

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ
TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018'E GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Halime TEKDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR
Ocak 2020

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana kıymetli zamanını ayıran, sabır ve ilgiyle her konuda yardımını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Halime TEKDEMİR



İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	7
3.1. Deprem Yer Hareketi	7
3.1.1. Deprem Tehlike Haritaları.....	7
3.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	9
3.1.3. Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....	9
3.1.3.1. Yatay Tasarım İvme Spektrumu.....	10
3.1.3.2. Düşey Tasarım İvme Spektrumu.....	11
3.2. Deprem Etkisi Binaların Tasarımı.....	12
3.2.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.....	12
3.2.2. Dayanım Fazlalığı Katsayısı	13
3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfları.....	14
3.2.4. Bina Performans Düzeyleri ve Hedefleri.....	14
3.2.5. Dayanım Fazlalığı Katsayısı.....	15
3.2.6. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	16
3.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi.....	17
3.4. Çalışmada Göz Önüne Alınan Sınırlamalar.....	18
3.4.1. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değıştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi.....	18
3.4.2. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	18
3.5. Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesi İçin Çalışmada Kullanılan Yöntemler	20
3.5.1. Doğrusal Hesap Yöntemi	20
3.5.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	21

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
3.5.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi.....	22
3.5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi.....	22
3.5.2.1. Statik İtme Analizi.....	23
3.6. Sayısal Uygulamalar.....	24
3.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yönteminin Karşılaştırılması.....	24
3.6.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile 4 Katlı Betonarme Çerçeveselenden Oluşan Binanın Deprem Hesabı.....	24
3.6.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile 4 Katlı Betonarme Çerçeveselenden Oluşan Binanın Deprem Hesabı.....	31
3.6.1.3. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değıştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi.....	32
3.6.2. Farklı Konsol Boylarına Sahip 4 Ayrı Betonarme Binanın Mod Birleştirme Yöntemi ile Karşılaştırılması.....	33
3.6.3. Farklı Zemin Kat Yüksekliklerine Sahip 8 Katlı İki Betonarme Binanın Statik İtme Analizi ile Deprem Hesabı.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	55
4.1. EDY ve MBY ile Yapılan Analizlerin Karşılaştırılması	55
4.2. K0, K1, K1.5 ve K2 Binalarının Spektrum Analizleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	57
4.3. B3.5 ve B4.5 Binalarının Statik İtme Analizlerinin Karşılaştırılması.....	64
4.4. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması.....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
6. KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	83

ÖZET

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018'E GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halime TEKDEMİR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2020

Türkiye, aktif deprem kuşağında yer aldığı için meydana gelen depremler sonucunda can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu kayıpların yaşanması depreme dayanıklı yapı tasarımına daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) mevcut yapıların deprem performansının yanı sıra yeni yapıların da deprem performansı konusuna dikkat çekmiştir.

Yapı sistemlerinin deprem etkisi altında analizleri yapılırken doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal davranışa göre analizlerde, malzemenin doğrusal elastik davranış gösterdiği ve yer değiştirmelerin çok küçük olduğu varsayılmaktadır. Doğrusal olmayan hesapta ise malzemenin doğrusal elastik sınırın ötesinde davranışı hesaba katılmakta ve/veya yer değiştirmelerin çok küçük olmadığı göz önüne alınmaktadır.

Bu tez çalışmasında TBDY 2018 esaslarına göre boyutlandırılmış betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Doğrusal hesap yöntemi kullanılarak 4 katlı betonarme bir binanın deprem analizi Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmış ve iki yöntemden elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Doğrusal olan hesap yöntemlerinin ikinci kısmında ise biri konsolsuz diğer üçü farklı konsol boylarına sahip dört adet 5 katlı betonarme binanın Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak dinamik analizleri yapılarak etkin görelî kat ötelemeleri karşılaştırılmıştır. Doğrusal olmayan hesap yöntemi olarak zemin kat yükseklikleri 3.5 m ve 4.5 m olan 8 katlı iki adet betonarme binanın Statik İtme Analizi Yöntemi ile analizleri yapılarak itme eğrileri, taban kesme kuvvetleri ve plastik mafsall oluşum düzenleri karşılaştırılmıştır. Plastik mafsalların kolonlardan önce kirişlerde oluşması esasına göre boyutlandırma ve kesit hesabının yapılması gerektiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: TBDY, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Spektrum Analizi, Statik İtme Analizi

ABSTRACT

SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS ACCORDING TO TURKISH SEISMIC CODE 2018

MSc THESIS

Halime TEKDEMİR

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2020

Turkey is located in an active earthquake zone. Therefore, life and property losses are experienced as a result of earthquakes. Experience of these losses shows that more importance should be given to earthquake resistant structure design. Turkey Seismic Code (TSC 2018) came into force at January 1, 2019. In TSC 2018, the seismic performance of new buildings is considered as well as the seismic performance of existing buildings.

Linear and nonlinear methods are used in the analysis of structural systems under earthquake loads. When calculating the linear behavior of the system, it is assumed that the material shows linear elastic behavior. It is also assumed that the displacements are very small. In the nonlinear methods, the behavior of the material beyond the linear elastic limit is taken into account. It is also considered that displacements are not very small.

In this thesis, it is aimed to determine the seismic performance of reinforced concrete buildings designed according to TSC 2018. Equivalent Seismic Load Method and Mode Superposition Method were used for the analysis of a 4-storey reinforced concrete building as a linear analysis method and effective relative story drift and the base shear obtained from the two methods were compared with each other. In the second part of the linear methods, 5-storey reinforced concrete buildings, one without console and three with different console lengths are analyzed by using Mode Superposition Method and effective relative story drift are compared. As a non-linear analysis method, the results of the 8-storey reinforced concrete buildings with ground floor height of 3.5 m and 4.5 m were analyzed by Nonlinear Static (Pushover) Analysis, and the base shear, pushover curves and plastic hinge orders were compared. Consequently, the structural system should be designed the principle of having columns stronger than beams.

Key Words: TSC, Equivalent Seismic Load Method, Mode Superposition Method, Nonlinear Static (Pushover) Analysis

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1.	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları	10
Çizelge 3.2.	1.0 saniye periyod için Yerel Zemin Etki Katsayıları	10
Çizelge 3.3.	Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları (TBDY 2018)	13
Çizelge 3.4.	Deprem Tasarım Sınıfları (TBDY 2018)	13
Çizelge 3.5.	Bina Yükseklik Sınıfları (TBDY 2018)	14
Çizelge 3.6.	Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Performans Hedefi	15
Çizelge 3.7.	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları	17
Çizelge 3.8.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar	21
Çizelge 3.9.	Fiktif Yüğülerin Hesabı	26
Çizelge 3.10.	EDY'ye Göre Hesapta X Yönü Yer Değıştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	27
Çizelge 3.11.	EDY'ye Göre Hesapta Y Yönü Yer Değıştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	27
Çizelge 3.12.	EDY'ye Göre Hesapta X Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğüleri	30
Çizelge 3.13.	EDY'ye Göre Hesapta Y Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğüleri	31
Çizelge 3.14.	K0, K1, K1.5, K2 Binalarına Etki Eden Yüğülemeler	36
Çizelge 3.15.	Yatay Elastik Ve Azaltılmış Tasarım İvme Spektrum Verileri	37
Çizelge 3.16.	Fiktif Yüğülerin Hesabı	42
Çizelge 3.17.	B3.5 Binasının X Yönü Yer Değıştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	42
Çizelge 3.18.	B3.5 Binasının Y Yönü Yer Değıştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	43
Çizelge 3.19.	B3.5 Binasının X Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğüleri	46

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.20.	B3.5 Binasının Y Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri	47
Çizelge 3.21.	Fiktif Yüklerin Hesabı	48
Çizelge 3.22.	B4.5 Binasının X Yönü Yer Değiştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	48
Çizelge 3.23.	B4.5 Binasının Y Yönü Yer Değiştirmelerine Bağlı Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabı	49
Çizelge 3.24.	B4.5 Binasının X Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri	51
Çizelge 3.25.	B4.5 Binasının Y Yönünde Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri	53
Çizelge 4.1.	EDY Hesabına Göre X Yönü Görelî Kat Ötelemesi	55
Çizelge 4.2.	MBY Hesabına Göre X Yönü Görelî Kat Ötelemesi	55
Çizelge 4.3.	EDY Hesabına Göre Y Yönü Görelî Kat Ötelemesi	56
Çizelge 4.4.	MBY Hesabına Göre Y Yönü Görelî Kat Ötelemesi	56
Çizelge 4.5.	K0, K1, K1.5 ve K2 Binalarının Periyotlarının Karşılaştırılması	58
Çizelge 4.6.	K0 binasının X Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	59
Çizelge 4.7.	K0 Binasının Y Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	59
Çizelge 4.8.	K1 Binasının X Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	60
Çizelge 4.9.	K1 Binasının Y Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	60
Çizelge 4.10.	K1.5 Binasının X Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	61
Çizelge 4.11.	K1.5 Binasının Y Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	61
Çizelge 4.12.	K2 Binasının X Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	62
Çizelge 4.13	K2 Binasının Y Yönü Etkin Görelî Kat Ötelemeleri	62
Çizelge 4.14.	B3.5 ve B4.5 Binalarının Periyotlarının Karşılaştırılması	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Türkiye Deprem Tehlike Haritası	8
Şekil 3.2.	Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması Giriş Ekranı	8
Şekil 3.3.	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	11
Şekil 3.4.	Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	12
Şekil 3.5.	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı-Periyot Grafiğı	16
Şekil 3.6.	EDY ve MBY'ye Göre Hesapları Yapılan Binaların Binanın 3 Boyutlu Görünüşü	25
Şekil 3.7.	EDY ve MBY'ye Göre Hesapları Yapılan Binanın Kalıp Planı	26
Şekil 3.8.	Yatay/Azaltılmış Elastik Tasarım İvme Spektrumu	32
Şekil 3.9.	Konsolsuz 5 Katlı Binanın Kalıp Planı (K0)	33
Şekil 3.10.	1.0 m Konsollu 5 Katlı Binanın Kalıp Planı (K1)	34
Şekil 3.11.	1.5 m Konsollu 5 Katlı Binanın Kalıp Planı (K1.5)	34
Şekil 3.12.	2.0 m Konsollu 5 Katlı Binanın Kalıp Planı (K2)	35
Şekil 3.13.	Yatay Elastik /Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumları	39
Şekil 3.14.	B3.5 ve B4.5 Binalarının Kalıp Planı	40
Şekil 3.15.	B3.5 Binasının 1-1 Aksı Kesiti	41
Şekil 3.16.	B4.5 Binasının 1-1 Aksı Kesiti	41
Şekil 3.17.	FEMA 356'ya Göre Plastik Mafsal Renk Diyagramı	54
Şekil 4.1.	EDY ve MBY Hesabına Göre X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	56
Şekil 4.2.	EDY ve MBY Hesabına Göre Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	57

Şekil 4.3.	K0, K1, K1.5 ve K2 Binalarının X Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	63
Şekil 4.4.	K0, K1, K1.5 ve K2 Binalarının Y Yönü Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	63
Şekil 4.5.	B3.5 ve B4.5 Binalarının X Yönü İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması	65
Şekil 4.6.	B3.5 ve B4.5 Binalarının Y Yönü İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması	65
Şekil 4.7.	B3.5 Binasının X Yönü Mafsal Oluşum Adımları	66
Şekil 4.8.	B4.5 Binasının X Yönü Mafsal Oluşum Adımları	67
Şekil 4.9.	B3.5 Binasının Y Yönü Mafsal Oluşumları	68
Şekil 4.10.	B4.5 Binasının Y Yönü Mafsal Oluşumları	69
Şekil 4.11.	2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Elastik Tasarım Spektrumların Karşılaştırılması	74
Şekil 4.12.	2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Azaltılmış Tasarım Spektrumların Karşılaştırılması	75

KISALTMALAR VE SİMGELER

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
EDY	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
MBY	: Mod Birleştirme Yöntemi
ŞDGT	: Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
Δ	: Kat ötelemeleri
λ	: Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
Ed^(H)	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
Ed^(X)	: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
Ed^(Y)	: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
Ed^(Z)	: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
F₁	: 1 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
G	: Ölü yük
H	: Yatay zemin itkisi etkisi
H_N	: Bina Yüksekliğı
I	: Bina Önem Katsayısı
κ	: İzin verilen göreli kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi [t]
m_{txn}	: (X) deprem doğrultusu için binanın x eksenli doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi
m_{tyn}	: (Y) deprem doğrultusu için binanın x eksenli doğrultusunda n'inci titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi
N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki toplam kat sayısı
Q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı Deprem Yüğü Azaltma
S	: Kar yükü
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi
S_{DS}	: Kısa periyot bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyot bölgesi için harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_p	: Bina hakim doğal titreşim periyodu
U	: Belirlenen deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, i'inci kattaki azaltılmış yer değiştirme
δ_i	: Belirlenen deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreceli kat ötelemesi

- $\delta_{i,max}$: Belirlenen deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri
- V_{tE} : Belirlenen deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eğdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
- V_{tx} : Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusu'nda elde edilen en büyük toplam deprem yükü
- γ : Eğdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı



1. GİRİŞ

Türkiye’de meydana gelen depremlerin büyüklüklerine oranla daha fazla hasara, can ve mal kaybına sebep olmaları yapıların deprem güvenliği açısından yeterli olmadığını göstermektedir. Deprem yapıları meydana getirdiği etkiler sebebiyle depreme dayanıklı yapı tasarımını oldukça önemli hale gelmiştir. Tasarım aşamasında yapının taşıyıcı sisteminin dayanımının ve yapı performansının belirlenmesi gerekmektedir. Yapıların performansı belirlenirken doğrusal analiz yöntemleri ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Doğrusal analiz yöntemlerinde, malzemenin doğrusal elastik davranış gösterdiği ve yer değiştirmelerin çok küçük olduğu varsayılmaktadır. Doğrusal olmayan hesaplarda ise malzemenin doğrusal elastik sınırın ötesindeki davranışı ve/veya yer değiştirmelerin büyük olmasından kaynaklanan ikinci mertebe etkileri hesaba katılmaktadır. Doğrusal olmayan davranışı esas alan yöntemlerde yapıya etkiyen dış etkiler altında yapıda meydana gelen yer değiştirme ve şekil değiştirmeler gerçek davranışa daha yakın olarak belirlenebilmektedir. Bu yöntemler yapının performansının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Bir yapıyı depreme dayanıklı yapımadaki asıl amaç o bölgede meydana gelebilecek, yönetmelikte tanımlanan, en büyük depremde bile can güvenliğini sağlayabilmek ve yapının göçmeden ayakta kalabilmesini sağlayabilmektir. TBDY 2018, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve binanın deprem performansı konusuna Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğine (DBYBHY 2007) göre daha kapsamlı olarak vermiştir.

Bu tez çalışmasında, deprem hesabı yapılacak binalar için TBDY 2018’de esas alınması gereken şartlara değinilmiştir. Depreme dayanıklı binaların hesap yöntemleri olan doğrusal hesap ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri bu çalışmada incelenmiştir. Sayısal analizlerin yer aldığı bölümün ilk kısmında, doğrusal hesap yöntemi olarak 4 katlı betonarme bir binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile analizleri yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. İkinci kısmında çıkma konsolları hariç aynı kalıp planına sahip 5 katlı dört betonarme binanın Mod Birleştirme Yöntemi ile analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Sayısal örneklerin üçüncü kısmında doğrusal olmayan analiz yöntemi olarak Statik İtme analizi zemin katları 3.5 m ve 4.5 m olan 8 katlı iki betonarme binada uygulanmıştır. Yapılan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Toplam üç kısımdan oluşan analiz kısımlarındaki binaların SAP2000 programı ile hesapları yapılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde, binaların DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre deprem performanslarının belirlenmesini konu alan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Dinçer ve Mert (2014) çalışmalarında, 4 katlı mevcut bir okul binasının DBYBHY 2007'e göre analizi yapmışlardır. Analiz sonuçlarına göre okulun dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerini belirlenmiştir. DBYBHY 2007'e göre performans düzeylerine etki eden kriterler incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda binanın performans seviyesi belirlenmiştir.

Meral ve İnel (2016) çalışmalarında, Denizli ve çevresinde deprem tehlikesi altında olan düşük ve orta yükseklikteki yaklaşık 500 konut binası incelemişlerdir. Bu çalışmada; 2, 4 ve 7 katlı toplam 144 adet bina modellenmiştir. Bu modellerde farklı yönetmelik, beton ve donatı sınıfı kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca dolgu duvar katkısı, yumuşak kat ve kapalı çıkma düzensizlikleri hesaplamaları da incelenmiştir. Her yapı için statik itme analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yapıların kapasite eğrileri çizilmiştir. Bu çalışmadaki amaç; analizler sonucunda düşük ve orta katlı binaların periyot değişimlerini, çeşitli parametreleri dikkate alarak incelemektir.

Öncü ve Şahin Yön (2016) çalışmalarında, betonarme binaların deprem davranışını artımsal dinamik analiz yöntemi ile araştırmışlardır. İlk olarak çerçeve bir bina üzerinde statik itme analizi ve artımsal dinamik analizleri uygulanmıştır. DBYBHY 2007'de tanımlanan Z2 zemin sınıfına göre tanımlanan spektruma, dinamik analizler için seçilen dört deprem ivme kaydı ölçeklendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda binanın maksimum tepkileri, kapasite eğrisi ve görelî kat ötelemeleri bulunmuştur. Elde edilen tepki değerleri kullanılarak dinamik itme eğrisi çizilmiştir. Deprem davranışı belirlenirken artımsal dinamik analizlerinin uygulanmasının daha uygun olduğu görülmüştür. Görelî kat ötelemeleri karşılaştırıldığında, statik itme analizinden elde edilen değerlerin 0.4g'ye kadar olan yer hareketine sahip depremlerin dinamik analizinden elde edilen değerlere göre daha büyük sonuç verdiği görülmüştür.

Gürbüz ve Tekin (2017) çalışmalarında, herhangi bir depremde oluşabilecek hasar ve kayıp olasılıklarını öngörmeye yarayan bir hasar tahmin metodu geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında binaların kat adedi, yapım yılı gibi ortak olan özellikleri göz önüne alınarak 341 adet konut binası gruplandırılmıştır. Toplamda elde edilen 11 farklı betonarme bina grubunun hasar olasılık grafikleri çizilmiştir. Bu binalar modellenerek statik itme analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler kullanılıp her bina grubu için kırılmalık eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerde 4 farklı hasar olasılığı ele alınmıştır. Toplamda 44 kırılmalık eğrisi elde

edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan eğriler, benzer özelliklere sahip binaların yer aldığı herhangi bir bölgede olası hasarları tahmin etmek için kullanılabilir.

Işık ve Özdemir (2017) çalışmalarında, betonarme bir binanın ara normal kat yüksekliğinin diğer katlardan farklı olması durumunda, yapı performansına olan etkisini incelemişlerdir. Binada aynı kalıp planı kullanılıp normal kat yükseklik değişiminin etkisi dikkate alınmıştır. Sayısal örnekte, 6 katlı betonarme bir yapının 5. katın kat yükseklik değeri farklı ele alınmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Binanın katlar arasındaki yükseklik değişimi taban kesme kuvvetini ve yer değiştirme miktarlarını düşürmüştür. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde; yapıda kat yüksekliklerinin eşit olması, yapının yatay yüklere karşı daha fazla direnç göstermesini sağlamıştır.

Korkmaz (2017) çalışmasında, binalarda bulunan çıkma konsollar ve bunların yapının deprem performansına olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla, 5 farklı çıkma şekli ve 3 farklı konsol boyu parametre olarak seçilmiştir. Model binalar ETABS programında spektral analizi yapılmıştır. Konsol ve çıkmaların etkisi incelenmiştir.

Amini ve Yerli (2018) çalışmalarında, doğru eksenli çubuk elemanlarından oluşan ve düzlemi içinde yüklenmiş çerçevelerin dinamik yükler altındaki davranışları mod süperpozisyon yöntemi ile incelemişlerdir. Yapıların dinamik davranışının incelemesinde, ilk olarak kullanılacak sistemlerin matematiksel modeli kurulmuştur. Bu modelin serbest titreşim analizi yapılarak mod süper pozisyon ya da mod birleştirme metoduyla sistem denklem takımı girişimsiz hale getirilip çeşitli yöntemler yardımıyla bu sistemlerin zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır.

Dilmaç ve ark. (2018) çalışmalarında, riskli bölgelerdeki binaların deprem güvenliği açısından durum değerlendirilmesi yapmışlardır. Farklı şehirlerde 120 adet mevcut betonarme binanın deprem performansları belirlenmiştir. Malzeme dayanımları artırılarak analizler yapılmış ve bunun deprem performansı üzerindeki etkisine bakılmıştır. Beton ve donatı çeliğinin dayanımının düşük olması deprem performansının zayıf olmasına sebep olan önemli bir etken olduğu sonucuna varmışlardır.

Dalyan ve Şahin (2019) çalışmalarında, mevcut 5 katlı betonarme bir binayı DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre Artımsal İtme Analizi yöntemiyle performans analizleri yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda TBDY 2018 hedef performansının DBYBHY 2007 yönetmeliğinden çok uzaklaşmadığı görülmüştür.

Doğan (2019) çalışmasında, farklı deprem kayıtlarının 3 katlı ve 5 katlı betonarme yapılar üzerindeki etkilerini ve deprem yükü azaltma katsayılarına bağlı olarak yapının dayanım

fazlalığı katsayısını incelemiştir. Deprem hesaplamaları sonucunda bulunan her bir deprem kaydı için bir deprem yükü azaltma katsayısı olarak bunu dayanım katsayısı ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca deprem yükü azaltma katsayıları yönetmelikte verilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Meral (2019) çalışmasında, kapalı çıkmaların betonarme binaların deprem davranışına etkisini incelemek amacıyla zaman tanım alanında analizler yapmıştır. İlk olarak DBYBHY 2007'e göre herhangi bir düzensizliği olmayan 2, 4 ve 7 katlı binalar modellenmiştir. Bu binalara, kirişli ve kirişsiz kapalı çıkmalar eklenmiştir. Binaların 10 adet deprem ivme kaydı kullanılarak toplamda 90 adet analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda binalara ait taban kesme kuvveti ve maksimum görelî kat ötelenme oranı gibi sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar karşılaştırılarak, kapalı çıkmalı binaların deprem davranışına olan etkisi incelenmiştir. Diğer binalar göz önüne alındığında, taban kesme kuvveti taleplerinin düşük olduğu görülmüştür. Kirişsiz kapalı çıkmalı binalarda deplasman taleplerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir.

Nemutlu ve Sarı (2019) çalışmalarında, Türkiye'de kullanıma geçen TBDY 2018 ile Amerikan yönetmeliklerinin hesap esasları açısından karşılaştırılması ve ortaya çıkan farklılıkların gerekçeleriyle birlikte incelemiştir. Çalışma kapsamında çok katlı betonarme binada tünel kalıp sistem ve perde çerçeve sistem olmak üzere iki farklı sistem SAP2000 programı kullanılarak modellenmiştir. İki yönetmelik için ayrı ayrı modal analiz yöntemleri kullanılarak deprem analizleri yapılmıştır. Program üzerinden elde edilen sonuçlar iki yönetmelik açısından karşılaştırılmış, çıkan sonuçlar açıklanmıştır. Sonuç olarak; analizler neticesinde hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. TBDY 2018'e göre yapılan analizlerde hesaplanan taban kesme kuvvetleri, Amerikan yönetmeliklerine yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetlerine göre daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir.

Severcan ve Sinani (2019) çalışmalarında, mevcut 8 katlı bir binanın DBYBHY 2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerinin şartlarına göre performans analizlerini incelemek için artımsal itme analizi yöntemi kullanmışlardır. Analiz SAP2000 programında DBYBHY 2007'ye göre tasarlanmıştır ve performans değerlendirmesi incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda binada X ve Y doğrultularında kritik kattaki kolonların hepsinin göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Y yönündeki kirişlerin de tamamının göçme bölgesinde olduğu görülmüştür. Eurocode 8'e göre ise kritik kattaki kolonların X yönünde % 60'ının göçme bölgesinde ve Y yönünde % 75'inin göçme bölgesinde olduğu görülmüştür. Kritik kattaki kirişlerin göçme bölgesinde olmadığı, X yönünde % 100'ünün ve Y yönünde % 68.75'inin belirgin hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda binanın performans

düzeyinin özellikle düşey taşıyıcı elemanlarda birbirine yakın sonuçlar elde edildiği ancak buna karşı DBYBHY 2007'nin daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür.

Sucuoğlu (2019) çalışmasında, TBDY 2018 ile beraber DBYBHY 2007 geliştirilen ve kapsamı genişletilen konular incelemiştir. En önemli gelişmeler; bölgeye özel olarak tanımlanan deprem tehlikesi kavramı, yüksek binalar, deprem yalıtımlı binalar üzerinde durmuştur. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri, bazı özel durumlar için performans değerlendirmesi amacıyla zorunlu kılınmıştır. Ayrıca uzmanlık gerektiren özel uygulamalar için bir tasarım gözetmenliği sistemi oluşturulmuştur.

Ulutaş (2019) çalışmasında, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerini kesit hasar sınırları bakımından karşılaştırmıştır. Bir yapıda deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için her bir taşıyıcı elemanın kesit hasar seviyesinin belirlenebilmesi gerekir. Bunun için doğrusal olmayan yöntemle yapı analizi yapılmaktadır. Analiz sonucunda kesitte oluşan şekil değiştirme değerinin yönetmelikte yer alan kesit hasar seviyesine denk gelen üst sınır değerleri ile kıyaslanmasıyla kesitin hasar seviyesi elde edilir. Çalışmada bir adet kiriş, kolon ve perde kesiti incelenmiştir. Bu elemanlarda farklı dayanımlara sahip beton ve donatı kullanılarak kesit hasar seviyesine denk gelen şekil değiştirme üst sınır değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler iki yönetmeliğe göre kıyaslanmıştır.

