T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARIN TASARIMINDA GELİŞMELER

Dilan YAŞARER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Temmuz 2019

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Dilan YAŞARER tarafından yapılan "YÜKSEK YAPILARIN TASARIMINDA GELİŞMELER " konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. Halil GÖRGÜN

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ

Üye : Doç. Dr. Erkut SAYIN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 08/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../2019

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Yaşadığım sürece her daim desteklerini hissettiğim, hayatımda oldukları için kendimi çok değerli hissettiğim aileme ve tez hazırlama sürecinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım Faruk Serhat'aen derin duygularımla teşekkür ederim, bir ömür boyu mutlu, huzurlu bir yaşam geçirmesini Rabbimden niyaz ederim. Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince, her daim bana yol gösteren değerli zamanını benimle paylaşan kıymetli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Dilan YAŞARER

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR ..... **I**
İÇİNDEKİLER ..... **II**
ÖZET ..... **IV**
ABSTRACT ..... **VI**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **VIII**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **IX**
KISALTMA VE SİMGELER ..... **X**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **5**
3. MATERYAL VE METOT **11**
3.1. Materyal 11
3.2. Metot 11
3.2.1. Yüksek Binalar Hakkında Genel Bilgiler 11
3.2.2. Yüksek Yapıların Tarihçesi 13
3.2.3. Dünyadaki En Yüksek Binalar 21
3.2.3.1. Burç Halife-828 m / Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri 21
3.2.3.2 Şanghay Kulesi - 632 m / Şanghay, Çin 22
3.2.3.3 Mekke Kraliyet Saat Kulesi - 601 m / Mekke, Suudi Arabistan 22
3.2.3.4 Ping An Finans Merkezi- 599 m / Shenzhen, Çin 23
3.2.3.5 Lotte Dünya Kulesi- 555 m / Seoul, Güney Kore 23
3.2.4. Türkiye'deki En Yüksek Binalar 24
3.2.4.1. Skyland İstanbul-287 m 24
3.2.4.2. İstanbul Sapphire-261 m 25
3.2.4.3. İstanbul Tower 205-228 m 26
3.2.4.4 Spine Tower-202 m 27
3.2.4.5. Folkart Towers-200 m 28
3.2.5. Yüksek Bina Tasarımında Malzeme Ve Taşıyıcı Sistem Seçimi 28
3.2.5.1 Yüksek Binalarda Malzeme Seçimi 29
3.2.5.2 Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçimi 37
3.2.6. Yüksek Binaların Yönetmelik Açısından Değerlendirilmesi (TBDY 2018) 46
3.2.6.1 Tasarım Aşaması I: Ön Tasarım Boyutlandırma İçin Hesap Esasları 53

3.2.6.2 Tasarım Aşaması II Hesap Esasları 55
3.2.6.3 Tasarım Aşaması III: Göçmenin Önlenmesi Veya Kontrollü Hasar Performans Değerlendirmesi İçin Hesap Esasları 58
3.2.6.4. Yüksek Bina Tasarımının Sonuçlandırılması Ve Temellerin Tasarımı 61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 63
4.1. Genel Bilgiler 63
4.2. Malzeme ve Kesit Özellikleri 64
4.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumlarının Tespiti 66
4.4. Tasarım Aşaması 1: Ön Tasarım ve Boyutlandırma Aşamaları 68
4.5. Tasarım Aşaması 2: Hesap Esasları 77
4.5.1. Deprem Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi 79
4.6. Tasarım Aşaması 3: Hesap Esasları 84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 99
6. KAYNAKLAR 101
ÖZGEÇMİŞ 107

ÖZET

YÜKSEK BİNALARIN TASARIMINDA GELİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilan YAŞARER

