlara yansıtmakta ve dolayısıyla seçilen farklı deprem kayıtları için farklı analiz sonuçları elde edilmektedir. Tabloda deprem kayıtları R katsayısı ile azaltılmamış ve her üç hesap yöntemlerindeki taban kesme kuvvetlerini karşılaştırmak için R katsayısı ile azaltılmış taban kesme kuvvetleri olarak verilmiştir. Çıkan sonuçlara bakılacak olursa seçilen ortalama taban kesme kuvveti X yönü için 567 kN, eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti ($V_t=584$ kN) ve mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerine ($V_t=498$ kN) yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Tepe yer değiştirmesi değerleri arasında ise her iki doğrultuda aynıdır.

5.2. Beş Katlı Bina

Beş katlı binanın Sap2000 programıyla analizinin yapılabilmesi için üç adet deprem kaydına ait spektrum değerlerinin programa yüklenmesi gerekmektedir. Seçilen üç adet deprem kayıtları X ve Y doğrultusu için olarak sisteme kaydedilir ve analiz yaptırılır. Üç adet deprem kaydına ait zaman tanım alanında doğrusal analiz sonuçları Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2. : Beş katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçlarının maksimum değerleri

Deprem Kayıtları	R ile Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	R ile Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)
	X doğrultusu	X doğrultusu	X doğrultusu
Darfield	6480	8,89	810
Mexico	4813	6,73	602
İmperial	6514	10,12	814
Ortalama	5936	8,58	742

Tablo 5.2’de deprem kayıtlarına ait R katsayısı ile azaltılmamış ve her üç hesap yöntemlerindeki taban kesme kuvvetlerini karşılaştırmak için R katsayısı ile azaltılmış taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Çıkan sonuçlara bakılacak olursa; seçilen ortalama taban kesme kuvveti X yönü için 742 kN değeri, eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetine ($V_t=749$ kN) ve mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti

değerine ($V_t = 643$ kN) yakın olduğu görülmektedir. Tepe yer değiştirmesi değerleri her bir deprem kaydı için her iki doğrultuda birbiriyle aynı değerler elde edilmiştir.

5.3. Yedi Katlı Bina

Yedi katlı binanın Sap2000 programıyla analizinin yapılabilmesi için üç adet deprem kaydına ait spektrum değerlerinin programa yüklenmesi gerekmektedir. Seçilen üç adet deprem kayıtları X ve Y doğrultusu için ayrı ayrı sisteme kaydedilir ve analiz yaptırılır. Üç adet deprem kaydına ait zaman tanım alanında doğrusal analiz sonuçları Tablo 5.3'te verilmektedir.

Tablo 5.3. : Yedi katlı binaya ait deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçları

Deprem Kayıtları	R ile Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	R ile Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)
	X doğrultusu	X doğrultusu	X doğrultusu
Darfield	9099	20,80	1137
Mexico	7161	14,66	895
İmperial	4007	8,67	501
Ortalama	6756	14,71	844

Tablo 5.3'te deprem kayıtlarına ait R katsayısı ile azaltılmamış ve her üç hesap yöntemlerindeki taban kesme kuvvetlerini karşılaştırmak için R katsayısı ile azaltılmış taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Çıkan sonuçlara bakılacak olursak; seçilen ortalama taban kesme kuvveti X yönü için 844 kN değeri, eşdeğer deprem yükü yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetine ($V_t = 839$ kN), mod birleştirme yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerinden de ($V_t = 718$ kN) büyük olduğu görülmektedir. Tepe yer değiştirmesi değerleri her bir deprem kaydı için her iki doğrultuda da bina simetrik olduğundan aynı değerler çıkmıştır.

5.4. Karşılaştırma

Bu bölümde eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal analiz yöntemleri birbiriyle karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yönteminde deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal olmayan davranışı kısmen dikkate alınarak deprem yükleri azaltılmakta, zaman tanım alanında hesap yönteminde ise deprem ivmeleri binaya doğrudan etki ettirilmektedir. Her deprem kaydı kendi özelliğini sonuçlara yansıtmakta ve dolayısıyla seçilen farklı deprem kayıtları için farklı analiz sonuçları elde edilmektedir. Bu nedenle, çalışmada zaman tanım alanında hesap yönteminden elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak farklı depremlerden hesaplanan değerlerin ortalaması olarak alınmıştır. Üç farklı binaya ait ortalama deprem kayıtları dikkate alınarak yapılan analiz sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4. : Üç katlı binaya ait ortalama deprem kayıtlarının doğrusal analiz sonuçları

Ortalama Deprem Kayıtları	R ile Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm) (Azaltılmamış kuvvet altında)	R ile Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)
	X doğrultusu	X doğrultusu	X doğrultusu
3 Katlı	4533	8,04	567
5 Katlı	5936	8,58	742
7 Katlı	6756	14,71	844

Tablo 5.4'te verilen deprem kayıtlarının ortalaması alınarak değerlendirildiğinde kat adedi arttıkça taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmelerin arttığı görülmektedir. Tablo 5.5'te 3.bölüm, 4. bölüm ve 5. bölümde verilen hesap yöntemlerinde elde edilen değerlerin X doğrultusundaki sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Bu kısımda zaman tanım alanında hesap sonuçlarında taban kesme kuvveti deprem yükü azaltma katsayısı ($R_a(T)=8$) ile azaltılmışken, tepe yer değiştirme değerleri ise azaltılmamış olarak verilmiştir.

Tablo 5.5. : Hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Kat Adedi	Yöntem	Doğrultu	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirme (cm) (Azaltılmamış)	Eşdeğer Deprem Yüğü / Zaman Tanım Alanı V_t Oranı	Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı Oranı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği Oranı
3 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	584	6,80	1,03	0,099	0,008
	Mod Birleştirme	X	498	5,80		0,084	0,006
	Zaman Tanım Alanı Y.	X	567	8,04		0,096	0,009
5 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	749	9,84	1,01	0,075	0,007
	Mod Birleştirme	X	643	8,11		0,064	0,005
	Zaman Tanım Alanı Y.	X	742	8,58		0,074	0,006
7 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	X	839	16,00	0,99	0,060	0,008
	Mod Birleştirme	X	713	8,32		0,051	0,004
	Zaman Tanım Alanı Y.	X	844	14,71		0,060	0,007

Tablo 5.5'te elde edilen değere bakıldığında eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal hesap yönteminde hesap edilen taban kesme kuvvetlerinin, birbirine çok yakın (yakınlık derecesi %1) olduğu oranlar verilerek gösterilmiştir. Tepe yer değiştirmelerin farklarında ise küçük ama yakın farklılıkların olduğu görülmektedir. Üç farklı bina için kullanılan hesap yöntemleri arasında, taban kesme kuvvetlerinin bina ağırlığına oranları değerlendirilecek olursa; oranlar üç katlı binada % 8-9 arasında, beş katlı binada % 6-7 arasında, yedi katlı binada % 5-6 arasında kalmaktadır. Hesap yapılan binalarda oranlara bakılacak olursa eşdeğer deprem yükünden elde edilen oranla zaman tanım alanından elde edilen oranın birbiriyle aynı ve yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Tüm binalarda

kullanılan hesap yöntemleri için elde edilen tepe yer değiştirmelerinin bina yüksekliklerine oranı değerlendirilecek olursa bu oran %1'in altında kaldığı görülmektedir.

6. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI- STATİK İTME YÖNTEMİ

6.1 Üç Katlı Bina Statik İtme Analizi ve Değerlendirme

6.1.1 Serbest Titreşim Sonuçları

SAP2000 v20 programında hesaplanan binaların serbest titreşim sonuçları Tablo 6.1'de verilmiştir. Bina mod şekillerinin hesaplanmasında kat seviyelerinde rijit diyaframlar tanımlanarak, x ve y doğrultularında (x ve y doğrultuları simetrik) ötelenme ve düşey eksen etrafında dönme serbestlikleri göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 6.1'de sadece ilk 6 moda yer verilmiştir. Yapılan hesaplarda döşeme, giriş ve kolonlar için TBDY'de verilen etkin eğilme rijitliği göz önüne alınarak hesap yapılmıştır.

Tablo 6.1: Üç katlı bina serbest titreşim sonuçları

Bina Adedi	Mod No	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Oranları					
				UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
3 KATLI	1	1,43	0,70	0,82	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00
	2	1,43	0,70	0,00	0,82	0,00	0,82	0,82	0,00
	3	1,17	0,86	0,00	0,00	0,83	0,82	0,82	0,83
	4	0,52	1,94	0,00	0,13	0,00	0,82	0,95	0,83
	5	0,52	1,94	0,13	0,00	0,00	0,95	0,95	0,83
	6	0,44	2,27	0,00	0,00	0,13	0,95	0,95	0,96

Birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0,70'ten fazladır. Bina, planda simetrik olduğundan ötürü burulma düzensizliği yoktur. ($\eta_{bi} < 1,4$). Bina planda simetrik olduğu için ilk titreşim mod şekli x doğrultusunda ve ikinci titreşim mod şekli y doğrultusunda olup, üçüncüsü burulma titreşimidir. Üç katlı binanın ağırlığı 5919 kN bulunmuştur.

6.1.2 Statik İtme Yöntemi ile Performans Analizi Yapılacak Olan Binanın Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması

Bölüm 2'de ayrıntılı olarak yükleri, kesit boyutları ve donatıları verilen binanın deprem performanslarını tayin edebilmek için Sap2000 v20 analiz programı kullanılmıştır. TBDY Bölüm 5.5.2.1'de, "Tek Modlu İtme Yöntemleri, Tablo 3.3'e göre Bina Yükseklik Sınıfı $BYS \geq 5$ olan ve 5.6.2.2'de verilen koşulları sağlayan binalar için kullanımına izin vermektedir. TBDY 2018 3.bölüm başlık 3.1.1'de "tanımlanan bina kullanım sınıflarına (BKS) ve DD2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak bu yönetmelikte deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak deprem tasarım sınıfları (DTS) yönetmelikte belirtilen sınır değerlere göre seçilecektir." ifadesi bulunmaktadır. Seçilen binalara ait bina yükseklik sınıfı ve dayanım tasarım sınıfı, bölüm 1.2.1 performans hedefleri kısmında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

6.1.3 Kiriş ve Kolonlarda Yığılı Plastik Davranışın Tanımlanması

a) Plastik mafsal momenti hesabında kullanılacak mevcut malzeme dayanımları ve birim şekil değiştirme değerleri

Kat adetleri farklı üç betonarme binaların Sap2000 programında oluşturulduktan sonra mevcut elemanlardaki donatılar ve malzeme özellikleri ilgili elemanlara atanmıştır. Malzeme özelliklerini tanımlarken donatı çeliği için TBDY 2018’de belirtilen B420C sınıfı donatı çeliğine ait bilgiler, sargılı beton için Mander beton modeli kullanılmıştır. Çerçeveleri oluşturan kolon ve kiriş elemanlarına ait kesitler grafiksel olarak Sap2000 programında “Section Designer” özelliği kullanılarak tanımlanmıştır. Kiriş ve kolonlarda, elemanların uçlarında tanımlanan plastik kesitlerin modellenmesi esnasında mevcut malzeme dayanımları ve en büyük birim şekil değiştirme değerleri aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

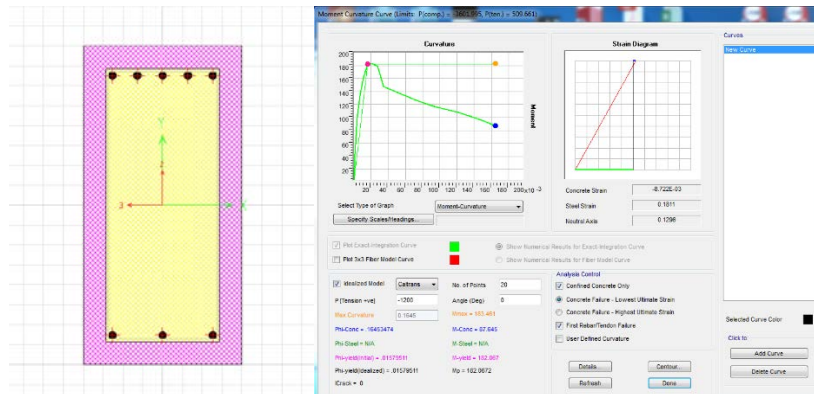
Beton için ; C30 beton ve $\epsilon_{cu} = 0,003$, çelik için ; B420C donatı çeliği ve $\epsilon_{su} = 0,01$

b) Kirişler için plastik kesit tanımlanması

Kirişler için iç kuvvet-plastik Şekil değiştirme bağıntıları tanımlamak amacıyla bir eksenli eğilme analizi yapılarak kesitlere ait plastik moment, M_x , M_y (eğilme momentleri), ϕ_y (Akma eğriliği), ϵ_{su} (max dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması), ϕ_u (Göçme öncesi eğrilik) değerleri hesaplanabilmektedir. Kirişler için iç kuvvet - şekil değiştirme sınırları Sap2000 programının “Section Designer” bölümü kullanarak tanımlanmıştır.

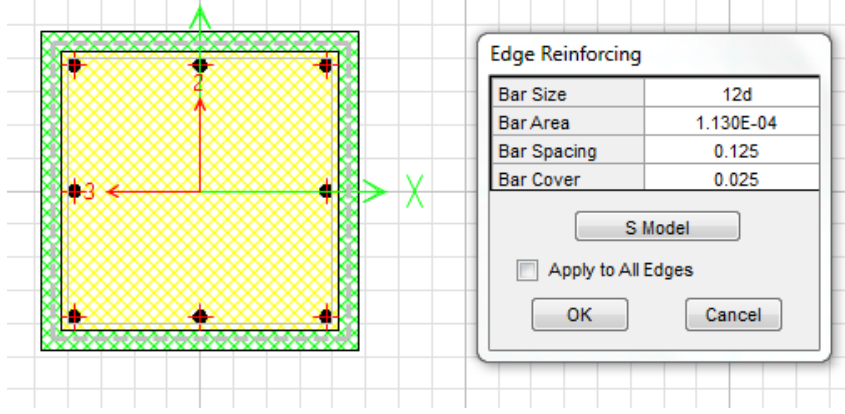
c) Section designer ile ilgili yapılan işlem adımları

Kiriş için section designer yapılırken Sap2000 programı açılır ve bir model seçilir. Define menüsünden malzeme (C30 ve B420C) tanımlamaları yapıldıktan sonra, Define - Section Properties seçilir. Frame section → Properties → Add new property → Other → Section designer seçilerek kesit adı belirlenir ve K25/50_T1 → C30 seçilir, beton sınıfı seçildikten sonra No checking design seçimi yapılır ve Draw solid shape seçildikten sonra rectangular seçilerek dikdörtgen kesit tanımlaması yapılır. Kesite yaklaştıktan sonra kesit seçilir, daha sonra height 0,50 m, width 0,25 m, concrete model ise Mander-Confined seçilir. Çıkan ekrandan dikdörtgen model olduğu için Reinforcing kutucuğundan Yes seçilerek ilk işlem tamamlanmış olur.




Şekil 6.1: Section designer kiriş kesiti ve analiz modeli

Ekranında C section seçildikten sonra donatı sınıfı B420C ve donatı çapı girilir. Daha sonra kesitte Bar cover 0,04 m (Paspayı), Bar size 12d (donatı çapı) seçilir. Çıkan ekrandan kesitin alt ve üst donatılarını ve paspayı değerlerinin girişi yapılır.




Şekil 6.2: Section designer kolon kesiti ve veri tablosu.

Yapılan işlemlerden sonraki adımda ana ekran en üstte sağda Show-moment curvature Curve  seçilir. Gelen ekrandan idealized model seçeneğine tıklanır. Her bir kiriş tipine göre moment değerleri için Myield, eğrilik ϕ_y için Phi-yield değeri bulunabilir. Steel strain = 0,032 için karşılık gelen diyagramdaki (specify sales/ heading) değerini okunur. TDBY 2018 Bölüm 5. Başlık (5.8) Denklem 5.5'te açıklaması verilmektedir. Eğer steel strain değeri 0,032'ye denk bir değer gelmiyorsa en son diyagramdaki değer okunur, okunan değer 0,4'e bölünür, çıkan sonuç ϵ_{su} 'ya yazılır, ekrandaki en büyük değere karşı gelen specify saks/heading değeri okunur ϕ_u bulunmuş olur.

Pozitif yönden sonra kirişler için Angle (Deg) => 180

Kolonlar için Angle (Deg)=> 90

Yukarıda yapılan işlemler 180° kirişler için, 90° kolonlar için yapılır ve Myalt değerlerini bulmak için yapılır.

Kesit seçildikten sonra ana ekrandan show interaction surface  seçilir.

Design options sekmesinden no phi seçilir, ekrandaki en büyük M3 okunur.

Sonra Show-moment curvature Curve  seçilir, gelen ekranda idealized model seçilir.

P (Normal kuvvet) girilir. (Kolonlar için G+nQ yüklemesi düşey yüke göre tip aldıktan sonra elde edilen yük tipleri)

Girilen değer (-) girilir.(-P) çıkan sonuçlar değerlendirilir.

Yapılan bu işlemler ile ilgili bir tablo oluşturulup bulunan veriler bu tabloya yazılabilir.

Oluşturulan tablodaki veriler kullanılarak TDBY 2018 de belirtilen formüller kullanılarak rijitlik çarpanları elde edilir ve Sap2000'de kesitlere veri girişi yapılır.

Kolon için section designer:

Kolondaki yapılacak işlemler aynen kirişlerdeki işlemler gibi yapılır.

Design options no phi seçilir.

$$\left. \begin{array}{l} M3 \rightarrow M_{x-x} \\ \text{Angle } 90^\circ \rightarrow M_{y-y} \\ \text{(M2 değeri)} \end{array} \right\} \text{* Kolon simetrikse aynı sonuçlar çıkacaktır.}$$

İdealized modele P (Tip kolon normal kuvvet değerleri) ayrı ayrı girilip Myield sekmesine My değeri yazılır. Steel strain = 0,032 için karşılık gelen diyagramdaki (specify sales/ heading) değeri okunur. Sonra 90° derece Angle çevir yapılarak bulunan değerler aynı şekilde değerlendirilir.

Böylece bir kolon ve kiriş kesitin:

My (çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momenti),

ϕ_y (Etkin akma eğriliği),

ϵ_{su} (max dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması)

ϕ_u (Göçme öncesi eğrilik)

θ_y (Akma durumu için yer değiştirmiş eksen dönmesi) bulunabilir.

Performans hesaplarının yapılabilmesi için aşağıda verilen denklemlerin kullanılarak kabul edilebilir hasar sınırları belirlenmiş ve belirlenen performans noktasında ortaya çıkan hasarlar sınırlarla karşılaştırılarak sağlayıp/sağlamama durumu belirlenmiştir.

$$(EI)_e = \frac{My L_s}{\theta_y 3} \quad (6.1)$$

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0,0015 \eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\phi_y db f_{ye}}{8\sqrt{f_c e}} \quad (6.2)$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s}\right) + 4,5 \phi_u db \right] \quad (6.3)$$

Bilindiği gibi dönme rijitliği

$$\phi_y = My / (EI)_e$$

yazılabilir, plastikleşme boyu $L_s/3$ kabul edilirse, akma durumunda plastik mafsal dönmesi

$$\theta_y = \phi_y * (L_s/3) \text{ yazılabilir.}$$

Yukarıdaki denklemin ilk bölümü yukarıdaki gibidir. Denklemdaki, ikinci ve üçüncü terim deneyler sonucu sınırlı olarak ortaya çıkan donatı sıyrılması sonucu olan kesit dönmesidir.

Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirmesi:

$$\epsilon_s^{(GÖ)} = 0,4 \epsilon_{su} \quad (6.4)$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde;

$$\epsilon_c^{(KH)} = 0,75 \epsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \epsilon_s^{(KH)} = 0,75 \epsilon_s^{(GÖ)} \quad (6.5)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (6.6)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde;

$$\epsilon_c^{(SH)} = 0,0025 \quad \theta_p^{(SH)} = 0 \quad (6.7)$$

Etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsall oluşumuna izin verilmeyecektir.

d) Sap2000 section designer sonucu elde edilen değerlerin TBDY 2018’de belirtilen formüller kullanılarak hesaplanması.

Seçilen kiriş 25/50

$L_s = \text{Kiriş kesme açıklığı} = 1,5 \text{ m}$ (3 m kiriş için) $d_1 = \text{Paspayı} = 4 \text{ cm}$

$A_s = 3,39 \text{ cm}^2$

$M_y = A_s \cdot F_{yd} \cdot (d - d_1) = 3,39 \times (420) \times (46 - 4) = 59,79 \text{ kNm}$

Sap2000 ile hesaplanan değer $M_y = 57,031 \text{ kNm}$

Atalet Momenti $I = bh^3/12 = (0,25) \times (0,5)^3/12 = 2,604 \times 10^{-3} \text{ m}^4$

$EI = (31800000) \times (2,604 \times 10^{-3}) = 82813 \text{ kNm}^2$

Betonarme sistemlerde etkin akma eğriliği ϕ_y ve etkin akma momenti M_y , moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır. (TBDY Bölüm 15.5.4.3) Sap2000 programıyla yapılan analizden $\phi_y = 0,00657 \text{ rad/m}$ bulunmuştur. Denklem 6.2 yazılarak hesap yapılmaya başlanabilir.

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0,0015 \eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\phi_y db f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

$db = \text{Donatı çeliğinin çapı}$

$f_{ce} = \text{Betonun ortalama basınç dayanımı}$, $f_{ye} = \text{Donatının ortalama basınç dayanımı}$.

$L_s = \text{Kesme açıklığı}$ (Kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı alınır).

$n = \text{Kirişlerde ve kolonlarda 1 alınır}$.

$\phi_y = 0,00657$, $L_s = 1,5 \text{ m}$, $h = 0,5 \text{ m}$, $n = 1$, $db = 0,012 \text{ m}$, $f_{ye} = 420 \text{ MPa}$, $f_{ce} = 30 \text{ MPa}$ değerleri formülde yerine yazılırsa $\theta_y = 0,00629 \text{ rad}$ bulunur.

Bilindiği gibi dönme rijitliği

$$\phi_y = M_y / (EI)_e$$

yazılabilir, plastikleşme boyu $L_s/3$ kabul edilirse, akma durumunda plastik mafsall dönmesi

$$\theta_y = \phi_y * (L_s/3) \text{ yazılabilir.}$$

$$(EI)_e = (59,79/0,00629) \times (1,5/3) = 4534 \text{ kNm}^2$$

$\phi_u = 0,07292 \text{ rad/m}$, $\phi_y = 0,00657 \text{ rad/m}$ daha önce bulunmuştu.

$L_p = \text{Kiriş yüksekliğinin yarısıdır. } (h/2)$

Bulunan ve bilinen değerler formülde yerine yazılırsa Denklem 6.3’te yerine yazılırsa;

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = 0,0128 \text{ rad bulunur.}$$

$$\epsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0,4 \epsilon_{su} = 0,4 \times (0,08) = 0,032 \text{ bulunur.}$$

Adım adım yapılan işlemler her bir kiriş için hesaplanmış olup, Tablo 6.2’de kiriş kesitine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir.

Tablo 6.2: Üç katlı binanın kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerleri

	Tip	Eleman	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (MPa)	My (kNm)	Ls (m)	φy (1/m)		
			b	h		Üst	Alt						
1	A	K25/50_T1	0,25	0,5	3,00	5,65	3,39	31800	alt	57,031	1,5	K25/50_T1	0,00657
									üst	89,731		K25/50_T1	0,00778
2	A	K25/50_T2	0,25	0,5	5,00	5,65	3,39	31800	alt	57,031	2,5	K25/50_T2	0,00657
									üst	89,731		K25/50_T2	0,00778
3	B	K25/50_T3	0,25	0,5	3,00	6,78	3,39	31800	alt	57,268	1,5	K25/50_T3	0,00652
									üst	106,072		K25/50_T3	0,00803
4	B	K25/50_T4	0,25	0,5	5,00	6,78	3,39	31800	alt	57,268	2,5	K25/50_T4	0,00652
									üst	106,072		K25/50_T4	0,00803
5	C	K25/50_T5	0,25	0,5	3,00	4,52	3,39	31800	alt	56,793	1,5	K25/50_T5	0,00661
									üst	73,221		K25/50_T5	0,00742
6	C	K25/50_T6	0,25	0,5	5,00	4,52	3,39	31800	alt	56,793	2,5	K25/50_T6	0,00661
									üst	73,221		K25/50_T6	0,00742

Daha önce bir adet kirişe ait elle hesaplanan değerler ve tüm kiriş kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri Tablo 6.3’te verilmiştir.

Tablo 6.3: Üç katlı binanın kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

	Tip	Eleman	θy (rad)	EI (kNm ²)	(EI) _e (kNm ²)	Rijitlik Çarpanı	Rijitlik Çarpanı ortalama	ε _{su}	L _p (m)	φ _u (1/m)	ε _s (GÖ)	θ _p (GÖ)	ε _s (KH)	θ _p (KH)	ε _s (SH)	θ _p (SH)
												(rad)	(rad)	(rad)	(rad)	
1	A	K25/50_T1	0,00629	82813	4534	0,055	0,066	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0128	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00703	82813	6378	0,077										
2	A	K25/50_T2	0,00818	82813	5811	0,070	0,083	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0131	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00933	82813	8016	0,097										
3	B	K25/50_T3	0,00626	82813	4574	0,055	0,072	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0128	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00719	82813	7378	0,089										
4	B	K25/50_T4	0,00813	82813	5868	0,071	0,091	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0131	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00957	82813	9241	0,112										
5	C	K25/50_T5	0,00632	82813	4496	0,054	0,060	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0128	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00681	82813	5373	0,065										
6	C	K25/50_T6	0,00822	82813	5759	0,070	0,076	0,080	0,25	0,07292	0,032	0,0131	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00899	82813	6790	0,082										

Section designer analiz sonucu ve yönetmelikteki denklemler kullanarak elde edilen değerler aynı kiriş kesitindeki kolonlar için de hesaplanmış, Tablo 6.4’te kolon kesitlerine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir.

Tablo 6.4: Üç katlı binanın kolon kesitlerine ait hesaplanan değerler

	Eleman	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (kN/m ²)	N (g+nq) (kN)	Mx-x (kNm)	My-y (kNm)	My (kNm)	Ls (m)	R	θ =	φ _y (1/m)
		Kolon	b		h	Yerleşim									
1	S35*35_T1	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800000	510	181,13	181,13	118,39	1,5	R2	0	0,01104
											118,39		R3	90	0,01104
2	S35*35_T2	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800000	360	181,13	181,13	102,61	1,5	R2	0	0,01082
											102,61		R3	90	0,01082
3	S35*35_T3	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800000	250	181,13	181,13	86,31	1,5	R2	0	0,01167
											86,31		R3	90	0,01167
4	S35*35_T4	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800000	170	181,13	181,13	81,51	1,5	R2	0	0,01140
											81,51		R3	90	0,01140
5	S30*30_T5	0,30	0,30	3,00	6x12	12	31800000	170	168,89	168,89	59,23	1,5	R2	0	0,01097
											59,23		R3	90	0,01097
6	S30*30_T6	0,30	0,30	3,00	6x12	12	31800000	120	168,89	168,89	54,79	1,5	R2	0	0,01087
											54,79		R3	90	0,01087

Tablo 6.5'te kolon kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri verilmiştir.