Yavaş ve ark.(2019) çalışmasında, TBDY 2018'nin düşey deprem etkisi için verdiği üç uygulama yöntemleri ile incelemiştir. Birinci yöntem öngörülen spektrum ile uyumlu deprem ivme kayıtları seçilerek, zaman tanım alanında çözüm yapılmasıdır. İkinci yöntem, öngörülen spektrumu kullanarak Mod Birleştirme Yöntemi ile çözüm yapılmasıdır. Üçüncü yöntem, düşey deprem etkisinin düşey olarak aşağı ve yukarı yönde ağırlık yükü gibi uygulanmasıdır. Bu üç yöntemin de uygulanabilirliğine bakılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, TBDY 2018'e göre binaların deprem tasarımı yapılırken uyulması gereken kuralların DBYBHY 2007'e göre iyileştirme yapılan kısımları ve TBDY 2018'e eklenen yeni bölümler incelenmiştir. Bu kapsamda, deprem tehlike haritaları, yer hareketi düzeyleri, yer hareketi spektrumları ve deprem etkisi altında binaların tasarımında kullanılan esaslar ele alınmıştır.

3.1. Deprem Yer Hareketi

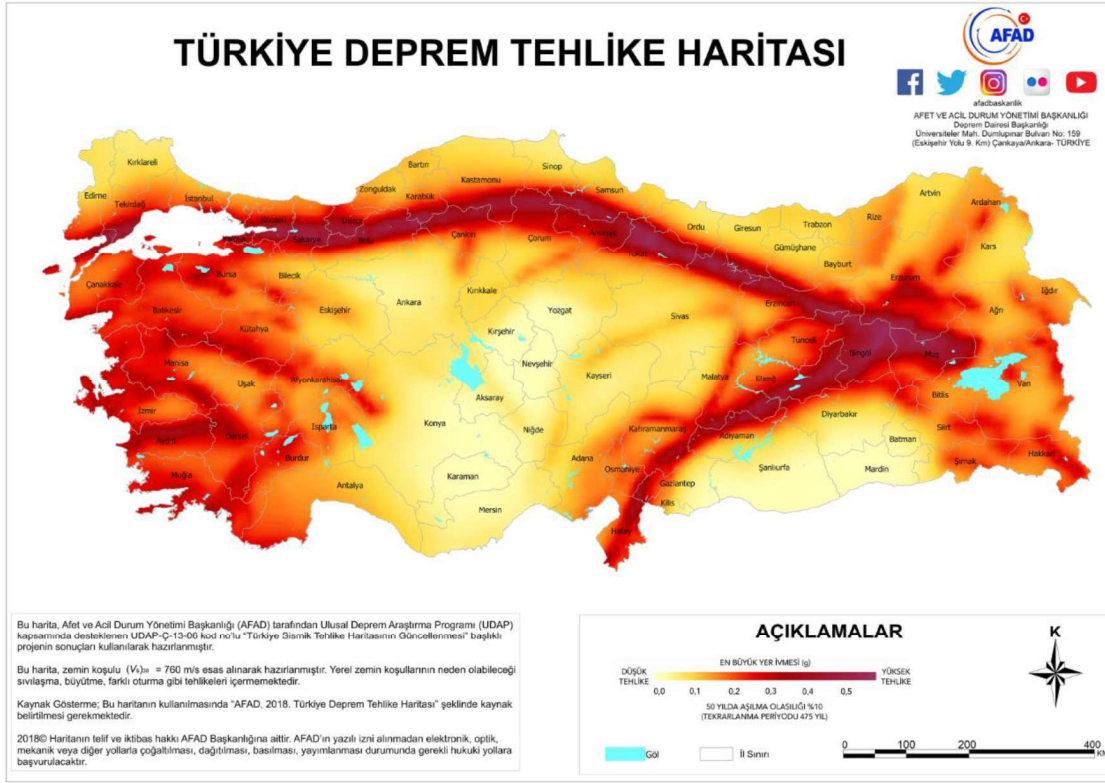
Deprem etkisi, deprem yer hareketinin kuvvetli yer hareketi kayıt cihazları ile kaydedilen ivme kayıtlarının doğrudan kullanılarak tasarım spektrumları ile veya eşdeğer kuvvetler şeklinde hesaba katılmaktadır.

3.1.1. Deprem Tehlike Haritaları

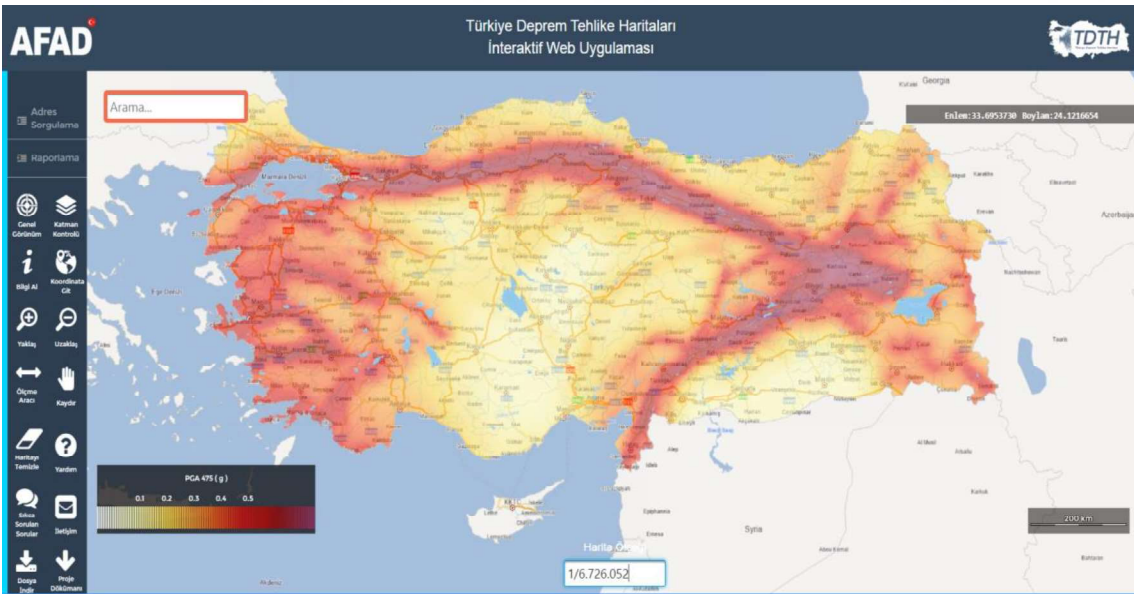
Depremi meydana geleceği yeri ve zamanı kesin olarak bilinmemektedir. Bu da deprem yer hareketinin Tehlike Haritaları ile göz önüne alınmasını sebep olmuştur. Bu haritalarda olasılıksal olarak ele alınmıştır. Deprem tehlikesi herhangi bir yerde, göz önüne alınan bir zaman diliminde, depremi tanımlayan bir yer hareketi parametresine bağlı kalarak belirli bir büyüklüğe ulaşması veya aşması olasılığı olarak tanımlanmaktadır (TBDY 2018). Şekil 3.1'de AFAD uygulamasından alınan Türkiye Deprem Tehlike Haritasına yer verilmiştir.

Deprem tehlikesi TBDY 2018'de de yer alan Deprem Tehlike Haritaları konu başlığı altında görüldüğü gibi her bir lokasyon için ayrı ayrı belirtilmiştir. Deprem Tehlike Haritalarına <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden erişim sağlanmaktadır. Şekil 3.2'de Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması giriş ekranı gösterilmiştir.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında gerekli verileri elde etmek için sisteme giriş yapılır. Daha sonra raporlama kısmına mevcut veya yeni yapılacak binanın koordinatları, deprem yer hareketi düzeyi ve zemin sınıfı yazılır. Değerleri hesapla seçeneğinden özet ve detay raporlara ulaşılır. Bu raporlardan tasarım spektral ivme katsayıları, yatay elastik tasarım spektrumu ve düşey elastik tasarım spektrumu elde edilebilir.



Şekil 3.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD 2018)



Şekil 3.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması Giriş Ekranı (AFAD 2018)

3.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Deprem yer hareketi düzeyleri, depremin meydana gelebileceği yerin fay hatlarına olan yakınlığına ve depremin hangi sıklıkta olacağına bağlı olarak dört farklı gruba ayrılmıştır.

DD-1 Depremi, TBDY 2018’de yer alan en büyük deprem yer hareketi düzeyidir. Bu deprem düzeyi oluşabilecek en büyük depremi göstermemektedir. Yönetmelik tarafından göz önüne alınan en büyük depremi ifade etmektedir. 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.

DD-2 Depremi, 50 yılda aşılma olasılığının %10 olduğu ve tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu deprem düzeyidir. Bu deprem düzeyi depreme dayanıklı tasarım hesapları yapılırken kullanılmaktadır. Bu sebeple standart tasarım deprem yer hareketi de denilmektedir.

DD-3 Depremi, 50 yılda aşılma olasılığı %50’dir. Buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu deprem düzeyidir. Yönetmelikte sık deprem yer hareketi olarak da belirtilmektedir.

DD-4 Depremi, TBDY 2018’de yer alan en sık deprem yer hareketi düzeyi olarak gösterilmektedir. 50 yılda aşılma olasılığı %68’dir. Buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 43 yıl olduğu deprem düzeyidir. Bu deprem yer hareketi düzeyine servis deprem yer hareketi de denilmektedir.

3.1.3. Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Genel anlamda spektrum, ışığın kristalden geçerek renklerine ayrılması örneğinde olduğu gibi, kapalı bir formun belli özelliklere ayrıştırılması olarak tanımlanabilir. Deprem spektrumu ise, belirli bir sönüm oranı için, tek serbestlik dereceli bir sistemin deprem etkisi altındaki maksimum tepkilerinin (spektral değerlerin) periyoda bağlı olarak eğrilerinin çizilmesidir. İvme, hız ve deplasman için çizilen bu eğrilere, sırasıyla, ivme, hız ve deplasman spektrumları denmektedir. Deprem yönetmeliklerinde ise, her lokasyon için çok sayıda spektrum göz önüne alınarak tasarım spektrumları verilmektedir.

TBDY 2018’de, DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 deprem düzeyleri için zemin durumlarına göre %5 sönüm oranı için, tasarım spektral ivme katsayıları tanımlanmaktadır. Bu katsayılar Denklem 3.1’de de görüldüğü gibi harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına (F_s ve F_1) bağlıdır. TBDY 2018’de S_s kısa periyot bölgesi için harita spektral ivme katsayısı, S_1 ise 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmıştır.

$$S_{Ds} = S_s F_s \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

TBDY 2018’de yerel zemin sınıfları altı gruba ayrılmıştır. Çizelge 3.1 ve 3.2’de belirtildiği üzere ZF zemin sınıfı sahaya özel araştırma gerektiren sınıf olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu çizelgelerde görüldüğü gibi S_s ve S_1 değeri büyüdükçe F_s ve F_1 değerleri azalmaktadır. Bunun sebebi depremin etkisinin artmasıyla zeminde doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin meydana gelmesi olarak gösterilebilir.

Çizelge 3.1. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY 2018)

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

Çizelge 3.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY 2018)

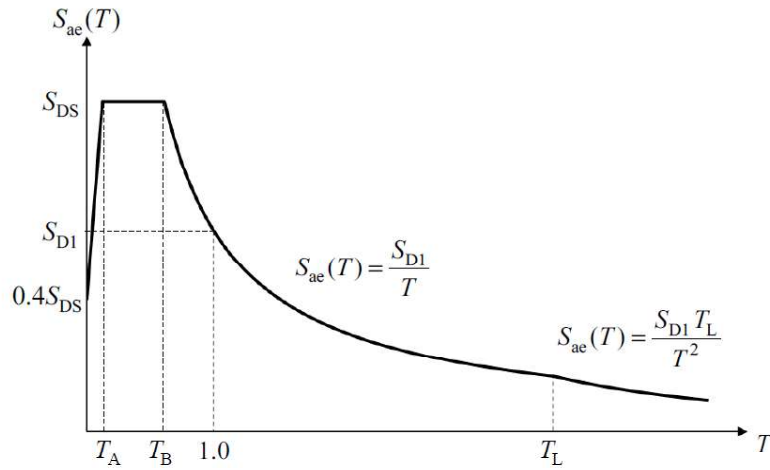
Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF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

3.1.3.1. Yatay Tasarım İvme Spektrumu

Spektrumlar belli bir yer hareketine karşı sistemin verdiği tepkinin ivme, hız ve yer değiştirmelerinin en büyük değerlerini göstermektedir. Tasarım spektrumları ise yapıların tasarım aşamasında kullanılacak deprem yüklerini belirlemekte kullanılır. Bu spektrumlar gelecekte meydana gelmesi beklenen olası depremler için belirlenmektedir. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatı olup doğal titreşim periyoduna bağlı olarak Denklem 3.2’de gösterildiği gibi yer çekimi ivmesi cinsinden belirtilmiştir.

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A \leq T \leq T_B \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B \leq T \leq T_L \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & T_L \leq T
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Bu denklemlerde herhangi bir doğal titreşim periyoduna karşılık gelen tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$ (Şekil 3.3) hesaplanırken yerçekimi ivmesi (g) cinsinden bulunur. Bu yüzden elde edilen $S_{ae}(T)$ değerinin $g=9.81 \text{ m/s}^2$ ile çarpılması gerekmektedir.

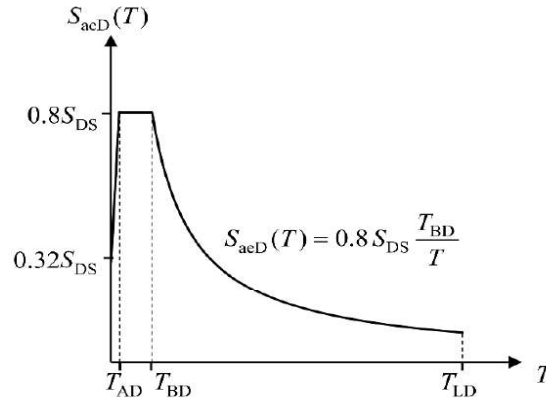


Şekil 3.3. Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY 2018)

3.1.3.2. Düşey Tasarım İvme Spektrumu

Düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, göz önüne alınan deprem yer hareketi için, yatay deprem için tanımlanan kısa periyot tasarım ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak (Denklemler 3.3) belirlenmektedir. Düşey tasarım ivme spektrumu yer çekimi ivmesi (g) cinsinden Şekil 3.4'te verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 S_{aeD}(T) &= (0.32 + 0.48 \frac{T}{T_A}) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_{AD} \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & T_{AD} \leq T \leq T_{BD} \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{S_{D1}}{T} & T_{BD} \leq T \leq T_{LD}
 \end{aligned} \tag{3.3}$$



Şekil 3.4. Düşey elastik tasarım spektrumu (TBDY 2018)

3.2. Deprem Etkisinde Binaların Tasarımı

Bu bölümde TBDY 2018’de binaların deprem etkisinde değerlendirilirken ele alınan esaslar üzerinde durulmuştur.

3.2.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina kullanım sınıfları (BKS), binaların kullanım amaçlarına göre tasarlanmasını sağlayan sınıflandırmadır. Bina önem katsayısı (I), depreme dayanıklı tasarım yapılırken binaya etki ettirilecek deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılan binanın kullanım amacına göre farklılık gösteren katsayıdır. Bina önem katsayısı Çizelge 3.3’te görüldüğü üzere binanın depremden sonra kullanılma durumunun önemine göre belirlenmektedir.

Çizelge 3.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY 2018)

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

3.2.2. Deprem Tasarım Sınıfları

Depreme dayanıklı tasarım yapılırken kullanılan Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), BKS ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde belirlenen S_{DS} 'e bağlı olarak belirlenmektedir. Çizelge 3.5'te de görüldüğü gibi BKS=1 olan binalar 'a' grubunda yer almaktadır. S_{DS} 'in değeri büyüdükçe BKS'ye bağlı olarak DTS'nin derecesi artmaktadır.

Çizelge 3.4. Deprem tasarım sınıfları (TBDY 2018)

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

3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfları

Bina yüksekliği belirlenirken; rijit bodrum perdelerinin binanın en az üç tarafını çevrelemesi ve birbirine dik binanın eksenlerinin her birinin doğrultusundaki titreşim modu olması koşulu ile bodrum katların binaya dahil edilmesi ile hesaplanan periyodun, tüm bodrum kütlelerinin hesaba katılmaksızın aynı doğrultusu için hesaplanan periyoduna oranının 1.1'den küçük ise ($T_{p,tüm} \leq 1.1 T_{p,üst}$) bina tabanı bodrumlu binalarda bodrum perdesinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanabilir. Bunun dışında kalan binalarda bina tabanı, temelin üst kotunda tanımlanır (TBDY 2018).

Depreme dayanıklı tasarımda binalar, yükseklikleri bakımından sekiz sınıfa ayrılmıştır. Bu ayrım bina yüksekliğine ve DTS'ye bağlı olarak yapılmaktadır.

Çizelge 3.5. Bina yükseklik sınıfları (TBDY 2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflama Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS – 1, 1a, 2, 2a	DTS – 3, 3a	DTS – 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

3.2.4. Bina Performans Düzeyleri ve Hedefleri

Performans seviyeleri, belirli bir deprem etkisinde tahmin edilen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınırlar, binada oluşabilecek hasar miktarına, oluşan hasarın can güvenliği açısından tehlikeli oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına, hasarın meydana getirdiği ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenmektedir (Özer 2009).

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sisteminde deprem sonrasında hasarın oluşmadığı veya oluşmuşsa bile çok küçük bir seviyede olduğu durumlarda kullanılan performans düzeyidir. Deprem meydana gelmeden önce yapının dayanımı, rijitliği ve sünekliği depremden sonra da olduğu gibi korunmaktadır.

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında deprem sonrasında meydana gelen hasarın sınırlı seviyede olduğu performans düzeyidir. Bu düzeyde lineer olmayan davranış, sınırlı hasar düzeyinde kalmıştır.

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi, deprem sonrasında bina taşıyıcı sisteminde hasarlar meydana gelmesi olasıdır. Ancak bu hasarlar onarılması mümkün olan hasarlardır. Bu performans düzeyinde önemli olan can güvenliğini sağlamaktır.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi, yapının taşıyıcı sisteminde oluşan hasarların ileri düzeyde olduğu olduğu performans düzeyidir. Bu düzeyde meydana gelen ağır hasarlar, göçme öncesi duruma karşı gelir. Yapının dayanım ve rijitliği önemli derecede azalmıştır. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmesine rağmen can güvenliği riski bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, yapılan sayısal örneklerde kullanılan deprem etkisinde bina performans hedefi ve tasarım yaklaşımları olarak Çizelge 3.6 kullanılmıştır.

Çizelge 3.6. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefi (TBDY 2018)

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

3.2.5. Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Yapıların gerçek dayanımları tasarım için kullanılan dayanımdan daha fazladır. Bu fazlalık, yükleri artırmak için kullanılan yük katsayılarından, taşıyıcı olmayan elemanların sisteme yaptığı katkılardan, malzemelerin tasarım dayanımlarının karakteristik dayanımların güvenlik katsayılarına bölünerek azaltılması gibi nedenlerden olabilir. Dayanıma Göre Tasarımda kullanılan Dayanım fazlalığı katsayısı D, TBDY’de tahmin edilen süneklik kapasitesine ve periyoda esas alınarak belirlenen akma dayanımının, taşıma gücü yaklaşımıyla kesit tasarımı yapılırken sistemin sahip olması gereken tasarım dayanımına oranı olarak tanımlanmıştır (Denklem 3.4). Bu katsayı, betonarme sistemlerde 2.0 ve 3.0 arasında değişen değerler alabilmektedir.

$$D = \frac{f_y(\mu, T)}{f_d(\mu, T)} \quad (3.4)$$

3.2.6. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

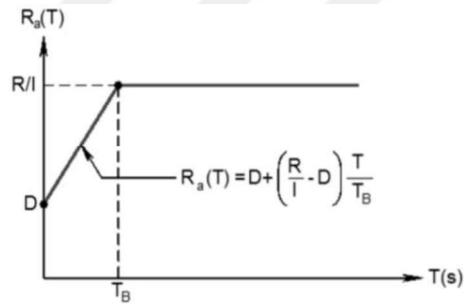
Deprem yüğü azaltma katsayısı $R_a(T)$, doğrusal elastik sistemin dayanım talebi f_e 'nin taşıma gücü ile kesit tasarımı yaparken taşıyıcı sistemin sahip olması gereken tasarım dayanımı f_d 'ye oranıdır (Denklem 3.5).

$$R_a = \frac{f_e(T)}{f_d(\mu, T)} \quad (3.5)$$

TBDY 2018'de Dayanıma Göre Tasarımda kullanılan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ Denklem 3.6'daki gibi tanımlanmış Şekil 3.5'te de grafiğı gösterilmiştir. Denklemlerde geçen R Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısını, D Dayanım Fazlalığı Katsayısını, T_B spektrum köşe periyodunu göstermektedir.

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

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.6)$$



Şekil 3.5. Deprem yüğü azaltma katsayısı-periyot grafiğı (Darılmaz 2019)

Çizelge 3.7'de yerinde dökme betonarme taşıyıcı sistemler için kullanılacak olan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı, taşıyıcı sistemin süneklik durumuna ve bina yükseklikleri sınıflarına göre belirlenmektedir. Bu tez çalışmasında sayısal örnekler için deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar seçilmiştir.

Çizelge 3.7. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları (TBDY 2018)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

3.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile deprem etkisinde tasarım yapılırken yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri ile hesap yapılması gerekir. Bu amaçla kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumu, belirli bir doğal titreşim periyodunun ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ Denklem 3.7’te gösterilmektedir. Bu denklemde $S_{ae}(T)$ DD-2 deprem yer hareketi için belirlenen yatay elastik tasarım spektral ivmesi, $R_a(T)$ ise deprem yükü azaltma katsayısıdır.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.7)$$

Taşıyıcı sistem deprem hesabı yapılırken yatayda birbirine dik olan X ve Y yönlerinde tanımlanan depremler Denklem 3.8’ deki gibi birleştirilir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \quad (3.8)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)}$$

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde DTS=1,1a, 2, 2a olan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda sadece bu elemanlar için düşey elastik ivme spektrumu kullanılarak mod birleştirme yöntemiyle düşey deprem hesabı yapılması gerekmektedir.

- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5m ve üzeri konsol elemanları içeren binalar,
- Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

Düşey deprem etkisi belirlenirken tüm taşıyıcı sistemler $R/I=1$ ve $D=1$ alınmalıdır. Bu elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve bu tanım dışında kalan binalar için düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, Denklem 3.9'daki gibi kullanılacaktır.

$$E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} S_{DS} G \quad (3.9)$$

Düşey yükler ve deprem etkisi yapı sistemine etki ettirildiğinde yük birleşimleri Denklem 3.10'da gösterilmiştir. G sabit yük etkisi, Q hareketli yük etkisini, H ise yatay zemin itkisini ve S kar yükü etkisini belirtmektedir.

$$\begin{aligned} G+Q+0.2S+ E_d^{(H)}+0.3 E_d^{(Z)} \\ 0.9G+H+ E_d^{(H)}-0.3 E_d^{(Z)} \end{aligned} \quad (3.10)$$

3.4. Çalışmada Göz Önüne Alınan Sınırlamalar

3.4.1. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda örneğin X doğrultusu için $V_{tx}^{(x)} < \gamma_E V_{tx}^{(x)}$ olması durumunda yönetmeliğe göre modal hesap yöntemi ile elde edilen bütün azaltılmış iç kuvvetleri ve yer değiştirme değerleri eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{tE}^{(x)}$ ile çarpılarak büyütülmelidir (Denklem 3.11).

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tX}^{(X)}} \geq 1 \quad (3.11)$$

$V_{tE}^{(x)}$ eşdeğer deprem yükü yönteminde elde edilen taban kesme kuvvetini, $V_{tX}^{(x)}$ X yönünde modal hesap sonucunda elde edilen toplam deprem yükünü göstermektedir.

γ_E çarpanı TBDY 2018'de verilen A1, B2 ve B3 düzensizliklerden en az birinin binada bulunması halinde 0.90 alınmaktadır. Bu düzensizliklerden hiçbiri bulunmuyorsa 0.80 alınmaktadır.

3.4.2.Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Deprem etkileri altında bina güvenliğini sağlamak amacıyla görelî kat yer değiştirmeleri sınırlandırılmaktadır. Kat ötelemesi belirli bir deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki kolon veya perdelerde meydana gelen yer değiştirme farklarıdır. Bu sınırlandırmanın yapılmasının amacı taşıyıcı sistemde meydana gelebilecek ağır hasarları önlemek, yapıda oluşacak yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapının yeterli rijitlikte kalmasını sağlamaktır.

TBDY 2018'e göre X deprem doğrultusu göz önüne alındığında herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı azaltılmış görelî kat ötelemesi ($\Delta_i^{(x)}$) ile bulunur (Denklem 3.12).

$$\Delta_i^{(x)} = u_i^{(x)} - u_{i-1}^{(x)} \quad (3.12)$$

$u_i^{(x)}$ ve $u_{i-1}^{(x)}$ X deprem doğrultusu için binanın i'inci ve i-1'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre meydana gelen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Bu değerlerin hesaplanma aşamasında binanın doğal titreşim periyodu $T_p^{(x)}$ 'in deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük T_{PA} periyodundan 1.4 kat fazla olmaması şartı aranmaz.

$$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)} \quad (3.13)$$

Deprem hesabı yaparken taşıyıcı sistem azaltılmış deprem yükleri altında hesap yapıldığı için hesaplar sonucunda elde edilen yer değiştirmelerde azaltılmış olarak elde edilir. Ancak gerçekte yer değiştirmeler azalmayacağı için gerçekte oluşan yer değiştirmeleri hesaplamak için R/I değeri ile çarpılmaktadır (Denklem 3.13). $\delta_{i,max}^{(x)}$ ise etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeridir.

Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarlarıyla cephe elemanlarının taşıyıcı sistem elemanlarına bitişik olması halinde Denklem 3.14 kullanılır. Taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek malzemeyle yapılmış dolgu duvarları ile arasında esnek derzler olması veya esnek bağlantılarla bağlı olması veya duvardan bağımsız olması durumunda ise Denklem 3.15 kullanılır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (3.14)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016\kappa \quad (3.15)$$

Denklem 3.14 ve 3.15'te yer alan λ katsayısı bina için ele alınan deprem doğrultusundaki DD-3 deprem düzeyinde hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2

deprem düzeyinde hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. κ katsayısı ise betonarme binalarda 1.0 değerini almaktadır.

Etkin görel kat ötelemelerinin herhangi bir katta verilen sınır değerleri aşarsa deprem hesabı taşıyıcı sistem rijitliği artırılarak tekrardan yapılmalıdır.

3.5. Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesi İçin Çalışmada Kullanılan Yöntemler

Yapıların performanslarının belirlenmesi konusu son zamanlarda deprem mühendisliğinde önem kazanmasının sebeplerinden biri de yapıların deprem güvenlikleri açısından daha gerçekçi sonuçlar vermesidir. Deprem etkisinde tasarım yapılırken hesap açısından kolaylık sağladığı için doğrusal yöntemler kullanılmaktadır. Yapının tasarım aşamasında doğrusal elastik davranış sergilediği varsayılmaktadır. Bu varsayımının gerçeğe daha yakın olması ve doğrusal olmayan davranışa uygunluk göstermesi amacıyla belirli katsayılar ve kabuller kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan davranışta ise yapıda yatay deprem etkilerinden dolayı meydana gelen yer değiştirmeler göz önünde bulundurulur.

Depreme dayanıklı bina tasarımı için geliştirilen ve kullanılan yaklaşımlar TBDY 2018’de iki grupta incelenmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerin kullanıldığı bu tez çalışmasında hesapları yapılan binalar SAP2000 programında analizleri yapılmıştır.

3.5.1. Doğrusal Hesap Yöntemi

Bina taşıyıcı sistemlerinin yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik koşullarını sağlayacak şekilde tasarlanmasını öngören yaklaşıma Dayanıma Göre Yaklaşım (DGT) denilmektedir (Darılmaz 2019). Dayanıma göre tasarım yaparken yapının davranışını doğrusal davranış gösterdiğini kabul eden sistemlerde, malzemenin gerilme şekil değiştirme bağıntıları lineer elastik olarak alınmaktadır. Bu analiz yöntemlerinde yer değiştirmelerin çok küçük olduğu varsayılmaktadır.

Dayanıma göre tasarım yapılırken sistem için öncelikle bir performans hedefi öngörülür. Bu hedef göz önüne alınarak sistem için TBDY 2018’de belirlenen süneklik kapasitesine göre azaltılmış deprem yükleri hesaplanır. Bu yükler altında yapının deprem hesabı, doğrusal analiz yöntemleriyle yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler, bazı durumlarda dayanım fazlalığı dikkate alınır. Diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilir ve dayanım talepleri elde edilir. Elemanların dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanan eleman iç kuvvetleri kapasiteleriyle karşılaştırılır. Deprem hesabı sonucunda elde edilen görel kat ötelemeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılır. Elemanlarının dayanım kapasitelerinin, dayanım taleplerine göre daha yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca görel kat

ötelemeleri de izin verilen sınır değerleri aşmamalıdır. Eğer bu şartlar sağlanmıyorsa eleman kesitleri değiştirilir ve tekrardan hesap yapılır. Bu tez çalışmasında Dayanımına göre Tasarım kapsamında kullanılan yöntemler, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemidir.

3.5.1.1.Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde yapının birinci periyodu esas alınarak hesap yapılmaktadır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda yüksekliği fazla olmayan binalarda bina dinamik davranışının taşıyıcı sistemin hakim titreşim modundaki davranışı ile temsil edilebileceği ve bu modun şeklinin yaklaşık olarak ters üçgen olarak kabul edilebileceği esasına dayanmaktadır. Yönetmelikte Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabileceği binalar Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar (TBDY 2018)

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

Deprem, kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme çerçeveli binalarda, kat kütlelerinin toplandığı varsayılan döşeme seviyesinde katlara etki ettirilir. Eşdeğer yükler kat kütlesi ve kat yüksekliği dikkate alınarak orantılı olacak şekilde hesaplanıp dağıtılır. Yükler birbirine dik iki yatay yönde ayrı ayrı etki ettirilir. Taşıyıcı sistem elemanlarında kesit etkileri bulunur ve diğer etkilerle birleştirilir. Taban kesme kuvveti Denklem 3.16’daki gibi bulunur.

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.16)$$

Toplam eşdeğer deprem yüğü, bina katlarına etki eden yatay deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem 3.17’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$V_{tE} = \Delta F_{NE} + \sum_{i=1}^N F_{ie} \quad (3.17)$$

Binanın N’inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü ΔF_{NE} Denklem 3.18’teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} \quad (3.18)$$

Binaya etkiyen deprem kuvvetleri zemin seviyesinden yukarıya doğru artacak şekilde dağıtılmaktadır. Binanın her katına gelen deprem kuvvetleri Denklem 3.19'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$F_E = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.19)$$

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan deprem yükleri X ve Y doğrultularında kat kütlelerinin toplandığı varsayılan kütle merkezlerine etki ettirilir.

3.5.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal deprem analizi yapılamayan binalar için modal hesap yöntemleri kullanılabilir. Göz önüne alınan her titreşim modunda iç kuvvetler, yer değiştirme gibi davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri bulunur. Bu büyüklükler istatistiksel olarak birleştirilerek tasarım için gerekli olan davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir. Bu tez çalışmasında istatistiksel birleştirme için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri olan tam karesel birleştirme (CQC) yöntemi kullanılmıştır. TBDY'de de tam karesel birleştirme yöntemi en genel birleştirme kuralı olarak verilmiştir.

Modal hesap yöntemlerinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim mod sayısı, YM, göz önüne alınan birbirine dik X ve Y yatay deprem doğrultularının her birinde Denklem 3.20'de görüldüğü gibi her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir. Ancak katkısı %3'ten büyük olan tüm modlar göz önüne alınmalıdır. Üç boyutlu hesapta her iki doğrultu için yeterli titreşim modu sayılarından büyüğü esas alınmalıdır (Darılmaz 2019).

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0,95 m_t \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{ty n}^{(Y)} \geq 0,95 m_t \quad (3.20)$$

3.5.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Doğrusal olmayan hesaba dayanan ve yapının farklı performans hedefleri için taşıyıcı sistemin gerçek davranışına göre tasarlanmasını sağlayan yaklaşıma Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım denmektedir. TBDY 2018'de doğrusal olmayan analiz yöntemleri İtme Yöntemleri ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi olarak iki gruba ayırmıştır. Bu tez çalışmasında doğrusal olmayan hesap yöntemi olarak Tek Modlu İtme yöntemlerinden olan Statik İtme Analizi kullanılmıştır.

3.5.2.1. Statik İtme Analizi

Statik itme analizinde yapının elastik ötesi davranışı ve yapıda meydana gelen yer değiştirmeler de göz önüne alınmaktadır. Elastik ötesi davranış belirlenirken itme analizinde yapıya Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak hesaplanan deprem yükleri etki ettirilir.

Statik itme yöntemleri tek modlu ve çok modlu olarak uygulanabilmektedir. Sap2000 programında, deprem hesabı doğrusal olmayan yöntem ile yapılan iki binanın çözümünde tek modlu itme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ilk olarak yapının düşey yükler altında analizi yapılır. Bu analizde elde edilen iç kuvvetler doğrusal olmayan analizinin başlangıç değerleri kabul edilir. Yapıya adım adım yatay yükler etki ettirilir. Burada etki ettirilen yatay yükler Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile elde edilen deprem kuvvetleridir. Her adımda taşıyıcı sistemde oluşan yer değiştirme, iç kuvvetler ve plastik şekil değiştirme hesaplanır. Son adımda yapının belirlediğimiz deprem talebine karşı gelen büyüklükler hesaplanır. Analiz sonucunda elde edilen değerler seçilen performans hedefinin sınır değerleri ile karşılaştırılır.

Deprem hesabı yapılırken analiz kısmında doğrusal olmayan davranış modelinin seçilmesi gerekir. Yığılı plastik ve yayılı plastik davranış modeli olmak üzere TBDY 2018’de ayrıntılı biçimde anlatılan iki önemli doğrusal olmayan davranış modeli bulunmaktadır.

Yığılı davranış modelinde; kolon, kiriş ve perdelerde doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin olduğu kesitlere plastik mafsalları tanımlanmaktadır. Plastik mafsalları kavramı şöyle açıklanabilir. Doğrusal olmayan malzemelerden yapılmış sistemlerde dış yükler artınca iç kuvvetler de artmaya başlar. Buna bağlı olarak bazı kesitlerde doğrusal elastik sınır aşılarak doğrusal olmayan şekil değiştirmeler meydana gelir. Genelde bu şekil değiştirmeler tüm sistem üzerinde yayılmaktadır. Ancak kopma anında, toplam şekil değiştirmelerin, doğrusal şekil değiştirmelere oranı büyük ise doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsalları adı verilen belli bir kesitte toplandığını varsayılır. Bu kesitler dışındaki bölgelerin doğrusal davrandığı kabul edilir. Plastik mafsallar, çerçeve sistemlerinin en çok zorlanan kolon ve kiriş uçlarında oluşmaktadır. Perdelerde ise perdenin boyutunda veya donatı miktarında aniden bir küçülme olan kısımlarda ve perdelerin temele bağlandığı kısımlarda meydana gelebilir. Elemanlarda plastikleşmenin meydana geldiği boy, kesitin boyutuna ve eğilme momentinin değişimine bağlıdır. Farklı plastik mafsalları boylarının ortaya çıkmasını engellemek için eşdeğer plastik mafsalları boyu tanımlanabilir. Bu boy $L_p=h/2$ olarak hesaplanabilir.

Yayılı davranış modelinde; doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin yayılı şekilde meydana geldiği kabul edilir. Daha çok perde gibi düzlemsel elemanlarda kullanılmaktadır. Ancak bu model sadece perdeler için değil sistemdeki betonarme elemanların hepsi için kullanılabilir. Davranış modellenirken taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal davranacağı

düşünülen kısımlar elastik olarak modellenir. Zorlanacak bölgelerde ise elemanların yayılı plastik davranış modeli kullanılır. Taşıyıcı sistem elemanlarında plastik mafsalların oluşabileceği düşünülen bölgeler genişletilerek yayılı davranışın beklendiği kısım haline getirilir. Deprem etkisinin artması bu bölgelerin genişlemesine sebep olur.

3.6. Sayısal Uygulamalar

Bu bölüm üç kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemi ile 4 katlı bir binanın analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda gerekli kontroller yapılmıştır. İkinci kısımda biri konsolsuz ve diğerleri 1.0 m, 1.5 m ve 2.0 m konsollara sahip 4 binanın Mod Birleştirme Yöntemi analizlerinden biri olan Spektrum analizleri yapılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Son kısımda ise 3.5 m ve 4.5 m zemin katlara sahip diğer kısımları aynı kalıp planına sahip 8 katlı iki binanın Statik İtme Analizleri yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yönteminin Karşılaştırılması

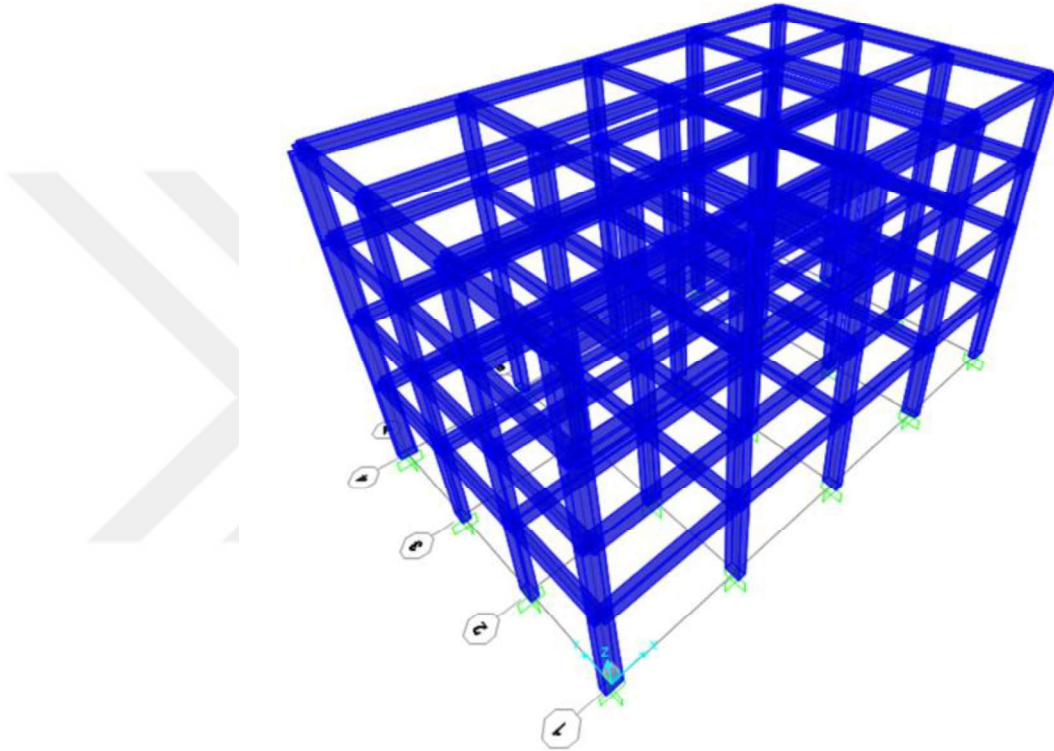
Dayanıma göre tasarımda kullanılan yöntemler olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi doğrusal hesap yöntemleri olarak kullanılmaktadır. Dayanıma göre tasarım yapılırken Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi bütün binalarda kullanılamıyor. Genel olarak deprem etkisinin az olduğu bölgelerde az katlı binalarda kullanılabilir. Modal hesap yöntemlerinden olan Mod Birleştirme Yöntemi ise dayanıma göre tasarımda bütün binalar için kullanılabilir. Bu bölüm altında her iki yöntem kullanılarak aynı bina üzerinde analizler yapılmıştır. Bu bölümde hesapları yapılan binalar; Eşdeğer Deprem Yüğü ile hesabı yapılan bina(EDY) ve Mod Birleştirme Yöntemi ile hesabı yapılan bina (MBY) şeklinde tanımlanmıştır.

3.6.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile 4 Katlı Betonarme Çerçevelerden Oluşan Binanın Deprem Hesabı

TBDY 2018'de, dayanıma göre tasarım ile şekil değiştirmeye göre tasarım, değerlendirme ve hesap esasları ayrı ayrı ve ayrıntılı olarak verilmiştir. Tezin bu bölümünde dayanıma göre tasarım ve doğrusal hesap esaslarından EDY yöntemine göre bir binanın üç boyutlu analizi verilmiştir. İncelenen binanın üç boyutlu modeli ve kalıp planı, sırasıyla, Şekil 3.6 ve 3.7'de verilmiştir.

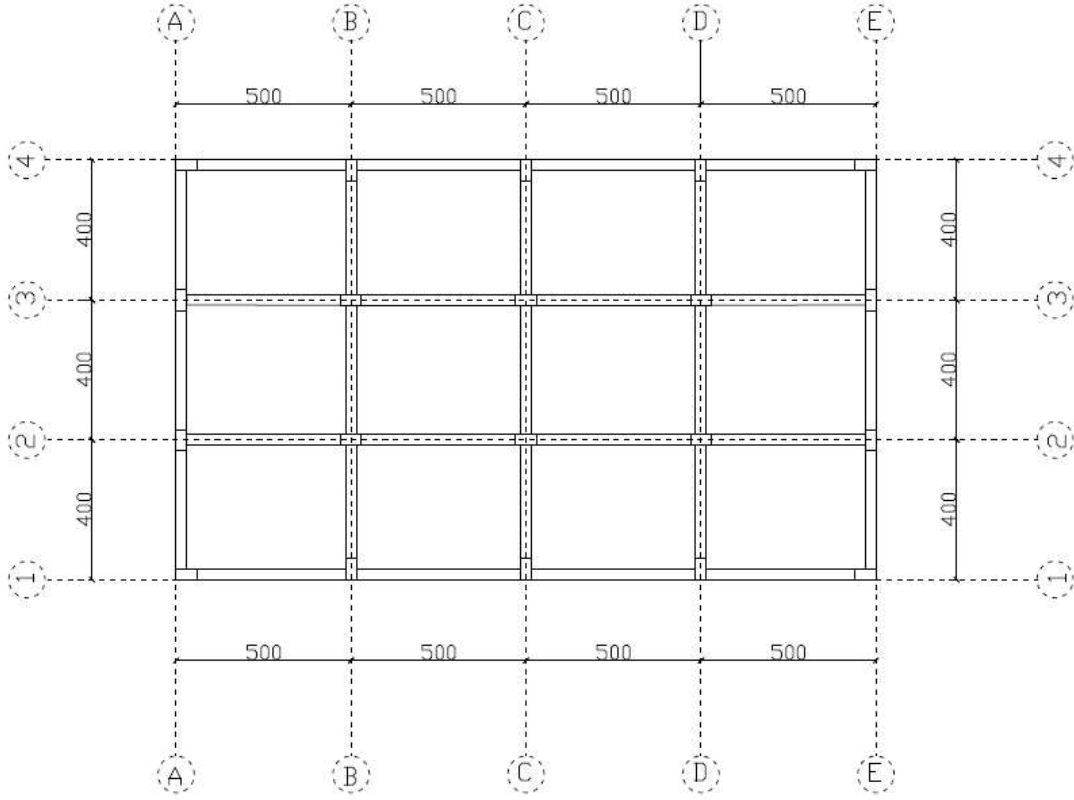
-EDY ve MBY yöntemleriyle hesapları yapılan binanın bilgileri

- 4 katlı betonarme bina
- Malzeme C30/37 $E=32000$ MPa
- Kolonlar 30x50; kirişler 30x60 cm
- Bina önem katsayısı $I=1.0$
- Hareketli yük katsayısı $n=0.3$
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) (TBDY 2018)



Şekil 3.6. EDY ve MBY'ye göre hesapları yapılan binaların 3 boyutlu görünüşü

Kat yükseklikleri zemin kat 3.5 m olmak üzere diğer katlar 3 m olarak belirlenmiştir. X yönünde 4x5 m uzunluğunda, Y yönünde 3x4 m uzunluğundadır. Kolonlar 30x50 cm boyutlarında seçilmiştir. Kirişler 30x60 cm boyutlarında seçilmiştir. Döşeme boyutu 15 cm'dir. Ölü yük (G) normal katlarda 13.14 kN/m en üst katta 6.14 kN/m'dir. Hareketli yük (Q) 3.42 kN/m'dir.



Şekil 3.7. EDY ve MBY'ye göre hesapları yapılan binanın kalıp planı

Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesap yapılırken, binanın periyodunun belirlenmesi gerekmektedir, bu yüzden başlangıçta katlara etkiyen fiktif yükün 100 kN olduğunu kabul edilmiştir. Çizelge 3.9'da 100 kN'luk fiktif yüke bağlı olarak katlara gelen fiktif yükler hesaplanmıştır.

Çizelge 3.9. Fiktif yüklerin hesabı

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_i^{(x)}$	$F_{if}^{(x)}$ (kN)
1	3.5	291.32	1019.62	100	12.94617
2	6.5	289.42	1881.23	100	23.88609
3	9.5	289.42	2749.49	100	34.91043
4	12.5	178.04	2225.5	100	28.2573

-EDY'ye göre hesaplanan binanın hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Programdan elde edilen yer değiştirme değerleri kullanılarak X ve Y deprem doğrultularında binanın hâkim doğal titreşim periyodu hesabı Çizelge 3.10 ve 3.11'de yapılmıştır. F_{fi} katlara etkiyen yatay fiktif kuvvet, d_{fi} bu kuvvetlere karşı gelen yatay yer değiştirmeyi göstermektedir.

Çizelge 3.10. EDY'ye göre hesapta X yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_{fi}^{(x)}$ (m)	$F_{fi}^{(x)}$ (kN)	m_i (t)	$m_i (d_{fi}^{(x)})^2$	$F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}$
1	0.0006	12.94617	291.32	0.000105	0.007768
2	0.0011	23.88609	289.42	0.00035	0.026275
3	0.0017	34.91043	289.42	0.000836	0.059348
4	0,0019	28.2573	178.04	0.000643	0.053689

Çizelge 3.11. EDY'ye göre hesapta Y yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_{fi}^{(y)}$ (m)	$F_{fi}^{(y)}$ (kN)	m_i (t)	$m_i (d_{fi}^{(y)})^2$	$F_{fi}^{(y)} d_{fi}^{(y)}$
1	0.000611	12.94617	291.32	0.000109	0.007909
2	0.00118	23.88609	289.42	0.000403	0.028186
3	0.00159	34.91043	289.42	0.000732	0.055508
4	0.0018	28.2573	178.04	0.000577	0.050863

TBDY 2018'e göre doğal titreşim periyodu, daha kesin bir hesap yapılmadığı sürece yapı dinamiğinde Rayleigh Yöntemi ile Denklem 3.21'deki gibi hesaplanacaktır:

$$T_p^{(x)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i(dfi)^2}{\sum_{i=1}^4 Ffi(dfi)}} ; \quad T_p^{(x)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.001934}{0.147079}} = 0.720 \text{ s}$$

$$T_p^{(y)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i(dfi)^2}{\sum_{i=1}^4 Ffi(dfi)}} ; \quad T_p^{(y)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.00182}{0.142465}} = 0.709 \text{ s}$$
(3.21)

Denklem 3.22'ye göre ampirik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodunu X ve Y yönlerinde hesaplanan doğal titreşim periyodundan daha büyük değere sahiptir.

$$T_{PA} = C_t H_N^{0.75}$$

$$T_{PA} = 0.1 \times 12.5^{0.75} = 0.6647 \text{ s};$$

$$0.720 < 1.4 \times T_{PA} = 0.930 \text{ s};$$
(3.22)

0.709 < 1.4 x T_{PA}=0.930 s olduğu için X ve Y yönlerinde hesaplanan doğal titreşim periyodu kullanılacaktır.

- EDY'ye göre hesabı yapılan binanın X yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

Diyarbakır ili içerisinde yer alan binanın koordinatları; enlem 37.904517°, boylam 40.176356° olarak belirlenmiştir. Bina ile ilgili diğer bilgiler AFAD uygulamasına girildiğinde aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

$$S_s = 0.309 \quad F_s = 0.900$$

$$S_1 = 0.130 \quad F_1 = 0.800$$

Tasarım spektral köşe periyot T_A ve T_B değerleri;

$$S_{DS} = S_s \times F_s = 0.309 \times 0.900 = 0.278$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 = 0.130 \times 0.800 = 0.104$$

$$T_A = 0.2 \times \frac{0.104}{0.278} = 0.075 \text{ s}; \quad T_B = \frac{0.104}{0.278} = 0.374 \text{ s};$$

$$T_A = 0.075 \text{ s}; \quad T_B = 0.374 \text{ s}; \quad T_L = 6 \text{ s bulunmuştur.}$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi S_{ae}(T), doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L; \quad 0.374 \leq 0.720 \leq 6; \quad S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.104}{0.720} = 0.144 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

- EDY'ye göre hesabı yapılan binanın deprem tasarım sınıfı

Deprem tasarım sınıfı, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{Ds}) ve bina kullanım sınıfına bağlı olarak belirlenir. TBDY 2018'e göre hesabı yapılan konut tipindeki betonarme bina BKS=3 sınıfına girmektedir.

$S_{Ds}=0.278 < 0.33$ olduğu için (BKS=3) olduğu için DTS=4 olur.

Bina 12.5 yüksekliğinde olduğu için BYS=7 grubuna girmektedir.

Bina performans hedefi olarak yönetmelikte belirtilen şartlara göre DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfı (DTS) 4 olduğu için Normal Performans Hedefi Kontrollü Hasar grubuna girer. Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı olarak Dayanıma Göre Tasarım grubuna girer.

TBDY 2018'e göre DTS=4 olduğu için $BYS \geq 6$ eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar grubunda yer almaktadır.

Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılanan binalarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ ve dayanım fazlalığı katsayısı $D=3$ alınmaktadır.