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİGİ YAPI ANABİLİM DALI

2019

Barınma ihtiyacı insanların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu en temel gereksinimlerden biridir. İnsanların arsalardan en verimli şekilde faydalanabilme düşüncesi yüksek yapılar tasarlanmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Zamanla yüksek binalar güç ve prestij göstergesi olarak görülmeye başlanmış ve yüksek bina tasarımı ilgi çekici bir durum halini almıştır. Sosyal faktörler, ekonomik faktörler, şehirlerdeki nüfus yoğunluğu ve arsa fiyatlarının artması yüksek bina gelişimine hız kazandırmıştır. Yüksek bina yapımı popüler bir hal almaya başlayınca tasarımının zaman içerisinde önemi anlaşılmış, bu durum insanları yüksek bina tasarımını araştırmaya ve geliştirmeye sevk etmiştir. Araştırmalar sonucunda yüksek bina davranışının normal katlı binalardan daha farklı olduğu anlaşılmış ve yüksek bina tasarımının özel kurallar çerçevesinde yapılması gerektiği görülmüştür. Yüksek bina tasarımında deprem ve rüzgar yüklerinin yapıya etkileri dikkate alınarak analizlerin yapılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, yüksek binaların tasarımındaki gelişmeler incelenmiş, ülkemizde yeni çıkan deprem yönetmeliğine göre yüksek bir binanın tasarım aşamaları açıklanmaya çalışılmıştır. Sayısal çalışmalar için 3 katı podyum kısmı olmak üzere toplam 53 kattan meydana gelen kompozit , tübüler taşıyıcı sisteme sahip bina tasarlanmıştır. Yapının Diyarbakır ili Kayapınar ilçesi sınırları içerisinde yapılması planlanmıştır. TBDY(2018) kurallarına uygun olarak dört adet deprem yer hareketi altında yapının doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Deprem yönetmeliğinde belirtilen performans hedeflerinin sağlanması amaçlanmış ve tasarım aşamalarının nasıl yapılması gerektiği ayrıntılı olarak irdelenmiştir. ZA zemin sınıfına sahip olan yapının deprem ivme kayıtları PEER internet sitesinden, tasarım spektrumları ise AFAD internet sitesinden temin edilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için on bir adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Bu deprem ivme kayıtları TBDY(2018)'de belirlenen kurallar dikkate alınarak tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiştir. Yapı analizleri ETABS programı ile yapılmıştır. Bu analizler sonucunda tübüler taşıyıcı sisteme sahip yüksek binanın deprem etkisi altındaki davranışı incelenmiştir.

Tez çalışması beş bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde yüksek binalar hakkında genel bilgiler verilmiş ve çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir. İkinci bölümde literatürde yüksek binalar hakkında daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve bunların özetlerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde yüksek binaların tanımlamaları yapılmış, ortaya çıkma sebepleri irdelenmiştir. Yüksek bina tarihçesi bu bölümde detaylıca ele alınmış, yüksek binalarda kullanılması gereken taşıyıcı sistem ve malzeme seçimine ilişkin kurallar verilmiş, en uygun taşıyıcı sistem ve malzeme seçiminin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca 2019 yılı itibari ile yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinin yüksek bina tasarımını içeren on üçüncü bölümü detaylıca açıklanmış, bu bölüme uygun olarak yüksek bina tasarım aşamalarının nasıl yapılması gerektiği detaylandırılmıştır. Dördüncü bölümde tübüler taşıyıcı sisteme sahip yüksek bir binanın deprem yönetmeliğine uygun olacak şekilde üç adet tasarım aşaması yapılmıştır. Yönetmelikte belirtilen performans hedefleri sağlanmak üzere ön tasarımı yapılmış ve kontrolleri gerçekleştirilmiştir. Yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve yönetmelik kuralları çerçevesinde değerlendirilmesi yapılmıştır. Analizler neticesinde elde edilen göreli kat ötelemelerinin ve kat öteleme oranlarının yönetmelik sınır değerlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır. Beşinci bölümde ise elde edilen veriler ışığında yüksek bina tasarımında dikkat edilecek hususlar belirtilmiş ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüksek bina, Tüp sistem, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