Tablo 6.5: Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

	Eleman	θ _y (rad)	EI (kNm ²)	(EI) _e (kNm ²)	Rijitlik Çarpımı	ε _{su}	L _p (m)	φ _u (1/m)	ε _s (GÖ)	θ _p (GÖ)	ε _s (KH)	θ _p (KH)	ε _s (SH)	θ _p (SH)
1	S35*35_T1	0,00903	39767	6558	0,165	0,0495	0,175	0,1583	0,019	0,0228	0,0149	0,017	0,0075	0
		0,00903	39767	6558	0,165	0,0495	0,175	0,1583	0,019	0,0228	0,0149	0,017	0,0075	0
2	S35*35_T2	0,00889	39767	5773	0,145	0,0580	0,175	0,1712	0,023	0,0248	0,0174	0,019	0,0075	0
		0,00889	39767	5773	0,145	0,0580	0,175	0,1712	0,023	0,0248	0,0174	0,019	0,0075	0
3	S35*35_T3	0,00943	39767	4578	0,115	0,0712	0,175	0,1929	0,028	0,0280	0,0214	0,021	0,0075	0
		0,00943	39767	4578	0,115	0,0712	0,175	0,1929	0,028	0,0280	0,0214	0,021	0,0075	0
4	S35*35_T4	0,00925	39767	4404	0,111	0,0800	0,175	0,1546	0,032	0,0222	0,0240	0,017	0,0075	0
		0,00925	39767	4404	0,111	0,0800	0,175	0,1546	0,032	0,0222	0,0240	0,017	0,0075	0
5	S30*30_T5	0,00870	21465	3405	0,159	0,0800	0,150	0,1282	0,032	0,0158	0,0240	0,012	0,0075	0
		0,00870	21465	3405	0,159	0,0800	0,150	0,1282	0,032	0,0158	0,0240	0,012	0,0075	0
6	S30*30_T6	0,00864	21465	3172	0,148	0,0800	0,150	0,1250	0,032	0,0153	0,0240	0,012	0,0075	0
		0,00864	21465	3172	0,148	0,0800	0,150	0,1250	0,032	0,0153	0,0240	0,012	0,0075	0

6.1.4 Statik itme analizlerinin sonucunda tepe yer değiştirmesi- taban kesme kuvveti eğrilerinin elde edilmesi

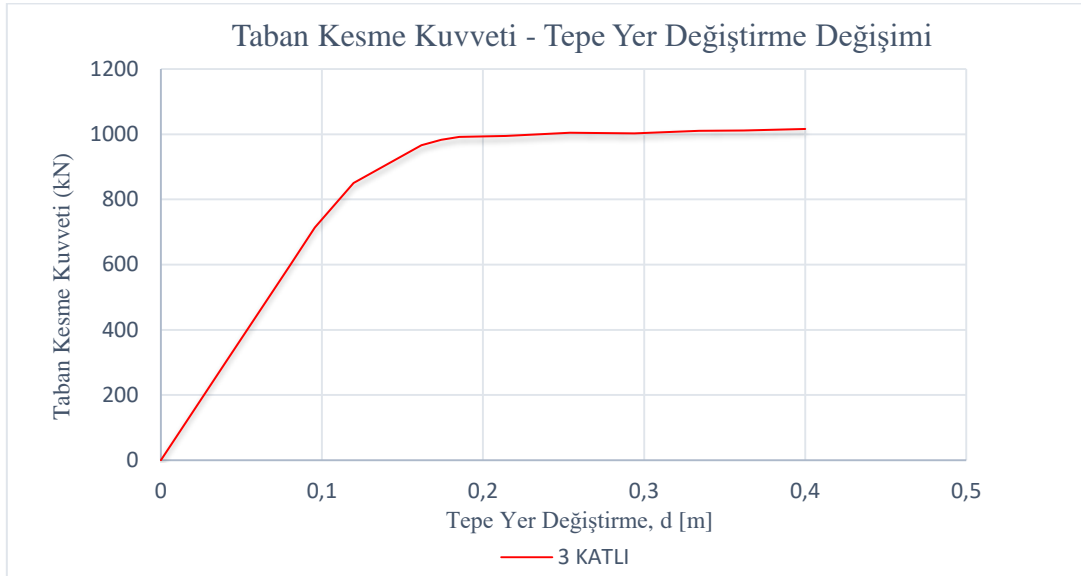
Statik itme yönteminde, taşıyıcı sistem depreme esas alan düşey yükler etki ettikten sonra deprem yükünü temsil eden birinci titreşim mod genlikleri ile orantılı olan ve kat seviyelerine etkiyen yatay yükler aralarındaki oran sabit olacak şekilde adım adım artırılır. Sistemde daha önce plastik mafsallı oluşabilecek kesitler (kolon ve kirişlerin uç kesitler) tespit edilir ve bu kesitlerde plastik mafsallı tanımlı yapılır. Böylece bu kesitlerdeki etkiler (eğilme momenti ve normal kuvvet) kapasitenin üzerine çıktığında etkilerin artmaması ve elastik ötesi şekil değiştirmeler meydana gelmesi sağlanır. Yatay yükün artımına bağlı olarak elemanlarda kalıcı

(elastik ötesi) şekil değiştirmelerin toplandığı plastik mafsallar oluşmaktadır. Plastik mafsalların oluşması sonucunda taşıyıcı sistemin yatay yüke karşı yanal rijitliği azalır. Statik itme eğrisinin yataylaşmasına neden olan bu durum sistemin mekanizma durumuna gelip güç tükenmesine erişmesi ile son bulur. Kat seviyelerine etkiyen yatay yüklerin aralarındaki oran sabit olacak şekilde adım adım artırılması sonucu her bir adımda taşıyıcı sistemde oluşan taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerlerinin eksen takımına yerleştirilmesi ile taşıyıcı sistemin yatay yük karşılama özelliğine temsil eden statik itme eğrisi elde edilmiş olur. Statik itme eğrisi incelendiğinde; yük değerinin küçük olduğu ve plastik mafsalların henüz oluşmadığı başlangıç durumunda taşıyıcı sistemin elastik bir davranış gösterdiği, yük artımına bağlı olarak plastik mafsalların oluşmasıyla doğrusal olmayan davranışa geçildiği görülebilir. Statik itme eğrisi oluşturularak taşıyıcı sistemin dayanımını kaybetmeden yapacağı plastik şekil değiştirme miktarı elde edilir. Bu sayede binaların sünekliliği hakkında fikir sahibi olunabilir. Tablo 6.6’da analiz sonucu elde edilen tepe yer değiştirme ve taban kesme kuvvetlerinin değerleri verilmiştir.

Tablo 6.6: Üç katlı binanın tepe yer değiştirme - taban kesme kuvveti değerleri.

3 Katlı	Tepe Yer Değiştirme (m)	0	0,04	0,08	0,10	0,12	0,16	0,17	0,19	0,21	0,25	0,29	0,33	0,36	0,40
	Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	299	598	714	850	961	983	992	995	1005	1003	1010	1012	1012

Şekil 6.3’te gerçekleştirilen analizler sonucunda binaların, itme eğrisi veya kapasite eğrisi olarak da adlandırılan tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 6.3 : Üç katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme değişimi

Şekil 6.3’teki grafik incelendiğinde taban kesme kuvveti arttıkça binanın tepe yer değiştirmesi değerlerinin binanın kapasite değerine ulaşmaya kadar arttığı görülmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda grafikten de anlaşılacağı üzere üç katlı binanın performans noktası değerleri taban kesme kuvveti 961 kN, buna karşılık gelen tepe yer değiştirme değeri ise 0,14 m’dir. Spektrum eğrisi ile statik itme eğrisinin kesişme noktasından performans durumları, spektral ivme ve spektral deplasman değerleri bölüm 6.1.4’de bina performans noktasının belirlenmesi başlığı altında incelenmiştir. Üç katlı binanın birinci katındaki kolonların (en alt kat), G+nQ yüklemesinden elde edilen her bir kolona ait normal kuvvet, moment kapasiteleri

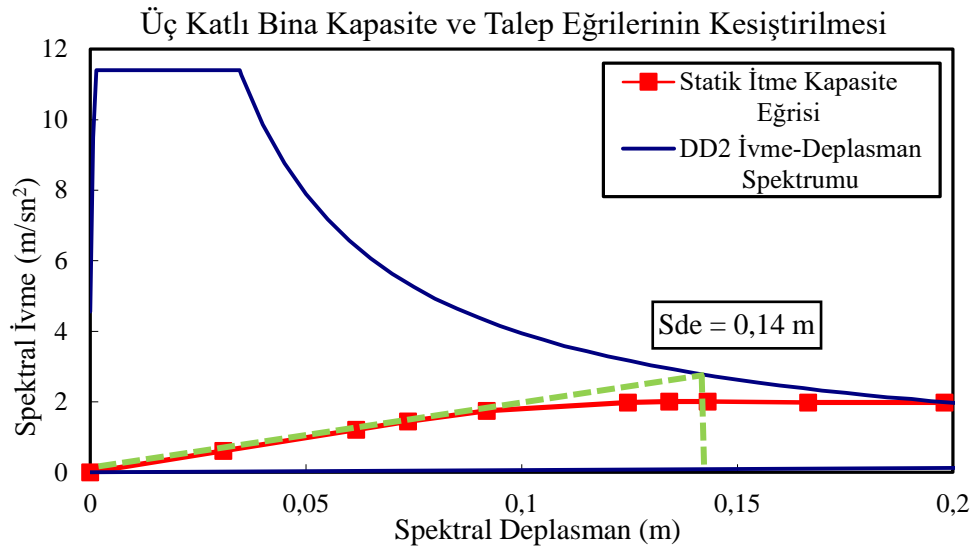
ve moment kapasitelerinin kat yüksekliğine bölünmesi sonucu elde edilen kesme kuvveti kapasite değerleri Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7: Üç katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri

Kolon	Kolon Tipi	P (kN)	Malt-üst (kNm)	Kat Yüksekliği (h)	Vkapasite=(Malt+Müst)/h (kN)	Alt Ve Üst Uç Kolon Momentleri		
						Malt	Müst	Malt+üst
S101	TİP 1	250	18,93	3	6,310	6,29	12,64	18,93
S102	TİP1	360	12,57	3	4,190	4,18	8,39	12,57
S103	TİP 1	360	12,57	3	4,190	4,18	8,39	12,57
S104	TİP 1	250	18,93	3	6,310	6,29	12,64	18,93
S105	TİP 1	358	13,54	3	4,513	7,82	5,72	13,54
S106	TİP 1	510	15,07	3	5,023	5,01	10,06	15,07
S107	TİP 1	510	15,07	3	5,023	5,01	10,06	15,07
S108	TİP 1	358	13,54	3	4,513	7,82	5,72	13,54
S109	TİP 1	358	13,54	3	4,513	7,82	5,72	13,54
S110	TİP 1	510	15,07	3	5,023	5,01	10,06	15,07
S111	TİP 1	510	15,07	3	5,023	5,01	10,06	15,07
S112	TİP 1	358	13,54	3	4,513	7,82	5,72	13,54
S113	TİP 1	250	18,93	3	6,310	6,29	12,64	18,93
S114	TİP 1	360	12,57	3	4,190	4,18	8,39	12,57
S115	TİP 1	360	12,57	3	4,190	4,18	8,39	12,57
S116	TİP 1	250	18,93	3	6,310	6,29	12,64	18,93

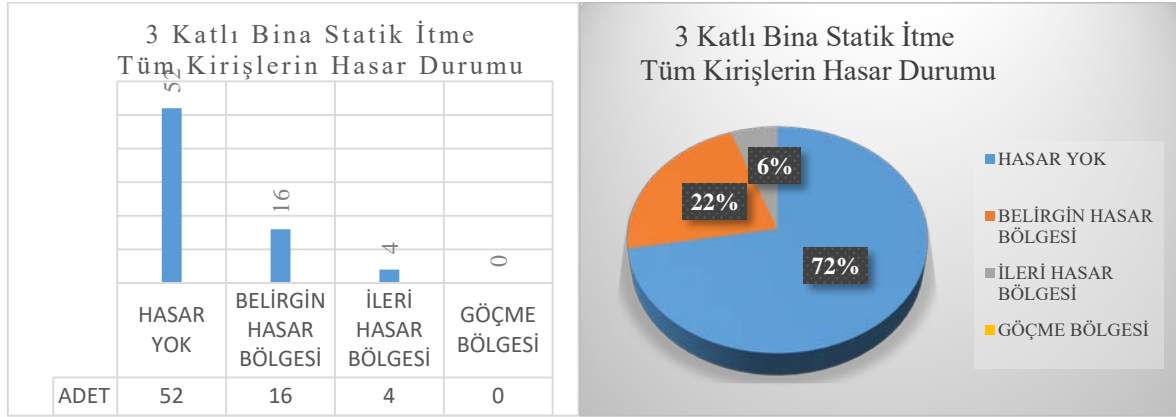
6.1.5 Bina performans noktasının belirlenmesi

Göz önüne alınan üç katlı bina için taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafikleri elde edildikten sonra performans noktasının bulunması için elastik spektrum eğrisi ve statik itme eğrisinde gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra iki eğri kesiştirilerek depremin çerçevelerden binanın taşıyıcı sisteminden talep ettiği yer değiştirme değerleri elde edilecektir. Elde edilen bu itme eğrilerinden “Modal Kapasite Diyagramları (Modal yer değiştirme – modal ivme)” elde edilmiştir. Şekil 6.4’te görüldüğü üzere üç katlı binaya ait kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi sonucunda binanın spektral yer değiştirme (deplasman) değeri 0,14 m bulunmuştur.



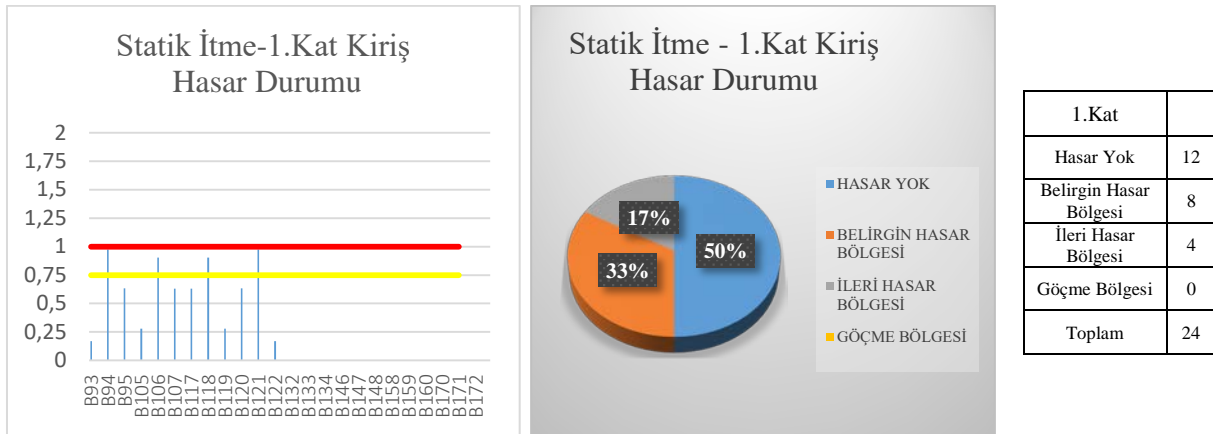
Şekil 6.4 : Üç katlı bina kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi

Bina performans seviyesinin belirlenmesinde TBDY 2018’de bina performans seviyesi, kolon ve kiriş taşıyıcı sistem elemanlarının hasar seviyeleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, SAP2000 programı yardımı ile hesaplanan plastik dönme değerleri bulunmuş ve yönetmeliğe uygun olarak her bir performans seviyesi için hesap edilmiş plastik dönme sınır değerleri ile karşılaştırılarak hasar seviyeleri elde edilmiştir. Böylece taşıyıcı sistem elemanları için hasar seviyelerine karar verilmiştir. Üç katlı bina için yapılan statik itme sonucunda elde edilen performans değerleri tablo ve grafiklerle verilmiştir. Üç katlı binanın kirişlerinin hasar durumları, her kat için ve binanın tamamı için ayrı ayrı şekillerle verilmiştir. Göz önüne alınan üç katlı binadaki tüm kiriş kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.5’te verilmiştir.



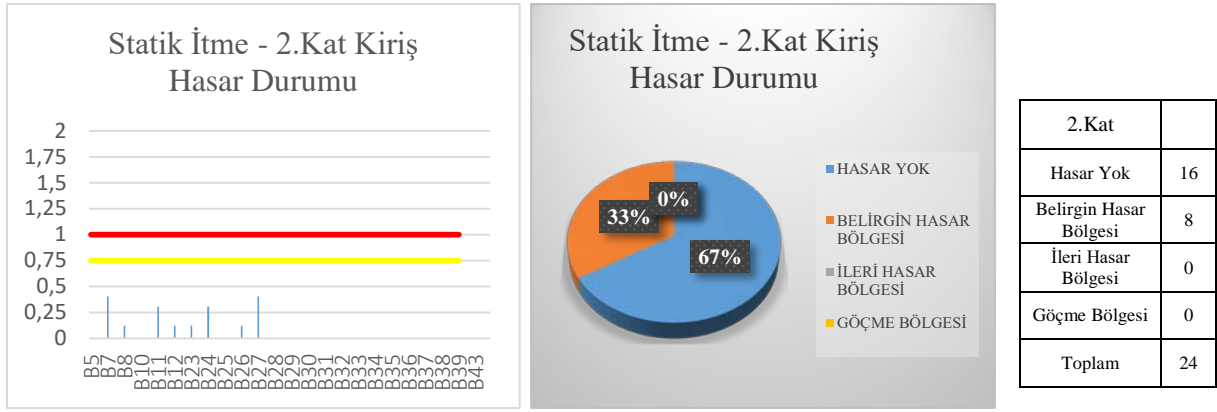
Şekil 6.5 : Üç katlı tüm bina kirişleri hasar durumları

Şekil 6.5’te görüldüğü gibi üç katlı binada toplam 72 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 20 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 22’si Belirgin Hasar bölgesinde (BHB), % 6’sı İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 72’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



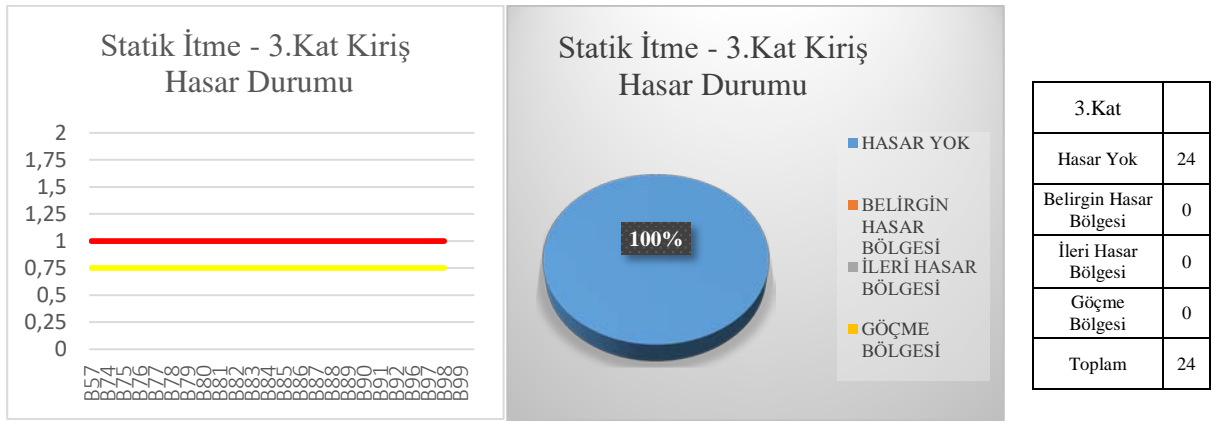
Şekil 6.6 : Üç katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları

Şekil 6.6’da görüldüğü üzere üç katlı binanın birinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 12 adedi en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 33’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 17’si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.7 : Üç katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları

Şekil 6.7’de görüldüğü üzere üç katlı binanın ikinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 8 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 33’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 67’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.8 : Üç katlı bina üçüncü kat kirişleri hasar durumları

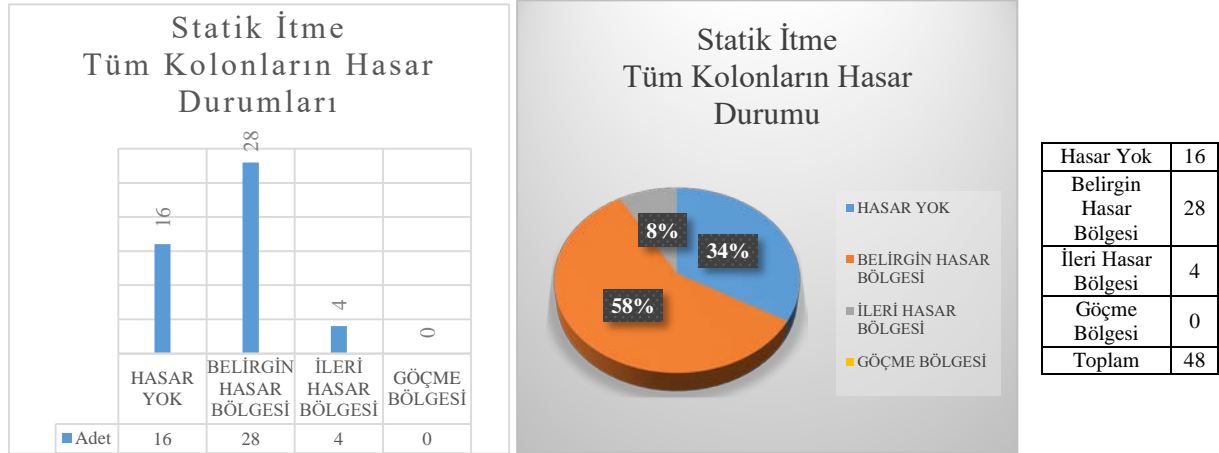
Şekil 6.8’de görüldüğü üzere üç katlı binanın üçüncü katında toplam 24 adet kiriş vardır. Üçüncü kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Üç katlı binadaki tüm kirişlerin performans değerlerinin bir kısmı Tablo 6.8’ de verilmiştir. Tüm kirişlerin hasar performans durumları ekte verilmiştir.

Tablo 6.8’de kirişlerin analiz sonucu elde edilen plastik dönme, eğilme momenti, hasar bölgelerine göre dönme sınır değerleri gösterilmiştir. Bu tabloda analiz sonucu elde edilen maksimum plastik dönme değerleri, sınır dönme değerleriyle karşılaştırılarak hasar durumu belirlenmiştir.

Tablo 6.8: Üç katlı bina için birinci kat kirişlerinin performans değerleri

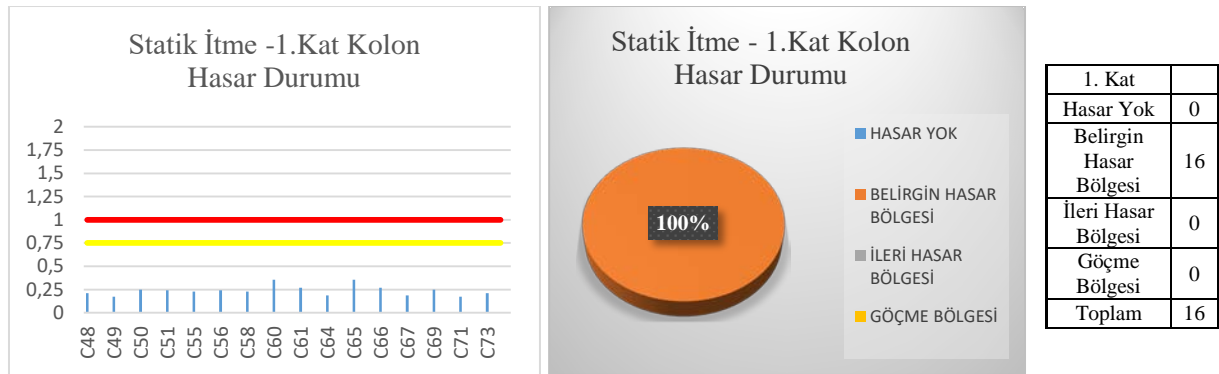
Kat	Kiriş Numarası	Tanımlanan Mafsal türü	M3	R3 Plastik Dönme	Maksimum Plastik Dönme (rad)	θ_p (KH) (rad)	θ_p (GÖ) (rad)	Durum
			kNm	rad				
Kat 1	B93	K25*50_T4 Hinge	-38	0	0,0022	0,0100	0,0131	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	B93	K25*50_T4 Hinge	64	0,0022				
Kat 1	B93	K25*50_T4 Hinge	-125	-0,0141				
Kat 1	B93	K25*50_T4 Hinge	-42	0				
Kat 1	B94	K25*50_T3 Hinge	-18	0	0,0125	0,0100	0,0128	İleri Hasar Bölgesi
Kat 1	B94	K25*50_T3 Hinge	64	0,0125				
Kat 1	B94	K25*50_T3 Hinge	-125	-0,0051				
Kat 1	B94	K25*50_T3 Hinge	-18	0				
Kat 1	B95	K25*50_T4 Hinge	-42	0	0,0083	0,0100	0,0131	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	B95	K25*50_T4 Hinge	63	0,0083				
Kat 1	B95	K25*50_T4 Hinge	-125	-0,0101				
Kat 1	B95	K25*50_T4 Hinge	-38	0				
Kat 1	B105	K25*50_T2 Hinge	-26	0	0,0037	0,0100	0,0131	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	B105	K25*50_T2 Hinge	63	0,0037				
Kat 1	B105	K25*50_T2 Hinge	-105	-0,0140				
Kat 1	B105	K25*50_T2 Hinge	-31	0				
Kat 1	B106	K25*50_T1 Hinge	-13	0	0,0116	0,0100	0,0128	İleri Hasar Bölgesi
Kat 1	B106	K25*50_T1 Hinge	63	0,0116				
Kat 1	B106	K25*50_T1 Hinge	-104	-0,0075				
Kat 1	B106	K25*50_T1 Hinge	-13	0				
Kat 1	B107	K25*50_T2 Hinge	-31	0	0,0083	0,0100	0,0131	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	B107	K25*50_T2 Hinge	64	0,0083				
Kat 1	B107	K25*50_T2 Hinge	-105	-0,0102				
Kat 1	B107	K25*50_T2 Hinge	-26	0				
Kat 1	B117	K25*50_T2 Hinge	64	0,0083	0,0083	0,0100	0,0131	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	B117	K25*50_T2 Hinge	-31	0				
Kat 1	B117	K25*50_T2 Hinge	-26	0				
Kat 1	B117	K25*50_T2 Hinge	-105	-0,0102				

Göz önüne alınan üç katlı binadaki tüm kolon kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.9’da verilmiştir. Diğer tüm kesitler ekte yer almaktadır.