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

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

$$T > T_B \quad (0.720 > 0.374) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.144}{8} = 0.01805 \text{ g bulunmuştur.}$$

- EDY'ye göre hesabı yapılan binanın eşdeğer deprem yükünün hesabı

EDY yönteminde X yönü için taban kesme kuvveti;

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE} = 1048.2 \times 0.01805 \times 9.81 = 185.605 > 0.04 \times 1048.2 \times 1 \times 0.278 \times 9.81 = 114.345$$

$$V_{tE} = 185.605 \text{ kN}$$

Binanın Ninci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} = 0.0075 \times 4 \times 185.605 = 5.568 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışındaki kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.12'deki gibi dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{IE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 185.605 - 5.568 = 180.037 \text{ kN olarak etki ettirilecektir.}$$

Çizelge 3.12. EDY'ye göre hesapta X yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(X)}$	F_{IE} (kN)
1	3.5	291.32	1019.62	180.037	23.3079
2	6.5	289.42	1881.23	180.037	43.00379
3	9.5	289.42	2749.49	180.037	62.8517
4	12.5	178.04	2225.5	180.037	50.8736

- EDY'ye göre hesabı yapılan binanın Y yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

$$T_A = 0.075 \text{ s} ; T_B = 0.374 \text{ s} ; T_L = 6 \text{ s} ,$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$ doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L ; \quad 0.374 \leq 0.720 \leq 6 ; \quad S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.104}{0.709} = 0.1467 ;$$

$$T > T_B \quad (0.709 > 0.374) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8 ;$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.1467}{8} = 0.01834 \text{ g bulunmuştur.}$$

- EDY'ye göre hesabı yapılan binanın eşdeğer deprem yükünün hesabı

EDY yönteminde Y yönü için taban kesme kuvveti;

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g ;$$

$$V_{tE} = 1048.2 \times 0.01834 \times 9.81 = 188.59 > 0.04 \times 1048.2 \times 1 \times 0.278 \times 9.81 = 114.345$$

$$V_{tE} = 188.59 \text{ kN bulunmuştur.}$$

Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 \times N \times V_{tE} = 0.0075 \times 4 \times 188.59 = 5.658 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışındaki kısmı Ninci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.13'teki gibi dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{tE}^{(Y)} - \Delta F_{NE}^{(Y)} = 188.59 - 5.658 = 182.932 \text{ kN olarak kullanılacaktır.}$$

Çizelge 3.13. EDY'ye göre hesapta Y yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(Y)}$	F_{tE} (kN)
1	3.5	291.32	1019.62	182.932	23.6827
2	6.5	289.42	1881.23	182.932	43.6953
3	9.5	289.42	2749.49	182.932	63.86236
4	12.5	178.04	2225.5	182.932	51.69165

-Düşey deprem etkisi

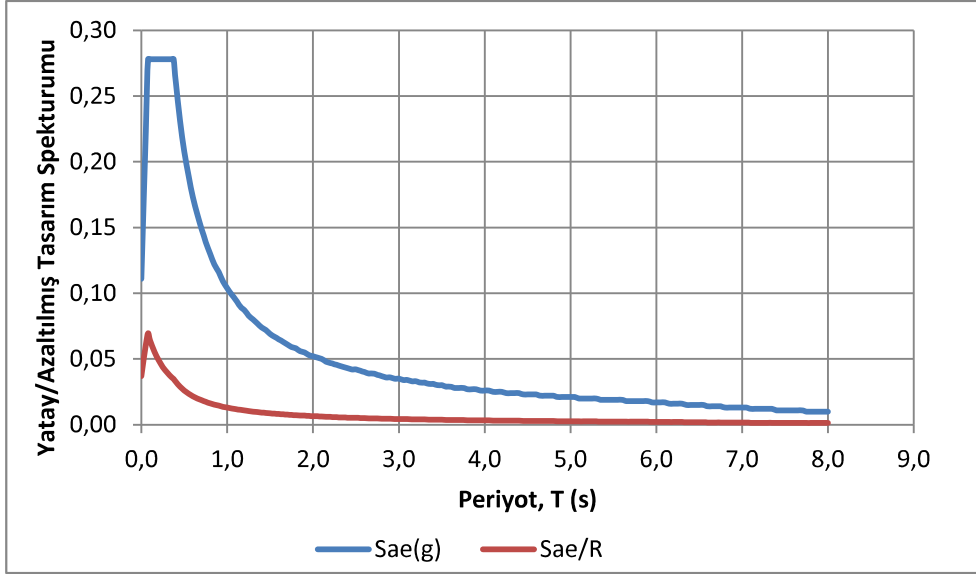
EDY ve MBY'ye göre hesabı yapılan 4 katlı binada düşey deprem etkisi Denklem 3.9 ile hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} S_{DS} G ; \quad E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} \times 0.278 \times G = 0.185 G \text{ olarak binaya etki ettirilmiştir.}$$

3.6.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile 4 Katlı Betonarme Çerçevelerden Oluşan Binanın Deprem Hesabı

TBDY 2018'de, dayanıma göre tasarım ve modal hesap yöntemlerinden biri de Mod Birleştirme Yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak, EDY yöntemiyle analizi yapılan 4 katlı binanın analizi yapılmıştır. Bunun için AFAD uygulamasında aynı koordinatları kullanılarak yatay elastik tasarım spektrumu elde edilmiştir. Bu spektruma bağlı kalarak aynı binanın spektral analizi yapılmıştır. İki analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Uygulamadan elde edilen yatay elastik tasarım spektrumu Denklem 3.6 kullanılarak azaltılmış tasarım spektrumu hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Yatay/Azaltılmış elastik tasarım ivme spektrumu

3.6.1.3. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yer değiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

Göz önüne alınan X deprem doğrultusunda $V_{tx}^{(x)} < \gamma_E V_{tx}^{(x)}$ olması durumunda modal analiz yöntemi ile hesaplanan bütün azaltılmış iç kuvvetleri ve yer değiştirme değerleri taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{tE}^{(x)}$ ile çarpılarak büyütülmelidir.

Mod Birleştirme Yöntemiyle analizi yapılan binanın X yönü için toplam deprem yükü $V_{tx}^{(x)}$ değeri 170.741 kN olarak hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemiyle yapılan hesapta ise taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(x)}$ 180.037 kN olarak hesaplanmıştır. γ_E bölüm 3.4.1.'de belirtildiği gibi düzensizlik bulunmaması sebebiyle 0.80 alınmıştır. Denklem 3.11 kullanılarak β_{tE} katsayısının kullanılıp kullanılmayacağına bakılmıştır.

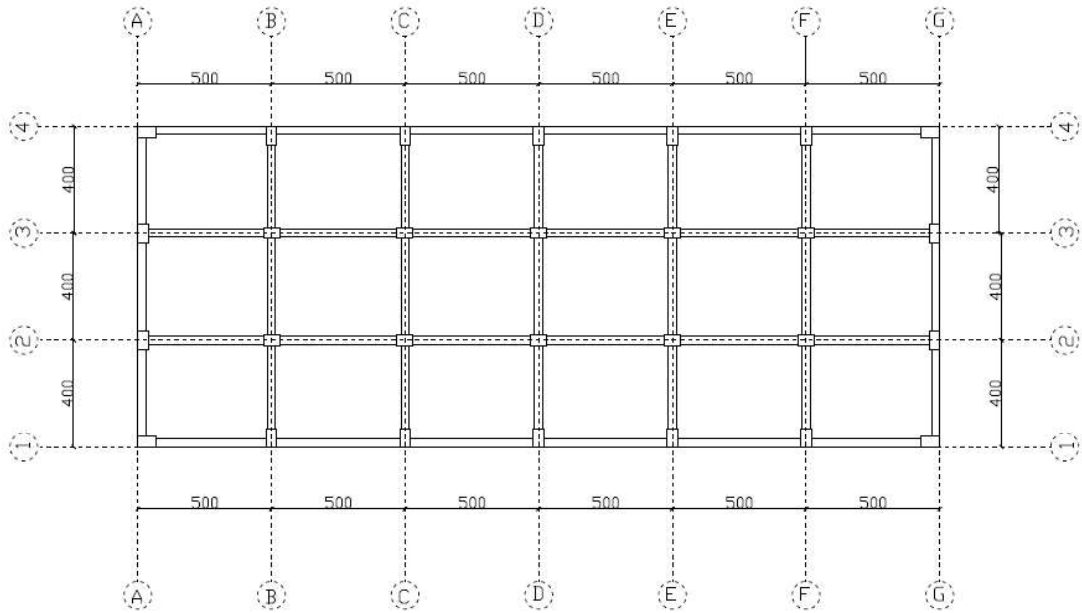
$$\frac{\gamma_E V_{tE}^{(x)}}{V_{tx}^{(x)}} = \frac{0.8 \times (180.037)}{170.741} = 0.84$$
 değeri 1'den küçük olduğu için $\beta_{tE}^{(x)}$ katsayısının kullanılmasına gerek kalmamıştır.

MBY hesabına göre analizi yapılan binanın Y yönü için toplam deprem yükü $V_{ty}^{(y)}$ değeri 165.155 kN olarak hesaplanmıştır. EDY yöntemiyle yapılan hesapta ise taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(y)}$ 182.932 kN olarak hesaplanmıştır.

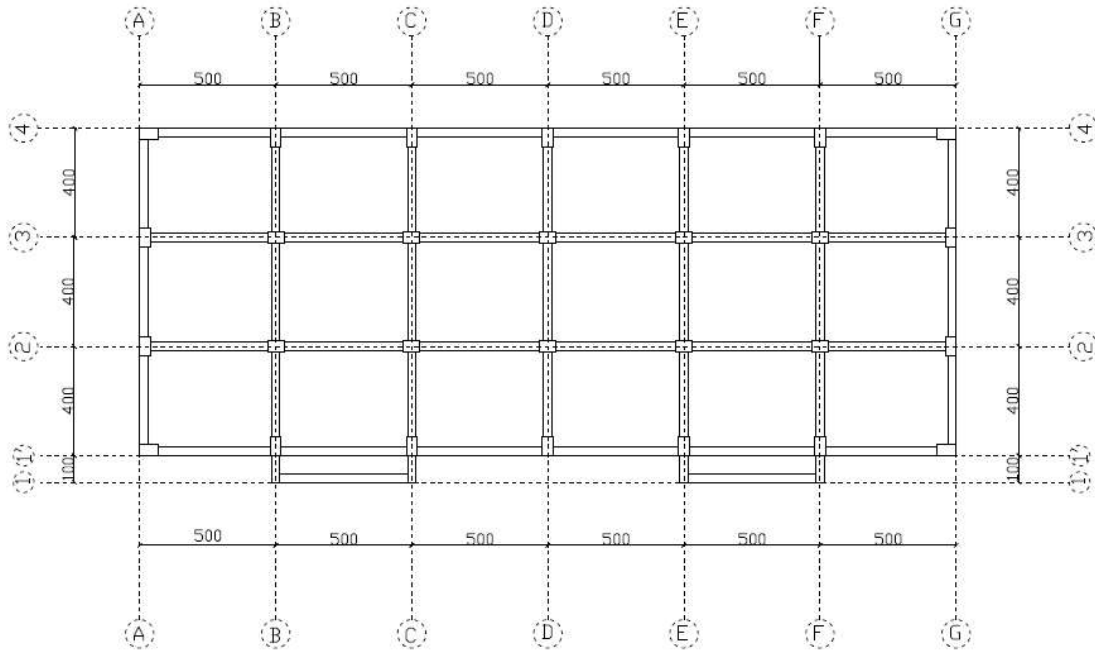
$$\frac{\gamma_E V_{tE}^{(y)}}{V_{ty}^{(y)}} = \frac{0.8 \times (182.932)}{165.155} = 0.88$$
 değeri 1'den küçük olduğu için $\beta_{tE}^{(y)}$ katsayısının kullanılmasına gerek kalmamıştır.

3.6.2. Farklı Konsol Boylarına Sahip 4 Ayır Betonarme Binanın Mod Birleştirme Yöntemi ile Karşılaştırılması

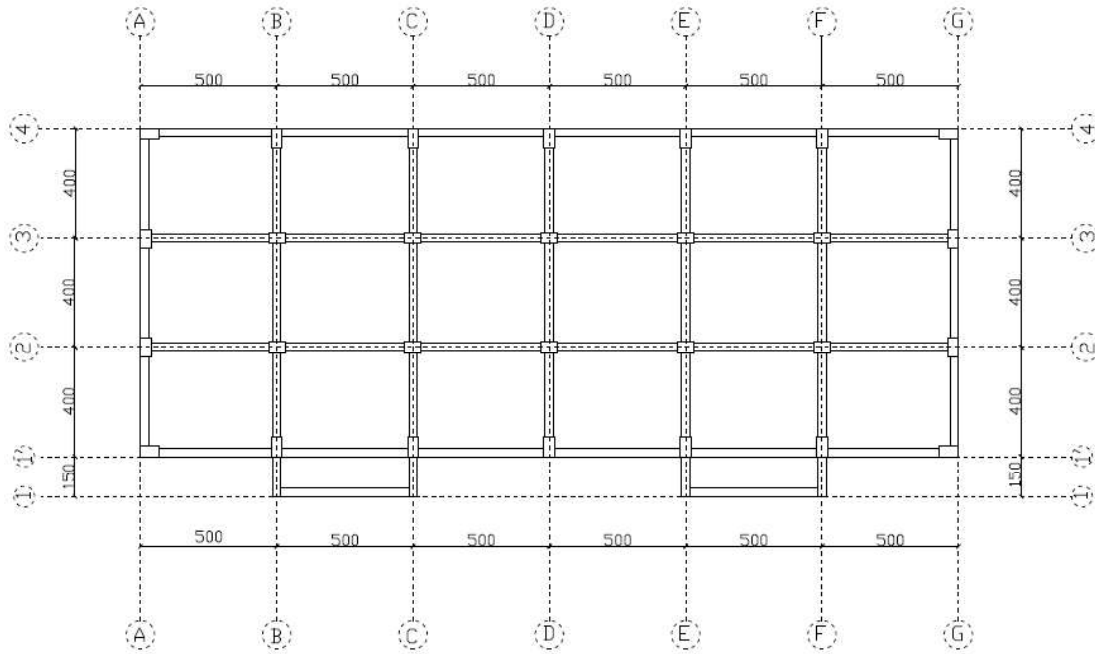
Bu bölümde Modal hesap yöntemlerinden biri olan spektrum analizi ile 4 ayrı binanın analizi yapılmıştır. Aynı kalıp binasına sahip olan binalarda sadece konsol boyları değişmektedir. İlk kısımda Şekil 3.9’da kalıp planı verilen konsolsuz binanın (K0) analizi yapılmıştır. Şekil 3.10’da 1.0 m konsol boyuna sahip binanın (K1) kalıp planı, Şekil 3.11’de 1.5 m konsol boyuna sahip binanın (K1.5) kalıp planı ve Şekil 3.12’de 2.0 m konsol boyuna sahip binanın (K2) kalıp planı verilmiştir.



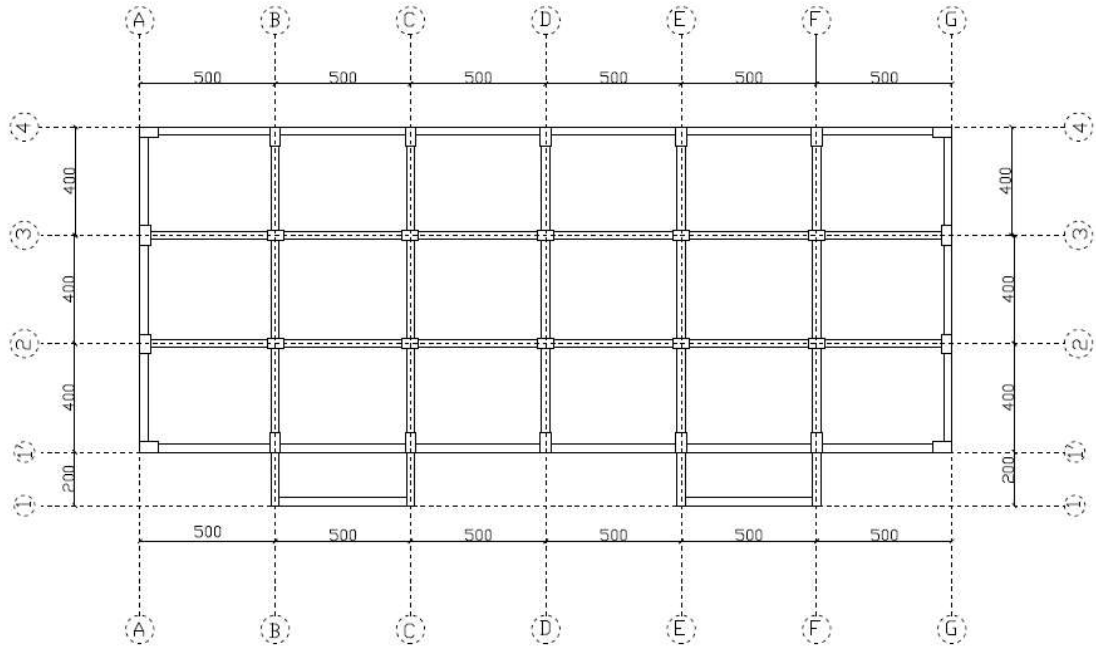
Şekil 3.9. Konsolsuz 5 katlı binanın kalıp planı (K0)



Şekil 3.10. 1.0 m konsollu 5 katlı binanın kalıp planı (K1)



Şekil 3.11. 1.5 m konsollu 5 katlı binanın kalıp planı (K1.5)



Şekil 3.12. 2.0 m konsollu 5 katlı binanın kalıp planı (K2)

Konsollar hariç kalıp planı aynı olan 4 ayrı bina incelenmiştir. İlk bina konsolsuz, diğer binalar sırasıyla 1.0 m, 1.5 m ve 2.0 m konsolu bulunan betonarme binalardır.

- 5 katlı betonarme bina
- Malzeme C30/37 E=32000 MPa
- Kolonlar 30x60; kirişler 30x50 cm
- Bina önem katsayısı I=1.0
- Hareketli yük katsayısı n=0.3
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) (TBDY 2018)
- Zemin Sınıfı: ZB (TBDY 2018)

Kat yükseklikleri 4 bina için bütün katlarda 3.0 m olarak belirlenmiştir. X yönünde 6x5 m uzunluğunda, Y yönünde 3x4 m uzunluğundadır. Kolonlar 30x60 cm boyutlarında seçilmiştir. Kirişler 30x50 cm boyutlarında seçilmiştir. Döşeme boyutu 15 cm'dir. Konsollar üzerinde duvar yüksekliği 60 cm'dir. Hareketli yük (Q) 3.53 kN/m'dir. G yüklemesi hesabı konsolsuz bina için yapılmıştır. 1 m, 1.5 m ve 2 m konsollu binalar için bina alanının artmasına bağlı olarak değişen G yüklemeleri Çizelge 3.14'te verilmiştir. 4 ayrı bina modeli için de enlem 38.126097°, boylam 39.865824° koordinatları seçilmiştir.

- Yüklemeler

Ölü yükler

Döşeme yükü : $0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$

Tesviye : $0.05 \times 22 = 1.10 \text{ kN/m}^2$

Kaplama : $0.02 \times 25 = 0.5 \text{ kN/m}^2$

Duvar yükleri

İç duvar ağırlığı : $2.4 \times (3.0 - 0.5) = 6 \text{ kN/m}$

Dış duvar ağırlığı : $4.2 \times (3.0 - 0.5) = 10.5 \text{ kN/m}$

Dış duvar(konsol): $4.2 \times 0.60 = 2.52 \text{ kN/m}$

Döşemelerden kirişlere gelen toplam ölü yük $(5.35 \text{ kN/m}^2 \times 360 / 204) = 9.44 \text{ kN/m}$ 'dir. En üst katta 60 cm'lik bir dış duvar hesaba katılmıştır. Çizelge 3.14'te K0, K1, K1.5 ve K2 binalarına etki eden ölü yükler ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 3.14. K0, K1, K1.5, K2 binalarına etki eden yüklemeler

YÜKLEMELER (G)	K0 (kN/m)	K1 (kN/m)	K1.5 (kN/m)	K2 (kN/m)
Normal kat dış kirişler	19.94	19.58	19.62	19.66
Normal kat iç kirişler	15.44	15.08	15.12	15.16
Normal kat konsol kirişler	-	11.6	11.64	11.68
Üst kat dış kirişler	11.96	11.6	11.64	11.68
Üst kat iç kirişler	9.44	9.08	9.12	9.16

Mod birleştirme yöntemi deprem etkisi hesaplanırken yatay elastik tasarım ivme spektrumunu değerleri ve Denklem 3.6 şartlarına uygun olarak deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak azaltılmış tasarım ivme spektrum değerleri Çizelge 3.15'te verilmiştir.

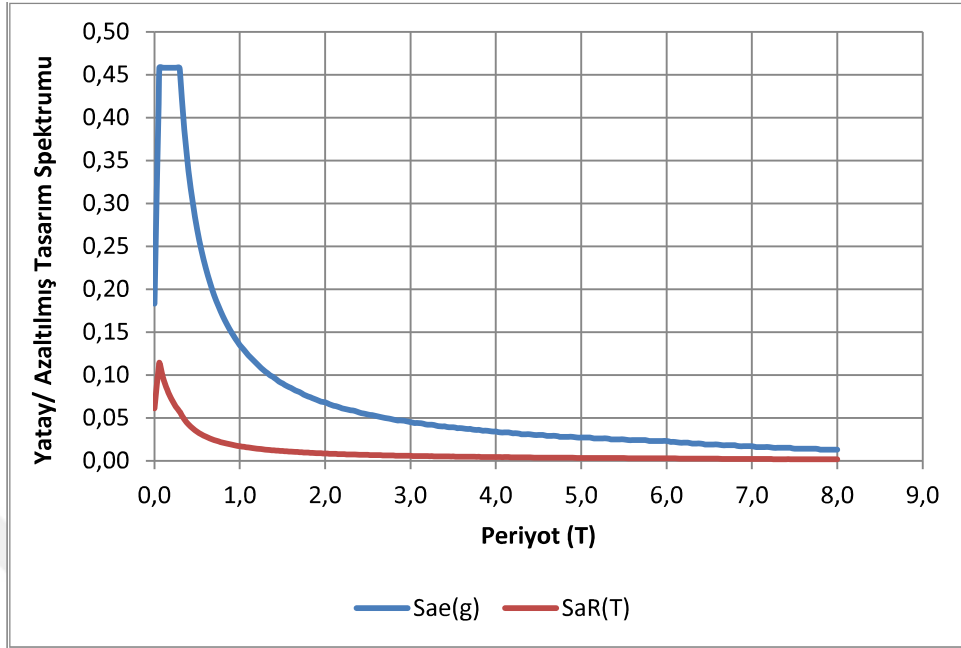
Çizelge 3.15. Yatay elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri

Sıra no	T(s)	S _{ae} (g)	R _a (T)	S _{aR} (T)=S _{ae} /R _a	Sıra no	T(s)	S _{ae} (g)	R _a (T)	S _{aR} (T)=S _{ae} /R _a
1	0	0.183	3	0.061	41	1.9	0.071	8	0.008875
2	0.05	0.416	3.847458	0.10812335	42	1.95	0.069	8	0.008625
3	0.059	0.458	4.000441	0.11448739	43	2	0.068	8	0.0085
4	0.1	0.458	4.694915	0.09755235	44	2.05	0.066	8	0.00825
5	0.15	0.458	5.542373	0.08263609	45	2.1	0.064	8	0.008
6	0.2	0.458	6.389831	0.07167639	46	2.15	0.063	8	0.007875
7	0.25	0.458	7.237288	0.06328337	47	2.2	0.061	8	0.007625
8	0.295	0.458	8	0.05723399	48	2.25	0.06	8	0.0075
9	0.3	0.451	8	0.056375	49	2.3	0.059	8	0.007375
10	0.35	0.386	8	0.04825	50	2.35	0.058	8	0.00725
11	0.4	0.338	8	0.04225	51	2.4	0.056	8	0.007
12	0.45	0.3	8	0.0375	52	2.45	0.055	8	0.006875
13	0.5	0.27	8	0.03375	53	2.5	0.054	8	0.00675
14	0.55	0.246	8	0.03075	54	2.55	0.053	8	0.006625
15	0.6	0.225	8	0.028125	55	2.6	0.052	8	0.0065
16	0.65	0.208	8	0.026	56	2.65	0.051	8	0.006375
17	0.7	0.193	8	0.024125	57	2.7	0.05	8	0.00625
18	0.75	0.18	8	0.0225	58	2.75	0.049	8	0.006125
19	0.8	0.169	8	0.021125	59	2.8	0.048	8	0.006
20	0.85	0.159	8	0.019875	60	2.85	0.047	8	0.005875
21	0.9	0.15	8	0.01875	61	2.9	0.047	8	0.005875
22	0.95	0.142	8	0.01775	62	2.95	0.046	8	0.00575
23	1	0.135	8	0.016875	63	3	0.045	8	0.005625
24	1.05	0.129	8	0.016125	64	3.05	0.044	8	0.0055
25	1.1	0.123	8	0.015375	65	3.1	0.044	8	0.0055
26	1.15	0.118	8	0.01475	66	3.15	0.043	8	0.005375
27	1.2	0.113	8	0.014125	67	3.2	0.042	8	0.00525
28	1.25	0.108	8	0.0135	68	3.25	0.042	8	0.00525
29	1.3	0.104	8	0.013	69	3.3	0.041	8	0.005125
30	1.35	0.1	8	0.0125	70	3.35	0.04	8	0.005
31	1.4	0.097	8	0.012125	71	3.4	0.04	8	0.005
32	1.45	0.093	8	0.011625	72	3.45	0.039	8	0.004875
33	1.5	0.09	8	0.01125	73	3.5	0.039	8	0.004875
34	1.55	0.087	8	0.010875	74	3.55	0.038	8	0.00475
35	1.6	0.085	8	0.010625	75	3.6	0.038	8	0.00475
36	1.65	0.082	8	0.01025	76	3.65	0.037	8	0.004625
37	1.7	0.08	8	0.01	77	3.7	0.037	8	0.004625
38	1.75	0.077	8	0.009625	78	3.75	0.036	8	0.0045
39	1.8	0.075	8	0.009375	79	3.8	0.036	8	0.0045
40	1.85	0.073	8	0.009125	80	3.85	0.035	8	0.004375

Çizelge 3.15. Yatay elastik ve azaltılmış tasarım ivme spektrum verileri (devamı)

Sıra no	T(s)	S _{ac} (g)	R _a (T)	S _{aR} (T)=S _{ac} /R _a	Sıra no	T(s)	S _{ac} (g)	R _a (T)	S _{aR} (T)=S _{ac} /R _a
81	3.9	0.035	8	0.004375	123	6	0.023	8	0.002875
82	3.95	0.034	8	0.00425	124	6.05	0.022	8	0.00275
83	4	0.034	8	0.00425	125	6.1	0.022	8	0.00275
84	4.05	0.033	8	0.004125	126	6.15	0.021	8	0.002625
85	4.1	0.033	8	0.004125	127	6.2	0.021	8	0.002625
86	4.15	0.033	8	0.004125	128	6.25	0.021	8	0.002625
87	4.2	0.032	8	0.004	129	6.3	0.02	8	0.0025
88	4.25	0.032	8	0.004	130	6.35	0.02	8	0.0025
89	4.3	0.031	8	0.003875	131	6.4	0.02	8	0.0025
90	4.35	0.031	8	0.003875	132	6.45	0.019	8	0.002375
91	4.4	0.031	8	0.003875	133	6.5	0.019	8	0.002375
92	4.45	0.03	8	0.00375	134	6.55	0.019	8	0.002375
93	4.5	0.03	8	0.00375	135	6.6	0.019	8	0.002375
94	4.55	0.03	8	0.00375	136	6.65	0.018	8	0.00225
95	4.6	0.029	8	0.003625	137	6.7	0.018	8	0.00225
96	4.65	0.029	8	0.003625	138	6.75	0.018	8	0.00225
97	4.7	0.029	8	0.003625	139	6.8	0.018	8	0.00225
98	4.75	0.028	8	0.0035	140	6.85	0.017	8	0.002125
99	4.8	0.028	8	0.0035	141	6.9	0.017	8	0.002125
100	4.85	0.028	8	0.0035	142	6.95	0.017	8	0.002125
101	4.9	0.028	8	0.0035	143	7	0.017	8	0.002125
102	4.95	0.027	8	0.003375	144	7.05	0.016	8	0.002
103	5	0.027	8	0.003375	145	7.1	0.016	8	0.002
104	5.05	0.027	8	0.003375	146	7.15	0.016	8	0.002
105	5.1	0.027	8	0.003375	147	7.2	0.016	8	0.002
106	5.15	0.026	8	0.00325	148	7.25	0.015	8	0.001875
107	5.2	0.026	8	0.00325	149	7.3	0.015	8	0.001875
108	5.25	0.026	8	0.00325	150	7.35	0.015	8	0.001875
109	5.3	0.026	8	0.00325	151	7.4	0.015	8	0.001875
110	5.35	0.025	8	0.003125	152	7.45	0.015	8	0.001875
111	5.4	0.025	8	0.003125	153	7.5	0.014	8	0.00175
112	5.45	0.025	8	0.003125	154	7.55	0.014	8	0.00175
113	5.5	0.025	8	0.003125	155	7.6	0.014	8	0.00175
114	5.55	0.024	8	0.003	156	7.65	0.014	8	0.00175
115	5.6	0.024	8	0.003	157	7.7	0.014	8	0.00175
116	5.65	0.024	8	0.003	158	7.75	0.014	8	0.00175
117	5.7	0.024	8	0.003	159	7.8	0.013	8	0.001625
118	5.75	0.024	8	0.003	160	7.85	0.013	8	0.001625
119	5.8	0.023	8	0.002875	161	7.9	0.013	8	0.001625
120	5.85	0.023	8	0.002875	162	7.95	0.013	8	0.001625
121	5.9	0.023	8	0.002875	163	8	0.013	8	0.001625
122	5.95	0.023	8	0.002875					

Çizelge 3.15'teki veriler kullanılarak Şekil 3.13'te yatay elastik ve azaltılmış ivme spektrum eğrileri çizilmiştir.