ABSTRACT

DEVELOPMENTS IN THE DESIGN OF HIGH BUILDINGS

MSc THESIS

Dilan YAŞARER

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

2019

The need for shelter is one of the most fundamental requirements that people need to maintain their vital activities. The idea that people can use the land in the most optimal way of construction of high-rise buildings has made inevitable. Over time, high-rise buildings were seen as a sign of strength and prestige, and high building design became an interesting situation. Social factors, economic factors, population density in urban areas and increase in land prices accelerated the development of high buildings.When high-rise building became popular, the importance of its design was understood over time, which led people to research and develop high-building design. As a result of the research, it was understood that high building behavior is different from normal story buildings and high building design should be done within special rules. In high-rise building design, the structure should be analyzed by considering the effects of earthquake load and wind load acting on the building.

In this thesis, the developments in the design of tall buildings were examined and the design stages of a high building were explained according to the new earthquake regulations in our country. For the numerical studies, 3-story basement building consisting of a total of 53 story and a tubular structural system have been designed. The building is planned to be built in Kayapınar district of Diyarbakır province. According to TBDY (2018) rules, linear and nonlinear analysis of the structure was made under four earthquake ground motion. The performance targets stated in the earthquake regulation are aimed to be provided and the stages of the design are explained in detail. Earthquake acceleration records of the structure having ZA soil class were obtained from PEER website and design spectra from AFAD website. 11 earthquake acceleration records were used for time history nonlinear analysis. These earthquake acceleration records were scaled according to the design spectrum by taking into consideration the rules determined in the TBDY (2018).The structure was done by ETABS program. As a result of these analysis, the behavior of the high building with the tubular structure system under the effect of the earthquake has been examined.

The thesis work consists of five chapter. In the first parts, general information about the high buildings is given and the purpose and scope of the thesis are stated. In the second chapter, the previous studies on the tall buildings in the literature have been examined and their

summaries are given. In the third chapter, the definition of the high buildings were made and the reasons for their occurrence were examined. The history of the high building is discussed in detail in this chapter, the rules on the selection of the carrier system and the materials that should be used in the high buildings are given and the importance of selecting the most suitable carrier system and material is emphasized. In addition, the thirteenth section of the earthquake regulation, which entered into enact in 2019, is explained in detail, in this section, it is detailed how high building design stages should be done. In the fourth chapter, three design stages have been made in accordance with the earthquake regulations of a high building with tubular system. In order to achieve the performance targets stated in the regulation, it was pre-designed and controlled. Time history analysis of the structure was carried out and evaluated within the scope of regulation rules. According to the results of the analyzes, relative displacement and story drift rates were compared according to the limit values of the regulations. In the fifth chapter, the points to be considered in high building design are given according to the obtained data and suggestions are made for future studies.

Keywords: High building, Tup system, Time History Non-lineer Analysis

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No.		Sayfa
Çizelge 3.1.	Deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınıfları	12
Çizelge 3.2.	Beton sınıfları ve dayanımları (TS500)	31
Çizelge 3.3.	Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri	33
Çizelge 3.4.	Bina kullanım sınıflarına bağlı olarak bina önem katsayıları gösteren çizelge	47
Çizelge 3.5.	Kısa periyot bölgesi yerel zemin etki katsayısı çizelgesi	49
Çizelge 3.6.	1.0 Saniye periyot yerel zemin etki katsayısı çizelgesi	49
Çizelge 3.7.	Deprem tasarım sınıflarını gösteren çizelge	49
Çizelge 3.8.	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı çizelgesi	52
Çizelge 3.9.	Deprem yer hareketleri altında istenilen performans seviyeleri	53
Çizelge 3.10.	2. aşamada kullanılması gerekli etkin kesit rijitlikleri	57
Çizelge 3.11.	Beklenen ortalama malzeme dayanımları	58
Çizelge 3.12.	Düzensizlik durumları tablosu	60
Çizelge 4.1.	Spektrum raporunda kullanılan ifade açıklamaları	67
Çizelge 4.2.	DD-2 Deprem yer hareketi düzeyi bilgileri	68
Çizelge 4.3.	Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları	69
Çizelge 4.4.	1. aşamada kullanılan yük birleşimleri	72
Çizelge 4.5.	1. aşama modal analiz sonuçları	75
Çizelge 4.6.	1. aşama modal yön faktörleri	76
Çizelge 4.7.	2. aşamada kullanılan yük birleşimleri	78
Çizelge 4.8.	Betonarme taşıyıcı sistem elemanları için II. aşamada uygulanacak etkin kesit rijitliği çarpanları	79
Çizelge 4.9.	Time History analizinde kullanılan deprem özellikleri	81
Çizelge 4.10.	Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları	84
Çizelge 4.11.	3.aşama betonarme taşıyıcı sistem elemanları etkin kesit rijitliği çarpanları	85
Çizelge 4.12.	X yönündeki göreli kat öteleme sonuçları	86
Çizelge 4.13.	Y yönündeki göreli kat öteleme sonuçları	88
Çizelge 4.14.	3. Aşama DD-1 Deprem Yer Hareketi Göreli Kat Öteleme Oranı	92