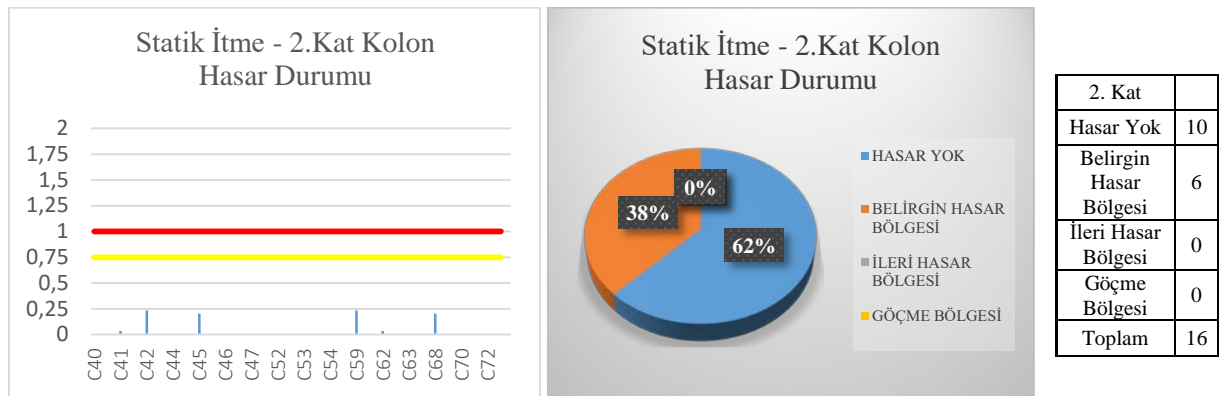
Şekil 6.9: Üç katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları

Şekil 6.9’da görüldüğü üzere üç katlı binada toplam 48 adet kolon vardır. Bu kirişlerinin 32 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 58’i Belirgin Hasar Bölgesinde(BHB), % 8’i İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 34’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



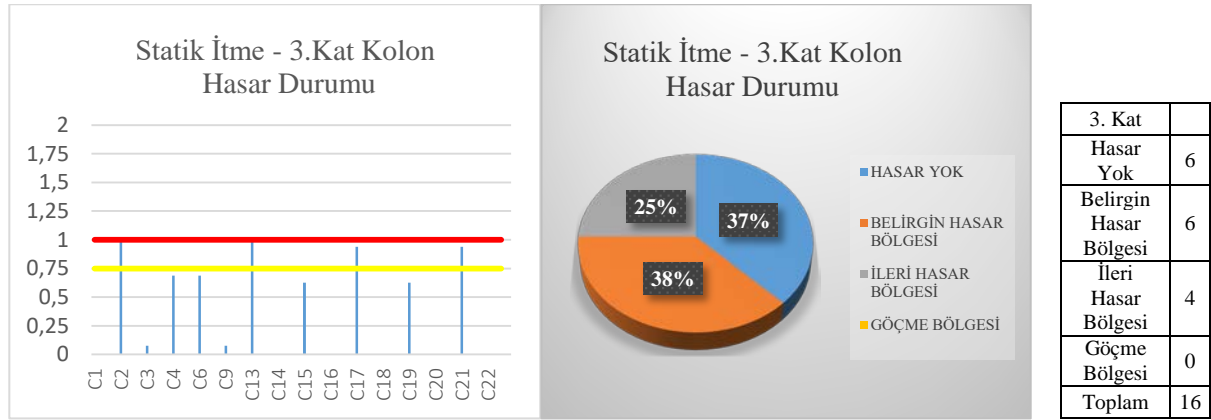
Şekil 6.10: Üç katlı binanın birinci kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.10’da görüldüğü üzere üç katlı binanın birinci katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 16 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin tamamı % 100’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.11: Üç katlı binanın ikinci kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.11’de görüldüğü üzere üç katlı binanın ikinci katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 6 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 38’i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 62’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.12: Üç katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.12’de görüldüğü üzere üç katlı binanın üçüncü katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 38’i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25’i İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 37’si Hasarsızdır.

Tablo 6.9: Üç katlı bina için birinci kat kolonlarının performans değerleri

Kat	Kolon Numarası	P	M2	M3	R2 Plastik Dönme	R3 Plastik Dönme	Maksimum Plastik Dönme (rad)	θ_p (KH) (rad)	θ_p (GÖ) (rad)	DURUM
		kN	kNm	kNm	rad	rad				
Kat 1	C48	-350	-6,70	-15,25	0	0	0,0053	0,0190	0,0248	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C48	-359	3,93	127,01	0,0006	0,0053				
Kat 1	C48	-438	-8,20	-60,10	0	0				
Kat 1	C48	-446	-0,49	7,35	0	0				
Kat 1	C49	-502	-8,65	9,76	0	0	0,0039	0,0170	0,0228	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C49	-511	4,85	138,84	0,0006	0,0039				
Kat 1	C49	-562	-10,08	-82,54	0	0				
Kat 1	C49	-571	0,79	-4,71	0	0				
Kat 1	C50	-446	-7,69	-9,76	0	0	0,0057	0,0170	0,0228	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C50	-448	4,91	128,94	0,0012	0,0057				
Kat 1	C50	-502	-10,40	-85,94	0	0				
Kat 1	C50	-511	-3,43	4,71	0	0				
Kat 1	C51	-262	-7,04	15,25	0	0	0,0060	0,0190	0,0248	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C51	-271	3,94	107,86	0,0005	0,0060				
Kat 1	C51	-350	-8,17	-30,93	0	0				
Kat 1	C51	-359	0,22	-7,35	0	0				
Kat 1	C55	-162	12,46	12,26	0	0	0,0063	0,0210	0,0280	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C55	-171	-0,01	96,36	0	0,0063				
Kat 1	C55	-242	10,73	-30,93	0	0				
Kat 1	C55	-251	-6,01	-5,91	-0,0009	0				
Kat 1	C56	-262	8,17	15,25	0	0	0,0060	0,0190	0,0248	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C56	-271	-0,22	107,86	0	0,0060				
Kat 1	C56	-350	7,04	-30,93	0	0				
Kat 1	C56	-359	-3,94	-7,35	-0,0005	0				
Kat 1	C58	-162	-10,73	12,26	0	0	0,0063	0,0210	0,0280	Belirgin Hasar Bölgesi
Kat 1	C58	-171	6,01	96,36	0,0009	0,0063				
Kat 1	C58	-242	-12,46	-30,93	0	0				
Kat 1	C58	-251	0,01	-5,91	0	0				

Tablo 6.9’da ikinci sütun kolon eleman numaralarını, üçüncü sütun kolonlara gelen normal kuvvet değerlerini, sırasıyla M2 ve M3 değerleri farklı eksenlerdeki eğilme momentlerini, R2 ve R3 kesitteki momentten dolayı oluşan farklı eksenlerdeki dönmeyi, maksimum plastik dönme değeri ise R2 veya R3 değerlerinden maksimum olanı, θ_p (KH) ve θ_p (KH) değerleri ise yönetmelikte belirtilen denklemlere bağlı olarak hesap edilen sınır koşullardır.

Göz önüne alınan 3 katlı binanın kolon ve kirişlerinin hasar ve performans değerlendirilmesi:
İlgili kesite ait kesit analizinden elde edilen moment-eğrilik ilişkisine gidilerek toplam eğrilik istemine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait plastik mafsal dönmeleri elde edilmiştir. Elde edilen plastik mafsal dönmeleri daha sonra kesitlerin plastik mafsal dönme kapasiteleri ile karşılaştırılarak hasar durumu belirlenmiştir.

Kirişler için:

- Toplam 24 adet olan 1. kat kirişlerinin 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 33’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 17’si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

-Toplam 24 adet olan 2. kat kirişlerinin 8 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 33’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 67’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 24 adet olan 3. kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

Kolonlar için:

- Toplam 16 adet olan 1. kat kolonlarının tamamı plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 100’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB) kaldığı tespit edilmiştir.

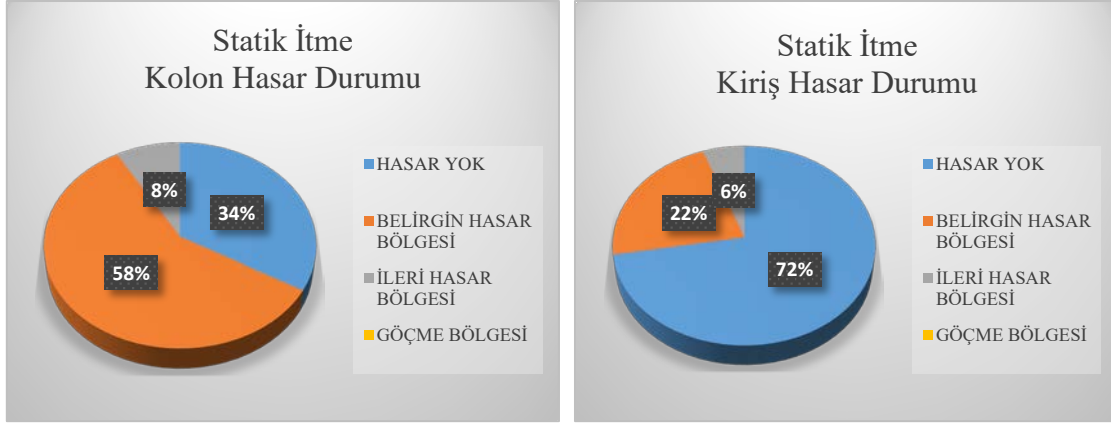
- Toplam 16 adet olan 2. kat kolonlarının 6 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 38’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 62’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 16 adet olan 3. kat kolonlarının 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 37’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25’i İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 38’i Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6.10’da üç katlı binanın katlara göre elde edilen kolon ve kirişlerine göre hasar oranları verilmiştir.

Tablo 6.10: Üç katlı binanın katlara göre hasar oranları

Üç Katlı Binanın Katlara Göre Hasar Bölgeleri					
3 Katlı		Hasarsız	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
Kirişler	1. Kat	50%	33%	17%	
	2. Kat	67%	33%		
	3. Kat	100%			
Kolonlar	1. Kat		100%		
	2. Kat	62%	38%		
	3. Kat	38%	37%	25%	

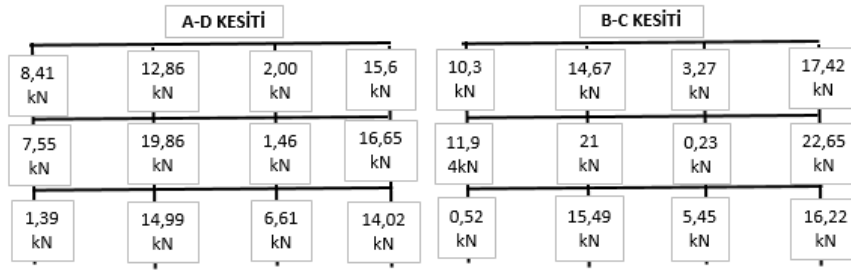


Şekil 6.13: Üç katlı binaya ait tüm kolon ve kirişlerin hasar durumları

Üç Katlı Bina için Kontrollü Hasar Performans Düzeyi Kontrolü

Başlangıçta da belirtildiği gibi, binanın tasarımı TBDY kurallarına göre konut olarak kullanılan binada dolaylı olarak kontrollü hasar düzeyi kabul edilerek yapılmıştır. TBDY verilen kuralların bu bina sağlanacağını dolaylı olarak öngörmüştür. Bu bölümde bu binanın TBDY de mevcut binalar için öngörülen kontrollü hasar düzeyini sağlayıp sağlamadığı incelenecektir.

Göz önüne alınan 3 katlı binada İleri Hasar Bölgesine geçen 3.kat seviyesindeki 4 adet kolon için (C2,C13,C17 ve C21 kolonları) TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığında belirtilen; “(b) İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir.” maddesi gereğince gerekli kontroller şu şekilde yapılmıştır. Performans durumunda kat kesme kuvvetleri hesap edilerek incelenen kolonların kat kesme kuvvetinin olan katkıları hesaplanacaktır: Katlara etki eden kesme kuvvetleri değerleri Şekil 6.14’te verilmiştir.



Şekil 6.14: Üç katlı binada katlara etki eden kesme kuvvetleri değerleri

3. Kat toplam kesme kuvveti:

$$(8,41+12,86+2+15,6) \times 2 + (10,3+14,67+ 3,27+17,42) \times 2=169,06 \text{ kN}$$

2. Kat toplam kesme kuvveti:

$$(7,55+19,86+1,46+16,65) \times 2 + (11,94+21+0,23+22,65) \times 2= 202,68 \text{ kN}$$

1. Kat toplam kesme kuvveti:

$$(1,39+14,99+6,61+14,02) \times 2 + (0,52+15,49+5,45+16,22) \times 2= 149 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam } V_t= 520 \text{ kN}$$

3 Kat Statik itme sonucunda ileri hasar bölgesinde kalan

C2 Kolonu= $V_t = 12,86$ kN , C13 Kolonu= $V_t = 14,67$ kN,

C21 Kolonu= $V_t = 12,86$ kN, C17 Kolonu= $V_t = 14,67$ kN

$V_t (C_2+C_{13}+C_{17}+C_{21}) = 12,86+14,67+14,67+14,67+12,86 = 55,06$ kN

“En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir” denildiğinden $55,06/169,06 = \%32,5 < \%40$ koşulu kolonlar için sağlamaktadır.

Göz önüne alınan 3 katlı binada ileri hasar bölgesine geçen 1.kat seviyesindeki 4 adet kiriş için (B94, B106, B118 ve B121 kirişleri) TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığında belirtilen; “ (a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35’i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir.” maddesi gereğince; İleri Hasar Bölgesine geçen kirişlerin binadaki tüm kirişlere oranı % 6 iken, 1.kat seviyesindeki kirişlerle oranı ise % 17 olarak bulunmuştur. Elde edilen oranlar kıyaslandığında, ileri hasar bölgesine geçen kirişler yönetmeliğin belirlediği %35 sınır değerinin altında kalarak yönetmelik koşulunu kirişler için sağlamaktadır. Bu durumda binanın kolon ve kirişlerinin kontrollü hasar düzeyini sağladığı tespit edilmiş olur.

6.2. Beş Katlı Bina Statik İtme Analizi Ve Değerlendirme

6.2.1. Serbest Titreşim Sonuçları

SAP2000 V20 programında hesaplanan binaların serbest titreşim sonuçları Tablo 6.11’de verilmiştir. Bina mod şekillerinin hesaplanmasında kat seviyelerinde rijit diyaframlar tanımlanarak, x ve y doğrultularında (x ve y doğrultuları simetrik) ötelenme ve düşey eksen etrafında dönme serbestlikleri göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 6.11’de sadece ilk 6 moda yer verilmiştir. Yapılan hesaplarda döşeme, kiriş ve kolonlar için TBDY de verilen etkin eğilme rijitliği göz önüne alınarak hesap yapılmıştır.

Tablo 6.11: Beş katlı bina modal analiz sonuçları

Bina Tipi	Mod No	Periyot (s)	Modal Kütle Oranları					
			UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
5 Katlı	1	1,88	0,00	0,87	0,00	0,00	0,87	0,00
	2	1,88	0,87	0,00	0,00	0,87	0,87	0,00
	3	1,52	0,00	0,00	0,87	0,87	0,87	0,87
	4	0,57	0,00	0,03	0,00	0,87	0,90	0,87
	5	0,57	0,03	0,00	0,00	0,90	0,90	0,87
	6	0,49	0,00	0,00	0,04	0,90	0,90	0,91

Birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0,70 den fazladır. Bina, planda simetrik olduğundan ötürü burulma düzensizliği yoktur. ($\eta_{bi} < 1,4$). Bina planda simetrik olduğu için ilk titreşim mod şekli x doğrultusunda ve ikinci titreşim mod şekli y doğrultusunda olup, üçüncüsü burulma titreşimidir. Göz önüne alınan beş katlı binanın ağırlığı 9981 kN bulunmuştur.

a) Sap2000 section designer sonucu elde edilen değerlerin TBDY 2018’de belirtilen formüller kullanılarak hesaplanması.

Bir öncedeki bölüm 6.1’deki analiz yönteminde yapılan işlemler adım adım açıklanmış ve kullanılan denklemler ayrıntılı olarak verilmiş olduğundan, bu bölümde yapılan hesaplarda da aynı işlemler yapıldığından dolayı elde edilen sonuçlar direk olarak tablolar ve grafikler halinde verilmiştir. Tablo 6.12’de beş katlı binanın kiriş kesitine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir.

Tablo 6.12: Beş katlı bina kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerleri

	Tip	Eleman	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (MPa)		My (kNm)	Ls (m)	ϕ_y (1/m)
			b	h		Üst	Alt					
1	A	K25/50_T1	0,25	0,5	3,00	6,79	3,39	31800	alt	56,68	1,5	0,0077
									üst	108,55		0,0082
2	A	K25/50_T2	0,25	0,5	5,00	6,79	3,39	31800	alt	56,68	2,5	0,0077
									üst	108,55		0,0082
3	B	K25/50_T3	0,25	0,5	3,00	7,92	4,52	31800	alt	73,28	1,5	0,0076
									üst	131,20		0,0082
4	B	K25/50_T4	0,25	0,5	5,00	7,92	4,52	31800	alt	73,28	2,5	0,0076
									üst	131,20		0,0082
6	C	K25/50_T5	0,25	0,5	3,00	5,65	3,39	31800	alt	55,71	1,5	0,0078
									üst	97,83		0,0078
7	D	K25/50_T6	0,25	0,5	5,00	5,65	3,39	31800	alt	55,71	2,5	0,0078
									üst	97,83		0,0078
8	D	K25/50_T7	0,25	0,5	3,00	4,52	3,39	31800	alt	56,51	1,5	0,0073
									üst	73,47		0,0082
9	E	K25/50_T8	0,25	0,5	5,00	4,52	3,39	31800	alt	56,51	2,5	0,0073
									üst	73,47		0,0082
10	E	K25/50_T9	0,25	0,5	3,00	3,39	3,39	31800	alt	56,45	1,5	0,0077
									üst	56,45		0,0077
11	E	K25/50_T10	0,25	0,5	5,00	3,39	3,39	31800	alt	56,45	2,5	0,0077
									üst	56,45		0,0077

Kiriş kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri Tablo 6.13'te verilmiştir.

Tablo 6.13: Beş katlı bina kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

		Eleman	θ_y (rad)	EI (kNm ²)	(EI) _e (kNm ²)	Rijitlik Çarpanı	Rijitlik Çarpanı ortalama	ϵ_{su}	L_p (m)	ϕ_u (1/m)	ϵ_s (GÖ)	θ_p (GÖ)	ϵ_s (KH)	θ_p (KH)	ϵ_s (SH)	θ_p (SH)
	Tip	Kiriş										(rad)		(rad)		(rad)
1	A	K25/50_T1	0,00699	82813	4057	0,049	0,069	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00732	82813	7417	0,090		0,080	0,25	0,08173	0,032	0,0142	0,024	0,011	0,0075	0
2	A	K25/50_T2	0,00925	82813	5105	0,062	0,087	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00976	82813	9264	0,112		0,080	0,25	0,08173	0,032	0,0146	0,024	0,011	0,0075	0
3	B	K25/50_T3	0,00692	82813	5292	0,064	0,086	0,080	0,25	0,07772	0,032	0,0135	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00729	82813	8995	0,109		0,080	0,25	0,08269	0,032	0,0144	0,024	0,011	0,0075	0
4	B	K25/50_T4	0,00916	82813	6668	0,081	0,108	0,080	0,25	0,07772	0,032	0,0139	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00973	82813	11241	0,136		0,080	0,25	0,08269	0,032	0,0148	0,024	0,011	0,0075	0
6	C	K25/50_T5	0,00705	82813	3953	0,048	0,066	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00705	82813	6941	0,084		0,080	0,25	0,07981	0,032	0,0139	0,024	0,010	0,0075	0
7	D	K25/50_T6	0,00935	82813	4967	0,060	0,083	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00935	82813	8722	0,105		0,080	0,25	0,07981	0,032	0,0143	0,024	0,011	0,0075	0
8	D	K25/50_T7	0,00674	82813	4192	0,051	0,056	0,080	0,25	0,07772	0,032	0,0136	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00729	82813	5037	0,061		0,080	0,25	0,0777	0,032	0,0134	0,024	0,010	0,0075	0
9	E	K25/50_T8	0,00887	82813	5307	0,064	0,070	0,080	0,25	0,07772	0,032	0,0139	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00973	82813	6295	0,076		0,080	0,25	0,0777	0,032	0,0138	0,024	0,010	0,0075	0
10	E	K25/50_T9	0,00699	82813	4040	0,049	0,049	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00699	82813	4040	0,049		0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
11	E	K25/50_T10	0,00925	82813	5084	0,061	0,061	0,080	0,25	0,07692	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,00925	82813	5084	0,061		0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0

Section designer analiz sonucu ve yönetmelikteki denklemler kullanarak elde edilen değerler aynı kiriş kesitindeki kolonlar için de hesaplanmış, Tablo 6.14'de kolon kesitlerine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir.

Tablo 6.14: Kolon kesitlerine ait hesaplanan değerler

	Eleman	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (MPa)	N (g+nq) (kN)	M _{x-x} (kNm)	M _{y-y} (kNm)	M _y (kNm)	L _s (m)	R	$\theta =$	ϕ_y (1/m)
	Kolon	b	h		Yerleşim	Çap									
1	S45*45_T1	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	850	280,30	280,30	204,77	1,5	R2	0	0,01089
											204,77		R3	90	0,01089
2	S45*45_T2	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	670	280,30	280,30	189,65	1,5	R2	0	0,01071
											189,65		R3	90	0,01071
3	S45*45_T3	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	500	280,30	280,30	160,39	1,5	R2	0	0,01135
											160,39		R3	90	0,01135
4	S40*40_T4	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	500	181,13	181,13	112,87	1,5	R2	0	0,01209
											112,87		R3	90	0,01209
5	S40*40_T5	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	360	181,13	181,13	96,78	1,5	R2	0	0,01139
											96,78		R3	90	0,01139
6	S40*40_T6	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	260	181,13	181,13	86,20	1,5	R2	0	0,01203
											86,20		R3	90	0,01203
7	S35*35_T7	0,30	0,3	3,00	6x14	14	31800	170	121,66	121,66	59,59	1,5	R2	0	0,01412
											59,59		R3	90	0,01412
8	S35*35_T8	0,30	0,3	3,00	6x14	14	31800	120	121,66	121,66	57,44	1,5	R2	0	0,01370
											57,44		R3	90	0,01370

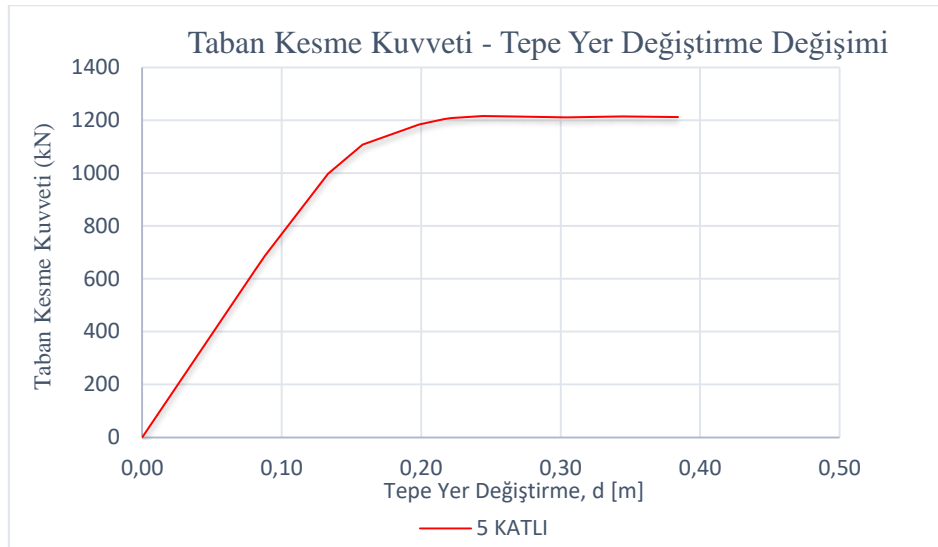
Tablo 6.15'te kolon kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri verilmiştir.

Tablo 6.15: Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

	Eleman	θ_y (rad)	EI (kNm ²)	(EI) _e (kNm ²)	Rijitlik Çarpanı	ϵ_{su}	L _p (m)	ϕ_u (1/m)	ϵ_s (GÖ)	θ_p (GÖ)	ϵ_s (KH)	θ_p (KH)	ϵ_s (SH)	θ_p (SH)
	Kolon									(rad)		(rad)		(rad)
1	S45*45_T1	0,00901	67840	11368	0,168	0,0800	0,200	0,1571	0,032	0,0248	0,024	0,019	0,0075	0
		0,00901	67840	11368	0,168	0,0800	0,200	0,1571	0,032	0,0248	0,024	0,019	0,0075	0
2	S45*45_T2	0,00889	67840	10664	0,157	0,0800	0,200	0,1482	0,032	0,0233	0,024	0,018	0,0075	0
		0,00889	67840	10664	0,157	0,0800	0,200	0,1482	0,032	0,0233	0,024	0,018	0,0075	0
3	S45*45_T3	0,00930	67840	8625	0,127	0,0800	0,200	0,1365	0,032	0,0213	0,024	0,016	0,0075	0
		0,00930	67840	8625	0,127	0,0800	0,200	0,1365	0,032	0,0213	0,024	0,016	0,0075	0
4	S40*40_T4	0,00969	39767	5823	0,146	0,0800	0,175	0,2513	0,032	0,0368	0,024	0,028	0,0075	0
		0,00969	39767	5823	0,146	0,0800	0,175	0,2513	0,032	0,0368	0,024	0,028	0,0075	0
5	S40*40_T5	0,00925	39767	5232	0,132	0,0800	0,175	0,2167	0,032	0,0317	0,024	0,024	0,0075	0
		0,00925	39767	5232	0,132	0,0800	0,175	0,2167	0,032	0,0317	0,024	0,024	0,0075	0
6	S40*40_T6	0,00965	39767	4464	0,112	0,0800	0,175	0,1628	0,032	0,0234	0,024	0,018	0,0075	0
		0,00965	39767	4464	0,112	0,0800	0,175	0,1628	0,032	0,0234	0,024	0,018	0,0075	0
7	S35*35_T7	0,01090	21465	2732	0,127	0,0800	0,150	0,175	0,032	0,0226	0,024	0,017	0,0075	0
		0,01090	21465	2732	0,127	0,0800	0,150	0,175	0,032	0,0226	0,024	0,017	0,0075	0
8	S35*35_T8	0,01064	21465	2700	0,126	0,0800	0,150	0,1654	0,032	0,0214	0,024	0,016	0,0075	0
		0,01064	21465	2700	0,126	0,0800	0,150	0,1654	0,032	0,0214	0,024	0,016	0,0075	0

6.2.2. Statik itme analizlerinin sonucunda tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrilerinin elde edilmesi

Statik itme yönteminin nasıl yapılacağı konusu daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Şekil 6.15'te gerçekleştirilen analizler sonucunda binaların, itme eğrisi veya kapasite eğrisi olarak da adlandırılan tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 6.15: Beş katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirmesi

Şekil 6.15'teki grafik incelendiğinde taban kesme kuvveti arttıkça binanın tepe yer değiştirmesi değerlerinin binanın kapasite değerine ulaşıncaya kadar arttığı görülmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda grafikten de anlaşılacağı üzere beş katlı binanın performans noktası değerleri taban kesme kuvveti 1178 kN, buna karşılık gelen tepe yer değiştirme değeri ise 0,19 m'dir. Spektrum eğrisi ile statik itme eğrisinin kesişme noktasından performans durumları, spektral ivme ve spektral deplasman değerleri bölüm 6.2.3'te bina performans noktasının belirlenmesi başlığı altında incelenmiştir. Tablo 6.16'da analiz sonucu elde edilen tepe yer değiştirme ve taban kesme kuvvetlerinin değerleri verilmiştir.

Tablo 6.16: Beş katlı binanın tepe yer değiştirme-taban kesme kuvveti değerleri

5 Katlı	Tepe Yer Değiştirme (m)	0	0,04	0,08	0,09	0,13	0,16	0,20	0,22	0,22	0,24	0,26	0,30	0,38	0,40
	Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	313	625	687	998	1107	1183	1205	1208	1216	1215	1211	1212	1214

Beş katlı binanın birinci katındaki kolonların (en alt kat), G+nQ yüklemesinden elde edilen her bir kolona ait normal kuvvet, moment kapasiteleri ve moment kapasitelerinin kat yüksekliğine bölünmesi sonucu elde edilen kesme kuvveti kapasite değerleri Tablo 6.17'de verilmiştir.