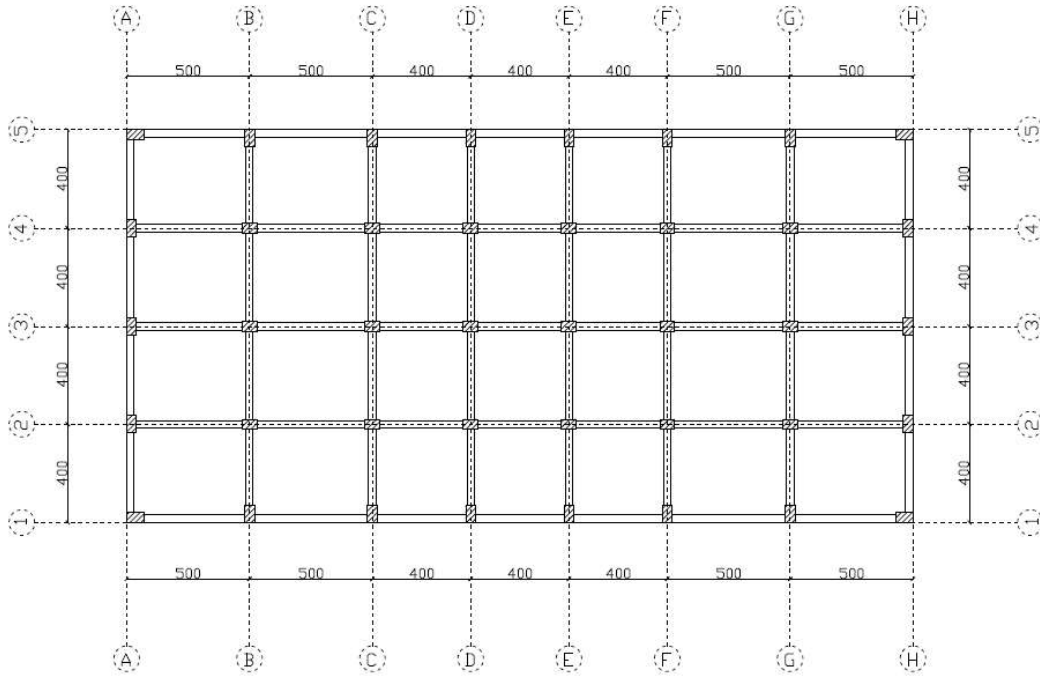
Şekil 3.13. Yatay elastik /azaltılmış tasarım ivme spektrumları

3.6.3. Farklı Zemin Kat Yüksekliklerine Sahip 8 Katlı İki Betonarme Binanın Statik İtme Analizi ile Deprem Hesabı

Binaların deprem performansı belirlenirken doğrusal hesap ve doğrusal olmayan çeşitli hesap yöntemleri mevcuttur. Doğrusal olmayan analizlerde yapılan hesaplamalar gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Bu bölümde doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden biri olan Statik İtme Analizi ile deprem hesabı yapılmıştır. Aynı kalıp planına sahip (Şekil 3.14) zemin kat yüksekliği 3.5 m olan betonarme bina (B3.5) ve zemin kat yüksekliği 4.5 m olan betonarme binaların (B4.5) karşılaştırmak için gerekli olan hesaplamalar yapılmıştır. Buradaki amaç farklı yükseklikteki zemin kat boylarının yapının performansını nasıl etkilediğini incelemektir.

-B3.5 ve B4.5 binalarının eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem yüklerinin bulunması

Statik İtme Analizi ile deprem hesabı yapılacak B3.5 ve B4.5 binalarına etki edecek yatay deprem yükleri Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi kullanılarak hesaplanacaktır. Şekil 3.14'te bina kalıpları verilen B3.5 ve B4.5 binalarının sadece zemin kat yükseklikleri farklıdır.

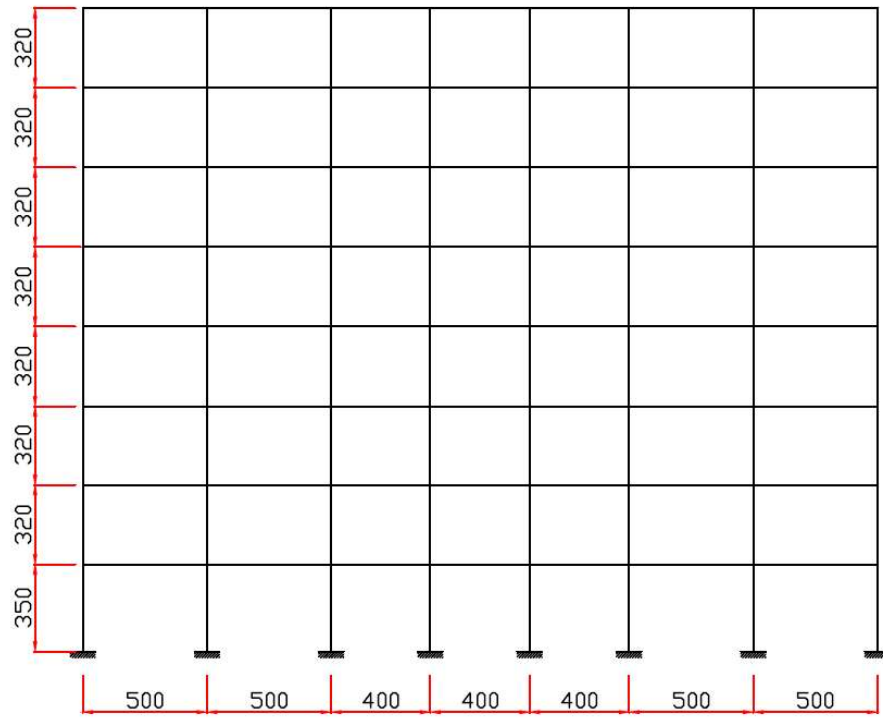


Şekil 3.14. B3.5 ve B4.5 binalarının kalıp planı

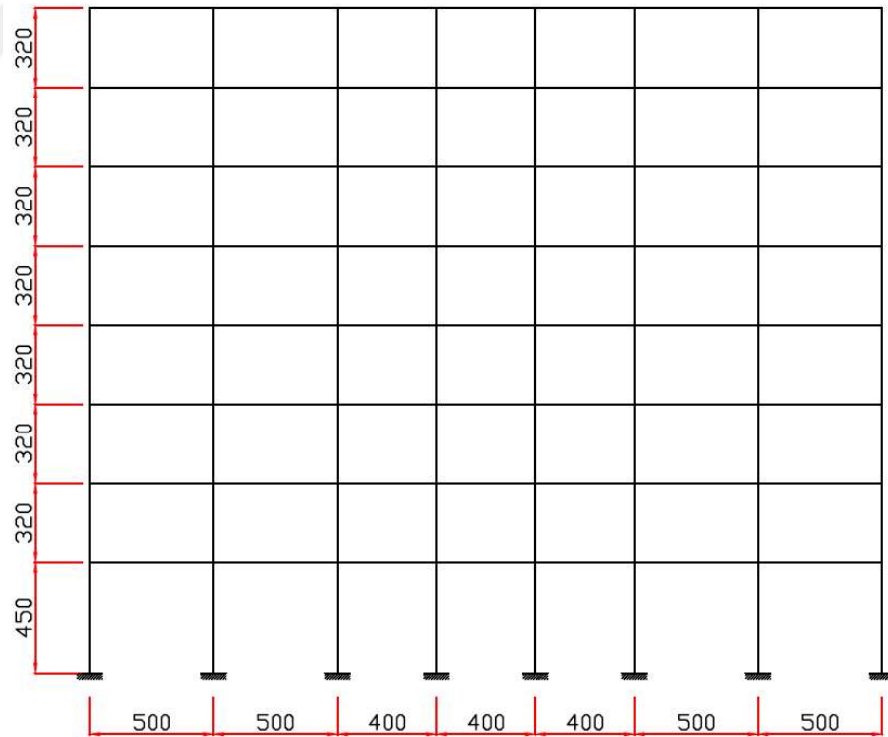
-B3.5 ve B4.5 binalarının bilgileri

- 8 katlı betonarme bina
- Malzeme C35/37 $E=33000$ MPa
- Dış Kolonlar: 40x70 cm; İç Kolonlar: 40x60 cm; Kirişler: 30x70 cm
- Bina önem katsayısı $I=1.0$
- Hareketli yük katsayısı $n=0.3$
- Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) (TBDY 2018)

Kat yükseklikleri zemin kat 3.5 m olmak üzere diğer katlar 3.2 m olarak belirlenmiştir. Döşeme boyutu 15 cm'dir. Ölü yük (G) normal katlarda 22.13 kN/m en üst katta 7.73 kN/m'dir. Hareketli (Q) 3.56 kN/m'dir. B3.5 ve B4.5 binalarının 1-1 aks kesitleri Şekil 3.15 ve 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.15. B3.5 binasının 1-1 aks kesiti



Şekil 3.16. B4.5 binasının 1-1 aks kesiti

-B3.5 binasının eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem yüklerinin bulunması

B3.5 binasının Statik İtme Analizi yapılırken katlara etki eden yatay deprem yükleri Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ile bulunur. Fiktif yüklerin hesabı Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m \times h_i$	F_i	$F_{if}(kN)$
1	3.5	968.09	3388.315	100	3.514429
2	6.7	920.98	6170.566	100	6.400236
3	9.9	920.98	9117.702	100	9.457065
4	13.1	920.98	12064.84	100	12.51389
5	16.3	920.98	15011.97	100	15.57072
6	19.5	920.98	17959.11	100	18.62755
7	22.7	920.98	20906.25	100	21.68438
8	25.9	455.32	11792.79	100	12.23172

-B3.5 binasının hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Programdan elde edilen yer değiştirme değerleri kullanılarak X ve Y deprem doğrultularında Çizelge 3.17 ve 3.18'de B3.5 binasının hakim doğal titreşim periyodu hesabı yapılmıştır.

Çizelge 3.17. B3.5 binasının X yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_{fi}^{(x)}$ (m)	$F_{fi}^{(x)}$ (kN)	m_i (t)	$m_i (d_{fi}^{(x)})^2$	$F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}$
1	0.0001321	3.514428911	968.09	0.00001689	0.000464
2	0.0003002	6.400235972	920.98	0.000082998	0.001921
3	0.0004633	9.457065093	920.98	0.000197685	0.004381
4	0.0006104	12.51389421	920.98	0.000343146	0.007638

Çizelge 3.17. B3.5 binasının X yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı (devamı)

5	0.000735	15.57072333	920.98	0.000497536	0.011444
6	0.0008316	18.62755246	920.98	0.000636912	0.015491
7	0.0008952	21.68438158	920.98	0.000738058	0.019412
8	0.0009257	12.23171845	455.32	0.000390173	0.011323

Çizelge 3.18. B3.5 binasının Y yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_{fi}^{(y)}(m)$	$F_{fi}^{(y)}(kN)$	$m_i(t)$	$m_i(d_{fi}^{(y)})^2$	$F_{fi}^{(y)} d_{fi}^{(y)}$
1	0.0001161	3.514429	968.09	0.000013	0.000408
2	0.0002727	6.400236	920.98	0.000068	0.001745
3	0.000427	9.457065	920.98	0.000168	0.004038
4	0.0005675	12.51389	920.98	0.000297	0.007102
5	0.0006877	15.57072	920.98	0.000436	0.010708
6	0.0007819	18.62755	920.98	0.000563	0.014565
7	0.0008835	21.68438	920.98	0.000719	0.019158
8	0.0009192	12.23172	455.32	0.000385	0.011243

Periyotlar Denklem 3.21'e göre hesaplanacaktır.

$$T_p^{(x)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i(d_{fi})^2}{\sum_{i=1}^4 F_{fi}(d_{fi})}} ;$$

$$T_p^{(x)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.0029034}{0.072075}} = 1.26 \text{ s}$$

$$T_p^{(y)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i(d_{fi})^2}{\sum_{i=1}^4 F_{fi}(d_{fi})}} ;$$

$$T_p^{(y)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.002648}{0.068968}} = 1.23 \text{ s}$$

Ampirik olarak hesaplanan periyodun X ve Y yönlerinde hesaplanan doğal titreşim periyodundan daha büyük değere sahiptir.

$$T_{PA}=C_t H_N^{0.75}=0.1 \times 25.9^{0.75} = 1.148 \text{ s,}$$

$$1.26 < 1.4 T_{PA}=1.607 \text{ s,}$$

$1.23 < 1.4 T_{PA}=1.607 \text{ s}$ olduğu için X ve Y yönünde hesaplanan doğal titreşim periyotları kullanılacaktır.

-B3.5 binasının X yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

Diyarbakır ili içerisinde yer alan binanın koordinatları; enlem 37.938742° , boylam 40.17729° olarak belirlenmiştir. Bina ile ilgili diğer bilgiler AFAD uygulamasında girildiğinde aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

$$S_s=0.322 \quad F_s=0.900$$

$$S_1=0.133 \quad F_1=0.800$$

Tasarım spektral köşe periyot T_A ve T_B değerleri;

$$S_{DS}= S_s \times F_s=0.322 \times 0.900=0.290$$

$$S_{D1}= S_1 \times F_1=0.133 \times 0.800=0.106$$

$$T_A= 0.2 \times \frac{0.106}{0.290}=0.073 \text{ s;} \quad T_B= \frac{0.106}{0.290}=0.367 \text{ s;}$$

$$T_A=0.073 \text{ s ; } T_B=0.367 \text{ s ; } T_L=6 \text{ s}$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L; \quad 0.367 \leq 1.26 \leq 6; \quad S_{ae}(T)=\frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.106}{1.26} = 0.08395$$

-B3.5 binasının deprem tasarım sınıfı

TBDY 2018'e göre hesabı yapılan konut tipindeki betonarme bina BKS=3 sınıfına girmektedir. $S_{Ds}=0.290 < 0.33$ olduğu için (BKS=3) Çizelge 3.4'e göre DTS=4 olur. Çizelge 3.5 esas alınırsa bina 25.9 m yüksekliğinde olduğu için BYS=6 grubuna girmektedir.

Bina performans hedefi olarak Çizelge 3.6'da belirtilen şartlara göre DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve DTS=4 olduğu için Normal Performans Hedefi Kontrollü Hasar grubuna girer. Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı olarak Dayanıma Göre Tasarım grubuna girer.

TBDY 2018'e göre DTS=4 olduğu için $BYS \geq 6$ Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceği binalar grubunda yer almaktadır.

Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılanan binalarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ ve dayanım fazlalığı katsayısı $D=3$ alınmaktadır.

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

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

$$T > T_B \quad (1.262 > 0.367) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.08395}{8} = 0.010494 \text{ g değeri kullanılacaktır.}$$

-B3.5 binasının X yönü eşdeğer deprem yükünün hesabı

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE} = 6949.29 \times 0.010494 \times 9.81 = 715.402 < 0.04 \times 6949.29 \times 1 \times 0.290 \times 9.81 = 790.8$$

$$V_{tE} = 790.8 \text{ kN değeri kullanılacaktır.}$$

Binanın Ninci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} = 0.0075 \times 8 \times 790.8 = 47.45 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere Çizelge 3.19'daki gibi bina katlarına dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 790.8 - 47.45 = 743.35 \text{ kN}$$

$$F_E^{(X)}(8.\text{kat}) = F_{tE} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 90.92448 + 47.45 = 138.3745 \text{ kN}$$

Çizelge 3.19. B3.5 binasının X yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	$m(t)$	$m h_i$	$F_E^{(X)}$	$F_{iE}^{(X)}$
1	3.5	968.09	3388.315	743.35	26.12451
2	6.7	920.98	6170.566	743.35	47.57615
3	9.9	920.98	9117.702	743.35	70.29909
4	13.1	920.98	12064.838	743.35	93.02203
5	16.3	920.98	15011.974	743.35	115.745
6	19.5	920.98	17959.11	743.35	138.4679
7	22.7	920.98	20906.246	743.35	161.1909
8	25.9	455.32	11792.788	743.35	138.3745

-B3.5 binasının Y yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

$$T_A=0.073 \text{ s}; \quad T_B=0.367 \text{ s}; \quad T_L=6.0 \text{ s},$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ac}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L; \quad 0.367 \leq 1.23 \leq 6; \quad S_{ac}(T) = \frac{SD1}{T} = \frac{0.106}{1.23} = 0.08583$$

$$T > T_B \quad (1.2349 > 0.367) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.08583}{8} = 0.0107296 \text{ g olarak bulunmuştur.}$$

-B3.5 binasının Y yönü eşdeğer deprem yükünün hesabı

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE} = 6949.29 \times 0.0107296 \times 9.81 = 731.46 < 0.04 \times 6949.29 \times 1 \times 0.290 \times 9.81 = 790.8$$

$V_{tE} = 790.8 \text{ kN}$ değeri kullanılacaktır.

Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 \times N \times V_{tE} = 0.0075 \times 8 \times 790.8 = 47.45 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.20'deki gibi dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 790.8 - 47.45 = 743.35 \text{ kN}$$

Çizelge 3.20. B3.5 binasının Y yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat no	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(Y)}$	$F_{iE}^{(Y)}$
1	3.5	968.09	3388.315	743.35	26.12451
2	6.7	920.98	6170.566	743.35	47.57615
3	9.9	920.98	9117.702	743.35	70.29909
4	13.1	920.98	12064.838	743.35	93.02203
5	16.3	920.98	15011.974	743.35	115.745
6	19.5	920.98	17959.11	743.35	138.4679
7	22.7	920.98	20906.246	743.35	161.1909
8	25.9	455.32	11792.788	743.35	138.3745

-B4.5 binasının eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem yüklerinin bulunması

B3.5 binası için yapılan deprem yüklerinin hesabı B4.5 binası için de tekrarlanacaktır. Çizelge 3.21'de fiktif yük hesabı yapılmıştır.

Çizelge 3.21. Fiktif yüklerin hesabı

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	F_i	$F_{if}(kN)$
1	4.5	981.19	4415.355	100	4.269353
2	7.7	920.98	7091.546	100	6.85705
3	10.9	920.98	10038.68	100	9.706733
4	14.1	920.98	12985.82	100	12.55642
5	17.3	920.98	15932.95	100	15.4061
6	20.5	920.98	18880.09	100	18.25578
7	23.7	920.98	21827.23	100	21.10547
8	26.9	455.32	12248.11	100	11.8431

-B4.5 binasının hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Programdan elde edilen yer değiştirme değerleri kullanılarak X ve Y deprem doğrultularında binanın hakim doğal titreşim periyodu hesabı Çizelge 3.22 ve 3.23'te yapılmıştır.

Çizelge 3.22. B4.5 binasının X yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_n^{(x)}$ (m)	$F_n^{(x)}$ (kN)	m_i (t)	$m_i (d_n^{(x)})^2$	$F_n^{(x)} d_n^{(x)}$
1	0.000239	4.269353	981.19	0.000056	0.00102
2	0.000418	6.85705	920.98	0.000161	0.002866
3	0.00058	9.706733	920.98	0.00031	0.00563
4	0.000726	12.55642	920.98	0.000485	0.009116
5	0.0008483	15.4061	920.98	0.000663	0.013069

Çizelge 3.22. B4.5 binasının X yönü yer değiştirmelerine bağlı hâkim doğal titreşim periyodu hesabı (devamı)

Kat No	$d_n^{(x)} (m)$	$F_n^{(x)} (kN)$	$m_i (t)$	$m_i (d_n^{(x)})^2$	$F_n^{(x)} d_n^{(x)}$
6	0.000942	18.25578	920.98	0.000817	0.017197
7	0.001	21.10547	920.98	0.000921	0.021105
8	0.00103	11.8431	455.32	0.000483	0.012198

Çizelge 3.23. B4.5 binasının Y yönü yer değiştirmelerine bağlı hakim doğal titreşim periyodu hesabı

Kat No	$d_n^{(y)} (m)$	$F_n^{(y)} (kN)$	$m_i (t)$	$m_i (d_n^{(y)})^2$	$F_n^{(y)} d_n^{(y)}$
1	0.000208	4.269353	981.19	0.000042	0.000889
2	0.000377	6.85705	920.98	0.000131	0.002582
3	0.000532	9.706733	920.98	0.00026	0.00516
4	0.000671	12.55642	920.98	0.000414	0.008423
5	0.000825	15.4061	920.98	0.000626	0.012704
6	0.000921	18.25578	920.98	0.000782	0.016819
7	0.000982	21.10547	920.98	0.000888	0.020721
8	0.00102	11.8431	455.32	0.000474	0.01208

Periyotlar Denklem 3.21'e göre hesaplanacaktır.

$$T_p^{(x)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i (d_{fi})^2}{\sum_{i=1}^4 F_{fi} (d_{fi})}} ;$$

$$T_p^{(x)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.003896}{0.082202}} = 1.367 \text{ s}$$

$$T_p^{(y)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 m_i (d_{fi})^2}{\sum_{i=1}^4 F_{fi} (d_{fi})}} ;$$

$$T_p^{(y)} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.003699}{0.081121}} = 1.340 \text{ s}$$

Ampirik olarak hesaplanan periyodun X ve Y yönlerinde hesaplanan doğal titreşim periyodundan daha büyük değere sahiptir.

$$T_{PA} = C_t H_N^{0.75} = 0.1 \times 26.9^{0.75} = 1.181 \text{ s};$$

$$1.36478 < 1.4 \times T_{PA} = 1.653 \text{ s};$$

1.34062 < 1.4 x T_{PA} = 1.653 s olduğu için her iki yönde de doğal titreşim periyotları kullanılacaktır.

-B4.5 binasının X yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

AFAD uygulamasından alınan veriler B3.5 binası ile aynı koordinatlar kullanıldığı için değişmemiştir.

$$T_A = 0.073 \text{ s}, T_B = 0.367 \text{ s}, T_L = 6 \text{ s}, T_p^{(x)} = 1.36478$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L; \quad 0.367 \leq 1.36478 \leq 6; \quad S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.106}{1.36478} = 0.0776$$

-B4.5 binasının deprem tasarım sınıfı

TBDY 2018'e göre hesabı yapılan konut tipindeki betonarme bina BKS=3 sınıfına girmektedir.

$$S_{Ds} = 0.290 < 0.33 \text{ olduğu için (BKS=3) olduğu için DTS=4 olur.}$$

Bina 25.9 m yüksekliğinde olduğu için BYS=6 grubuna girmektedir.

Bina performans hedefi olarak yönetmelikte belirtilen şartlara göre DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfı (DTS) 4 olduğu için Normal Performans Hedefi Kontrollü Hasar grubuna girer. Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı olarak Dayanıma Göre Tasarım grubuna girer.

TBDY 2018'e göre DTS=4 ve $BYS \geq 6$ olduğu için Çizelge 3.8'e göre Eşdeğer Deprem Yükünün Yönteminin uygulanabileceği binalar grubunda yer almaktadır.

Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılanan binalarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ ve dayanım fazlalığı katsayısı $D=3$ alınmaktadır.

$$T_p^{(x)} > T_B \quad (1.36478 > 0.367) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{1} = \frac{8}{1} = 8$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.0776}{8} = 0.0097g \text{ olarak bulunmuştur.}$$

-B4.5 binasının X yönü eşdeğer deprem yükünün hesabı

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE} = 6962.39 \times 0.0097 \times 9.81 = 662.52 < 0.04 \times 6962.39 \times 1 \times 0.290 \times 9.81 = 792.29$$

$$V_{tE} = 792.29 \text{ kN}$$

Binanın Ninci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} = 0.0075 \times 8 \times 792.29 = 47.53 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışında geri kalan kısmı Ninci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.24'teki gibi dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 792.29 - 47.53 = 744.76 \text{ kN}$$

Çizelge 3.24. B4.5 binasının X yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(X)}$	$F_{iE}^{(X)}$
1	4.5	981.19	4415.355	744.76	31.79643
2	7.7	920.98	7091.546	744.76	51.06857
3	10.9	920.98	10038.68	744.76	72.29187

Çizelge 3.24. B4.5 binasının X yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri (devamı)					
Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(X)}$	$F_{iE}^{(X)}$
4	14.1	920.98	12985.82	744.76	93.51517
5	17.3	920.98	15932.95	744.76	114.7385
6	20.5	920.98	18880.09	744.76	135.9618
7	23.7	920.98	21827.23	744.76	157.1851
8	26.9	455.32	12248.11	744.76	88.20267

-B4.5 binasının Y yönü için eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

$$T_A=0.073 \text{ s}; \quad T_B=0.367 \text{ s}; \quad T_L=6.0 \text{ s},$$

Yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ac}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanır.

$$T_B \leq T \leq T_L; \quad 0.367 \leq 1.34062 \leq 6; \quad S_{ac}(T) = \frac{SD1}{T} = \frac{0.106}{1.34062} = 0.0790$$

$$T > T_B \quad (1.34062 > 0.367) \text{ olduğu için } R_a(T) = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8$$

Azaltılmış tasarım ivme spektrumu;

$$S_{aR}(T) = \frac{0.0790}{8} = 0.00988 \text{ g olarak bulunmuştur.}$$

$$V_{tE} = m_t S_{aR} \geq 0.04 m_t I S_{DS} \text{ g}$$

$$V_{tE} = 6962.39 \times 0.00988 \times 9.81 = 675.05 < 0.04 \times 6962.39 \times 1 \times 0.290 \times 9.81 = 792.29$$

$$V_{tE} = 792.29 \text{ kN}$$

Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} = 0.0075 \times 8 \times 792.29 = 47.53 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.25'teki gibi dağıtılacaktır.

$$F_E^{(X)} = V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} = 792.29 - 47.53 = 744.76 \text{ kN}$$

Çizelge 3.25. B4.5 binasının Y yönünde katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Kat No	h_i (m)	m (t)	$m h_i$	$F_E^{(y)}$	$F_{IE}^{(y)}$
1	4.5	981.19	4415.355	744.76	31.79643
2	7.7	920.98	7091.546	744.76	51.06857
3	10.9	920.98	10038.68	744.76	72.29187
4	14.1	920.98	12985.82	744.76	93.51517
5	17.3	920.98	15932.95	744.76	114.7385
6	20.5	920.98	18880.09	744.76	135.9618
7	23.7	920.98	21827.23	744.76	157.1851
8	26.9	455.32	12248.11	744.76	88.20267

-Düşey deprem etkisi

B3.5ve B4.5 binalarına etki edecek düşey deprem etkisi Denklem 3.9 ile hesaplanıp binaya etki ettirilecektir.

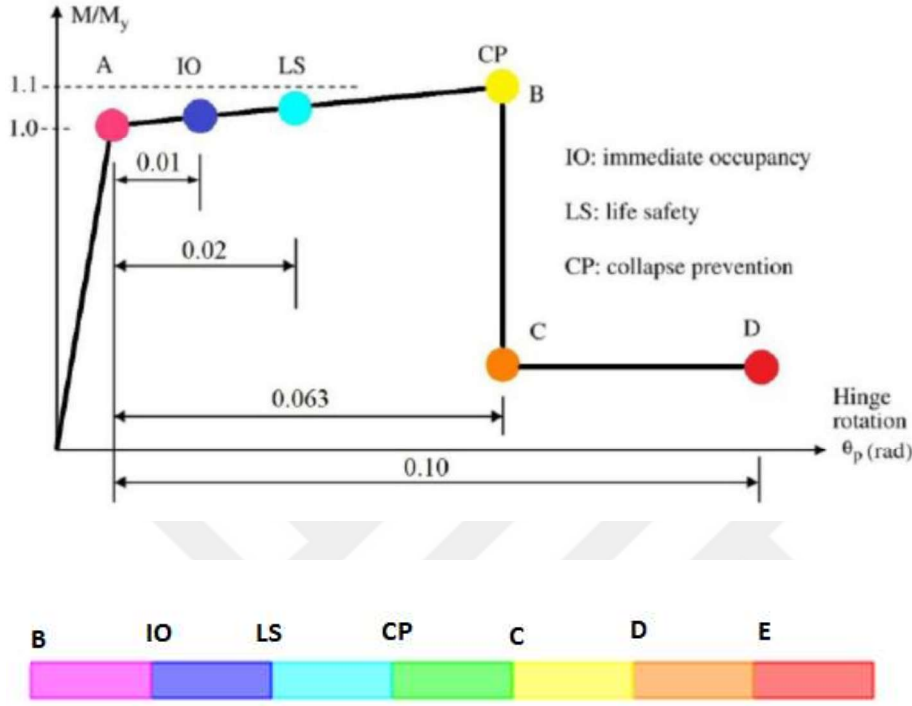
$$E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} S_{DS} G ; \quad E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} \times 0.290 \times G = 0.193 G \text{ olarak yapıya etki ettirilecektir.}$$

-Plastik mafsallık özelliklerinin atanması

Statik itme analizi yapılırken kiriş ve kolonlara plastik mafsallık özellikleri tanımlanması sonucu daha hassas sonuçlar elde edilir. Bu çalışmada kirişler için sadece tek eksenli eğilme durumunu dikkate alan M3 plastik mafsallık özellikleri tanımlanmıştır. Kolonlar için ise normal kuvveti ve iki yönde eğilme durumunu dikkate alan P-M2-M3 plastik mafsallık özellikleri atanmıştır.

SAP 2000 programında, plastik mafsallık oluşumları FEMA 356 kuralları esas alınarak belirlenmektedir. İtme analizi sonucunda adımlar sırasıyla takip edilir. Kolon ve kirişlerde meydana gelen plastik mafsallar renklerine göre gözlemlenir. Plastik mafsallar limit duruma

ulaştığı zaman renk değişimi gözlenir. Şekil 3.17’de verilen renk diyagramına göre oluşan mafsallar FEMA 356’ya göre bize binanın performansı hakkında bilgi verir. Oluşabilecek 7 durum şöyle açıklanabilir:



Şekil 3.17. FEMA 356’ya göre plastik mafsallara renk diyagramı

B: Akmanın meydana geldiği nokta

IO: Hemen kullanım durumu

LS: Can güvenliği durumu

CP: Yapı stabilite durumu

C: Nihai kapasite durumu

D: Göçme öncesi durum

E: Göçmenin meydana geldiği nokta

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. EDY ve MBY ile Yapılan Analizlerin Karşılaştırılması

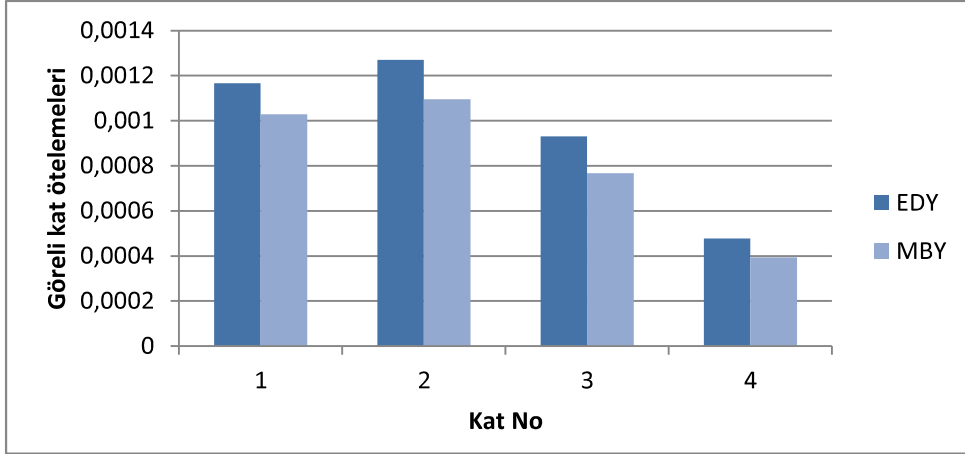
Binaların belirlenen deprem doğrultusunda iki kat arasındaki görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır. EDY ve MBY yöntemleri ile analizleri yapılan 4 katlı betonarme binalarının analiz sonuçlarına göre etkin görelî kat ötelemeleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3'te EDY yöntemiyle deprem hesabı yapılan binanın X ve Y yönlerindeki etkin görelî kat ötelemeleri bulunmuştur. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4'te ise MBY ile deprem hesabı yapılan binanın X ve Y yönlerindeki etkin görelî kat ötelemeleri bulunmuştur. κ değeri betonarme bina olduğu için 1 alınmıştır.

Çizelge 4.1. EDY hesabına göre X yönü etkin görelî kat ötelemesi

Kat No	$h_i(m)$	$u_{(i)}$	Δ	R	I	λ	$\delta=\Delta (R/I)$	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
4	3	0.003497	0.000414	8	1	0.433	0.003312	0.000478	0.008	✓
3	3	0.003083	0.000805	8	1	0.433	0.00644	0.00093	0.008	✓
2	3	0.002278	0.0011	8	1	0.433	0.0088	0.00127	0.008	✓
1	3.5	0.001178	0.001178	8	1	0.433	0.009424	0.001166	0.008	✓

Çizelge 4.2. MBY hesabına göre X yönü etkin görelî kat ötelemesi

Kat No	$h_i(m)$	$u_{(i)}$	Δ	R	I	λ	$\delta=\Delta (R/I)$	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
4	3	0.002995	0.000341	8	1	0.433	0.002728	0.000394	0.008	✓
3	3	0.002654	0.000665	8	1	0.433	0.00532	0.000768	0.008	✓
2	3	0.001989	0.000949	8	1	0.433	0.007592	0.001096	0.008	✓
1	3.5	0.00104	0.00104	8	1	0.433	0.00832	0.001029	0.008	✓



Şekil 4.1. EDY ve MBY hesabına göre X yönü etkin görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması

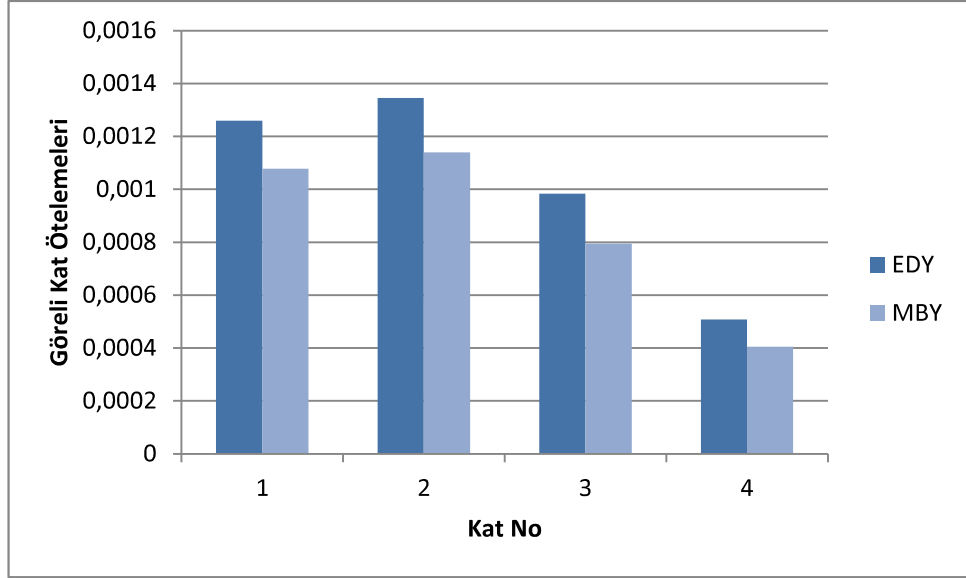
Şekil 4.1’de yapılan karşılaştırmaya göre, X yönünde maksimum etkin görelî kat ötelemeleri her iki yöntemle göre 2. katta meydana gelmiştir. Yapılan analizler sonucunda EDY yöntemi ile hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri, MBY ile hesaplanan ötelemelere göre daha büyük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. EDY hesabına göre Y yönü etkin görelî kat ötelemesi

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	λ	$\delta=\Delta (R/I)$	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
4	3	0.003728	0.00133	8	1	0.433	0.00352	0.000508	0.008	√
3	3	0.003288	0.001604	8	1	0.433	0.006808	0.000983	0.008	√
2	3	0.002437	0.001753	8	1	0.433	0.00932	0.001345	0.008	√
1	3.5	0.001272	0.001109	8	1	0.433	0.010176	0.001259	0.008	√

Çizelge 4.4. MBY hesabına göre Y yönü etkin görelî kat ötelemesi

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	λ	$\delta=\Delta(R/I)$	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
4	3	0.003115	0.000351	8	1	0.433	0.002808	0.000405	0.008	√
3	3	0.002764	0.000688	8	1	0.433	0.005504	0.000794	0.008	√
2	3	0.002076	0.000987	8	1	0.433	0.007896	0.00114	0.008	√
1	3.5	0.001089	0.001089	8	1	0.433	0.008712	0.001078	0.008	√



Şekil 4.2. EDY ve MBY hesabına göre Y yönü etkin görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Şekil 4.2’ de yapılan karşılaştırmaya göre, Y yönünde maksimum etkin görel kat ötelemeleri her iki yönüme göre X yönünde de olduğu gibi 2. katta meydana gelmiştir. Yapılan analizler sonucunda EDY yöntemi ile hesaplanan etkin görel kat ötelemeleri, MBY ile hesaplanan ötelemelere göre daha büyük değerler elde edilmiştir. Hesabı yapılan binanın kat sayısı fazla olmadığı için EDY ile yapılan hesabın yeterli olduğu görülmektedir.

4.2. K0. K1. K1.5 ve K2 Binalarının Spektrum Analizleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

Biri konsolsuz diğer üçü farklı konsol boylarına sahip 4 binanın Mod Birleştirme Yöntemi olan Spektrum Analizi ile analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda her bir bina için elde edilen doğal titreşim periyot değerleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.5’te yapılan karşılaştırmaya göre X yönü için K0 binasının doğal periyot değerine göre K1’de % 4.92, K1.5’de % 5.09, K2’de ise % 34 daha büyük periyot değerleri elde edilmiştir. Y yönü için K0 binasının doğal periyot değerine göre K1’de % 4.1, K1.5’te % 5.08, K2’de ise % 33 daha büyük periyot değerleri elde edilmiştir. Bu durum konsollardan dolayı bina ağırlığındaki değişimle uyumludur. Ancak konsolların asıl kritik olduğu durum düşey deprem etkisi ile görülebilmektedir.

Çizelge 4.5. K0, K1, K1.5 ve K2 binalarının doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması

	Mode	K0	K1	K1.5	K2
MODAL	1	0.968445	1.012148	1.017739	1.302181
MODAL	2	0.953391	0.992562	1.001874	1.277449
MODAL	3	0.893796	0.929647	0.934617	1.187731
MODAL	4	0.677162	0.713159	0.719985	0.809771
MODAL	5	0.676284	0.691061	0.69455	0.794019
MODAL	6	0.529044	0.54328	0.546058	0.592407
MODAL	7	0.445963	0.454839	0.457335	0.486196
MODAL	8	0.400564	0.418205	0.422364	0.448168
MODAL	9	0.381394	0.392836	0.396447	0.439749
MODAL	10	0.344662	0.354623	0.357692	0.4392
MODAL	11	0.306656	0.321941	0.328862	0.416964
MODAL	12	0.296856	0.320231	0.324937	0.413724

-K0, K1, K1.5 ve K2 binalarının etkin görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Spektrum analizi yapılan K0 binasında X ve Y yönlerinde meydana gelen etkin görelî kat ötelemeleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de hesaplanmıştır. Bu binalarda kullanılan λ değeri DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeyleri dikkate alınarak 0.429 olarak bulunmuştur. Hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri sınır değeri kontrolünü sağlamıştır.

Çizelge 4.6. K0 binasının X yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	$h_i(m)$	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta (R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
5	3	0.00582838	0.000742	8	1	0.005936	0.429	0.000849	0.008	√
4	3	0.00508638	0.001144	8	1	0.009152	0.429	0.001309	0.008	√
3	3	0.00394238	0.00139225	8	1	0.011138	0.429	0.001593	0.008	√
2	3	0.00255013	0.00154025	8	1	0.012322	0.429	0.001762	0.008	√
1	3	0.00100988	0.001009875	8	1	0.008079	0.429	0.001155	0.008	√

Çizelge 4.7. K0 binasının Y yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	$h_i(m)$	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta(R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
5	3	0.006327	0.000840375	8	1	0.006723	0.429	0.000961	0.008	√
4	3	0.005487	0.0012465	8	1	0.009972	0.429	0.001426	0.008	√
3	3	0.004241	0.00152575	8	1	0.012206	0.429	0.001745	0.008	√
2	3	0.002715	0.001666625	8	1	0.013333	0.429	0.001907	0.008	√
1	3	0.001048	0.001048625	8	1	0.008389	0.429	0.0012	0.008	√

Spektrum analizi yapılan K1 binasında X ve Y yönlerinde meydana gelen görelî kat ötelemeleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri sınır değeri kontrolünü sağlamıştır.

Çizelge 4.8. K1 binasının X yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta (R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008κ	
5	3	0.006817	0.000909	8	1	0.007271	0.429	0.00104	0.008	√
4	3	0.005908	0.001363	8	1	0.010905	0.429	0.001559	0.008	√
3	3	0.004545	0.001577	8	1	0.012619	0.429	0.001805	0.008	√
2	3	0.002967	0.001752	8	1	0.014014	0.429	0.002004	0.008	√
1	3	0.001215	0.001215	8	1	0.009723	0.429	0.00139	0.008	√

Çizelge 4.9. K1 binasının Y yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta(R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008κ	
5	3	0.006643	0.000897	8	1	0.007172	0.429	0.001026	0.008	√
4	3	0.005747	0.001314	8	1	0.010508	0.429	0.001503	0.008	√
3	3	0.004433	0.001595	8	1	0.012758	0.429	0.001824	0.008	√
2	3	0.002839	0.001741	8	1	0.013927	0.429	0.001992	0.008	√
1	3	0.001098	0.001098	8	1	0.008781	0.429	0.001256	0.008	√

Spektrum analizi yapılan K1.5 binasında X ve Y yönlerinde meydana gelen görelî kat ötelemeleri Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri sınır değeri kontrolünü sağlamıştır.

Çizelge 4.10. K1.5 binasının X yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta (R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008κ	
5	3	0.007146	0.000967	8	1	0.007736	0.429	0.001106	0.008	√
4	3	0.006179	0.001435	8	1	0.011482	0.429	0.001642	0.008	√
3	3	0.004743	0.001645	8	1	0.013159	0.429	0.001882	0.008	√
2	3	0.003099	0.001826	8	1	0.014605	0.429	0.002089	0.008	√
1	3	0.001273	0.001273	8	1	0.010183	0.429	0.001456	0.008	√

Çizelge 4.11. K1.5 binasının Y yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta (R/I)$	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
5	3	0.006686	0.000905	8	1	0.007241	0.429	0.001035	0.008	√
4	3	0.005781	0.001322	8	1	0.010576	0.429	0.001512	0.008	√
3	3	0.004459	0.001604	8	1	0.012834	0.429	0.001835	0.008	√
2	3	0.002855	0.001751	8	1	0.014009	0.429	0.002003	0.008	√
1	3	0.001103	0.001103	8	1	0.008827	0.429	0.001262	0.008	√

Spektrum analizi yapılan K2 binasında X ve Y yönlerinde meydana gelen etkin görelî kat ötelemeleri Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri sınır değeri kontrolünü sağlamıştır.

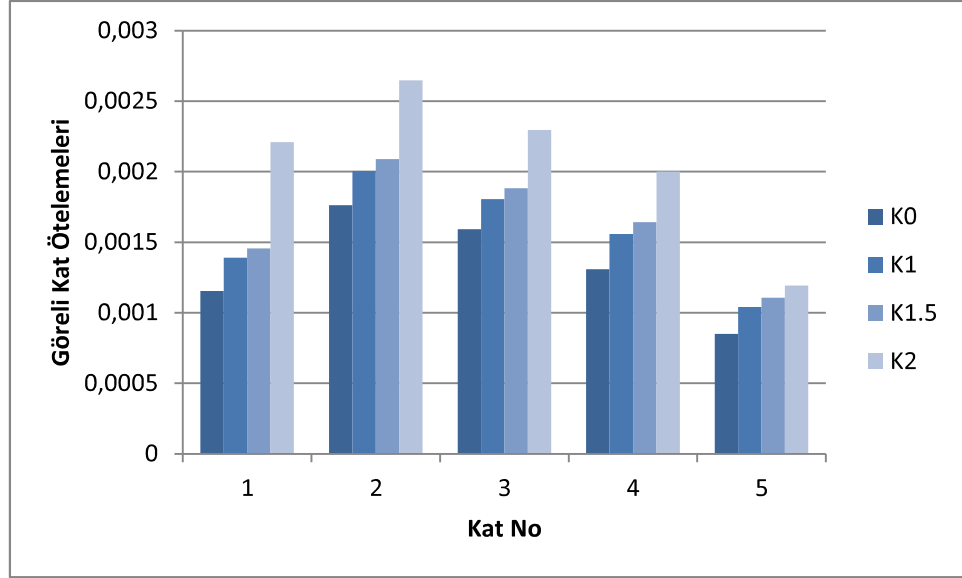
Çizelge 4.12. K2 binasının X yönü etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta$ (R/I)	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
5	3	0.009043	0.001042	8	1	0.008339	0.429	0.001192	0.008	✓
4	3	0.008001	0.001749	8	1	0.013995	0.429	0.002001	0.008	✓
3	3	0.006251	0.002006	8	1	0.016048	0.429	0.002295	0.008	✓
2	3	0.004245	0.002315	8	1	0.018519	0.429	0.002648	0.008	✓
1	3	0.001930	0.001931	8	1	0.015446	0.429	0.002209	0.008	✓

Çizelge 4.13. K2 binasının Y yönü etkin görelî kat ötelemeleri

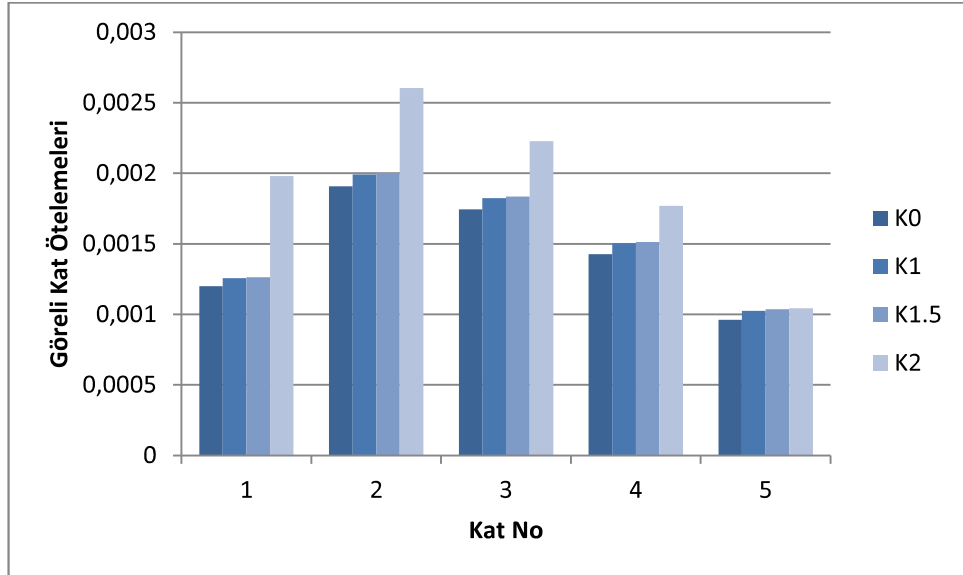
Kat No	h_i (m)	$u_{(i)}$	Δ	R	I	$\delta=\Delta$ (R/I)	λ	$(\lambda \delta)/h$	0.008 κ	
5	3	0.008413	0.000912	8	1	0.007297	0.429	0.001043	0.008	✓
4	3	0.007501	0.001547	8	1	0.012379	0.429	0.00177	0.008	✓
3	3	0.005954	0.001948	8	1	0.015583	0.429	0.002228	0.008	✓
2	3	0.004006	0.002276	8	1	0.018208	0.429	0.002604	0.008	✓
1	3	0.00173	0.00173	8	1	0.013839	0.429	0.001979	0.008	✓

K0, K1, K1.5 ve K2 binalarında X ve Y yönlerinde hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.3. K0, K1, K1.5 ve K2 binalarının X yönü etkin görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Şekil 4.3'e göre X yönünde K2 binasında meydana gelen etkin görel kat ötelemesi diğer binalara göre daha fazladır. Meydana gelen etkin görel kat ötelemelerinin büyüklüğü açısından K2 binasını sırasıyla K1.5, K1 ve K0 binaları izlemektedir. Şekilde de görüldüğü gibi maksimum etkin görel kat ötelemesi 4 binada da 2. katta meydana gelmiştir.