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.1.	Dünyanın en yüksek binası burç halife görseli	3
Şekil 3.1.	1885 yılında inşa edilen Home Insurance binası	14
Şekil 3.2.	1885 yılında inşa edilen Reliance binası	14
Şekil 3.3.	Flariton binası, Singer binası, Metropolitan Life binaları	15
Şekil 3.4.	ABD'de 1.Dünya Savaşı sonrasında inşa edilen yüksek bina örnekleri	16
Şekil 3.5.	Empire State binası görselleri	16
Şekil 3.6.	John Hancock binası görseli	18
Şekil 3.7.	Fiat binası, Dünya Ticaret Merkezi, Sears Tower görselleri	18
Şekil 3.8.	Petronas Towers görseli	19
Şekil 3.9.	Petronas Towers 41 ve 42. katlarında bulunan çelik köprü görseli	19
Şekil 3.10.	Taipei 101 binası görseli	20
Şekil 3.11.	Kingdom Tower binası görseli	21
Şekil 3.12.	Şanghay Kulesi görseli	22
Şekil 3.13.	Mekke Kraliyet Saat Kulesi görseli	23
Şekil 3.14.	Ping An Finans Merkezi görseli	23
Şekil 3.15.	Lotte Dünya Kulesi görseli	24
Şekil 3.16.	Skyland İstanbul görseli	25
Şekil 3.17.	İstanbul Sapphire görseli	26
Şekil 3.18.	İstanbul Tower 205 görseli	27
Şekil 3.19.	Spine Tower görseli	27
Şekil 3.20.	Folkart Towers görseli	28
Şekil 3.21.	Betonarme birleşim malzeme içeriği	30
Şekil 3.22.	Beton gerilme - şekil değiştirme grafiği	32
Şekil 3.23.	Dört farklı dayanıma sahip betonların gerilme - şekil değiştirme grafiği	32
Şekil 3.24.	Çeşitli çelik profil türleri	35