Tablo 6.17: Beş katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri

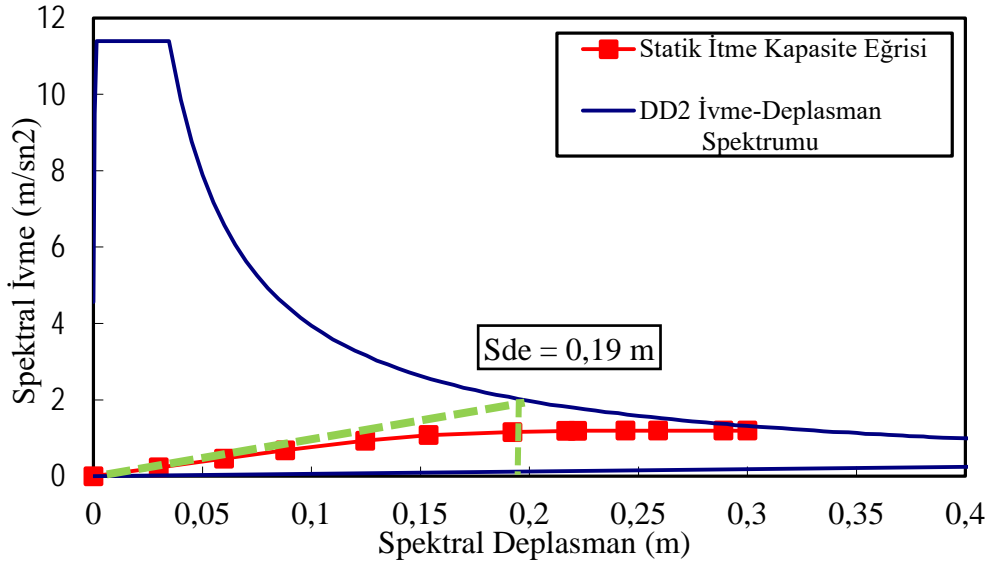
Kolon	Kolon Tipi	P (kN)	Malt-üst (kNm)	Kat Yüksekliği (h)	Vkapasite=(Malt+Müst)/h (kN)	Alt Ve Üst Uç Kolon Momentleri			
							Malt	Müst	Malt+üst
S101	Tip 2	440	20,56	3	6,853	S101	6,830	13,730	20,560
S102	Tip 2	606	14,29	3	4,763	S102	4,750	9,540	14,290
S103	Tip 2	606	14,29	3	4,763	S103	4,750	9,540	14,290
S104	Tip 2	404	20,56	3	6,853	S104	6,830	13,730	20,560
S105	Tip 2	606	26,61	3	8,870	S105	8,840	17,770	26,610
S106	Tip 2	842	19,03	3	6,343	S106	6,320	12,710	19,030
S107	Tip 2	842	19,03	3	6,343	S107	6,320	12,710	19,030
S108	Tip 2	606	26,61	3	8,870	S108	8,840	17,770	26,610
S109	Tip 2	606	26,61	3	8,870	S109	8,840	17,770	26,610
S110	Tip 2	842	19,03	3	6,343	S110	6,320	12,710	19,030
S111	Tip 2	842	19,03	3	6,343	S111	6,320	12,710	19,030
S112	Tip 2	606	26,61	3	8,870	S112	8,840	17,770	26,610
S113	Tip 2	440	20,56	3	6,853	S113	6,830	13,730	20,560
S114	Tip 2	606	14,29	3	4,763	S114	4,750	9,540	14,290
S115	Tip 2	606	14,29	3	4,763	S115	4,750	9,540	14,290
S116	Tip 2	404	20,56	3	6,853	S116	6,830	13,730	20,560

6.2.3 Bina performans noktalarının belirlenmesi

Göz önüne alınan beş katlı bina için taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafikleri elde edildikten sonra performans noktasının bulunması için elastik spektrum eğrisi ve statik itme eğrisinde gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra iki eğri kesleştirilerek depremin çevrelerden binanın taşıyıcı sisteminden talep ettiği yer değiştirme değerleri elde edilecektir. Elde edilen bu itme eğrilerinden “Modal Kapasite Diyagramları (Modal yer değiştirme – modal

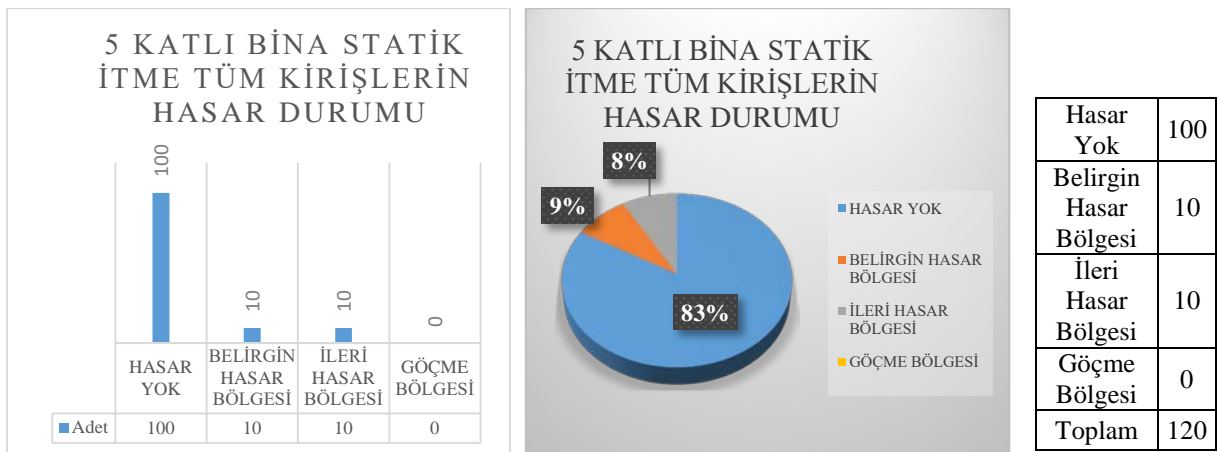
ivme)’’ elde edilmiştir. Şekil 6.16’da görüldüğü üzere beş katlı binaya ait kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi sonucunda binanın spektral deplasman değeri 0,19 m bulunmuştur.

Beş Katlı Bina Kapasite ve Talep Eğrilerinin Kesiştirilmesi



Şekil 6.16 : Beş katlı kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi

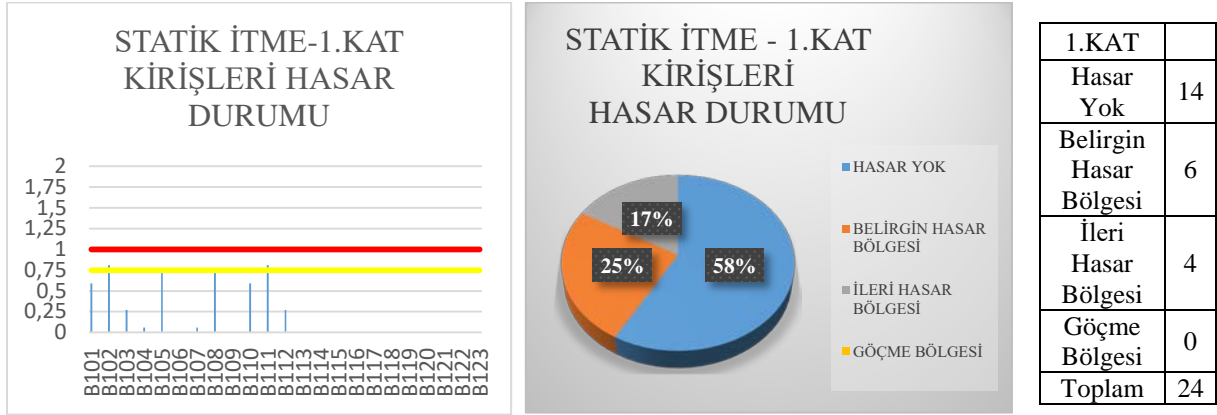
Bina performans seviyesinin belirlenmesinde TBDY 2018’de bina performans seviyesi, kolon ve kiriş taşıyıcı sistem elemanlarının hasar seviyeleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, Sap2000 programı yardımı ile hesaplanan plastik dönme değerleri bulunmuş ve yönetmeliğe uygun olarak hesap edilmiş plastik dönme sınır değerleri ile karşılaştırılarak hasar seviyeleri elde edilmiştir. Böylece taşıyıcı sistem elemanları için hasar seviyelerine karar verilmiştir. Beş katlı binanın kirişlerinin hasar durumları, her kat için ve binanın tamamı için ayrı ayrı şekillerle verilmiştir. Göz önüne alınan beş katlı binadaki tüm kiriş kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.17’de verilmiştir.



Şekil 6.17 : Beş katlı tüm bina kirişleri hasar durumları

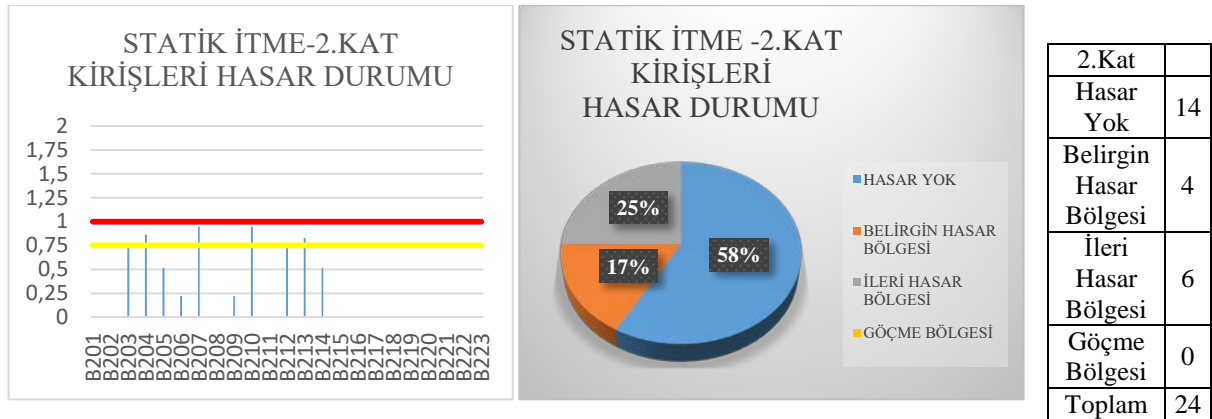
Şekil 6.17’de görüldüğü gibi beş katlı binada toplam 120 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 20 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 9’u Belirgin Hasar

Bölgesinde (BHB), % 8'i İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 83'ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.18 : Beş katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları

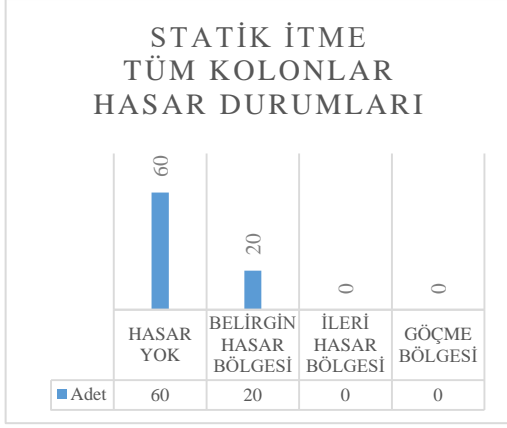
Şekil 6.18'de görüldüğü gibi beş katlı binanın birinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 10 adedinin en bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 25'i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 17'si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 58'i Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.19 : Beş katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları

Şekil 6.19'da görüldüğü gibi beş katlı binanın ikinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 17'si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25'i İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 58'i Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Yapılan hesaplarda 3. kat, 4. kat ve 5. kat kirişlerinde hasar oluşmadığı görülmüştür.

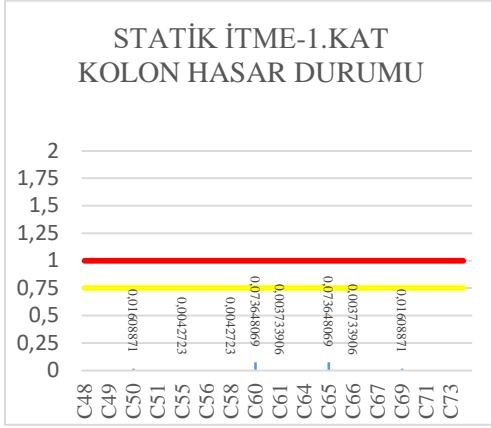
Beş katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları, her kat için ve binanın tamamı için ayrı ayrı şekillerle verilmiştir. Göz önüne alınan beş katlı binadaki tüm kolon kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.20'de verilmiştir.



HASAR YOK	60
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	20
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0
GÖÇME BÖLGESİ	0
TOPLAM	80

Şekil 6.20: Beş katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları

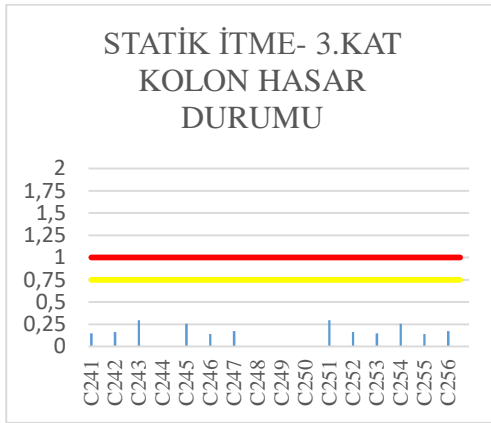
Şekil 6.20’de görüldüğü gibi beş katlı binada toplam 80 adet kolon vardır. Bu kirişlerinin 20 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 25’i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 75’i Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Şekil 6.21’de görüldüğü üzere 1.kat kolonlarının hasar miktarları düşük çıkmasından (0-0,15 değerleri arasında) dolayı tabloda değerlerin olduğu kolonlarda toplam 8 adet (C50-C55-C58-C60-C61-C65-C66-C69) olan bu kolonların belirgin hasar bölgesinde yer aldığı söylenebilir.



1. KAT HASAR YOK	8
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	8
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0
GÖÇME BÖLGESİ	0
TOPLAM	16

Şekil 6.21: Beş katlı binanın birinci kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.21’de görüldüğü gibi beş katlı binanın birinci katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 8 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 50’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



1. KAT HASAR YOK	4
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	12
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0
GÖÇME BÖLGESİ	0
TOPLAM	16

Şekil 6.22: Beş katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.22’de görüldüğü gibi beş katlı binanın üçüncü katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 75’i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25’i Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre hasarlar, 1 kat kolonlarında ve 3 kat kolonlarında meydana geldiği görüldüğünden, bu kısımda 1. ve 3. kat kolonlarına ait hasar tabloları verilmiştir.

Tablo 6.18: Beş katlı binanın katlara göre hasar oranı

5 KATLI		HASARSIZ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
Kirişler	1. Kat	58%	25%	17%	
	2. Kat	58%	17%	25%	
	3. Kat	100%			
	4. Kat	100%			
	5. Kat	100%			
Kolonlar	1. Kat	50%	50%		
	2. Kat	100%			
	3. Kat	25%	75%		
	4. Kat	100%			
	5. Kat	100%			

Göz önüne alınan 5 katlı binanın kolon ve kirişlerinin hasar ve performans değerlendirilmesi: İlgili kesite ait kesit analizinden elde edilen moment-eğrilik ilişkisine gidilerek toplam eğrilik istemine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait plastik mafsal dönmeleri elde edilmiştir. Elde edilen plastik mafsal dönmeleri daha sonra kesitlerin plastik mafsal dönme kapasiteleri ile karşılaştırılarak hasar durumu belirlenmiştir.

Kirişler için;

- Toplam 24 adet olan 1. kat kirişlerinin 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 25’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 17’si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 58’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

-Toplam 24 adet olan 2. kat kirişlerinin 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 17’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25’si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 58’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 24 adet olan 3. kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 24 adet olan 4. kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 24 adet olan 5. kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

Kolonlar için;

- Toplam 16 adet olan 1. kat kolonlarının 8 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 50’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 16 adet olan 2. kat kolonlarında plastikleşmiş kesitler bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 16 adet olan 3. kat kolonlarının 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 75'si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 25'i Hasarsız olarak tespit edilmiştir.
- Toplam 16 adet olan 4. kat kolonlarında plastikleşmiş kesitler bulunmamakta olup, % 100'ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.
- Toplam 16 adet olan 5. kat kolonlarında plastikleşmiş kesitler bulunmamakta olup, % 100'ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

Beş Katlı Bina için Kontrollü Hasar Performans Düzeyi Kontrolü: Beş katlı binada İleri Hasar Bölgesine geçen kolon bulunmadığından, TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığı altında belirtilen kontrollerin yapılmasına gerek yoktur. Göz önüne alınan 5 katlı binada İleri Hasar Bölgesine geçen 1.kat ve 3.kat seviyesindeki kirişler; TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığında belirtilen; “ (a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve dikey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarki İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.” maddesi gereğince, 1.katta İleri Hasar Bölgesine geçen kirişlerin 1.kat seviyesindeki tüm kirişlerle oranı % 17, 2.katta İleri Hasar Bölgesine geçen kirişlerin 1.kat seviyesindeki tüm kirişlerle oranı % 25 olarak bulunmuş ve Tablo 6.18'de gösterilmiştir. Elde edilen oranlar kıyaslandığında, ileri hasar bölgesine geçen kirişler yönetmeliğin belirlediği %35 sınır değerinin altında kalarak yönetmelik koşulunu kirişler için sağlamaktadır. Bu durumda binanın kolon ve kirişlerinin kontrollü hasar düzeyini sağladığı tespit edilmiş olur.

6.3 Yedi Katlı Bina Statik İtme Analizi Ve Değerlendirme

6.3.1 Serbest Titreşim Sonuçları

Sap2000 v20 programında hesaplanan binaların serbest titreşim sonuçları Tablo 6.19'da verilmiştir. Bina mod şekillerinin hesaplanmasında kat seviyelerinde rijit diyaframlar tanımlanarak, x ve y doğrultularında (x ve y doğrultuları simetrik) ötelenme ve dikey eksen etrafında dönme serbestlikleri göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 6.19'da sadece ilk 6 moda yer verilmiştir. Yapılan hesaplarda döşeme, kiriş ve kolonlar için TBDY'de verilen etkin eğilme rijitliği göz önüne alınarak hesap yapılmıştır.

Tablo 6.19: Yedi katlı bina modal analiz sonuçları

Bina Adedi	Mod No	Periyot (s)	Modal Kütle Oranları					
			UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
7 Katlı	1	2,44	0,00	0,84	0,00	0,00	0,84	0,00
	2	2,44	0,84	0,00	0,00	0,84	0,84	0,00
	3	1,91	0,00	0,00	0,82	0,84	0,84	0,82
	4	1,01	0,00	0,08	0,00	0,84	0,92	0,82
	5	1,01	0,08	0,00	0,00	0,92	0,92	0,82
	6	0,80	0,00	0,00	0,09	0,92	0,92	0,91

Birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0,70 den fazladır. Bina, planda simetrik olduğundan ötürü burulma düzensizliği yoktur. ($\eta_{bi} < 1,4$). Bina planda simetrik olduğu için ilk titreşim mod şekli x doğrultusunda ve ikinci titreşim mod şekli y

doğrultusunda olup, üçüncüsü burulma titreşimidir. Yedi katlı binanın ağırlığı 13993 kN bulunmuştur.

a) Sap2000 section designer sonucu elde edilen değerlerin TBDY 2018’de belirtilen formüller kullanılarak hesaplanması.

Bölüm 6.1’de analiz yönteminde yapılan işlemler adım adım açıklanmış ve kullanılan denklemler ayrıntılı olarak verilmiş olduğundan, bu bölümde yapılan hesaplarda da aynı işlemler yapıldığından dolayı elde edilen sonuçlar direk olarak tablolar ve grafikler halinde verilmiştir. Tablo 6.20’de yedi katlı binanın kiriş kesitine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir.

Tablo 6.20: Kiriş kesitlerine ait hesaplanan değerler

	Tip	Eleman Kiriş	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (MPa)	My (kNm)	Ls (m)	ϕ_y (1/m)	
			b	h		Üst	Alt					
1	A	K25/50_T1	0,25	0,5	3,00	5,65	3,39	31800	alt	55,71	1,5	0,0078
									üst	97,82		0,0077
2	A	K25/50_T2	0,25	0,5	5,00	5,65	3,39	31800	alt	55,71	2,5	0,0078
									üst	97,82		0,0077
3	B	K25/50_T3	0,25	0,5	3,00	6,79	3,39	31800	alt	56,68	1,5	0,0076
									üst	108,55		0,0082
4	B	K25/50_T4	0,25	0,5	5,00	6,79	3,39	31800	alt	56,68	2,5	0,0076
									üst	108,55		0,0082
6	C	K25/50_T5	0,25	0,5	5,00	9,05	3,39	31800	alt	56,28	2,5	0,0077
									üst	130,03		0,0085
7	D	K25/50_T6	0,25	0,5	3,00	4,52	3,39	31800	alt	56,50	1,5	0,0077
									üst	73,47		0,0079
8	D	K25/50_T7	0,25	0,5	5,00	4,52	3,39	31800	alt	56,50	2,5	0,0077
									üst	73,47		0,0079
9	E	K25/50_T8	0,25	0,5	3,00	3,39	3,39	31800	alt	56,45	1,5	0,0077
									üst	56,45		0,0077
10	E	K25/50_T9	0,25	0,5	5,00	3,39	3,39	31800	alt	56,45	2,5	0,0077
									üst	56,45		0,0077

Tablo 6.21: Kiriş kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

	Tip	Eleman Kiriş	θ_y (rad)	EI (kNm ²)	$(EI)_e$ (kNm ²)	Rijitlik Çarpanı	Rijitlik Çarpanı Ort.	ϵ_{su}	Lp (m)	ϕ_u (1/m)	ϵ_s (GÖ)	θ_p (GÖ)	ϵ_s (KH)	θ_p (KH)	ϵ_s (SH)	θ_p (SH)
1	A	K25/50_T1	0,0070	82813	3953	0,048	0,066	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0070	82813	6953	0,084										
2	A	K25/50_T2	0,0093	82813	4967	0,060	0,083	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0093	82813	8740	0,106										
3	B	K25/50_T3	0,0070	82813	4075	0,049	0,070	0,080	0,25	0,0777	0,032	0,0135	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0073	82813	7442	0,090										
4	B	K25/50_T4	0,0092	82813	5131	0,062	0,087	0,080	0,25	0,0777	0,032	0,0139	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0097	82813	9300	0,112										
6	C	K25/50_T5	0,0093	82813	5069	0,061	0,096	0,080	0,25	0,0785	0,032	0,0140	0,024	0,011	0,0075	0
			0,0100	82813	10824	0,131										
7	D	K25/50_T6	0,0070	82813	4044	0,049	0,056	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0071	82813	5168	0,062										
8	D	K25/50_T7	0,0093	82813	5089	0,061	0,070	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0094	82813	6484	0,078										
9	E	K25/50_T8	0,0070	82813	4040	0,049	0,049	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0133	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0070	82813	4040	0,049										
10	E	K25/50_T9	0,0093	82813	5084	0,061	0,061	0,080	0,25	0,0769	0,032	0,0137	0,024	0,010	0,0075	0
			0,0093	82813	5084	0,061										

Kiriş kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri Tablo 6.21’de verilmiştir. Section Designer analiz sonucu ve yönetmelikteki denklemler kullanarak elde edilen değerler aynı kiriş kesitindeki kolonlar için de hesaplanmış, Tablo 6.22’de kolon kesitlerine ait boyutlar, donatı alanları, etkin akma momenti ve etkin akma eğriliği değerleri verilmiştir. Tablo 6.23’te kolon kesitlerine ait hesaplanan eğrilikler, eğilme rijitlikleri, birim şekil değiştirme değerleri verilmiştir.