Şekil 4.4. K0, K1, K1.5 ve K2 binalarının Y yönü etkin görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

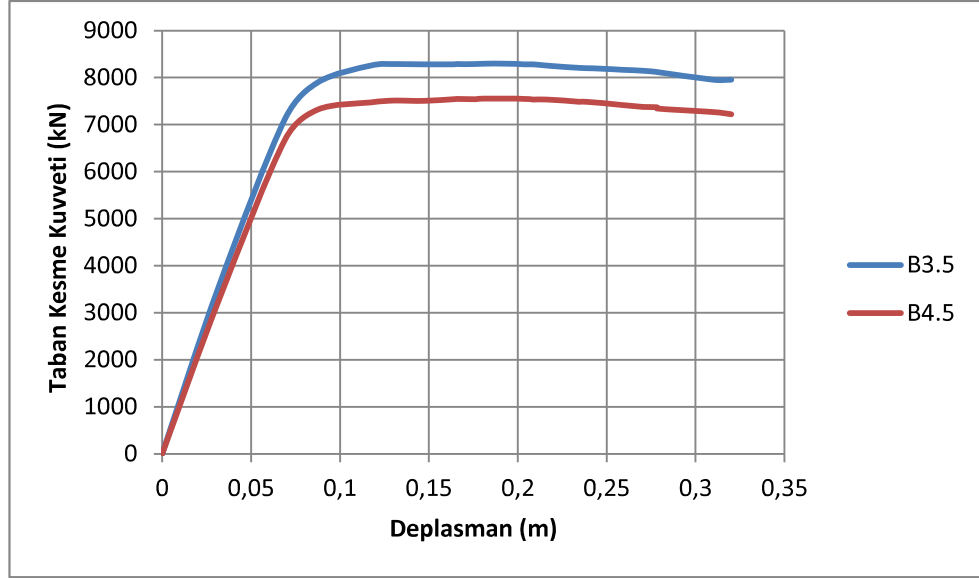
Şekil 4.4'e göre Y yönünde K2 binasında meydana gelen etkin görelî kat ötelemesi diğêr binalara göre daha fazladır. Y yönü için K1 ve K1.5 binalarında meydana gelen etkin görelî kat ötelemelerinin değêrleri ise birbirine oldukça yakındır. Şekle göre K0 binası baz alınırsa konsol boyu arttıkça meydana gelen öteleme miktarı da artmaktadır. Maksimum etkin görelî kat ötelemesi 4 binada da 2. katta meydana gelmiştir. Kat sayısının artması ve konsolların daha düzensiz olduğu binalarda bu değışimlerin farkları daha bariz olarak görülebilir.

4.3. B3.5 ve B4.5 Binalarının Statik İtme Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

B3.5 ve B4.5 binalarının statik itme analizi ile analizleri yapılmıştır. Her iki analiz sonucunda hesaplanan doğal titreşim periyotları Çizelge 4.14'te karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre X yönünde zemin katlardaki 1 metrelik farktan dolayı B4.5 binasının periyot değêrinde, B3.5 binasına göre % 8.09 daha büyük değêr elde edilmiştir. Y yönünde ise B4.5 binasının periyot değêrinde, B3.5 binasına göre % 8.56 daha büyük bir değêr elde edilmiştir.

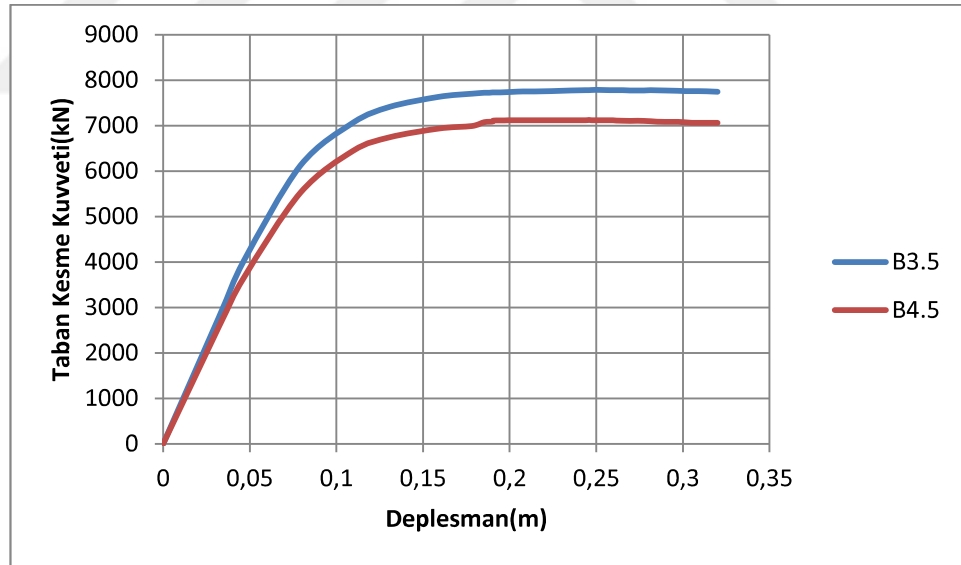
Çizelge 4.14. B3.5 ve B4.5 binalarının periyotlarının karşılaştırılması

	Mode	B3.5	B4.5
MODAL	1	1.262583	1.364782
MODAL	2	1.234904	1.340615
MODAL	3	1.14724	1.240215
MODAL	4	0.406401	0.438127
MODAL	5	0.40052	0.432558
MODAL	6	0.370485	0.399094
MODAL	7	0.229126	0.244822
MODAL	8	0.228992	0.244486
MODAL	9	0.210363	0.224588
MODAL	10	0.15577	0.16432
MODAL	11	0.154025	0.162624
MODAL	12	0.142001	0.149887



Şekil 4.5. B3.5 ve B4.5 binalarının X yönü itme eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.5'e göre X yönünde tepe deplasmanına karşı gelen B3.5 binasının taban kesme kuvveti 8297.234 kN, B4.5 binasının taban kesme kuvveti 7554.805 kN'dir. B3.5 binası % 9.8 daha fazla taban kesme kuvvetini karşılamıştır.

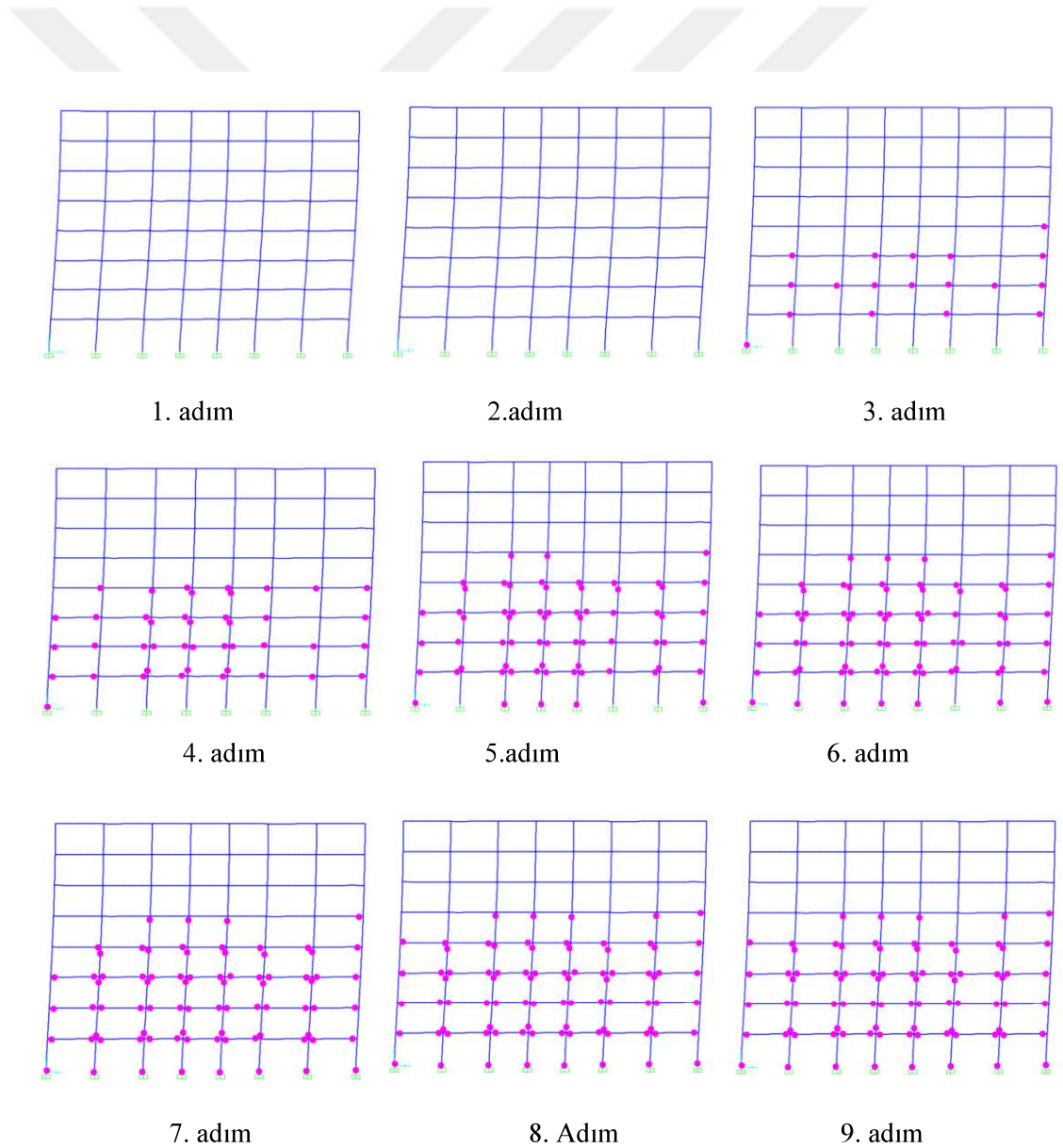


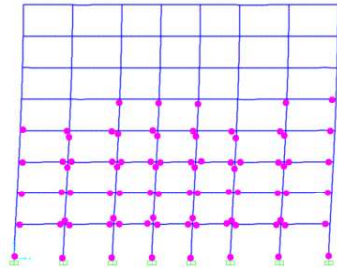
Şekil 4.6. B3.5 ve B4.5 binalarının Y yönü itme eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.6'ya göre Y yönünde tepe deplasmanına karşı gelen B3.5 binasının taban kesme kuvveti 7782.248 kN, B4.5 binasının taban kesme kuvveti 7116.499 kN'dir. B3.5 binası % 9.3 daha fazla taban kesme kuvvetini karşılamıştır.

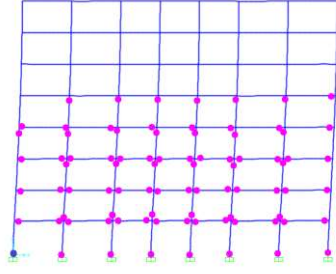
-B3.5 Binasının X Yönünde Plastik Mafsall Oluşum Sıralaması

Statik itme analizi sonucunda B3.5 binasının X yönünde meydana gelen plastik mafsall adımları Şekil 4.7’de gösterilmiştir. İlk iki adımda plastik mafsall oluşmadığı, plastik mafsalların 3. adımda oluşmaya başladığı, ilk dört katta ve biri hariç diğerlerinin kiriş uçlarında oluştuğu görülmüştür. Bu durum, kolonların kirişlerden güçlü olması ilkesine uygun olduğu görülmüştür. Sonraki adımlarda da benzer durum gözlenmektedir. Aksi olması durumunda kesitlerin değiştirilmesi uygun olacaktır. Toplamda son adımda oluşan mafsalların %57’si kirişlerde; %43’ü kolonlarda oluşmuştur. Kirişte oluşan mafsalların % 16’sı (pembe) akmanın meydana geldiği noktada, %41’i (mavi) hemen kullanım durumundadır. Kolonlarda oluşan mafsalların %27’si akmanın meydana geldiği noktada, %16’sı hemen kullanım durumundadır (Şekil 3.17).

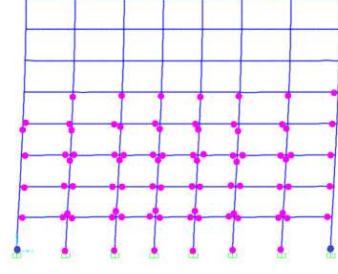




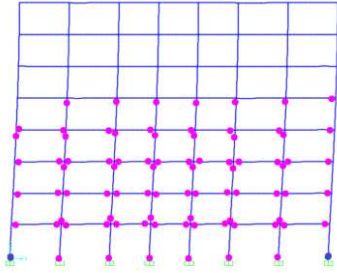
10. adım



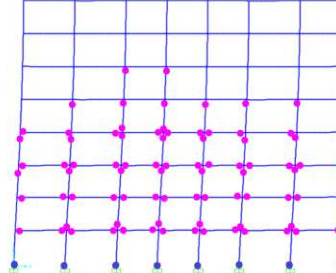
11. adım



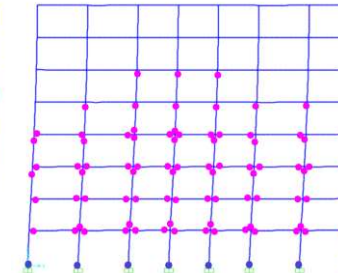
12. Adım



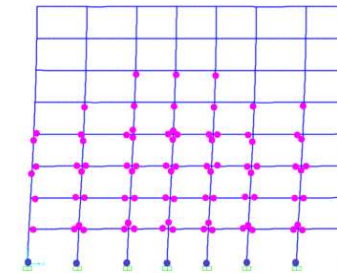
13. adım



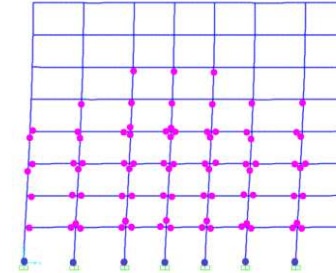
14. adım



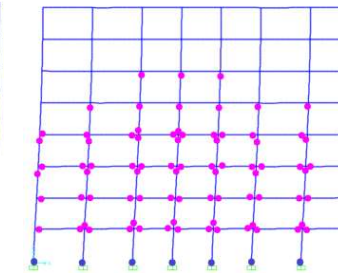
15. adım



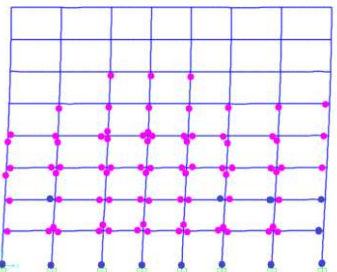
16. adım



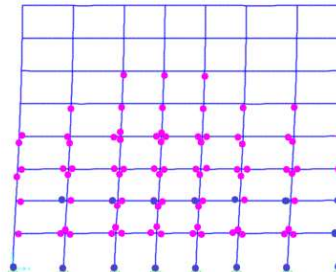
17.adım



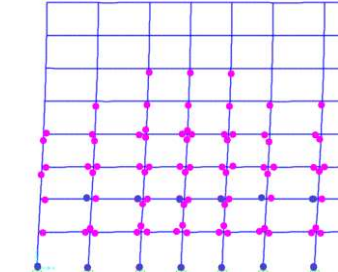
18. adım



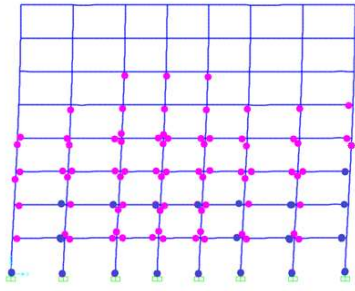
19. adım



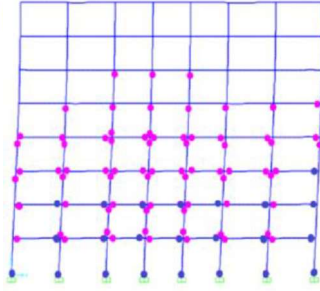
20. adım



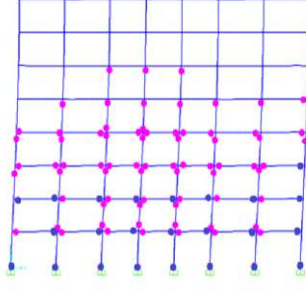
21. Adım



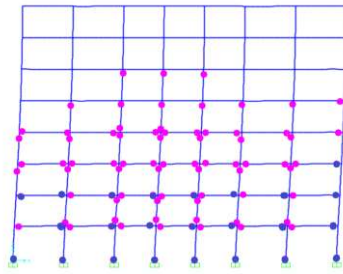
22. adım



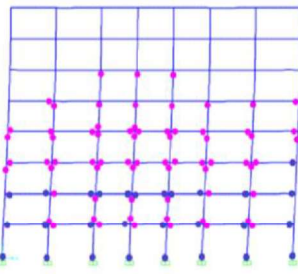
23. adım



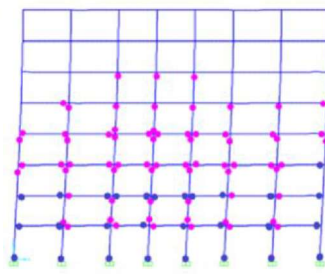
24. adım



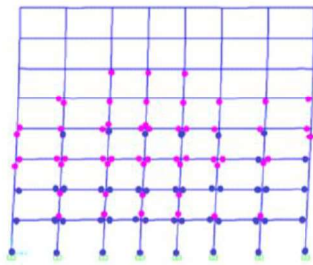
25. adım



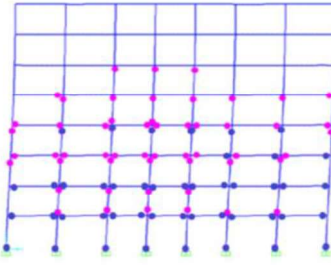
26. adım



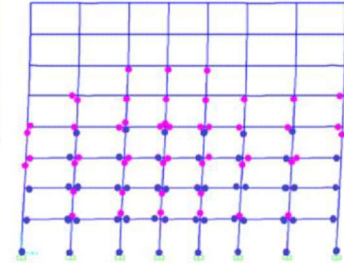
27. adım



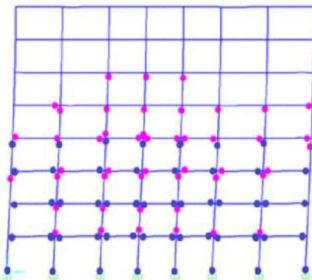
28. adım



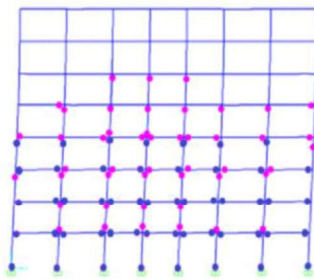
29. adım



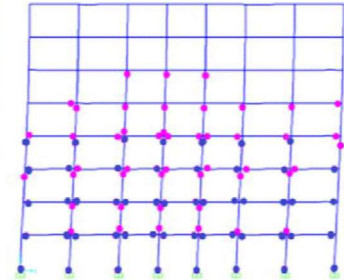
30. adım



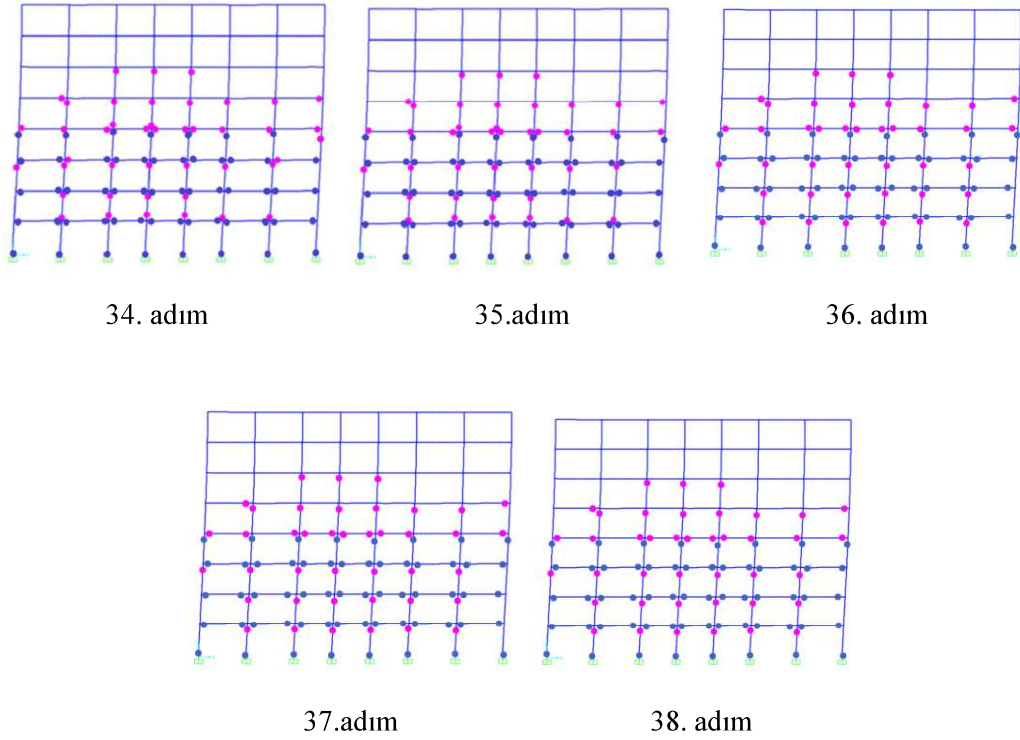
31. adım



32. adım



33. Adım

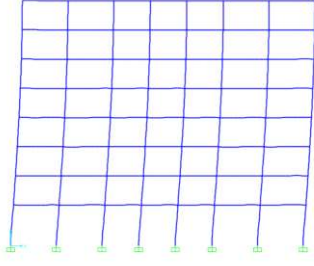


Şekil 4.7. B3.5 binasının X yönü mafsall oluşum adımları

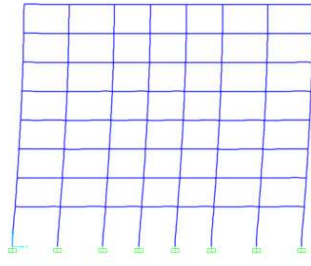
-B4.5 Binasının X Yönü Mafsall Oluşumları

B4.5 binasının X yönünde meydana gelen plastik mafsallar adım sırasına göre Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Toplamda son adımda oluşan mafsalların % 59.2'si kirişlerde; %39.8'si kolonlarda oluşmuştur. Kirişte oluşan mafsalların% 26'sı akmanın meydana geldiği noktada, %32'si hemen kullanım durumunda, %1.2'si (sarı) nihai kapasite durumundadır. Kolonlarda oluşan mafsalların ise %21'i akmanın meydana geldiği noktada, %18.8'i hemen kullanım durumundadır (Şekil 3.17).

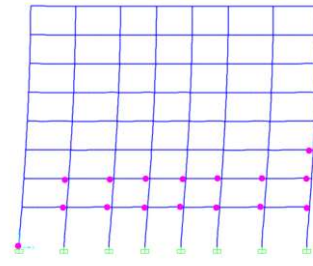
İlk iki adımda B3.5 binasında olduğu gibi plastik mafsall oluşmadığı, plastik mafsalların 3. adımda oluşmaya başladığı görülmüştür. Oluşan ilk mafsallara bakıldığında ilk dört katta oluştuğu ve biri hariç diğerlerinin kiriş uçlarında olduğu görülmüştür. Bu durum, kolonların kirişlerden güçlü olması ilkesine uygundur.