Şekil 3.25.	Çelik gerilme şekil değiştirme grafiği	35
Şekil 3.26.	Kompozit kolon türleri	36
Şekil 3.27.	Kat sayısına göre kullanılabilen taşıyıcı sistem grafiği	38
Şekil 3.28.	Çerçeve sistem	39
Şekil 3.29.	Perde duvarların yapı içerisindeki gösterimi	39
Şekil 3.30.	Perde ve çerçeveli sistemlerin şekil değiştirme modları	40
Şekil 3.31.	Çekirdek çeşitleri	41
Şekil 3.32.	Tüp sistem şekilleri	42
Şekil 3.33.	Çerçeve tüp sistem gösterimi	43
Şekil 3.34.	Kafes tüp sistem gösterimi John Hancock binası	44
Şekil 3.35.	Demet tüp sistem gösterimi	45
Şekil 3.36.	Sears Tower binası mimarisi	45
Şekil 3.37.	Mersin Mertim binası mimarisi	46
Şekil 4.1.	Yüksek binanın üç boyutlu modeli	66
Şekil 4.2.	Türkiye deprem haritaları	67
Şekil 4.3.	Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri	68
Şekil 4.4.	Bodrum kat planı	70
Şekil 4.5.	Bodrum kat - profil kesitleri gösterimi	70
Şekil 4.6.	Tipik kat planı	71
Şekil 4.7.	Tipik kat - profil kesitleri gösterimi	71
Şekil 4.8.	Ön tasarım analizler sonucu yapı modları	77
Şekil 4.9.	Imperial Valley depremi ivme kayıtları	82
Şekil 4.10.	Kobe depremi ivme kayıtları	82
Şekil 4.11.	Düzce depremi ivme kayıtları	82
Şekil 4.12.	Çaldıran depremi ivme kayıtları	82
Şekil 4.13.	Hector Mine depremi ivme kayıtları	82
Şekil 4.14.	Landers depremi ivme kayıtları	83
Şekil 4.15.	Kocaeli depremi ivme kayıtları	83
Şekil 4.16.	Bam Iran depremi ivme kayıtları	83
Şekil 4.17.	El Mayor-Cucapah depremi ivme kayıtları	83
Şekil 4.18.	Darfield depremi ivme kayıtları	83
Şekil 4.19.	El Mayor-Cucapah depremi ivme kayıtları	84
Şekil 4.20.	X yönünde maksimum kat ötelemelerinin yükseklikle değişimi	89
Şekil 4.21.	Y yönünde maksimum kat ötelemelerinin yükseklikle değişimi	90

Şekil 4.22. X yönünde göreli kat ötelemeli oranı 91
Şekil 4.23. Y yönünde göreli kat ötelemeli oranı 91
Şekil 4.24. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen X yönü kesme kuvveti grafiği 93
Şekil 4.25. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen Y yönü kesme kuvveti grafiği 94
Şekil 4.26. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen X yönü enerji grafiği 95
Şekil 4.27. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen y yönü enerji grafiği 95

KISALTMA VE SİMGELER

BKS : Bina Kullanım Sınıfı

BYS : Bina yükseklik sınıfı

D : Dayanım fazlalığı katsayısı

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-4 : 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS : Deprem tasarım sınıfı

e : %5'lik ek dışmerkezlik [m]

E : Elastisite modülü

E_d : Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi

$E_d^{(H)}$: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi

$E_d^{(X)}$: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

$E_d^{(Y)}$: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

$E_d^{(Z)}$: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi

F_S : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı

G : Sabit yük etkisi

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

GÖ : Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

h : Kat yüksekliği

h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği [m]

H_N : Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam yüksekliği [m]

H_W : Perde yüksekliği [m]

KH : Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

KK : Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi

I : Bina önem katsayısı

M_{DEV} : Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti [kNm]

m_t : Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi [t]

n : Hareketli yük katılım katsayısı

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

Q : Hareketli yük etkisi

Q_e	: Etkin hareketli yük etkisi
S	: Kar yükü etkisi
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
S_S	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_p	: Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
$V_{tE}^{(X)}$	: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
α	:Deprem derz boşlukları için kullanılan amprik katsayı
ηbi	: i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
γ_E	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
λ	: Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
κ	: İzin verilen göreli kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taş ıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğundan beri barınma sorununa çözüm bulmaya çalışmıştır. İlk olarak az katlı yapılan yapılar zamanla ihtiyaca paralel olarak yükselmeye ve gelişmeye başlamıştır. Yapılar bu yükselmeyi yaşarken insanlar bazı sorunlarla karşılaşmışlardır. Bu sorunların başında şiddetli depremler yer almıştır. Depremler karşısında yıkılan binalara çözüm üretebilmek adına zamanla yapının davranışı dikkate alınmış ve tasarım oldukça önemli bir hal almıştır. Mühendislik teknolojisinin gelişmesiyle şehirleşmenin mecburi sonuçlarından biri olan yüksek binaların yapımında da bu durum dikkate alınmış ve yapı davranışı anlaşılmaya çalışılmıştır.