Tablo 6.22: Kolon Kesitlerine ait hesaplanan değerler

	Eleman	Kesit (m)		L (m)	Donatı (cm ²)		E (MPa)	N (g+nq) (kN)	M _{x-x} (kNm)	M _{y-y} (kNm)	M _y (kNm)	L _s (m)			φ _y (1/m)
		b	h		Yerleşim	Çap							R	θ	
1	S45*45_T1	0,45	0,45	3,00	16x14	14	31800	1200	407,92	407,92	316,044 316,044	1,5	R2	0	0,00970
													R3	90	0,00970
2	S45*45_T2	0,45	0,45	3,00	16x14	14	31800	870	407,92	407,92	269,107 269,107	1,5	R2	0	0,00898
													R3	90	0,00898
3	S45*45_T3	0,45	0,45	3,00	16x14	14	31800	740	407,92	407,92	256,326 256,326	1,5	R2	0	0,00908
													R3	90	0,00908
4	S40*40_T4	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	850	280,30	280,30	201,081 201,081	1,5	R2	0	0,01098
													R3	90	0,01098
5	S40*40_T5	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	680	280,30	280,30	187,347 187,347	1,5	R2	0	0,01043
													R3	90	0,01043
6	S40*40_T6	0,40	0,40	3,00	12x14	14	31800	490	280,30	280,30	155,961 155,961	1,5	R2	0	0,01058
													R3	90	0,01058
7	S35*35_T7	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	510	181,13	181,13	114,081 114,081	1,5	R2	0	0,01216
													R3	90	0,01216
8	S35*35_T8	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	370	181,13	181,13	97,878 97,878	1,5	R2	0	0,01134
													R3	90	0,01134
9	S35*35_T9	0,35	0,35	3,00	8x14	14	31800	240	181,13	181,13	84,756 84,756	1,5	R2	0	0,01208
													R3	90	0,01208
10	S30*30_T10	0,30	0,30	3,00	6x14	14	31800	170	121,16	121,16	60,418 60,418	1,5	R2	0	0,01389
													R3	90	0,01389
11	S30*30_T11	0,30	0,30	3,00	6x14	14	31800	120	121,16	121,16	53,395 53,395	1,5	R2	0	0,01457
													R3	90	0,01457

Tablo 6.23: Kolon kesitlerine ait eğrilik ve birim şekil değiştirme değerleri

	Eleman	Kesit (m)		θ _y (rad)	EI (kNm ²)	(E)I _e (kNm ²)	Rijitlik Çarpanı	ε _{su}	L _p (m)	φ _u (1/m)	ε _s (GÖ)	θ _p (GÖ)	ε _s (KH)	θ _p (KH)	ε _s (SH)	θ _p (SH)
		b	h													
	Kolon	b	h									(rad)		(rad)		(rad)
1	S45*45_T1	0,45	0,45	0,0083	108667	18978	0,175	0,0588	0,225	0,1551	0,024	0,0267	0,018	0,020	0,0075	0
				0,0083	108667	18978	0,175	0,0588	0,225	0,1551	0,024	0,0267	0,018	0,020	0,0075	0
2	S45*45_T2	0,45	0,45	0,0079	108667	17097	0,157	0,0800	0,225	0,1763	0,032	0,0306	0,024	0,023	0,0075	0
				0,0079	108667	17097	0,157	0,0800	0,225	0,1763	0,032	0,0306	0,024	0,023	0,0075	0
3	S45*45_T3	0,45	0,45	0,0079	108667	16155	0,149	0,0800	0,225	0,1445	0,032	0,0249	0,024	0,019	0,0075	0
				0,0079	108667	16155	0,149	0,0800	0,225	0,1445	0,032	0,0249	0,024	0,019	0,0075	0
4	S40*40_T4	0,40	0,40	0,0091	67840	11093	0,164	0,0557	0,200	0,2027	0,022	0,0324	0,017	0,024	0,0075	0
				0,0091	67840	11093	0,164	0,0557	0,200	0,2027	0,022	0,0324	0,017	0,024	0,0075	0
5	S40*40_T5	0,40	0,40	0,0087	67840	10749	0,158	0,0800	0,200	0,1803	0,032	0,0287	0,024	0,022	0,0075	0
				0,0087	67840	10749	0,158	0,0800	0,200	0,1803	0,032	0,0287	0,024	0,022	0,0075	0
6	S40*40_T6	0,40	0,40	0,0088	67840	8852	0,130	0,0800	0,200	0,1548	0,032	0,0244	0,024	0,018	0,0075	0
				0,0088	67840	8852	0,130	0,0800	0,200	0,1548	0,032	0,0244	0,024	0,018	0,0075	0

7	S35*35_T7	0,35	0,35	0,0097	39767	5858	0,147	0,0800	0,175	0,2526	0,032	0,0370	0,024	0,028	0,0075	0
				0,0097	39767	5858	0,147	0,0800	0,175	0,2526	0,032	0,0370	0,024	0,028	0,0075	0
8	S35*35_T8	0,35	0,35	0,0092	39767	5310	0,134	0,0800	0,175	0,2308	0,032	0,0338	0,024	0,025	0,0075	0
				0,0092	39767	5310	0,134	0,0800	0,175	0,2308	0,032	0,0338	0,024	0,025	0,0075	0
9	S35*35_T9	0,35	0,35	0,0097	39767	4375	0,110	0,0800	0,175	0,159	0,032	0,0228	0,024	0,017	0,0075	0
				0,0097	39767	4375	0,110	0,0800	0,175	0,159	0,032	0,0228	0,024	0,017	0,0075	0
10	S30*30_T10	0,30	0,30	0,0108	21465	2808	0,131	0,0800	0,150	0,175	0,032	0,0227	0,024	0,017	0,0075	0
				0,0108	21465	2808	0,131	0,0800	0,150	0,175	0,032	0,0227	0,024	0,017	0,0075	0
11	S30*30_T11	0,30	0,30	0,0112	21465	2386	0,111	0,0800	0,150	0,1673	0,032	0,0215	0,024	0,016	0,0075	0
				0,0112	21465	2386	0,111	0,0800	0,150	0,1673	0,032	0,0215	0,024	0,016	0,0075	0

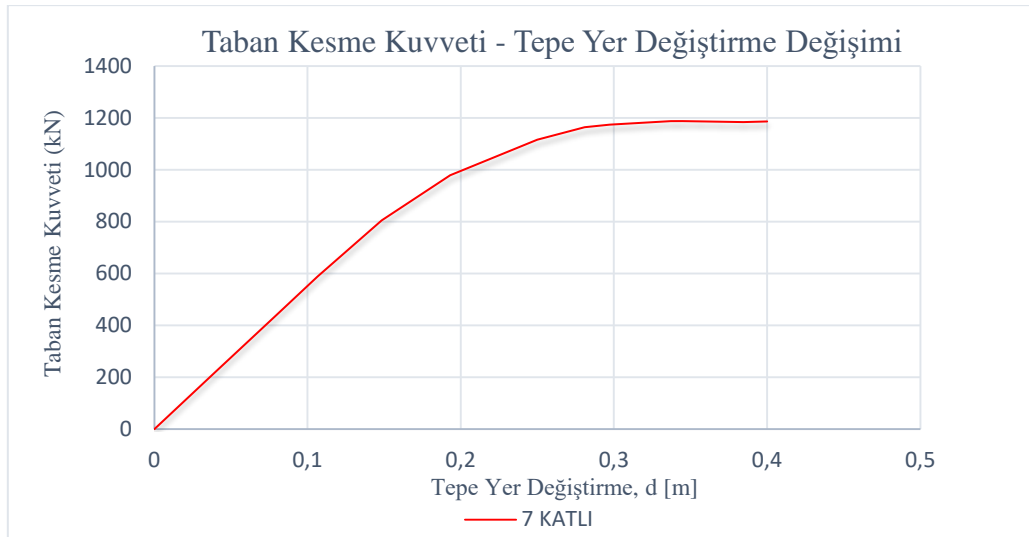
6.3.2. Statik itme analizlerinin sonucunda tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrilerinin elde edilmesi

Statik itme yönteminin nasıl yapılacağı konusu daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Tablo 6.24’de analiz sonucu elde edilen tepe yer değiştirme ve taban kesme kuvvetlerinin değerleri verilmiştir.

Tablo 6.24: Yedi katlı binanın tepe yer değiştirme - taban kesme kuvveti değerleri

7 Katlı	Tepe Yer Değiştirme (m)	0	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,25	0,28	0,30	0,34	0,34	0,38	0,40
	Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	313	625	687	998	1107	1183	1205	1208	1216	1215	1211	1215

Şekil 6.23’te, geręekleřtirilen analizler sonucunda binaların, itme eğrisi veya kapasite eğrisi olarak da adlandırılan tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 6.23: Yedi katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme değişimi

Şekil 6.23’teki grafik incelendiğinde taban kesme kuvveti arttıkça binanın tepe yer değiştirmesi değerlerinin binanın kapasite değerine ulaşncaya kadar arttđđı görülmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda grafikten de anlaşılacağı üzere yedi katlı binanın performans noktası değerleri taban kesme kuvveti 1160 kN, buna karşılık gelen tepe yer değiştirme değeri

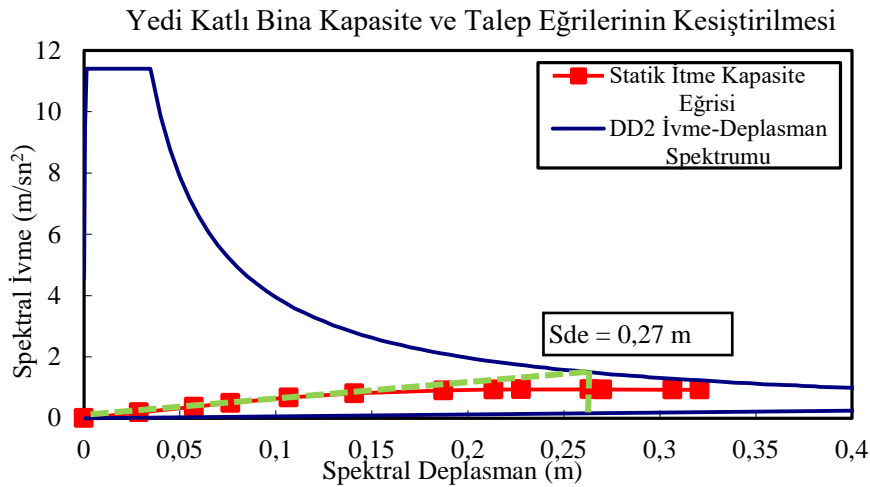
ise 0,27 m'dir. Spektrum eğrisi ile statik itme eğrisinin kesişme noktasından performans durumları, spektral ivme ve spektral deplasman değerleri bölüm 6.3.3'de bina performans noktasının belirlenmesi başlığı altında incelenmiştir. Tablo 6.25'te yedi katlı binanın birinci katındaki kolonların (en alt kat), G+nQ yüklemesinden elde edilen her bir kolona ait normal kuvvet, moment kapasiteleri ve moment kapasitelerinin kat yüksekliğine bölünmesi sonucu elde edilen kesme kuvveti kapasite değerleri verilmiştir.

Tablo 6.25: Yedi katlı bina için birinci kat kolonların kesme kuvveti kapasiteleri

Kolon	Kolon Tipi	P (kN)	$M_{alt-üst}$ (kN'm)	Kat Yüksekliği (h)	Vkapasite= (Malt+Müst)/h (kN)	Alt ve Üst Uç Kolon Momentleri			
							Malt	Müst	Malt+üst
S101	TİP 3	634	22,11	3	7,370	S101	7,32	14,79	22,11
S102	TİP 3	865	7,52	3	2,507	S102	2,5	5,02	7,52
S103	TİP 3	865	7,52	3	2,507	S103	2,5	5,02	7,52
S104	TİP 3	634	22,11	3	7,370	S104	7,32	14,79	22,11
S105	TİP 3	865	13,93	3	4,643	S105	4,63	9,3	13,93
S106	TİP 3	1193	14,78	3	4,927	S106	4,91	9,87	14,78
S107	TİP 3	1193	14,78	3	4,927	S107	4,91	9,87	14,78
S108	TİP 3	865	13,93	3	4,643	S108	4,63	9,3	13,93
S109	TİP 3	865	13,93	3	4,643	S109	4,63	9,3	13,93
S110	TİP 3	1193	14,78	3	4,927	S110	4,91	9,87	14,78
S111	TİP 3	1193	14,78	3	4,927	S111	4,91	9,87	14,78
S112	TİP 3	865	13,93	3	4,643	S112	4,63	9,3	13,93
S113	TİP 3	634	22,11	3	7,370	S113	7,32	14,79	22,11
S114	TİP 3	865	7,52	3	2,507	S114	2,5	5,02	7,52
S115	TİP 3	865	7,52	3	2,507	S115	2,5	5,02	7,52
S116	TİP 3	634	22,11	3	7,370	S116	7,32	14,79	22,11

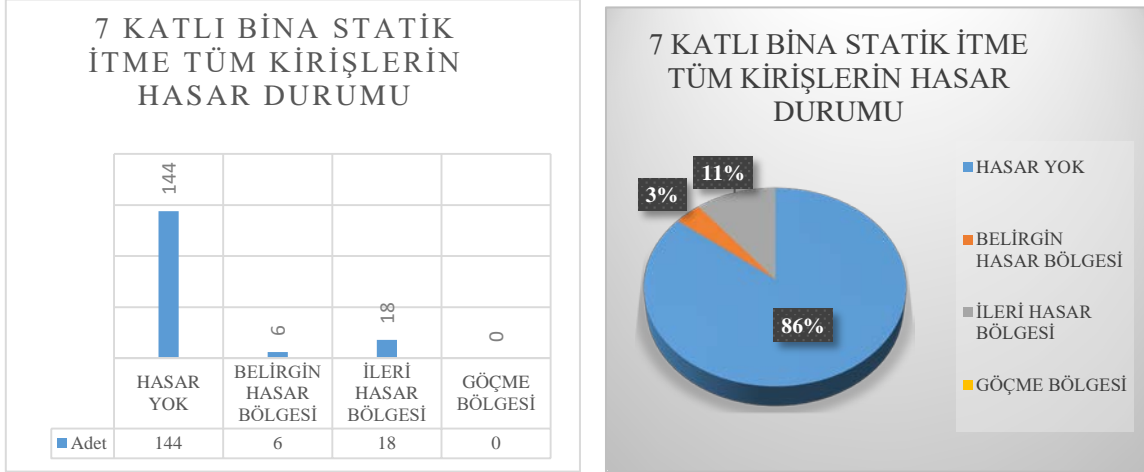
6.3.3 Bina performans noktalarının belirlenmesi

Göz önüne alınan yedi katlı bina için taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirmesi grafikleri elde edildikten sonra performans noktasının bulunması için elastik spektrum eğrisi ve statik itme eğrisinde gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra iki eğri kesiştirilerek depremin çerçevelerden binanın taşıyıcı sisteminden talep ettiği yer değiştirme değerleri elde edilecektir. Şekil 6.24'de görüldüğü üzere üç katlı binaya ait kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi sonucunda binanın spektral deplasman (yer değiştirme) değeri 0,27 m bulunmuştur.



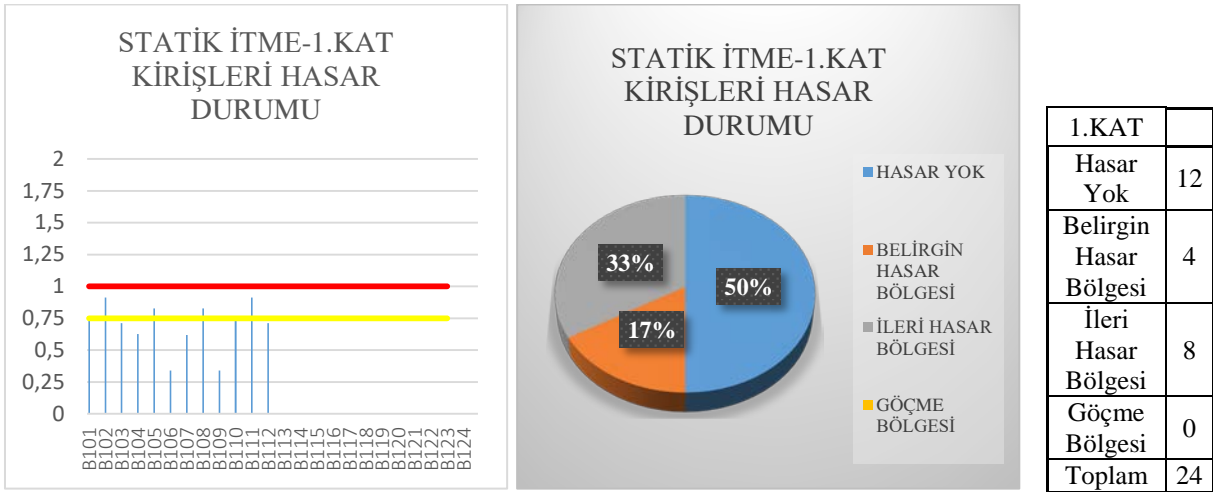
Şekil 6.24 : Yedi katlı kapasite ve talep eğrilerinin kesiştirilmesi

Yapılan çalışmada, Sap2000 programı yardımı ile hesaplanan plastik dönme değerleri bulunmuş ve yönetmeliğe uygun olarak hesap edilmiş plastik dönme sınır değerleri ile karşılaştırılarak hasar seviyeleri elde edilmiştir. Böylece taşıyıcı sistem elemanları için hasar seviyelerine karar verilmiştir. Yedi katlı binanın kirişlerinin hasar durumları, her kat için ve binanın tamamı için ayrı ayrı şekillerle verilmiştir. Göz önüne alınan yedi katlı binadaki tüm kiriş kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.25'te verilmiştir.



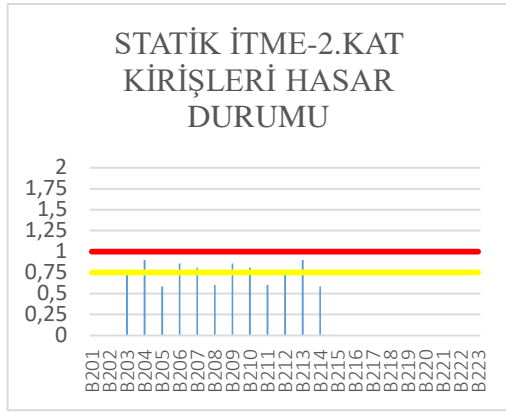
Şekil 6.25 : Yedi katlı tüm bina kirişleri hasar durumları

Şekil 6.25'te görüldüğü gibi yedi katlı binada toplam 168 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 24 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 5'i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 9'u İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 86'sı Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.26 : Yedi katlı bina birinci kat kirişleri hasar durumları

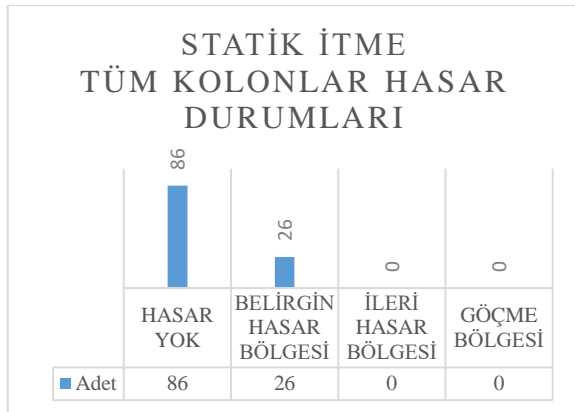
Şekil 6.26'da görüldüğü gibi yedi katlı binanın birinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 12 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 17'si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 33'ü İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50'si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



2.KAT	
Hasar Yok	12
Belirgin Hasar Bölgesi	4
İleri Hasar Bölgesi	8
Göçme Bölgesi	0
Toplam	24

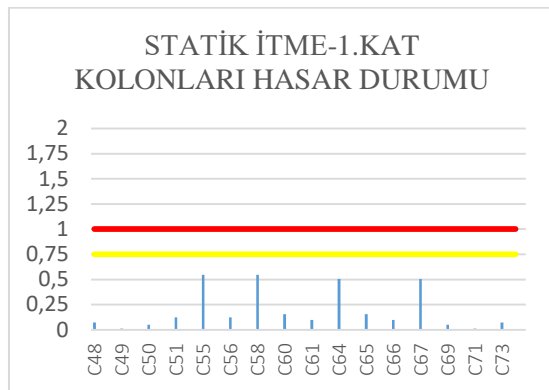
Şekil 6.27: Yedi katlı bina ikinci kat kirişleri hasar durumları

Şekil 6.27’de görüldüğü gibi yedi katlı binanın ikinci katında toplam 24 adet kiriş vardır. Bu kirişlerinin 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 17’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 33’ü İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Yedi katlı bina için yapılan hesaplarda 3 kat, 4 kat, 5 kat, 6 kat ve 7 kat kirişlerinde hasar oluşmadığı görülmüştür. Göz önüne alınan yedi katlı binadaki tüm kolon kesitlerine ait hasar durumlarını ve hasar oranlarını gösteren değerler ise Şekil 6.28’de verilmiştir.



Şekil 6.28: Yedi katlı binanın tüm kolonlarının hasar durumları

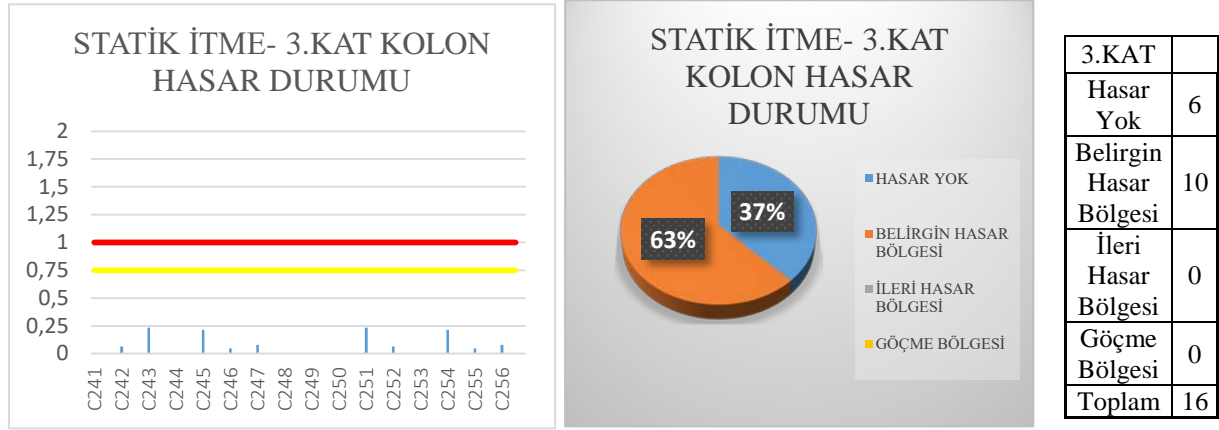
Şekil 6.28’de görüldüğü gibi yedi katlı binada toplam 112 adet kolon vardır. Bu kirişlerinin 20 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 25’i Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 75’i Hasarsız olarak tespit edilmiştir.



1.KAT	
Hasar Yok	0
Belirgin Hasar Bölgesi	16
İleri Hasar Bölgesi	0
Göçme Bölgesi	0
Toplam	16

Şekil 6.29: Yedi katlı bina birinci kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.29’da görüldüğü gibi yedi katlı binanın birinci katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 16 adedi yani tamamı plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitler % 100’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB) kaldığı görülmektedir.



Şekil 6.30: Yedi katlı binanın üçüncü kat kolonları hasar durumları

Şekil 6.30’da görüldüğü gibi yedi katlı binanın üçüncü katında toplam 16 adet kolon vardır. Bu kolonların 10 adedinin en az bir ucu plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 63’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 37’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre hasarlar, 1 kat kolonlarında ve 3 kat kolonlarında meydana geldiği görüldüğünden, bu kısımda 1. ve 3. kat kolonlarına ait hasar tabloları verilmiştir.

Yedi Katlı binanın kolon ve kirişlerinin hasar ve performans değerlendirilmesi: İlgili kesite ait kesit analizinden elde edilen moment-eğrilik ilişkisine gidilerek toplam eğrilik istemine karşılık gelen beton ve donatı çeliğine ait plastik mafsal dönmeleri elde edilmiştir. Elde edilen plastik mafsal dönmeleri daha sonra kesitlerin plastik mafsal dönme kapasiteleri ile karşılaştırılarak hasar durumu belirlenmiştir.

Kirişler için;

- Toplam 24 adet olan 1. kat kirişlerinin 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 17’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 33’ü İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

-Toplam 24 adet olan 2. kat kirişlerinin 12 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 17’si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 33’si İleri Hasar Bölgesinde (İHB), % 50’si Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplamı 120 adet olan 3-4-5-6-7 kat kirişlerinde plastikleşmiş kiriş elemanı bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

Kolonlar için;

- Toplam 16 adet olan 1. kat kolonlarının 16 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 100’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB) kaldığı tespit edilmiştir.

- Toplam 16 adet olan 2.kat kolonlarında plastikleşmiş kesitler bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 16 adet olan 3. kat kolonlarının 10 adedi plastikleşmiş olup, plastikleşmiş kesitlerin % 63’ü Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB), % 37’i Hasarsız olarak tespit edilmiştir.

- Toplam 64 adet olan 4-5-6-7 kat kolonlarında plastikleşmiş kesitler bulunmamakta olup, % 100’ü Hasarsız olarak tespit edilmiştir. Tablo 6.26’da de görüleceği üzere göçme bölgesine geçen kolon ve kiriş bulunmamaktadır.

Tablo 6.26: Yedi katlı binanın katlara göre hasar oranı

7 KATLI		HASARSIZ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ HASAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ
Kirişler	1. Kat	50%	17%	33%	
	2. Kat	50%	17%	33%	
	3. Kat	100%			
	4. Kat	100%			
	5. Kat	100%			
	6. Kat	100%			
	7. Kat	100%			
Kolonlar	1. Kat		100%		
	2. Kat	100%			
	3. Kat	37%	63%		
	4. Kat	100%			
	5. Kat	100%			
	6. Kat	100%			
	7. Kat	100%			

Yedi Katlı Bina için Kontrollü Hasar Performans Düzeyi Kontrolü: Yedi katlı binada İleri Hasar Bölgesine geçen kolon bulunmadığından, TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığı altında belirtilen kontrollerin yapılmasına gerek yoktur. Göz önüne alınan 7 katlı binada İleri Hasar Bölgesine geçen 1.kat ve 3. kat seviyesindeki kirişler; TBDY 2018 Bölüm 15.8.4 Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi başlığında belirtilen; “(a) Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35’i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir.” maddesi gereğince, 1.katta İleri Hasar Bölgesine geçen kirişlerin 1.kat seviyesindeki tüm kirişlerle oranı % 33, 2.katta İleri Hasar Bölgesine geçen kirişlerin 1.kat seviyesindeki tüm kirişlerle oranı % 33 olarak bulunmuş ve Tablo 6.23’te gösterilmiştir. Elde edilen oranlar kıyaslandığında, ileri hasar bölgesine geçen kirişler yönetmeliğin belirlediği %35 sınır değerinin altında kalarak yönetmelik koşulunu kirişler için sağlamaktadır. Bu durumda binanın kolon ve kirişlerinin kontrollü hasar düzeyini sağladığı tespit edilmiş olur.

6.4. Karşılaştırmalı değerlendirme

Bu bölümde Statik İtme yöntemi kullanılarak üç, beş ve yedi katlı binaların taban kesme kuvvetleri, tepe yer değiştirmeleri, periyotları, hasar miktarları, yatay dayanım oranları ve ötelenme oranları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Yapılan hesaplarda her bir seçilen tipteki kolon ve kesitine ait etkin kesit rijitlikleri kullanıldığı için binanın periyot değerleri, doğrusal analiz yöntemi ile yapılan hesaplardan elde edilen değerlerden fazla çıkmıştır. Bu farklılıklar ayrıntılı olarak 8.bölümde Yöntemlerin Karşılaştırılması bölümünde verilecektir.

Tablo 6.27’de üç farklı bina için, binaların modlara göre periyot ve modal kütle oranları verilmiştir. Tablo incelenecek olursa binaların yüksekliği arttıkça periyot değerlerinin de arttığı görülmektedir. Birinci moda göre periyotları değerleri üç katlı bina için 1,43 saniye, beş katlı bina için 1,88 saniye, yedi katlı bina için 2,44 saniye bulunmuştur. Bina düzenli ve

simetrik olmasından dolayı da X ve Y doğrultularında periyot değerleri aynı çıkmıştır. Yapılan analizlerde Sap2000 programında on iki adet mod tanımlaması yapılmaktadır. Burada altı mod alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Modal kütle oranları birinci moda göre X yönü için üç katlı binada 0,82, beş katlı binada 0,87, yedi katlı binada ise 0,84 olarak bulunmuştur.