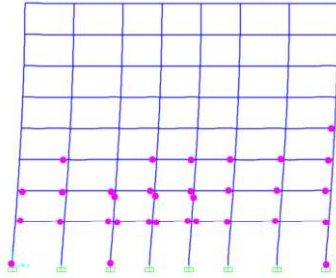
1.adım



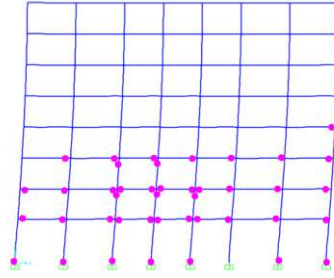
2.adım



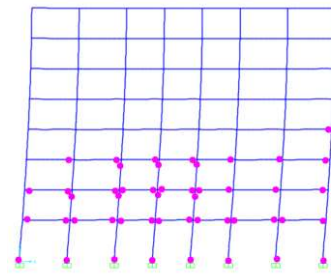
3.adım



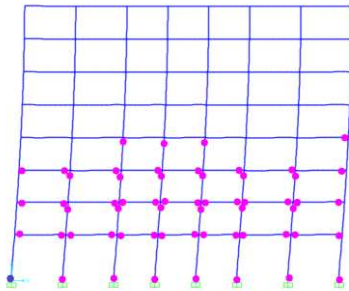
4.adım



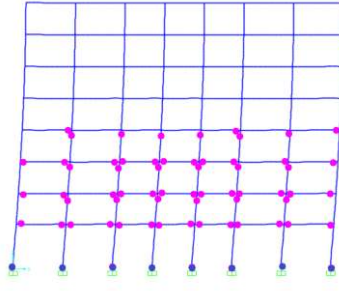
5. adım



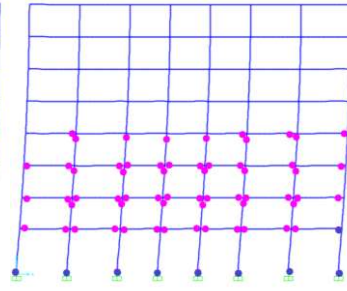
6.adım



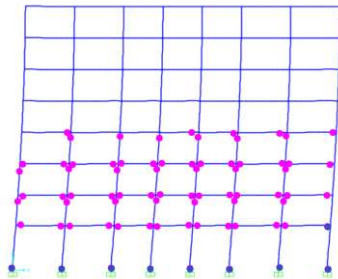
7.adım



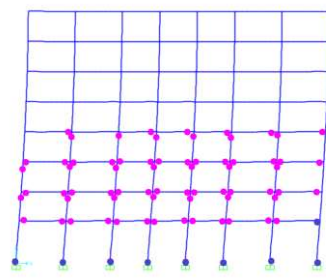
8.adım



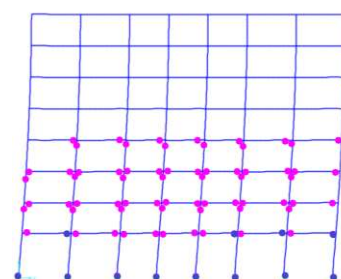
9.adım



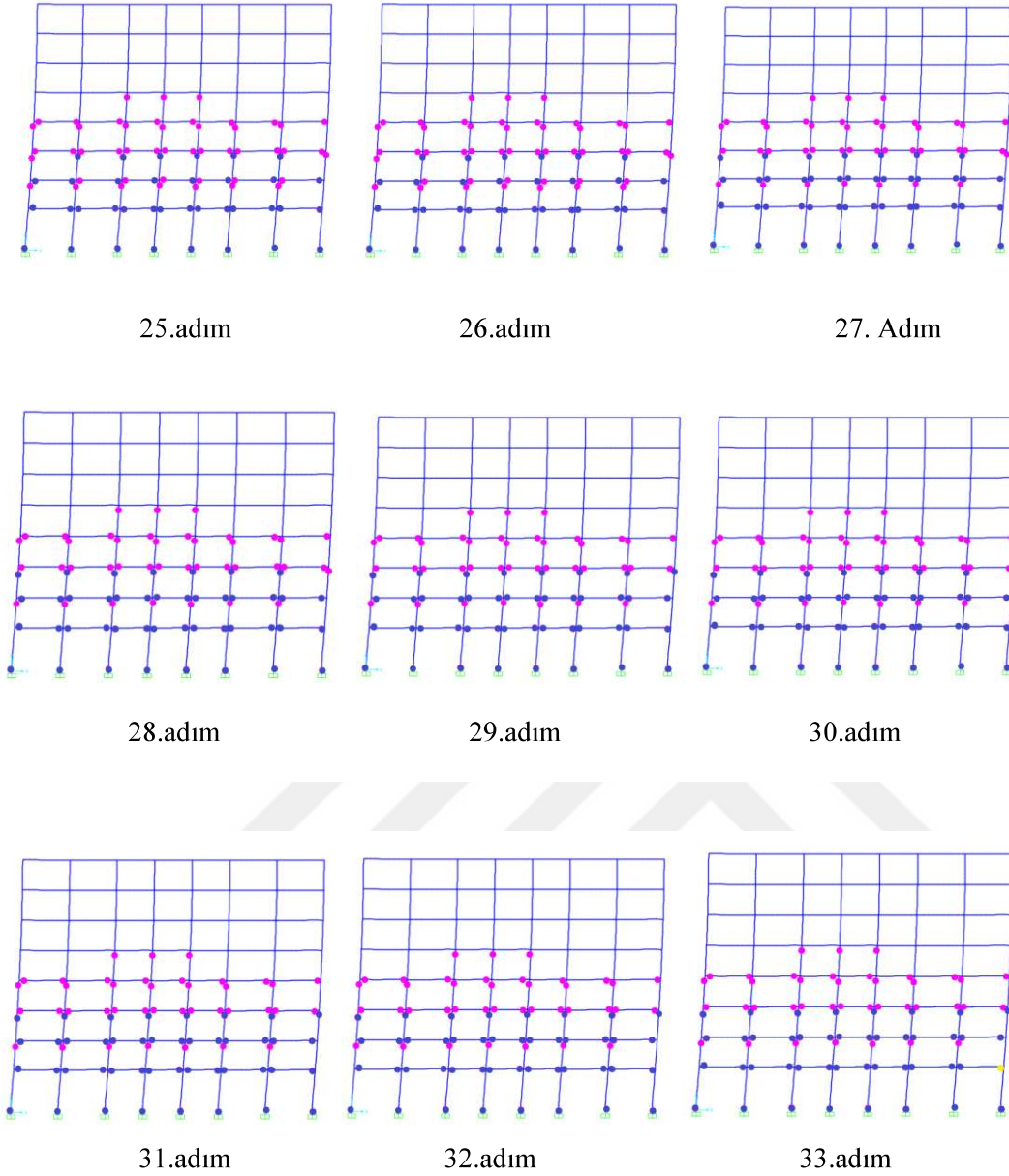
10. adım



11.adım



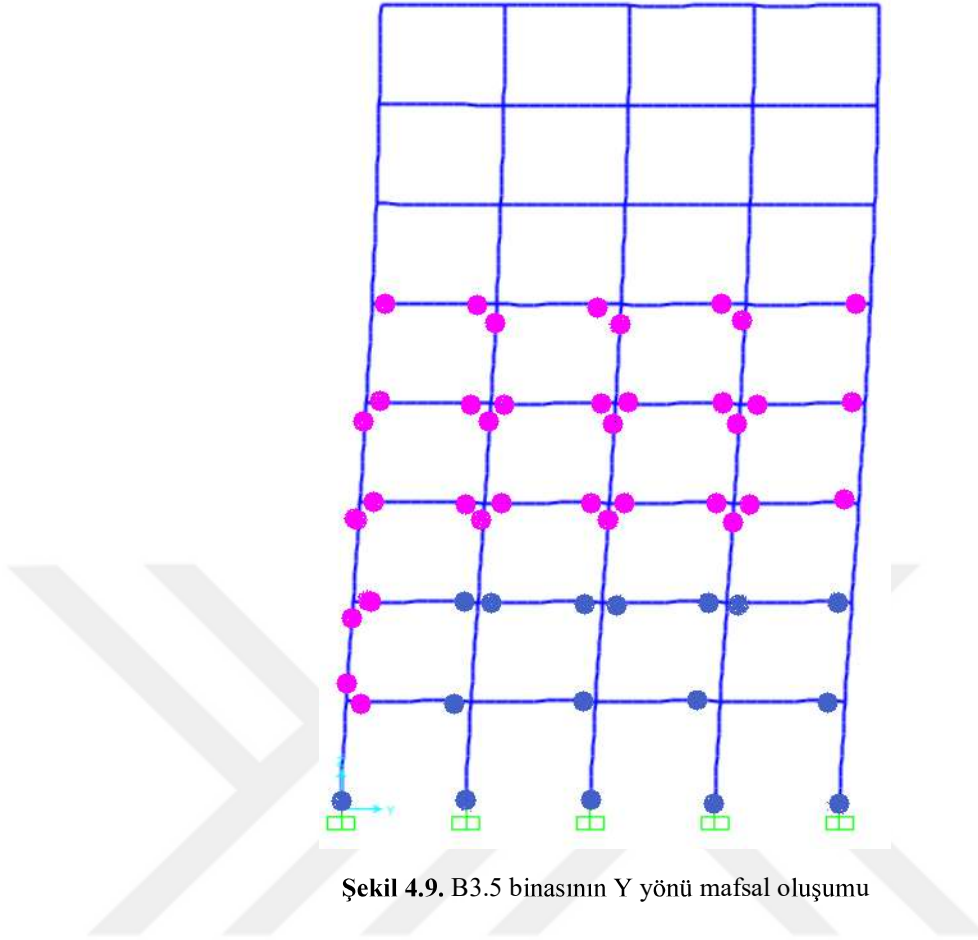
12. adım



Şekil 4.8. B4.5 binasının X yönü mafsal oluşum adımları

-B3.5 Binasının Y Yönünde Plastik Mafsal Oluşumu

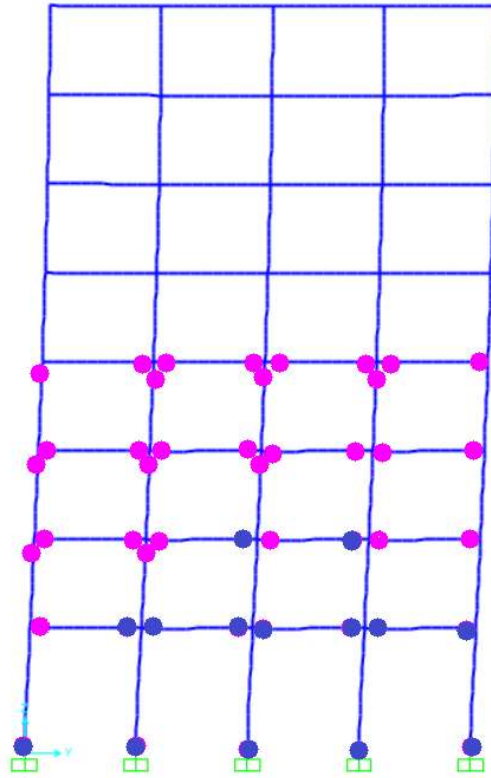
B3.5 binasının Y yönünde meydana gelen plastik mafsallar Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Kirişte oluşan mafsalların %44'ü akmanın meydana geldiği noktada, %21'i hemen kullanım durumundadır. Kolonlarda oluşan mafsalların ise %25'i ise akmanın meydana geldiği noktada, %10'u hemen kullanım durumundadır (Şekil 3.17).



Şekil 4.9. B3.5 binasının Y yönü mafsall oluşumu

-B4.5 Binasının Y Yönünde Plastik Mafsall Oluşum Sıralaması

B4.5 binasının Y yönünde meydana gelen plastik mafsallar Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Kirişte oluşan mafsalların %49'u akmanın meydana geldiği noktada, %20'si hemen kullanım durumundadır. Kolonlarda oluşan mafsalların ise %20'si akmanın meydana geldiği noktada, %11'i hemen kullanım durumundadır (Şekil 3.17).

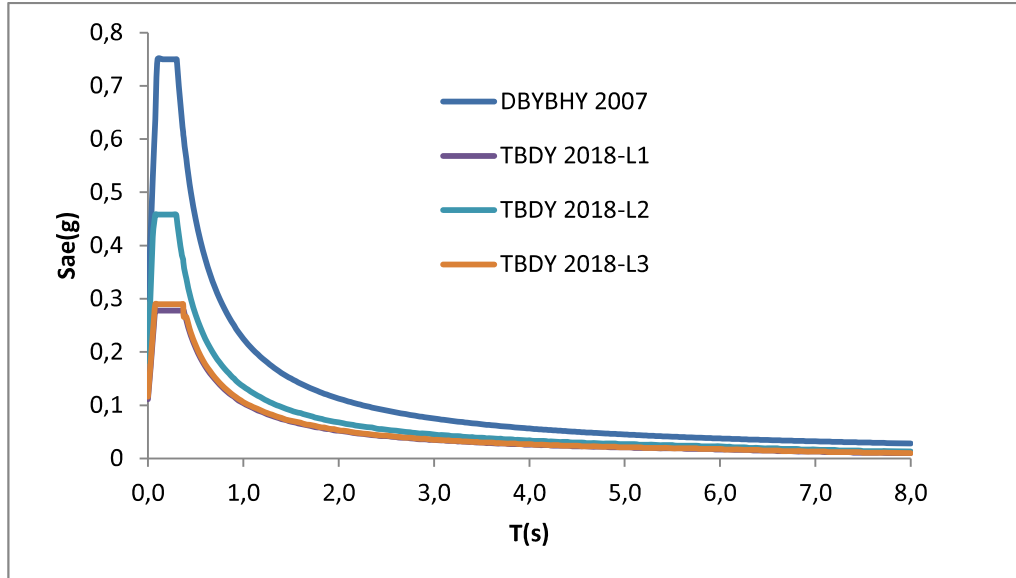


Şekil 4.10. B4.5 binasının Y yönü mafsallı oluşumu

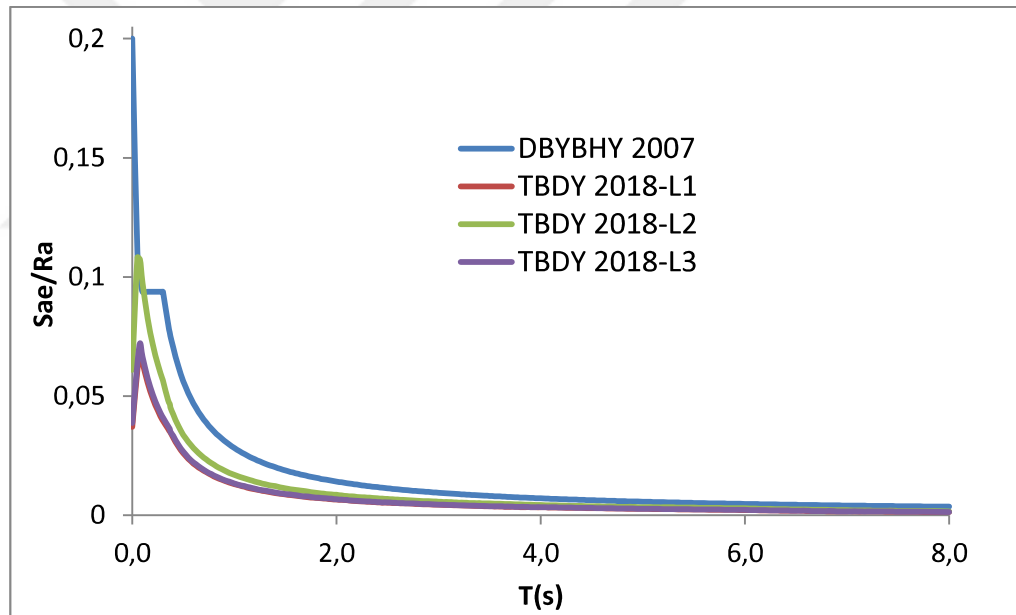
4.4. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre Tasarım Spektrumlarının

Karşılaştırılması

Diyarbakır Merkez, DBYBHY 2007'e göre 2. deprem bölgesinde yer almaktadır. DBYBHY 2007'de deprem bölgeleri kavramı göz önüne alındığı için bu çalışmada deprem hesapları yapılan binaların DBYBHY 2007'e göre elastik tasarım spektrumları tek bir spektrum grafiği olarak gösterilmiştir. TBDY 2018'e göre deprem hesapları yapılan 4, 5 ve 8 katlı binaların bulunduğu lokasyonlarda, DD-2 deprem düzeyi ve ZB zemin sınıfına karşı gelen 3 adet yatay elastik tasarım spektrum eğrileri çizilmiştir (Şekil 4.11). Burada; 4, 5 ve 8 katlı binaların bulunduğu lokasyonlar, sırasıyla, L1, L2 ve L3 şeklinde gösterilmiştir. TBDY 2018'e göre 3 ayrı lokasyonun elastik ve azaltılmış spektrum grafikleri ile DBYBHY 2007'ye göre 2. Deprem bölgesine ait elastik ve azaltılmış spektrum grafikleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.12). Bu karşılaştırma sonucunda; DBYBHY 2007 bir bölge için spektrum tanımlarken, TBDY 2018'in lokasyon bazında spektrum tanımladığı ve aralarında kayda değer farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu açıdan, TBDY 2018 ile getirilen uygulama, lokasyona göre değişebilen ve güncellenebilir spektrum grafiklerine olanak sağladığı görülmektedir. Aynı durum azaltılmış spektrum grafikleri için de geçerlidir.



Şekil 4.11. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre yatay elastik tasarım spektrumların karşılaştırılması



Şekil 4.12. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre azaltılmış tasarım spektrumların karşılaştırılması



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, öncelikle TBDY 2018’de yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri için gerekli olan esaslar incelenmiştir. TBDY 2018’de deprem performansı, DBYBHY 2007’den farklı olarak yeni yapılacak binalar için de verilmiştir. Çalışmada, SAP2000 yapısal analiz programı kullanılmış olup hem doğrusal yöntemler hem de doğrusal olmayan yöntemlerle analizler yapılmıştır.

TBDY 2018 esasları dikkate alınarak 4 katlı betonarme bir binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analizi) ile analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre her iki yöntemden elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri sınır değerin altında kalmıştır. İki yöntem arasında yapılan karşılaştırmada ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan etkin görelî kat ötelemelerinde Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan ötelemelere göre daha büyük değerler elde edilmiştir. En büyük etkin görelî kat ötelemesi ise her iki yöntem için 2. katta meydana gelmiştir. 2. katta meydana gelen etkin görelî kat ötelemelerinin diğer katlara göre daha fazla olmasının sebebi kat yüksekliğinin değişimden kaynaklanmaktadır. Az katlı bina örneğinde geçerli olabilecek bu sonuçlar, kat sayısının fazla olması durumlarında sonuçların farklılaşması olağandır.

Sayısal incelemelerin ikinci kısmında, 5 katlı biri konsolsuz diğer üçü farklı konsol boylarına sahip K0, K1, K1.5 ve K2 binalarının spektrum analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen periyot değerleri karşılaştırılmıştır. X yönü için K0 binasının doğal periyot değerine göre K1’de % 4.92, K1.5’de % 5.09, K2’de ise % 34 daha büyük periyot değerleri elde edilmiştir. Y yönü için K0 binasının doğal periyot değerine göre K1’de % 4.1, K1.5’de % 5.08, K2’de ise % 33 daha büyük periyot değerleri elde edilmiştir. Binanın konsollu olmasının ve konsol boyunun büyük olmasının periyot değerlerini arttırdığı gözlenmiştir.

Spektrum analizleri sonucunda, 4 binanın etkin görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler sınır değerin altında kalmıştır. 4 bina için yapılan karşılaştırmada büyüklüğü açısından X ve Y doğrultularında K2 binasında meydana gelen etkin görelî kat ötelemeleri daha fazladır. K2 binasını etkin görelî kat ötelemesi bakımından sırasıyla K1.5, K1 ve K0 binaları izlemektedir. Konsol boyunun artması etkin görelî kat ötelemesi değerini büyötmüştür.

Sayısal incelemelerin üçüncü kısmında, 3.5 m ve 4.5 m zemin kat yüksekliklerine sahip 8 katlı iki betonarme binanın Statik İtme Analizi kullanılarak deprem hesapları yapılmıştır. Her iki binanın analizi sonucunda elde edilen doğal titreşim periyotları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre X yönünde B4.5 binası, B3.5 binasına göre periyot değeri % 8.09 daha

büyük değere sahiptir. Y yönünde ise B4.5 binası, B3.5 binasına göre periyot değeri % 8.56 daha büyük değere sahiptir. Zemin kat yüksekliklerinin fazla olması, periyot değerini artırmıştır. Böylesi durumlar için sistem rijitliğini artıracak önlemler alınmalıdır.

Statik itme analizi sonucunda, B3.5 ve B4.5 binalarının itme eğrileri, plastik mafsallı oluşum düzenleri ve taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Plastik mafsalların oluşum sırasına göre taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özellikleri düzenlenebilmektedir. Yönetmelikte öngörülen kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu, kolonlardan önce kirişlerde plastik mafsallı oluşacak şekilde kesit tasarımı ile mümkün olabilmektedir. Bu tez çalışması ile kuvvetli kolon yeterli kiriş (zayıf kiriş yerine bu tanımlama yapılmıştır) tasarımı için plastik mafsallı düzeninin etkili olduğu gösterilmiştir. X yönünde B3.5 binası B4.5 binasına göre % 9.8 daha fazla taban kesme kuvvetini karşılamıştır. Y yönünde ise B3.5 binası B4.5 binasına göre % 9.3 daha fazla taban kesme kuvvetini karşılamıştır.

Plastik mafsalların oluşum düzeni bakımından incelendiğinde, iki binada da; X ve Y yönlerinde ilk iki adımda plastik mafsallı oluşmadığı, plastik mafsalların 3. adımda oluşmaya başladığı görülmüştür. Plastik mafsallar X yönünde iki binada da ilk dört katta ve biri hariç diğerlerinin kiriş uçlarında olduğu görülmüştür. Y yönünde ise plastik mafsallı oluşumu incelendiğinde, kolonda 5. adımda oluşmaya başlamıştır. Bu durum, kolonların kirişlerden güçlü olması ilkesine uygundur. Aksi olması durumunda kesitlerin değiştirilmesi önerilmektedir.

Kat sayıları ve kat yükseklikleri gibi geometrisi farklı binaların doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılarak daha çarpıcı sonuçlar elde edilebilir. Statik itme analizi için de plastik mafsallı özelliklerinin manuel olarak değiştirilmesi önerilmektedir.

Çalışmada ele alınan binaların bulundukları konumlar dikkate alınarak TBDY 2018'e göre 3 ayrı lokasyonun elastik ve azaltılmış spektrum grafikleri ile DBYBHY 2007'ye göre 2. deprem bölgesine ait elastik ve azaltılmış spektrum grafikleri karşılaştırılmıştır. Buna göre; DBYBHY 2007 bir bölge için spektrum tanımlarken, TBDY 2018'in lokasyon bazında spektrum tanımladığı ve aralarında kayda değer farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu açıdan, TBDY 2018 ile getirilen uygulama, lokasyona göre değişebilen ve güncellenebilir spektrum grafiklerine olanak sağladığı görülmektedir. Aynı durum azaltılmış spektrum grafikleri için de geçerlidir.

6. KAYNAKLAR

AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.

Altunışık, A.C., Ateş, Ş. Adanur, S. 2019. İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları. Dynamic Academy Yazılım, 768s, Trabzon.

Amini. R., Yerli. H. 2018. Düzlem Çerçeve Sistemlerin Mod Birleştirme Yöntemi Ve Mathematica Programı Yardımıyla Dinamik Analizi.

Celep, Z. 2014. Yapı Dinamiği. Damga Dağıtım, 477 s, İstanbul.

Celep, Z. 2018. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Beta Basın Yayın Dağıtım A.Ş., 727 s, İstanbul.

Dalyan, İ., Şahin, B. 2019. Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(2): 134-147.

Darılmaz, K. 2019. Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş. Birsan Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 369s, İstanbul.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY), 2007. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.

Dilmaç, H., Ulutaş, H., Tekeli, H., Demir, F. 2018. Türkiye'deki Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansları Üzerine Bir Değerlendirme. *Mehmet Akif Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1): 224-237

Dinçer, F., Mert, N. 2014. Betonarme Okul Binasının TDY 2007'ye Göre Nonlineer Statik Analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 1-9.

Doğan, S. 2019. Farklı Deprem Etkilerine Maruz Kalan Betonarme Yapılar İçin Deprem Yüğü Azaltma Katsayılarının İlişkilerinin Değerlendirilmesi. *Turan-Sam Stratejik Araştırmalar Merkezi*, 11 (43): 353-358.

FEMA 356, 2000. Prestandard and Commentary for the seismic rehabilitation of buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.

Gürbüz, A., Tekin, M. 2017. Farklı Tip Betonarme Binalar İçin Geliştirilmiş Hasar Tahmin Yöntemleri. *İMO Teknik Dergi*, 8051-8076.

- Işıık, E., Özdemir, M. 2017. Normal Kat Yüksekliğinin Farklı Olması Durumunda Yapı Performansının İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (1): 98-106.
- Kıran, F. 2010. Binaların Performans Analizi İçin Kullanılan Doğrusal Ve Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s, Adana.
- Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M.G., Arslan, M.H. 2018. Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY2007'ye Göre Karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Teknik Dergi*, 17(2): 43-58.
- Korkmaz, H.H. 2017. Yapı Sistemlerinde Konsol Çıkmalar ve Burulma Düzensizliği Açısından Deprem Tepkisine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3): 406-416.
- Meral, E., İnel, M., 2016. Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Binaların Yapısal Parametre Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (6): 468-477.
- Meral, E. 2019. Kapalı Çıkmalı Betonarme Binaların Deprem Davranışının Değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 31 (2): 309-318.
- Nemutlu, Ö.F., Sarı, A. 2018. Yeni Türk Deprem Yönetmeliği İle Amerikan Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması. 5.Uluslararası Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı, Ankara.
- Öncü, M.E. 2000. Düzlem Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Analizi Ve Plastik Mafsalları Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 81s.
- Öncü, M.E. 2008. Betonarme Yapıların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 80s.
- Öncü M.E., Şahin Yön, M. 2016. Betonarme Binaların Deprem Davranışlarının Artımsal Dinamik Analiz Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(1): 23-32.
- Öncü, M.E., Pişkin, F., Tekdemir, H., Koçar, Ö. 2019. DBYBH 2007 ve TBDY 2018'de Tanımlanan Tasarım İvme Spektrumlarını Karşılaştırılması. 6. Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 942-949.
- Özer, E. 2009. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.

Özmen, H.B. 2011. Düşük Ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İrdelenmesi. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 281s.

SAP2000 V20.2 Integrated Structural Analysis and Design Software, Computer and Structure Inc., Berkeley, California.

Severcan, M.H., Sinani, B. 2019. Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Performansının Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2): 936-947.

Sucuoğlu, H. 2019. 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(1): 63-75.

Tuncer, Ö. 2008. Betonarme Yapıların Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 276s.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), (2018). Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) (2018). Eğitim Elkitabı Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri Kısım-I: Genel Konular, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, 672, Ankara.

Ulutaş, H. 2019. DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17): 351-359.

Yavaş, M.Ş., Teloğlu, A.N., Celep, Z. 2019. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde Binaların Taşıyıcı Sisteminde Tanımlanan Düşey Deprem Etkisi Üzerine. 5.Uluslararası Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı, Ankara.

Yılmaz, C. 2008. Statik İtme Analiziyle Mevcut Bir Betonarme Yapının Performans Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 98s.



ÖZGEÇMİŞ

Halime TEKDEMİR 1993 yılında Diyarbakır'a bağlı Çermik ilçesinde doğdu. İlk, ortaokul ve lise öğrenimini Çermik'te tamamladı. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne kaydolarak 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı programında yüksek lisans öğrenimine başladı.





DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

ADI VE SOYADI	Halime TEKDEMİR
ÖĞRENCİ NO	17806008
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2019-2020
YARIYIL	☒ Güz ☐ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018'E GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ

RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	83
BENZERLİK ORANI	%23
RAPORLAMA TARİHİ	31/01/ 2020

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 83 sayfalık kısmına ilişkin, 31/01/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 23'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar hariç/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Halime TEKDEMİR

31.01.2020

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ
Tez Danışmanı
31.01.2020

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK
Anabilim Dalı Başkanı
31.01.2020