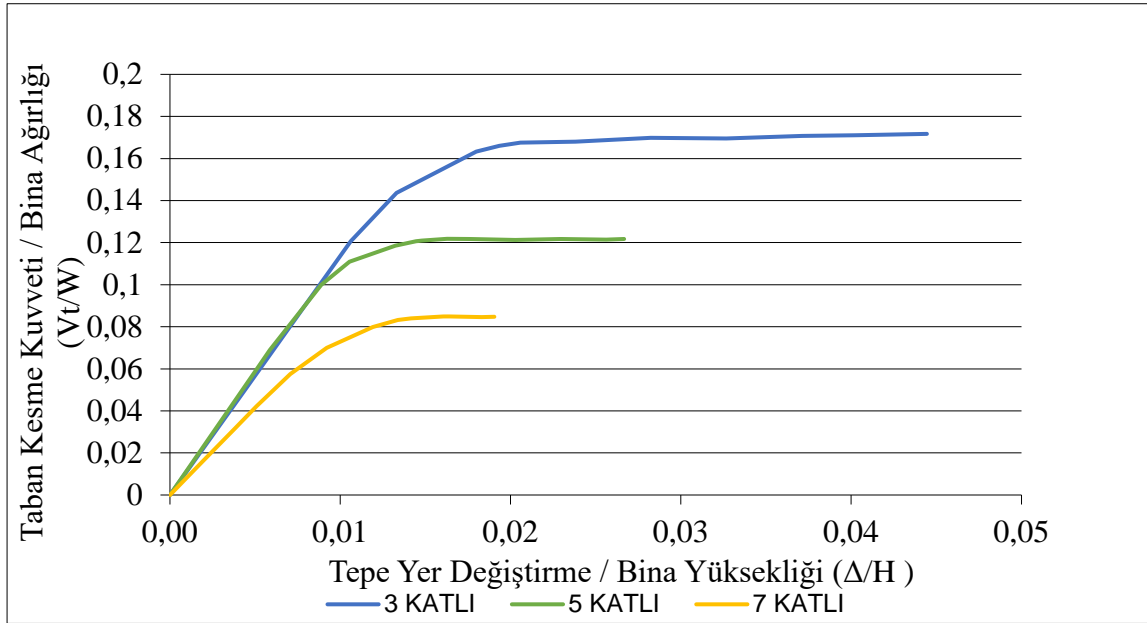
Tablo 6.27 : Binaların modlara göre periyot ve modal kütle oranları

Bina Tipi	Mod No	Periyot (s)	Modal Kütle Oranları					
			UX	UY	RZ	Küm. UX	Küm. UY	Küm. RZ
3 Katlı	1	1,43	0,82	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00
	2	1,43	0,00	0,82	0,00	0,82	0,82	0,00
	3	1,17	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	0,83
	4	0,52	0,00	0,13	0,00	0,82	0,95	0,83
	5	0,52	0,13	0,00	0,00	0,95	0,95	0,83
	6	0,44	0,00	0,00	0,00	0,95	0,95	0,96
5 Katlı	1	1,88	0,00	0,87	0,00	0,00	0,87	0,00
	2	1,88	0,87	0,00	0,00	0,87	0,87	0,00
	3	1,52	0,00	0,00	0,87	0,87	0,87	0,87
	4	0,57	0,00	0,03	0,00	0,87	0,90	0,87
	5	0,57	0,03	0,00	0,00	0,90	0,90	0,87
	6	0,49	0,00	0,00	0,04	0,90	0,90	0,91
7 Katlı	1	2,44	0,00	0,84	0,00	0,00	0,84	0,00
	2	2,44	0,84	0,00	0,00	0,84	0,84	0,00
	3	1,91	0,00	0,00	0,82	0,84	0,84	0,82
	4	1,01	0,00	0,08	0,00	0,84	0,92	0,82
	5	1,01	0,08	0,00	0,00	0,92	0,92	0,82
	6	0,80	0,00	0,00	0,09	0,92	0,92	0,91

Tablo 6.28 : Hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Kat Adedi	Doğrusal Hesap Yöntemleri	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirme (cm) (Azaltılmamış)	Statik İtme Taban Kesme Kuvveti (kN)	Doğrusal Hesap Yöntemleri / Statik İtme Taban Kesme Kuvvetleri Oranı	Statik İtme Tepe Yer Değiştirme (cm)	Statik İtme Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği Oranı
3 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	584	6,80	961	0,60	14,00	0,016
	Mod Birleştirme	498	6,96		0,52		
	Zaman Tanım Alanı Y.	567	8,04		0,59		
5 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	749	9,84	1178	0,64	19,00	0,013
	Mod Birleştirme	643	8,11		0,55		
	Zaman Tanım Alanı Y.	742	8,58		0,63		
7 Katlı	Eşdeğer Deprem Yüğü	839	16,00	1160	0,72	27,00	0,012
	Mod Birleştirme	713	8,32		0,61		
	Zaman Tanım Alanı Y.	844	14,71		0,73		

Tablo 6.28'deki tablo incelenecek olursa bu çalışmada statik itme hesap yönteminden elde edilen sonuçların doğrusal hesap yönteminden elde edilen sonuçlardan daha büyük olduğu görülmektedir. Doğrusal hesap yöntemleri ile statik itme hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetleri oranlarına bakıldığında; eşdeğer deprem yükü yöntemi ile oranların üç katlı binada 0,60, beş katlı binada 0,64, yedi katlı binada 0,72 olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde Zaman tanım alanında hesap yöntemi ile oranların üç katlı binada 0,59 , beş katlı binada 0,63 , yedi katlı binada 0,73 olduğu bulunmuştur. Göz önüne her hesap yöntemindeki farklı katlı binalardaki taban kesme kuvvetleri oranlarının birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Statik itme yönteminden elde edilen tepe yer değiştirme değerleri ve bina tepe yer değiştirmesi değerinin bina yüksekliğine bölünmesi ile elde edilen oranın, bina kat adedi arttıkça arttığı görülmektedir. Tepe yer değiştirme değerleri 3 ile 5 kat arasında 5 cm, 5 ile 7 kat arasında 8 cm artış göstermiştir.



Şekil 6.31: Statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

Statik itme hesap yöntemi kullanılarak üç farklı bina için elde edilen taban kesme kuvvetlerinin bina ağırlıklarına oranları (V_t/W) ile tepe yer değiştirmelerinin bina yüksekliklerine oranları her üç bina için karşılaştırılmalı olarak Şekil 6.31'de verilmiştir.

Statik itme analizi yapılan binalarda göçme bölgesine geçen kolon ve kiriş eleman bulunmamaktadır. Her bir bina için yapılan işlemler ve sonuçlar önceki başlıklarda ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Kolon ve kirişlerin hasar bölgelerine göre oluşan hasar miktarları Tablo 6.29'da verilmiştir. Üç farklı binanın katlar arası kolon yerleşimleri ve boyutları farklı olduğundan, ileri hasar bölgesine geçen kolonlar ve kirişler olmuştur ancak göçme bölgesine geçen kolon ve kiriş olmamıştır. İleri hasar bölgesine geçen kolonların ve kirişlerin kontrollü hasar performans düzeyi kontrolü koşulunu yönetmeliğe uygun olarak sağladığı görülmüştür. Önceki başlıklarda her bir bina için ayrı hesaplanmış ve adım adım yapılan işlemler sıralanmıştır.

Tablo 6.29: Üç, beş ve yedi katlı binaların hasar bölgeleri

3 Katlı		Hasarsız	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi
Kirişler	1. Kat	50%	33%	17%
	2. Kat	67%	33%	
	3. Kat	100%		
Kolonlar	1. Kat		100%	
	2. Kat	62%	38%	
	3. Kat	38%	37%	25%

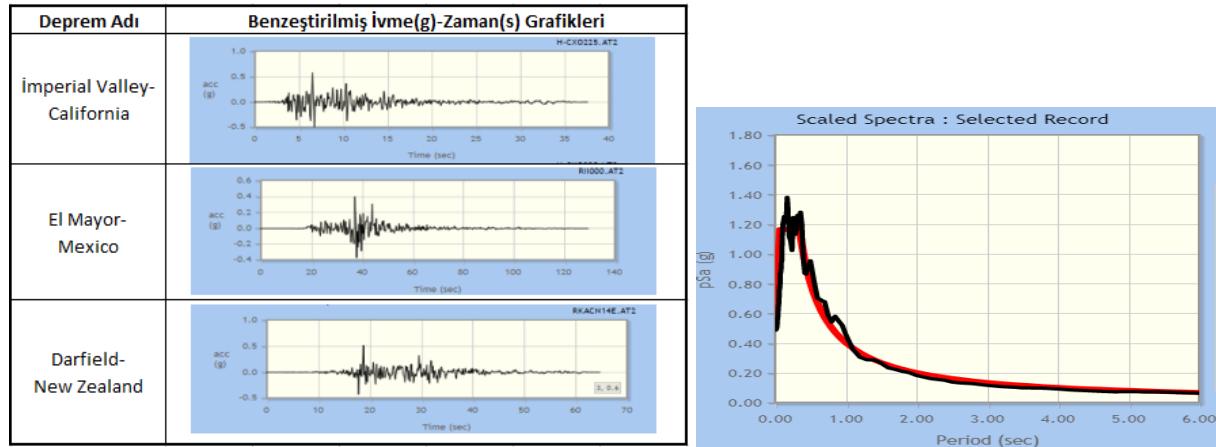
5 Katlı		Hasarsız	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi
Kirişler	1. Kat	58%	25%	17%
	2. Kat	58%	17%	25%
	3. Kat	100%		
	4. Kat	100%		
	5. Kat	100%		
Kolonlar	1. Kat	50%	50%	
	2. Kat	100%		
	3. Kat	25%	75%	
	4. Kat	100%		
	5. Kat	100%		

7 Katlı		Hasarsız	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi
Kirişler	1. Kat	50%	17%	33%
	2. Kat	50%	17%	33%
	3. Kat	100%		
	4. Kat	100%		
	5. Kat	100%		
	6. Kat	100%		
	7. Kat	100%		
Kolonlar	1. Kat		100%	
	2. Kat	100%		
	3. Kat	37%	63%	
	4. Kat	100%		
	5. Kat	100%		
	6. Kat	100%		
	7. Kat	100%		

7. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI-ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMİ

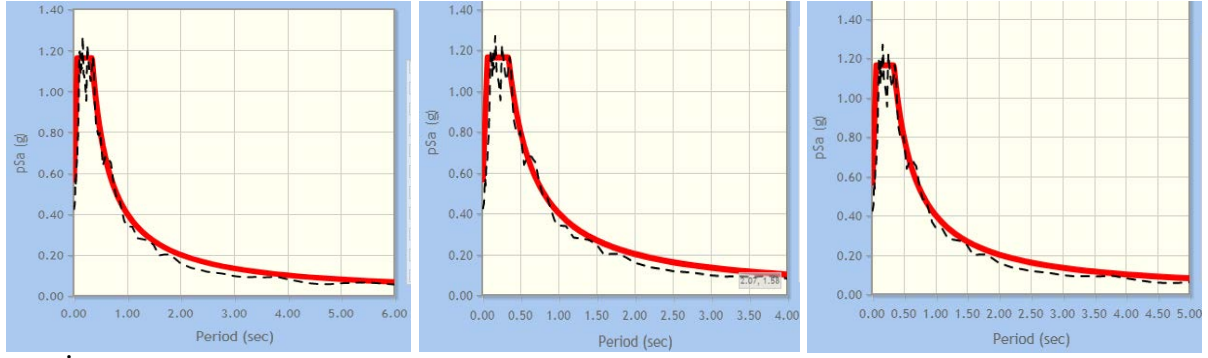
Taşıyıcı sistemin elemanları doğrusal olmayan davranış biçiminde modellenerek zaman tanım alanında çözüm yapılır. Doğrusal olmayan davranış kiriş ve kolonların uç kesitlerinde plastik mafsalları tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Burada kabul kriterleri doğrusal olmayan çözümlemedeki gibidir. Hedef yer değiştirme, zaman tanım alanında yapılan çözümlemeden elde edilir. Sonuçlar seçilecek yer hareketine bağlı olduğu için birden fazla yer hareketinin kullanılması ve kullanılan kayıtların spektrumunun bina için konuma bağlı olarak belirlenen spektruma uygun olması gerekir.

Yapısal modellerin zaman tanım alanında analizi, deprem etkisi altındaki yapıların tepkisinin tahmin edilebilmesi için kullanılan analiz yöntemlerinden birisidir. Bu çalışmada 3, 5 ve 7 katlı binalar TBDY 2018’de belirtilen koşulları sağlayacak şekilde zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Binalarda zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak deprem performanslarının değerlendirilmesi için üç adet deprem kaydı kullanılmıştır. Bu bölümde ilk olarak, hesapta kullanılacak deprem kayıtlarının TBDY 2018 yönetmelik şartlarına uygunluğu denetlenmiştir. Seçilen 3 adet deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları, yerel zemin koşulları dikkate alınarak, PEER Ground Motion Database ve Seismo Match programı kullanılarak üç, beş ve yedi katlı binanın bulunduğu yere en uygun deprem kayıtları seçilmek suretiyle yönetmeliğe uygun olarak benzeştirilmiştir. Bu çalışmada, zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılacak olan seçilen üç adet yer hareketi, 1979 yılında meydana gelen İmperial Valley-California depremi, 2010 yılında oluşan El Mayor- Mexico depremi ve 2010 yılında meydana gelen Darfield-New Zealand depremidir. Bu depremlere ait Deprem ivme kayıtlarının benzeştirilmiş halleri ve ortalama deprem spektrumu Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil: 7.1: Benzeştirilmiş ivme(g)-zaman(s) grafikleri ve ortalama deprem spektrumu

Benzeştirilmiş deprem kayıtları ait ivme spektrumu eğrileri siyah renkli eğri olarak Şekil 7.2’de gösterilmektedir. ZC zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrisi kırmızı renkli eğri ile gösterilmiştir. Şekil 7.2’den de anlaşıldığı gibi benzeştirme sonucunda türetilen yeni ivme kayıtlarının ivme spektrumu eğrileri, ZC zemin sınıfına ait ivme spektrumu eğrisi ile uyum içindedir. Deprem kayıtlarının benzeştirilmesi için ölçeklendirme yapıldığında ölçek faktörü; İmperial Valley depremi için 2,1432 , El Mayor depremi için 1,0288 , Darfield depremi için 3,1527 alınmıştır.TBDY 2018’de 11 adet deprem kaydının kullanılması istenmiş olsa da bu çalışmada 3 adet deprem kaydı kullanılarak hesap ve analiz yapılmıştır.



a) İmperial Valley-California b) El Mayor- Mexico c) Darfield-New Zealand
Şekil 7.2 : Depremlerin spektrumu ve ZC elastik spektral ivme spektrumu.

Bu bölümde doğrusal olmayan hesap yöntemi için kullanılan programın, çözüm ve malzeme kabullerinden bahsedilip, kesit hasarları dikkate alınıp üç, beş ve yedi katlı binalar için performans düzeyi belirlenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem kullanılarak üç, beş ve yedi katlı binalar için elde edilen tepe yer değiştirmesi- taban kesme kuvveti değerleri ilgili karşılaştırma yapılarak, karşılaştırma verileri ile birlikte taşıyıcı sistem elemanlarının hasarla orantılı olduğu kabul edilen plastik mafsal dönmeleri tablo ve grafiklerde gösterilmiştir.

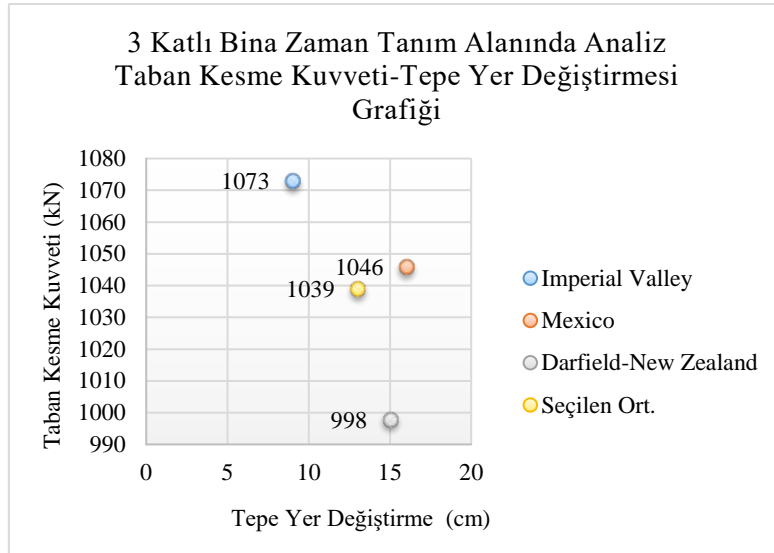
7.1. Üç Katlı Bina

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntem kullanılarak yapılan analiz sonucunda; üç katlı binada yapılan her üç adet deprem kaydına ve bu deprem kayıtlarının ortalamalarına ait elde edilen Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1. : Taban kesme kuvveti ve yer değiştirme değerleri

3 Katlı Bina			
Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları			
	Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm)
1	Imperial Valley	1073	9,00
2	El Mayor Mexico	1046	16,00
3	Darfield-New Zealand	998	15,00
Ortalama	Seçilen Ort.	1039	13,00

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile tepe yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri üç bina için ve her bir kayıt için elde edilmiştir. 3 katlı binanın analiz hesap sonucunda elde edilen Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Yer Değiştirmesi grafiği Şekil 7.3’te gösterilmiştir. Analizlerde üç yer hareketi kullanıldığı için değerlendirmede sonuçların ortalaması esas alınmıştır.



Şekil 7.3 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafii

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile yapılan analiz sonucunda taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişe ait hasar miktarları Tablo 7.2’de gösterilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlarda etkin kesit rijitliği hesabı ve plastik mafsalların tanımlanıp ilgili elemanlara atanması işlemi, bir önceki bölümde yer alan Statik İtme yönteminde anlatıldığı şekilde uygulanmıştır. Kolon ve kirişlerde oluşan plastik dönme değerleri belirlendikten sonra TBDY 2018’e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında üç adet yer hareketi kullanıldığı için elde edilen değerlerinde birbirine yakın olması sebebiyle üç adet deprem kaydına ait maksimum plastik dönme değerlerinin ortalaması dikkate alınarak hesap yapılmıştır. Tablo 7.2’de her bir deprem için ayrı ayrı hasar miktarları verilmiştir.

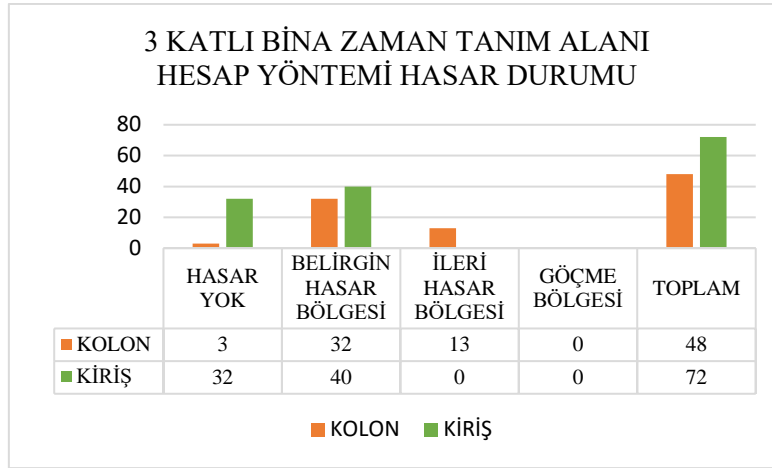
Tablo 7.2. : Deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları

	DEPREM KAYITLARI	KOLONLAR		KİRİŞLER	
			Adet		Adet
1	Imperial Valley	Hasar Yok	3	Hasar Yok	41
		Belirgin Hasar Bölgesi	35	Belirgin Hasar Bölgesi	23
		İleri Hasar Bölgesi	10	İleri Hasar Bölgesi	8
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	48	Toplam	72
2	Mexico	Hasar Yok	4	Hasar Yok	50
		Belirgin Hasar Bölgesi	32	Belirgin Hasar Bölgesi	22
		İleri Hasar Bölgesi	12	İleri Hasar Bölgesi	0
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	48	Toplam	72
3	Darfield-New Zealand	Hasar Yok	4	Hasar Yok	46
		Belirgin Hasar Bölgesi	38	Belirgin Hasar Bölgesi	26
		İleri Hasar Bölgesi	6	İleri Hasar Bölgesi	0
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	48	Toplam	72

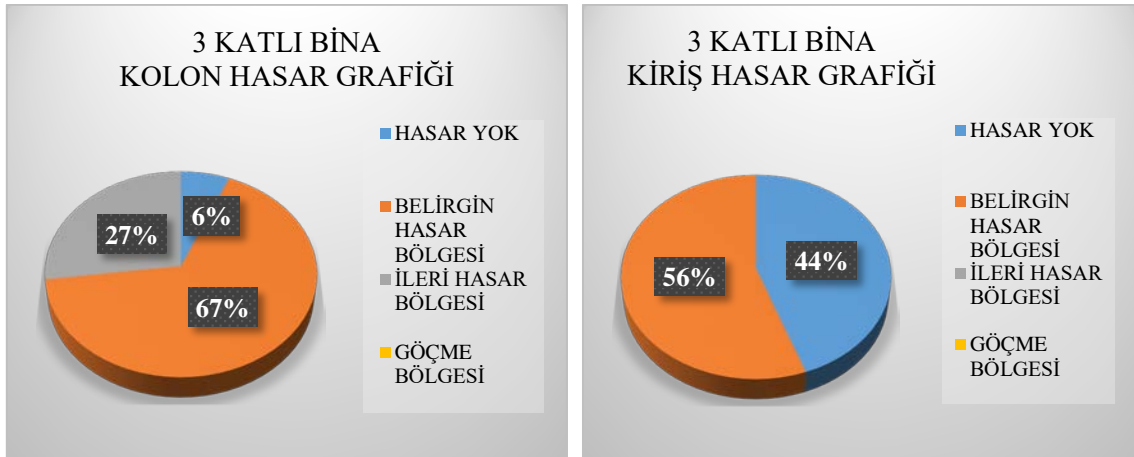
Deprem kayıtlarının hasarları belirlenirken her üç bina için dikkate alınan maksimum plastik dönmelerinin ortalaması alınarak, ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları Tablo 7.3, Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'te verilmiştir.

Tablo 7.3 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları

ZAMAN TANIM ALANI	Kolon		Kiriş		
		Adet		Adet	
		Hasar Yok	3	Hasar Yok	32
		Belirgin Hasar Bölgesi	32	Belirgin Hasar Bölgesi	40
		İleri Hasar Bölgesi	13	İleri Hasar Bölgesi	0
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
	Toplam	48	Toplam	72	



Şekil 7.4 : Üç katlı binaya ait hasar durumu



Şekil 7.5 : Üç katlı binaya ait hasar durumu grafikleri

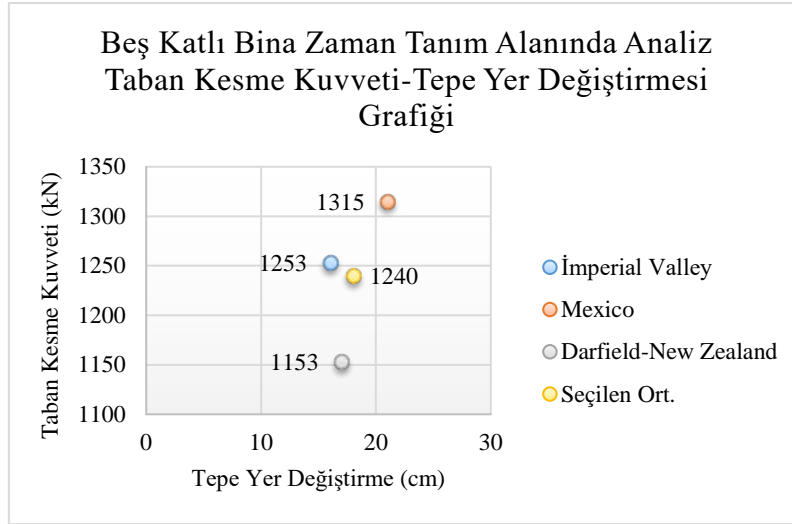
7.2. Beş Katlı Bina

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntem kullanılarak yapılan analiz sonucunda; beş katlı binada yapılan her üç adet deprem kaydına ve bu deprem kayıtlarının ortalamalarına ait elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri Tablo 7.4'te verilmiştir.

Tablo 7.4.: Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri

5 Katlı Bina			
Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlar			
	Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm)
1	Imperial Valley	1253	16,00
2	El Mayor-Mexico	1315	21,00
3	Darfield-New Zealand	1153	17,00
Ortalama	Seçilen Ort.	1240	18,00

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile tepe yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri üç bina için ve her bir kayıt için elde edilmiştir. Beş katlı binanın analiz hesap sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği Şekil 7.6’da gösterilmiştir. Analizlerde üç yer hareketi kullanıldığı için değerlendirmede sonuçların ortalaması esas alınmıştır.



Şekil 7.6 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile yapılan analiz sonucunda taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişe ait hasar miktarları Tablo 7.5’te gösterilmiştir.

Tablo 7.5 : Deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları

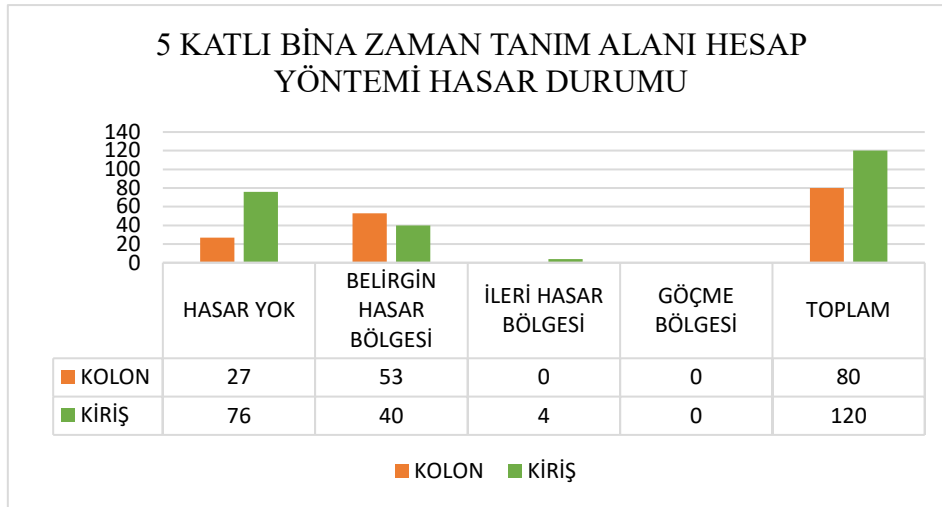
	DEPREM KAYITLARI	KOLONLAR		KİRİŞLER	
			Adet		Adet
1	Imperial Valley	Hasar Yok	29	Hasar Yok	86
		Belirgin Hasar Bölgesi	51	Belirgin Hasar Bölgesi	30
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	4
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	80	Toplam	120

2	EL Mayor-Mexico		Adet		Adet
		Hasar Yok	38	Hasar Yok	76
		Belirgin Hasar Bölgesi	42	Belirgin Hasar Bölgesi	21
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	23
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	80	Toplam	120
3	Darfield-New Zealand		Adet		Adet
		Hasar Yok	64	Hasar Yok	104
		Belirgin Hasar Bölgesi	16	Belirgin Hasar Bölgesi	12
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	4
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	80	Toplam	120

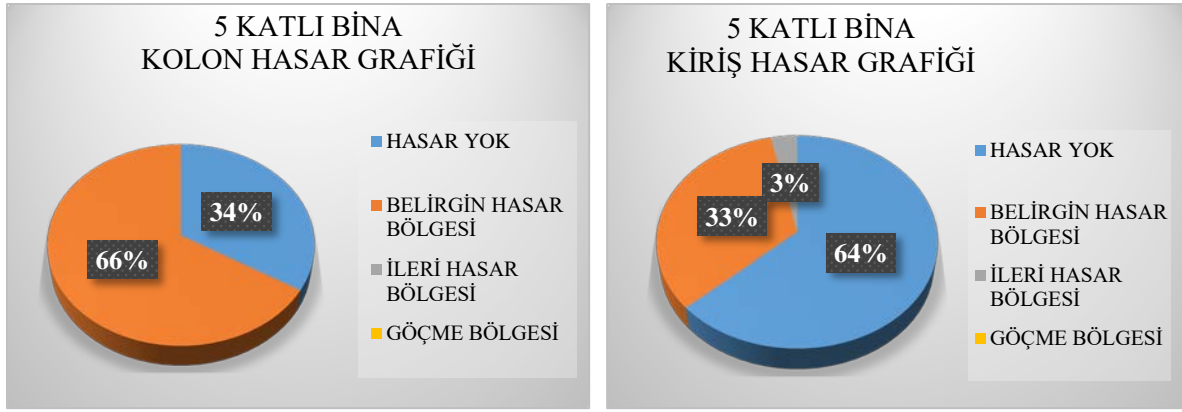
Kolon ve kiriş elemanlarda etkin kesit rijitliği hesabı ve plastik mafsalların tanımlanıp ilgili elemanlara atanması işlemi, bir önceki bölümde yer alan Statik İtme yönteminde anlatıldığı şekilde uygulanmıştır. Kolon ve kirişlerde oluşan plastik dönme değerleri belirlendikten sonra TBDY 2018'e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında üç adet yer hareketi kullanıldığı için elde edilen değerlerinde birbirine yakın olması sebebiyle üç adet deprem kaydına ait maksimum plastik dönme değerlerinin ortalaması dikkate alınarak hesap yapılmıştır. Deprem kayıtlarının hasarları belirlenirken her üç bina için dikkate alınan maksimum plastik dönmelerinin ortalaması alınarak, ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları Tablo 7.6, Şekil 7.7 ve Şekil 7.8'de verilmiştir.

Tablo 7.6 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları

Zaman Tanım Alanı	KOLON		Adet	KİRİŞ		Adet
	Hasar Yok		27	Hasar Yok		76
	Belirgin Hasar Bölgesi		53	Belirgin Hasar Bölgesi		40
	İleri Hasar Bölgesi		0	İleri Hasar Bölgesi		4
	Göçme Bölgesi		0	Göçme Bölgesi		0
	Toplam		80	Toplam		120



Şekil 7.7 : Beş katlı binaya ait hasar durumu



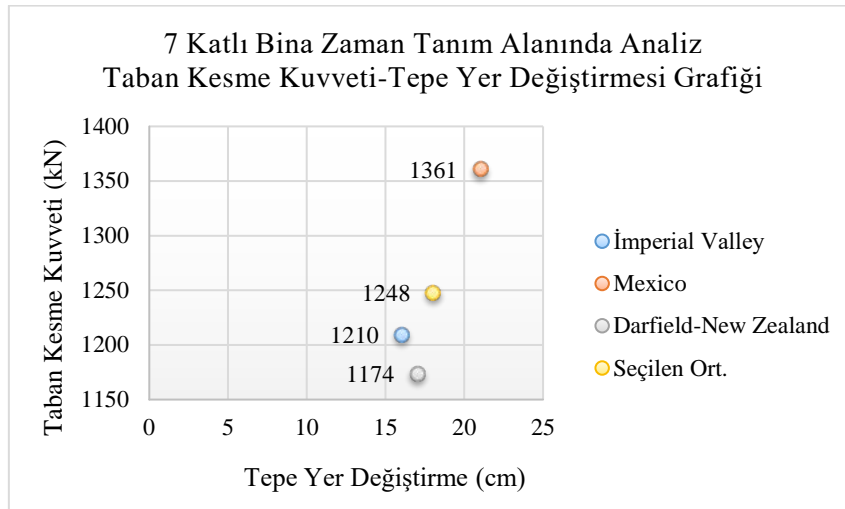
Şekil 7.8 : Beş katlı binaya ait hasar durumu grafikleri

7.3. Yedi Katlı Bina

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem kullanılarak yapılan analiz sonucunda; yedi katlı binada yapılan her üç adet deprem kaydına ve bu deprem kayıtlarının ortalamalarına ait elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri Tablo 7.7’de verilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile tepe yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri üç bina için ve her bir kayıt için elde edilmiştir.

Tablo 7.7.: Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri

7 Katlı Bina			
Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları			
	Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi (cm)
1	Imperial Valley	1210	16
2	Mexico	1361	21
3	Darfield-New Zealand	1174	18
Ortalama	Seçilen Ort.	1248	19



Şekil 7.9 : Taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği

Yedi katlı binanın analiz hesap sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi grafiği Şekil 7.9’da gösterilmiştir. Analizlerde üç yer hareketi kullanıldığı için değerlendirmede sonuçların ortalaması esas alınmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile yapılan analiz sonucunda taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişe ait hasar miktarları Tablo 7.8’de gösterilmiştir.

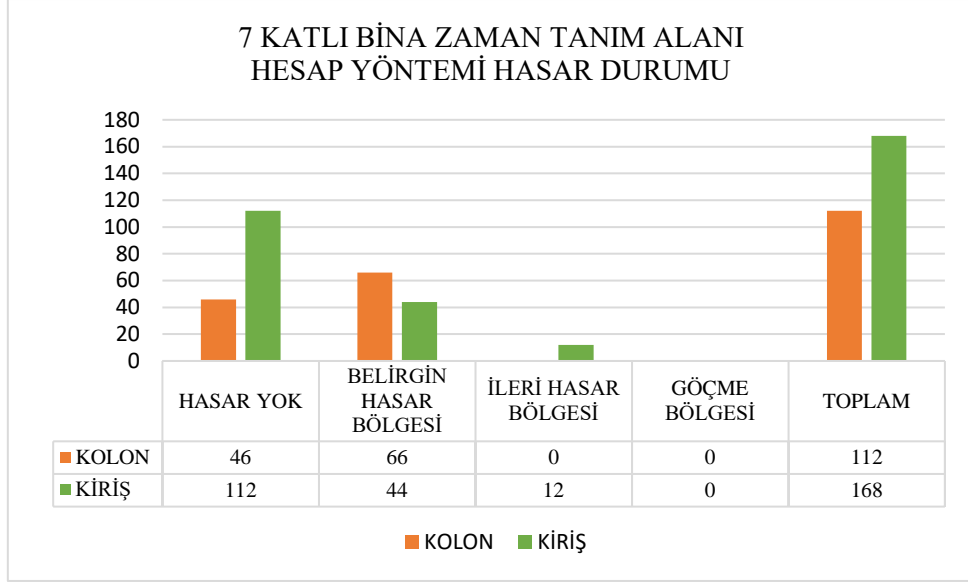
Tablo 7.8 : Deprem kayıtlarına ait kolon-kirişlerdeki hasar miktarları

	DEPREM KAYITLARI	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		Hasar Bölgesi		Hasar Bölgesi	
1	İmperial Valley	Hasar Yok	71	Hasar Yok	132
		Belirgin Hasar Bölgesi	41	Belirgin Hasar Bölgesi	30
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	6
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	112	Toplam	168
		Hasar Bölgesi		Hasar Bölgesi	
2	El Mayor Mexico	Hasar Yok	61	Hasar Yok	114
		Belirgin Hasar Bölgesi	51	Belirgin Hasar Bölgesi	41
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	13
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	112	Toplam	168
		Hasar Bölgesi		Hasar Bölgesi	
3	Darfield-New Zealand	Hasar Yok	68	Hasar Yok	121
		Belirgin Hasar Bölgesi	44	Belirgin Hasar Bölgesi	29
		İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	18
		Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
		Toplam	112	Toplam	168
		Hasar Bölgesi		Hasar Bölgesi	

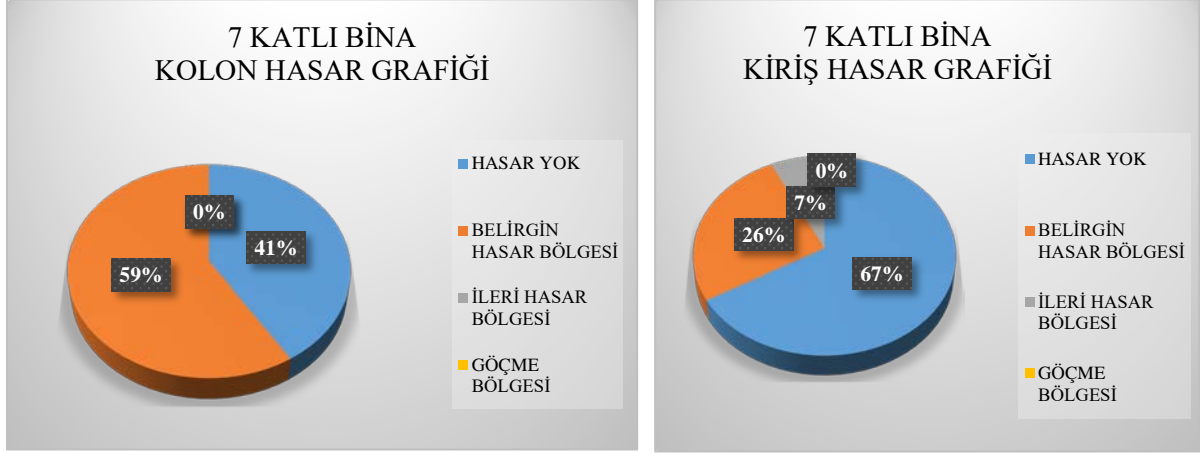
Kolon ve kiriş elemanlarda etkin kesit rijitliği hesabı ve plastik mafsalların tanımlanıp ilgili elemanlara atanması işlemi, bir önceki bölümde yer alan Statik İtme yönteminde anlatıldığı şekilde uygulanmıştır. Kolon ve kirişlerde oluşan plastik dönme değerleri belirlendikten sonra TBDY 2018’e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında üç adet yer hareketi kullanıldığı için elde edilen değerlerinde birbirine yakın olması sebebiyle üç adet deprem kaydına ait maksimum plastik dönme değerlerinin ortalaması dikkate alınarak hesap yapılmıştır. Deprem kayıtlarının hasarları belirlenirken her üç bina için dikkate alınan maksimum plastik dönmelerinin ortalaması alınarak, ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları Tablo 7.9, Şekil 7.10 ve Şekil 7.11’de verilmiştir.

Tablo 7.9 : Ortalaması alınmış deprem kayıtlarına ait kolon ve kirişlerdeki hasar miktarları

ZAMAN TANIM ALANI	KOLON		KİRİŞ	
	Adet		Adet	
	Hasar Yok	46	Hasar Yok	112
	Belirgin Hasar Bölgesi	66	Belirgin Hasar Bölgesi	44
	İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	12
	Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0
	Toplam	112	Toplam	168



Şekil 7.10: Yedi katlı binaya ait hasar durumu



Şekil 7.11 : Yedi katlı binaya ait hasar durumu grafikleri

7.4 Karşılaştırmalı Değerlendirme

Bu çalışmanın amacı, TBDY ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuş farklı kat adetlerine sahip binaların, üç adet deprem kaydı kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilecek bina performans değerlerini karşılaştırılmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmada seçilen üç adet betonarme binalar için kat adedi değişiminin zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda yapısal performansı nasıl etkilediği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, salt çerçeve olan betonarme bina modeli seçilmiştir. Üç adet bina için yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları Tablo 7.10'da gösterilmiştir. Yapılan analiz sonucunda seçilen binalarda farklı deprem kayıtları kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe yer değiştirme değerleri karşılaştırılacak olduğunda, elde edilen sonuçlar merteye olarak birbirine yakın olduğu ve çok ciddi farkların olmadığı görülmüştür.

Tablo 7.10 : Üç farklı binaya ait taban kesme kuvveti-yer değiştirme değerleri

3 KATLI BİNA					5 KATLI BİNA				
ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ SONUÇLAR					ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ SONUÇLAR				
Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirme (cm)	Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği	Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirme (cm)	Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği
Imperial Valley	1073	9	0.181	0.010	Imperial Valley	1253	16	0.126	0.011
Mexico	1046	16	0.177	0.018	Mexico	1315	21	0.132	0.014
Darfield-New Zealand	998	15	0.169	0.017	Darfield-New Zealand	1153	17	0.116	0.011
Seçilen Ort.	1039	13	0.176	0.014	Seçilen Ort.	1240	18	0.124	0.012

7 KATLI BİNA				
ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ SONUÇLAR				
Depremler	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer Değiştirme (cm)	Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği
Imperial Valley	1210	16	0.086	0.008
Mexico	1361	21	0.097	0.010
Darfield-New Zealand	1174	19	0.084	0.009
Seçilen Ort.	1248	19	0.089	0.009

Tablo 7.10 incelenecek olursa her bir deprem kaydı için kat adedi arttıkça, taban kesme kuvvetlerinin bina ağırlıklarına oranı değerleri ve tepe yer değiştirmelerin bina yükseklikleri oranları değerleri azalmaktadır. Yapılan analiz sonucunda seçilen binalarda farklı deprem kayıtları kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe yer değiştirme değerleri karşılaştırılacak olduğunda, elde edilen sonuçlar mertbe olarak birbirine yakın olduğu ve çok ciddi farkların olmadığı görülmüştür. Seçilen deprem hareketlerinin spektrumları daha önceki bölümlerde de gösterildiği üzere birbirlerinden ve tasarım spektrumundan küçük de olsa fark etmektedir. Bu sebepten sonuçlarda farklılıklar beklenir. Kayıtların frekans içeriklerinin farklı olması sebebiyle analizde kullanılacak yer hareketi kayıtları analiz sonuçlarını ve buna bağlı olarak performans değerlendirmesini belirli ölçüde etkilemektedir. Kat sayısı arttıkça taban kesme kuvvetinde artışlar olmakta, az kat sayısı olan binaların çok katlı binalara göre daha az taban kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir. Binanın toplam yüksekliği yani kat sayısı arttıkça, tepe yer değiştirme değerlerinde de artış görülmektedir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında üç farklı kat için elde edilen kırılganlık ve kolonlara ait toplam hasar durumları Tablo 7.11, Tablo 7.12, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13'te verilmiştir.

Tablo 7.11 : Üç farklı binaya ait kirişlerin toplam hasar durumu değerleri

3 KATLI	HASAR BÖLGESİ	KİRİŞ	5 KATLI	HASAR BÖLGESİ	KİRİŞ	7 KATLI	HASAR BÖLGESİ	KİRİŞ
	HASAR YOK	32		HASAR YOK	76		HASAR YOK	112
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	40	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	40	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	44			
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0	İLERİ HASAR BÖLGESİ	4	İLERİ HASAR BÖLGESİ	12			
GÖÇME BÖLGESİ	0	GÖÇME BÖLGESİ	0	GÖÇME BÖLGESİ	0			
TOPLAM	72	TOPLAM	120	TOPLAM	168			

Elde edilen sonuçlar incelenecek olursa kiriş elemanlarında sayısal hasarlar göz önüne alınırsa genel olarak kat adetleri arttıkça kesit elemanlarının artışına bağlı olarak hasarın miktarında da artışların olduğu görülmüştür.



Şekil 7.12: Binalara ait kiriş genel hasar durumu grafikleri

Tablo 7.12: Üç farklı binaya ait kolonların toplam hasar durumu değerleri

3 Katlı	Hasar Bölgesi	Kolon Adet	5 Katlı	Hasar Bölgesi	Kolon Adet	7 Katlı	Hasar Bölgesi	Kolon Adet
	Hasar Yok	3		Hasar Yok	27		Hasar Yok	46
Belirgin Hasar Bölgesi	32	Belirgin Hasar Bölgesi	53	Belirgin Hasar Bölgesi	66			
İleri Hasar Bölgesi	13	İleri Hasar Bölgesi	0	İleri Hasar Bölgesi	0			
Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0	Göçme Bölgesi	0			
Toplam	48	Toplam	80	Toplam	112			

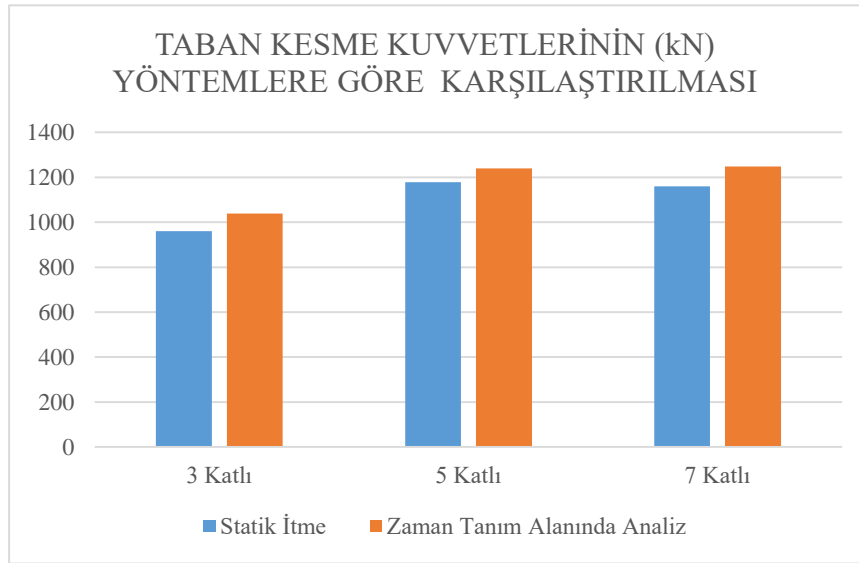


Şekil 7.13 : Binalara ait kolon genel hasar durumu grafikleri

Üç farklı binada elde edilen sonuçlara bakılacak olursa kolonların kapasitelerini zorladıkları ve hasar gördükleri, kolon boyutlandırılması yapıldığında kolonların kapasitesini olabildiği kadar kullanması için yönetmelik koşullarını sağlamak şartıyla minimum kolon boyutlarının seçilmesine dikkat edilmiştir. Buradaki sonuçlar değerlendirilecek olursa sayısal olarak kat adedi arttıkça belirgin hasar bölgesindeki kolonların arttığı görülmektedir. Kapasitesini zorlayan 3 katlı binanın ileri hasar bölgesine geçen kolonlarının birinci ve üçüncü kattaki kolonlar olduğu, bu kolonlarında plastik dönme değerleri, ileri hasar bölgesi başlangıç sınırına çok yakın olduğu analizlerde elde edilmiştir.

8. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde göz önüne alınan üç katlı, beş katlı ve yedi katlı binalar için üç farklı binada analiz için kullanılan, doğrusal olan ve doğrusal olmayan toplam beş adet hesap yöntemi; Eşdeğer Deprem Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz Hesap Yöntemi, Statik İtme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi kullanılarak elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Kısaca bu bölüm doğrusal olan ve doğrusal olmayan yöntemlerde elde edilen sonuçların karşılaştırılması olarak değerlendirilebilir. Bu kısımda öncelikle statik itme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem kullanılarak elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda üç, beş ve yedi katlı binalardaki Taban Kesme Kuvvetlerinin değerleri karşılaştırılmış olup, karşılaştırma sonuçları Şekil 8.1 ve Tablo 8.1’ de gösterilmiştir.



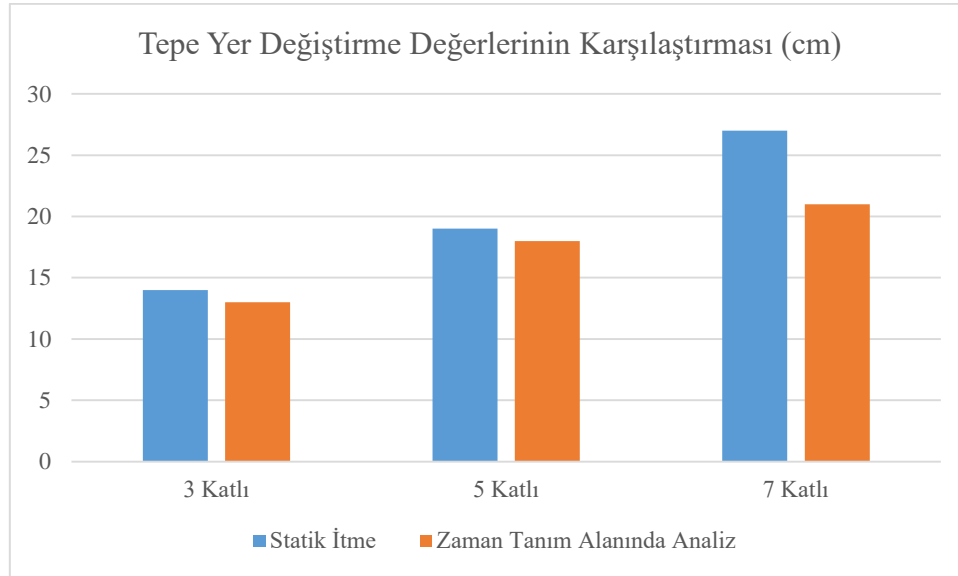
Şekil 8.1 : Taban Kesme Kuvveti Karşılaştırma grafiği

Elde edilen sonuçlar değerlendirilecek olunursa, iki yöntemde sonuçlar birbirine yakın çıkmakta ve iki yöntem arasında çıkan sonuçların farklarının oranı, üç farklı bina için % 5 ile % 7 arasında kalmaktadır. Örnek olarak 5 katlı binada ((1240-1178)/1240=0,05) % 5 bulunmaktadır.

Tablo 8.1 : Taban kesme kuvveti karşılaştırma değerleri

Taban Kesme Kuvvetleri (kN) Karşılaştırma Tablosu			Taban Kesme Kuvvetleri / Bina Ağırlığı Karşılaştırma Tablosu		İki Yöntem Arasındaki Sonuçların Farkının Oranı
Bina Kat Sayısı	Statik İtme	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	Statik İtme	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	
3 Katlı	961	1039	0,16	0,18	0,07
5 Katlı	1178	1240	0,12	0,12	0,05
7 Katlı	1160	1248	0,08	0,08	0,07

Binalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin, statik itme sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Statik itme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi arasında binaların taban kesme kuvvetlerinin bina ağırlıkları oranları sonucu oluşan değerler kıyaslanacak olursa; üç katlı binadaki oranların birbirine yakın olduğu, beş ve 7 katlı binada ise aynı değerlerde olduğu görülmektedir. Kat adedi arttıkça bu oranların binaların ağırlıklarına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Üç tip bina için her iki yöntemle elde edilen tepe yer değiştirmesi değerleri karşılaştırılmış olup, karşılaştırma sonuçları Şekil 8.2 ve Tablo 8.2’de gösterilmiştir.

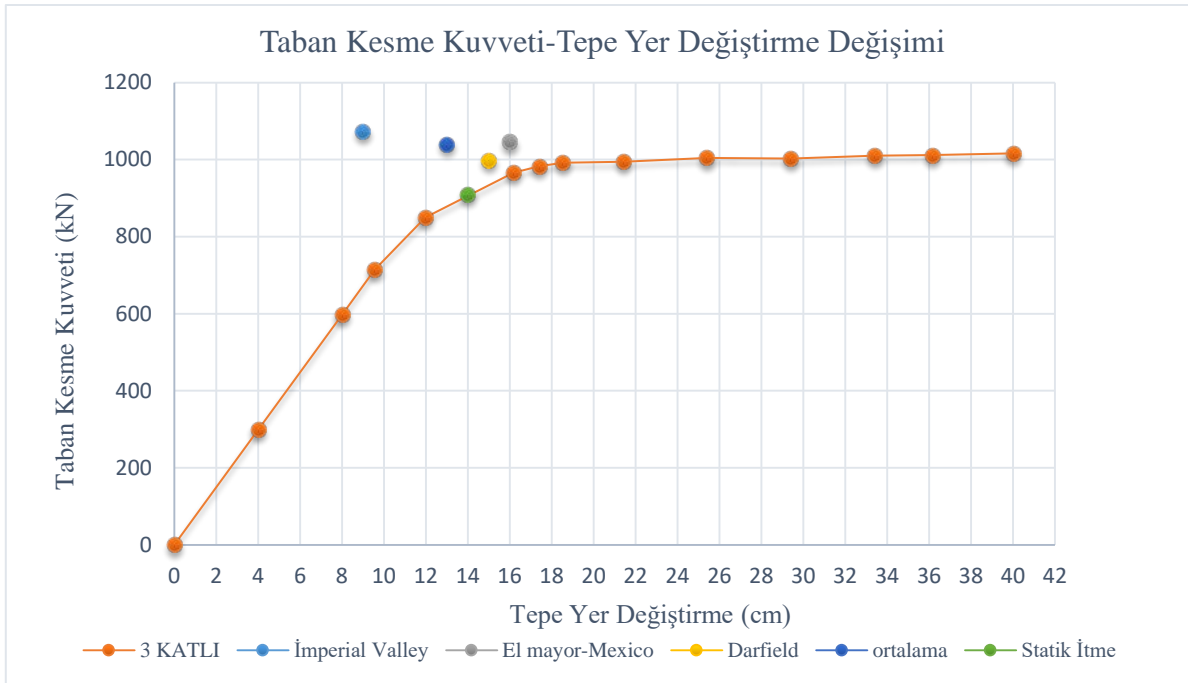
**Şekil 8.2 : Tepe yer değiştirmesi karşılaştırma grafiği**

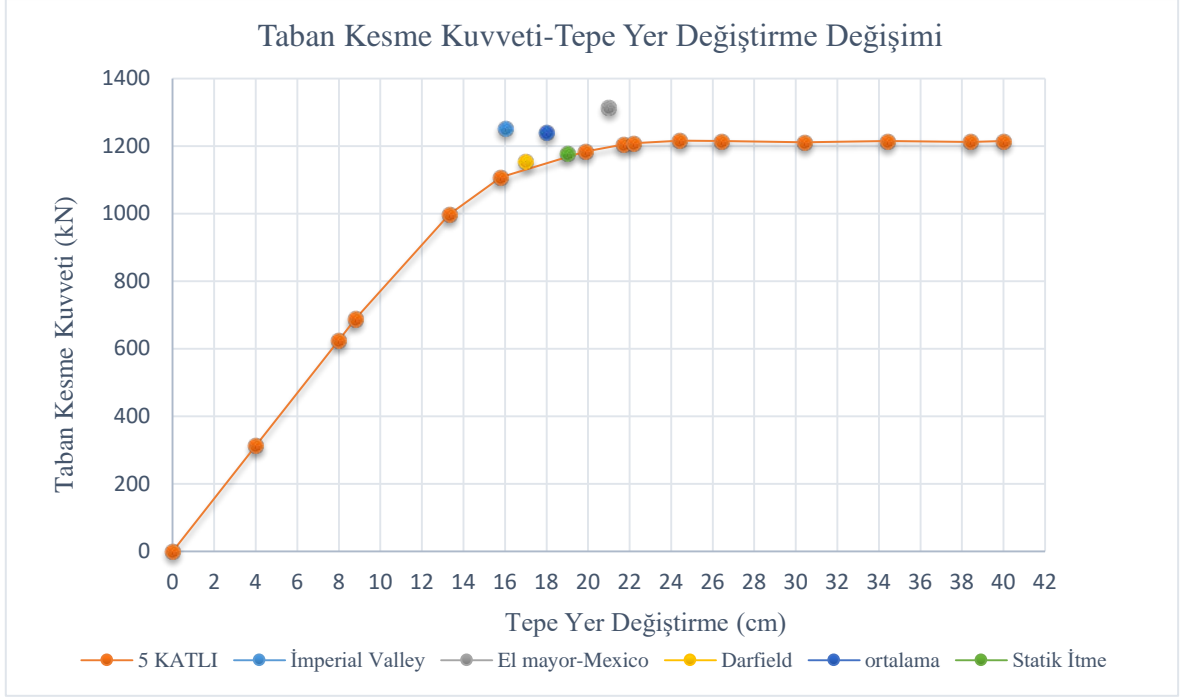
Binalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen tepe yer değiştirmesi değerlerinin, statik itme sonucu elde edilen tepe yer değiştirmesi değerlerine yakın ve daha küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca yedi katlı binada, elde edilen sonuçlar arasındaki fark daha belirgin durumdadır. Elde edilen sonuçlar arasındaki farkın en az olduğu sistem üç ve beş katlı binalardır. Binanın bulunduğu noktaya göre seçilen en uygun deprem kayıtları ve bu deprem kayıtlarının ortalama değerleri, üç katlı, beş katlı ve yedi katlı binalara uygulanarak, her bir kayıttaki sistemde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum tepe yer değiştirmesi değerleri elde edilmiştir.

Tablo 8.2 : Tepe yer değiştirmesi karşılaştırma değerleri

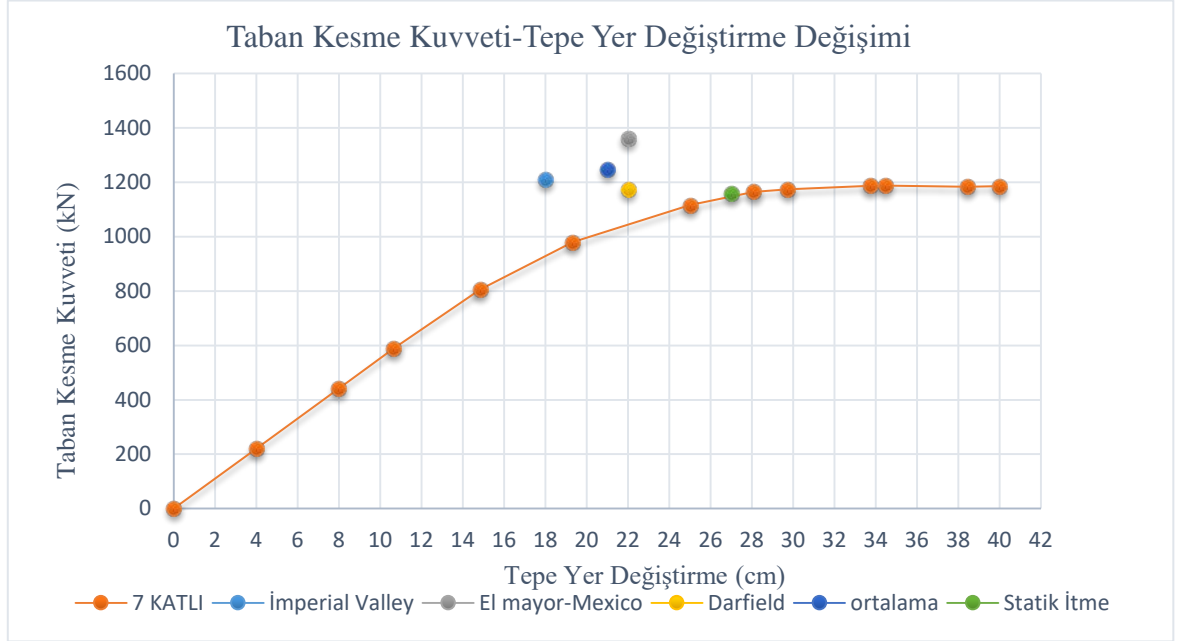
Tepe Yer değiştirmesi (cm) Karşılaştırma Tablosu			Tepe Yer değiştirmesi / Bina Yüksekliği oranı		
Bina Kat Sayısı	Statik İtme	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	Statik İtme	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	İki Yöntem Arasındaki Sonuçların Farkı (cm)
3 Katlı	14	13	0,015	0,014	1,000
5 Katlı	19	18	0,013	0,012	1,000
7 Katlı	27	21	0,012	0,010	6,000

Tablo 8.2’de görüldüğü üzere binalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen tepe yer değiştirme değerlerinin, statik itme sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinden daha küçük olduğu görülmektedir. Statik itme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi arasında binaların tepe yer değiştirmelerinin binaların ağırlıklarına oranları sonucu oluşan değerler kıyaslanacak olursa; tüm binalarda çok büyük farklılıkların olmadığı, oranın en yakın beş katlı binada olduğu görülmektedir. Kat adedi arttıkça hesap yöntemlerindeki bu oranların, binaların yüksekliklerine bağlı olarak azaldığı görülmektedir. şekil 8.3, şekil 8.4 ve şekil 8.5’de üç farklı bina için elde edilen taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi eğrileri aynı eksen takımında karşılaştırılmıştır. Grafikte turuncu renkteki eğriler statik itme sonucu oluşan değeri, noktasal işaretler ise renklerine göre grafikte gösterildiği üzere deprem kayıtlarına ait değerleri göstermektedir. Yeşil nokta ise statik itme eğrisinin üzerindeki binalara ait performans noktasını göstermektedir.

**şekil 8.3 : Üç katlı bina taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği**



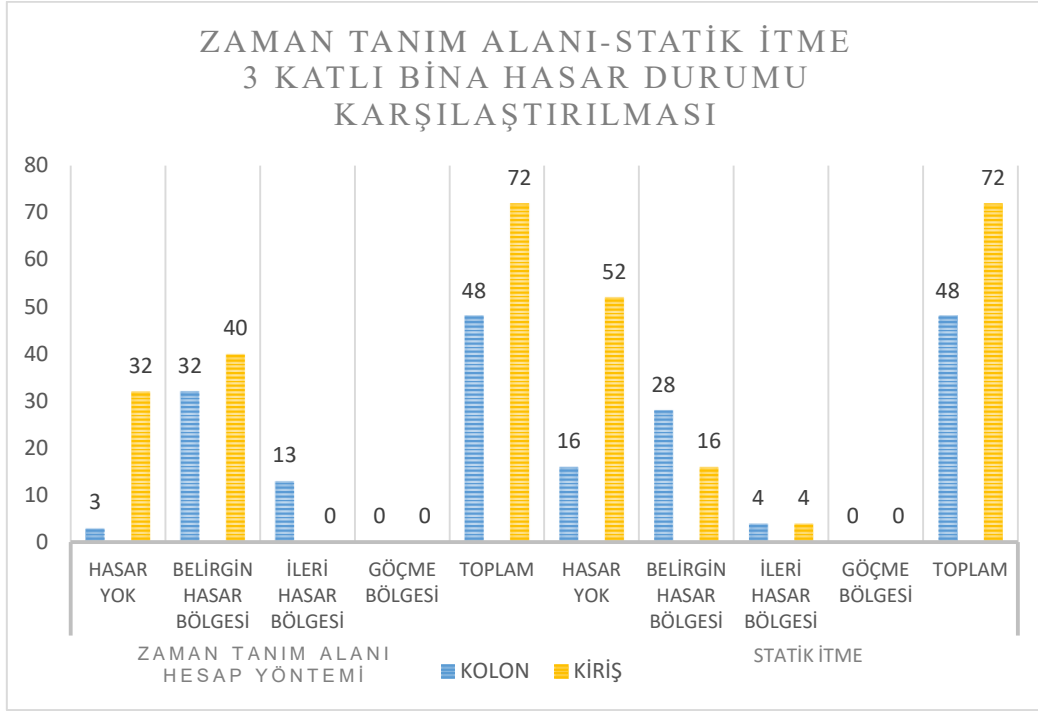
Şekil 8.4: Beş katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği



Şekil 8.5 : Yedi katlı bina taban kesme kuvveti- tepe yer değiştirme karşılaştırma grafiği

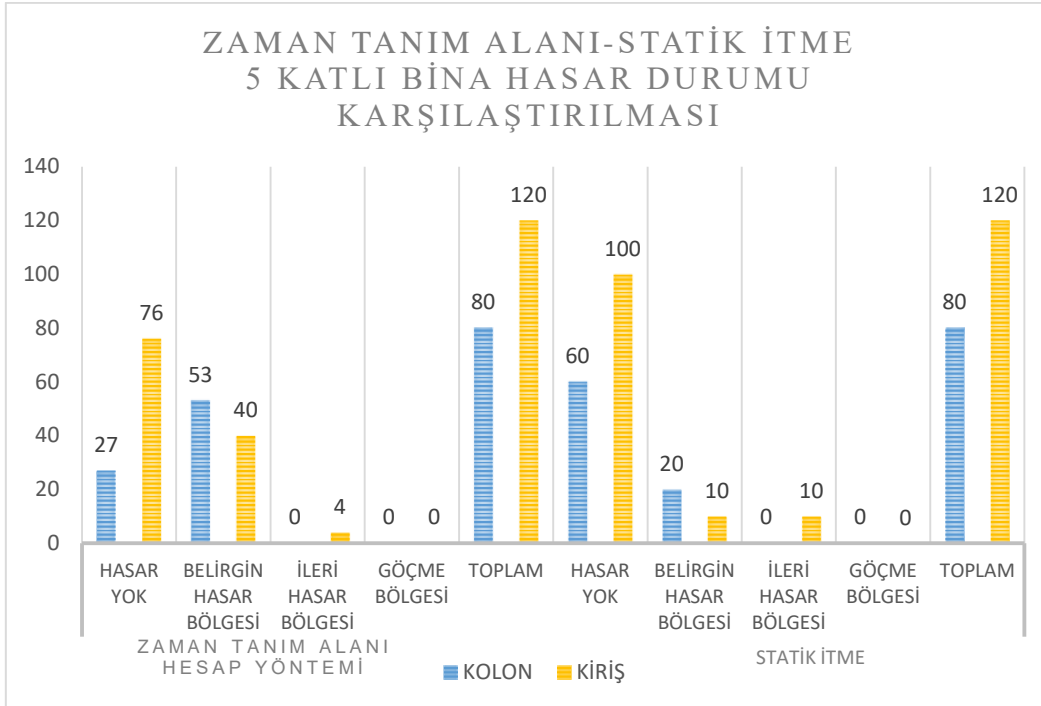
Göz önüne alınan üç bina için yapılan analiz sonuçlarını iki yöntem için değerlendirecek olursak, sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Her üç bina için deprem kayıtlarına ait zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi analizi ve statik itme yöntemi analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri değerlerinin birbirine çok yakın değerler olduğu görülmektedir. Deprem kayıtlarının frekanslarının farklı olması sebebiyle tepe yer değiştirme değerinin farklı olmasına rağmen birbirine yakın sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Statik itme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda üç, beş ve

yedi katlı binalar için kolon ve kirişlerin hasar bölgelerine göre değerlendirilmesi ve karşılaştırılması üç farklı kat için Şekil 8.6, Şekil 8.7 ve Şekil 8.8’de gösterilmiştir.



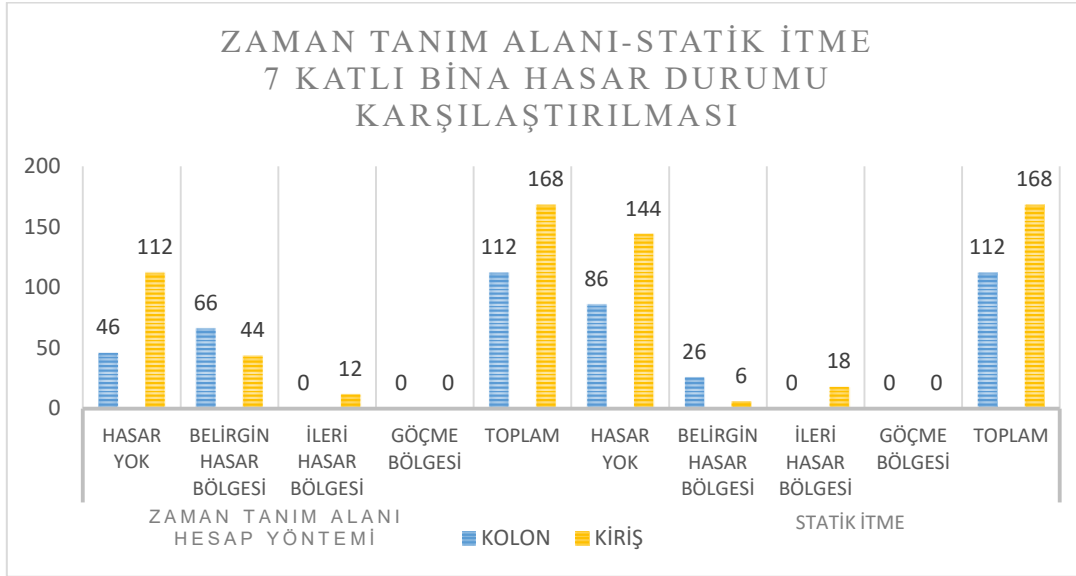
Şekil 8.6 : Üç katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği

Üç katlı bina için yapılan analiz sonuçlarını iki yöntem için değerlendirecek olursak, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi analizinin hasar miktarlarının, statik itme yöntemine göre daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 8.7 : Beş katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği

Beş katlı binada plastikleşip hasar gören kesitlerin sayısı, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminde daha fazla olduğu görülmektedir ancak ileri hasar bölgesine geçen kiriş sayısı statik itmede daha fazla çıkmıştır.



Şekil 8.8: Yedi katlı karşılaştırmalı hasar dağılım grafiği

Yedi katlı binada iki yöntem karşılaştırıldığında, statik itme yönteminde daha az hasarın olduğu görülmektedir. Ancak ileri hasar bölgesine geçen kirişlerin sayısı diğer yöntemde göre daha fazladır. Statik itmede ileri hasar bölgesine geçen kirişler binadaki toplam kirişlerin %10'unu oluşturmaktadır ve bu kirişler farklı katlarda hasar görmüştür. Her kat için ve tüm binaya ait kolon-kiriş kesitlerine ait hasarlar 6.bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kat adedi arttıkça, kolon ve kiriş elemanlarının artması ve binaya gelen deprem kuvvetlerinin artmasıyla birlikte binalardaki hasarların genel olarak arttığı görülmektedir. Her iki yöntemde de göçme bölgesinde olan kolon ve kiriş eleman bulunmaktadır. Kat adedi arttıkça her iki yöntemden elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere ileri hasar bölgesine geçen elemanların arttığı görülmektedir.

Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklandığı üzere, binanın tasarımı TBDY kurallarına göre konut olarak kullanılan binada dolaylı olarak kontrollü hasar düzeyi kabul edilerek yapılmıştır. TBDY'de verilen kuralların binalar için sağlanacağı dolaylı olarak öngörülmüştür. Her üç bina ile ilgili TBDY'de mevcut binalar için öngörülen kontrollü hasar düzeyini sağlayıp sağlamadığı incelenmiş ve her üç bina için ileri hasar bölgesine geçen kolon ve kirişlerin yönetmelikte öngörülen kontrollü hasar durumunu uygun biçimde sağladığı uygun sınır koşullarda olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplarda her bir seçilen tipteki kolon ve kesitine ait etkin kesit rijitlikleri kullanıldığı için binanın periyot değerleri, doğrusal analiz yöntemi ile yapılan hesaplardan elde edilen değerlerden fazla çıkmıştır.

Tablo 8.3' görüldüğü üzere doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak üç farklı bina için, binaların 1.moda göre periyot değerleri verilmiştir. Birinci moda göre doğrusal olmayan yöntemde yapılan analiz sonucu periyotların değerleri, üç katlı bina için 1,43 saniye, beş katlı bina için 1,88 saniye, yedi katlı bina için 2,44 saniye bulunmuştur. Doğrusal yöntemde yapılan analiz sonucu periyotların değerleri, üç katlı bina için 0,51 saniye, beş katlı bina için 0,67 saniye, yedi katlı bina için 0,90 saniye bulunmuştur. Binaların düzenli ve simetrik olmasından dolayı da X ve Y eksenlerinde periyot değerleri aynı çıkmıştır.

Tablo 8.3 : Periyotların karşılaştırılması

	Doğrusal Hesap Yöntemleri (Azaltılmış rijitlik)	Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	Her İki Yöntemde Elde Edilen Periyotların Oranı
	Periyot (s)	Periyot (s)	
3 Katlı	0,51	1,43	0,35
5 Katlı	0,67	1.88	0,35
7 Katlı	0,90	2,44	0,36

Tablo 8.4’de tüm yöntemlerin sonuçları tek tabloda verilmiş olup, zaman tanım alanında hesap sonuçlarında taban kesme kuvveti deprem yükü azaltma katsayısı ($R_a(T)=8$) ile azaltılmışken, tepe yer değiştirme değerleri ise azaltılmamış olarak verilmiştir. Ayrıca statik itme ve zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan çözümler ile azaltılmamış değerler karşılaştırılmıştır. Binalara ait sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılırken tepe yer değiştirme / toplam bina yüksekliği ve taban kesme kuvveti / bina ağırlığı esas alınmıştır. Bölüm 3.4, Bölüm 4.4 ve Bölüm 5.4’de doğrusal yöntemlerin karşılaştırılması her bir yöntemden elde sonuçlar ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu kısımda ayrıntıya girilmeden elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir. Hesap yöntemlerinde elde edilen değerlerin X doğrultusundaki sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 8.4’te yapılan hesaplarda doğrusal yöntemle yapılan hesaplar, dayanıma göre tasarım ile yapılmışken, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde ise performansa (şekildeğiştirmeye) göre tasarım ile hesap ve analiz yapılmıştır.

Tablo 8.4 : Hesap yöntemlerinin karşılaştırılması

Kat Adedi	Yöntem		Taban Kesme Kuvveti / Bina Ağırlığı	Tepe Yer Değiştirme / Bina Yüksekliği	Oranlar EDY/ZTA veya Statik İtme/ZTADOY (V_t/W)
3 Katlı	Doğrusal Hesap Yöntemleri	Eşdeğer Deprem Yükü (EDY)	0,099	0,008	1,03
		Mod Birleştirme	0,084	0,007	
		Zaman Tanım Alanı Y.(ZTA)	0,096	0,009	
	Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	Statik İtme	0,162	0,015	0,92
Zaman Tanım Alanı Doğrusal Olmayan Yöntem (ZTADOY)		0,176	0,014		
5 Katlı	Doğrusal Hesap Yöntemleri	Eşdeğer Deprem Yükü (EDY)	0,075	0,007	1,01
		Mod Birleştirme	0,064	0,005	
		Zaman Tanım Alanı Y.(ZTA)	0,074	0,006	
	Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	Statik İtme	0,118	0,013	0,95
Zaman Tanım Alanı Doğrusal Olmayan Yöntem (ZTADOY)		0,124	0,012		
7 Katlı	Doğrusal Hesap Yöntemleri	Eşdeğer Deprem Yükü (EDY)	0,060	0,008	1,00
		Mod Birleştirme	0,051	0,006	
		Zaman Tanım Alanı Y.(ZTA)	0,060	0,007	
	Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	Statik İtme	0,083	0,013	0,93
Zaman Tanım Alanı Doğrusal Olmayan Yöntem (ZTADOY)		0,089	0,010		

Tablo 8.4 incelenecek olursa, yapılan tüm analizlerin sonuçları görülecektir. Hesap yöntemleriyle yapılan analiz sonucu, taban kesme kuvvetleri arasındaki oranların 1 e yakın olması değerlerin sonuçlarının doğruluğunun birer göstergesidir. Hesap yöntemlerinin uygulanış açısından farklı olması ve (Eşdeğer deprem yükü hesabında TBDY denklemleri ve deprem spektrumu kullanılırken, zaman tanım alanı yöntemiyle hesap yaparken spektrumu tasarım spektrumuna uygun benzetilmiş deprem kayıtları kullanılıyor) kullanılan parametrelerin değişiklik içermesinden dolayı küçük farkların çıkması doğaldır. Tabloda görüldüğü üzere hangi hesap yöntemi kullanılırsa kullanılsın sonuçlarda büyük farkların olmadığı görülmektedir. Tablodaki oranların hesap yöntemlerine oranlanması kısmında da görüleceği üzere hesap yöntemlerindeki sonucun farkının oranı %0 ile %7 arasında değişmektedir. Görüleceği üzere binalar arasındaki en büyük farkın yedi katlı binada (%7) görülmektedir. Tüm hesap yöntemleri için taban kesme kuvvetinin binanın ağırlığına oranı, binanın kat sayısı arttıkça bu oranın azaldığı görülmektedir. Eşdeğer deprem yükü yönteminde elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirme değerleri mod birleştirme yönteminde elde edilen değerlerden daha büyük çıkmıştır.

9. SONUÇLAR

TBDY 2018'e göre yeni bina olarak tasarımı yapılmış 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı olmak üzere seçilen üç bina esas alınarak, yeni tasarımın mevcut bina kabul edilerek beklenen performans hedefini sağlama durumu ve bina kat adedinin bina performans hedefi üzerine olan etkisi konu edilmiştir. Bu binaların deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performanslarını belirleyebilmek için yönetmelikte bulunan doğrusal olmayan çözüm yöntemleri kullanılmıştır. Doğrusal olmayan çözümde Statik İtme Yöntemi ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi seçilmiştir. TBDY 2018'e göre tasarımı yapılan bu binaların sağladıkları performans hedefleri aralarında ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizlerde sonucunda karşılaştırma yapılırken binanın performans noktasına karşı gelen değerler ele alınmıştır. Bu karşılaştırmada binaların sağladıkları performans hedefleri kat adedinin farklı olması açısından da değerlendirilmiştir. Ayrıca doğrusal hesap yöntemleri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal hesap yönteminde de analizler yapılmış, elde edilen sonuçlar, hesap yöntemlerine ve kat adetlerine göre karşılaştırılmıştır.

TBDY 2018'e göre tasarımı yapılan binanın mevcut bina kabul edilerek performans seviyesinin belirlenmesinde TBDY 2018'de bina performans seviyesi, kolon ve kiriş taşıyıcı sistem elemanlarının hasar seviyeleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, bu amaçla statik itme yöntemi ile zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmıştır. Sap2000 programı yardımı ile hesaplanan plastik dönme değerleri bulunmuş ve yönetmeliğe uygun olarak hesap edilmiş plastik dönme sınır değerleri ile karşılaştırılarak hasar seviyeleri elde edilmiştir. Böylece taşıyıcı sistem elemanları için hasar seviyelerine karar verilmiştir.

Bu çalışmada kat adedi değişken 3 bina tasarlanmış ve değerlendirilmiştir. Tasarım da olabildiğince elemanların geometrik boyutlarının tam sınırdan olmasına yani ek bir dayanım fazlalığı olmamasına özen gösterilmiştir.

Konut yapısı olarak TBDY 2018 de Bölüm 2 ve Bölüm 3 ve Bölüm 7'ye göre tasarımı yapılan ve mevcut yapı olarak kabul edilen bu binaların, Bölüm 15'e göre sağlaması gereken kontrollü hasar performansı hedefini, statik itme ve zaman tanım alanı yöntemine göre değerlendirildiğinde yönetmelikteki öngörülen kontrollü performans sınırları sağladıkları görülmüştür. Yapılan uygulamalarda farklı kat adetlerine sahip binaların tasarım depremi altında kontrollü hasar performans seviyesi sağlama durumları doğrusal olmayan yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

TBDY 2018 Bölüm 5 kurallarına bağlı olarak tüm betonarme elemanlar için ayrı ayrı etkin kesit rijitliği hesaplanmaktadır. Bu işlem analiz sürelerini uzatmasına rağmen betonarme elemanın uzunluğu, donatısı ve yüklerin kesit üzerindeki etkisine bağlı olarak daha ayrıntılı değer elde edilmesi öngörülmüştür. Bu çalışmada da önce etkin kesit rijitlikleri hesaplanmış ve sonrasında analizler yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken her bina için seçilen binanın performans noktasına karşı gelen değerler kullanılmıştır. Kıyaslama yapılırken taban kesme kuvvetinde eşdeğer deprem yükünün azaltılmışı kullanılırken, tepe yer değiştirmede eşdeğer deprem yükünün azaltılmamışını kullanılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sayısal değerleri inceleyerek varılan bazı sonuçlar kıyaslamalar ile belirlenmeye çalışılmış ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

Beklendiği gibi Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen Taban Kesme Kuvveti/Bina Ağırlığı oranının Mod Birleştirme Yöntemine göre daha büyük elde edilmiştir.

Doğrusal olmayan yöntemler esas alındığında, 3 katlı binanın kapasitesinin 7 katlı binaya göre daha fazla olduğu görülür. Başka bir ifade ile doğrusal yöntemle yapılan tasarımda düşük katlı binaların dayanımı yüksek katlılara göre daha büyüktür. Tasarım depremine maruz iki binadan yüksek olanda biraz daha hasar beklenebilir. Bu sonuca göre düşük katlı binaların dayanıma göre tasarımında eşdeprem yükü (yüksek katlı ile aynı dayanıma getirmek için) kat sayısına bağlı olarak azaltılabilir.

	Üniformluk için arttırma katsayıları	Üniformluk için azaltma katsayıları
3 katlıda $(1,78+1,64)/2=1,71$	3 katlıda $1,71/1,71=1$	3 katlıda $1,43/1,71 = 0,84$
5 katlıda $(1,57+1,65)/2=1,61$	5 katlıda $1,71/1,61=1,06$	5 katlıda $1,43/1,61 = 0,89$
7 katlıda $(1,38+1,48)/2=1,43$	7 katlıda $1,71/1,43=1,20$	7 katlıda $1,43/1,43 = 1$

Kat adedi farklı üç binada zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti değerlerinin, statik itme sonucu elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti değerlerinden (yüksek modların etkili olması sebebiyle) daha büyük olduğu görülmüştür.

Kat adedi farklı üç binada zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile elde edilen azaltılmamış tepe yer değiştirmesi değerlerinin, statik itme sonucu elde edilen azaltılmamış tepe yer değiştirme değerlerine yakın ve daha küçük olduğu görülmüştür.

Statik itme yönteminde elde edilen performans noktasına ait ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti ve azaltılmamış tepe yer değiştirmesi değerlerinin, yedi katlı binaya göre üç ve beş katlı binalarda daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal hesap yönteminde hesap edilen taban kesme kuvvetlerinin ve tepe yer değiştirmelerinde her bina için birbirine çok yakın (yakınlık derecesi %1-%3) olduğu görülmüştür.

Doğrusal olan ve doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle yapılan hesaplarda, taban kesme kuvvetlerinin binaların ağırlıklarına oranının (Vt/W) , beklendiği gibi binanın kat sayısı arttıkça azaldığı görülmüştür. Tüm binalar için tepe yer değiştirmelerin binaların yüksekliklerine oranı doğrusal hesap yöntemleri için %1'in altında kalırken, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde bu oranlar % 1-1,3 arasında değişmektedir.

Elde edilen sayısal sonuçlara göre çok katlı binaların az katlı binalara göre, tepe yer değiştirme, taban kesme kuvveti değerlerinin, doğrusal yöntemlere göre doğrusal olmayan yöntemlerde daha fazla çıktığı görülmüştür. Kat sayısı arttıkça taban kesme kuvvetinde artışlar olmakta, az kat sayısı olan binaların çok katlı binalara göre daha az taban kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir. Binanın toplam yüksekliği yani kat sayısı arttıkça, performans noktasına karşı gelen tepe yer değiştirme değerlerinde de artış görülmüştür.

10. KAYNAKLAR

- 1- AFAD, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- 2- Celep Z. 2018. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta, İstanbul.
- 3- Ekiz İ. 2016. Yapı Statiği II, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- 4- Kefeli E., Börekçi M., Arslan G., 2018. Planda Düzensizliği Bulunan Betonarme Binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'e göre performanslarının değerlendirilmesi, International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018), 22-23 Kasım 2018, Eskişehir.
- 5- Şahin B., 2010. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi ve Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 138s.
- 6- Dalyan İ. and Sahin B. Turkish Journal of Earthquake Research 1, 134-147, December 2019. Evaluation of The Structural System Performance of an Existing Reinforced Concrete Building Under Earthquake Loads According to the 2007 and 2018 Turkish Earthquake Codes.
- 7- Bakış A., Özdemir M., Işık E., Akıllı A. "The Impact of Concrete Strength on the Structure Performance under Repeated Loads". Bitlis Eren University Journal of Science and Technology 6 / 2 (Aralık 2016): 87-91.
- 8- Moral A. 2014. Kat Adetleri Farklı Binaların Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri ile İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mühendisliği programı.
- 9- Kıran F., 2010. Binaların Performans Analizi İçin Kullanılan Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 10- Celep Z., 2014. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- 11- Asfuroğlu S., 2018. Çok Katlı Çelik Binaların İtme Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mühendisliği programı.
- 12- Sap2000 v.20 Computers and Structures Inc., Berkeley.
- 13- Sta4Cad v14 Structural Analysis for Computer Aided Design.
- 14- PEER Ground Motion Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center.
- 15- Seismomatch v.2.0.0. Seismo Soft, Pavia.

EKLER

EK A: Statik İtme Hesap Yöntemiyle Belirlenen Kolon ve Kirişlerin Performans Değerleri ve Hasar Durumları

EK B: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemiyle Belirlenen Kolon ve Kirişlerin Performans Değerleri ve Hasar Durumları