Yüksek yapıların tarihçesi incelenecek olunursa; Mısır'daki Keops piramidi ve dini anıtlar amacıyla yükselen katedraller ilk yüksek yapılar arasında gösterilebilir. Eski çağlarda ilk yüksek yapı örnekleri bilgi düzeyinin azlığı ve imkanların olmamasından dolayı yığma olarak yapılmıştır. Bu yapılar daha çok anıt özelliğini taşımıştır. Ancak günümüzde yapılan yüksek binalar gelişen teknoloji ve bilgi düzeyine adapte olacak şekilde betonarme, çelik ve kompozit malzemeler kullanılarak yapılmaya başlanmıştır. (Aras 2009)

Yüksek binalar ilk olarak Afrika, Asya ve Avrupa'da ortaya çıkmıştır. Ancak daha sonra asıl gelişimlerini Amerika'da yaşamıştır. Amerika'daki yapılaşma, güç ve prestij arzusu içindeki insanların birbirleriyle kıyasıya yarıştığı bir süreci yansıtmaktadır. 1960'larda yüksek binaların yapımı hız kazanmıştır. Bu yarış ülkemizde de kendine yer edinmiş ve yüksek binalar yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'de yüksek yapıların yapılma sebeplerinin başında şirketlerin markalaşma çalışmaları, güç ve zenginlik ifadesini gösterme çabalarının geldiği söylenebilir. Ülkemizde imar kurallarına göre bazı bölgelerde yüksek yapı yapımı yasak haldedir. Ancak ticari gelişim gösteren İstanbul, Ankara ve İzmir'de yüksek binalar yapılmıştır. Yüksek yapı yapma arzusu her geçen yıl giderek artmaktadır.

Yüksek yapı tanımı farklı yönetmeliklerde değişiklik arz etmektedir. Yapıları sadece sahip oldukları kat sayıları ve yükseklikleri dikkate alınarak yüksek bina olarak tanımlamak doğru bir varsayım olmayacaktır. Bazı yönetmeliklerde yüksek yapı sayılarının az olduğu yerlerde yapılan 7-8 katlı binalar yüksek bina olarak kabul edilebilmektedir. Yüksek binaların hakim olduğu alanlarda bazı yönetmeliklerde ise 25 katlı bir yapı yüksek bina olarak nitelendirilmeyebilir.

Yüksek binalar şehirleşme yapısına ve nüfus artışına çözüm üretmektedir. Deprem gerçeğiyle her daim yaşayan ve yaşayacak olan insanoğlu artan yüksek yapı yapma arzusunu geliştirmek amacıyla yüksek bina davranışını ve tasarımını iyice analiz ederek anlamalıdır.

İnsanlar her ne kadar yüksek binalar yapma gayreti içinde olsa bile özellikle inşaat mühendisleri yüksek binaların tasarımında birtakım sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunların en önemli sebepleri yüksek binaların deprem davranışlarının tam olarak bilinememesi ve yüksek binaların kısıtlı olan tasarım bilgisinden kaynaklanmaktadır. Yüksek binaların tasarımında malzeme ve taşıyıcı sistem seçimi oldukça önemlidir. Yüksek binalarda seçilen malzeme ve taşıyıcı sisteminin etkin bir şekilde kullanılması için büyük önem taşımaktadır. Binaların yükseklikleri arttıkça yapıların çerçeve türü taşıyıcı sistemi yeterli olmamakta, taşıyıcılar kendi ağırlığının yanı sıra deprem ve rüzgar yükleri altında deformasyona uğramakta ve malzeme seçimi ekonomik olmaktan çıkmaktadır. Yüksek binaların malzeme seçiminde az katlı binaların yapımına oranla daha özenle dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bunlar çevre koşulları, şantiye koşulları, nakliye ve depolama olanaklarıdır. Bu hususlar avantaj ve dezavantajları bakımından değerlendirilerek optimum bir sonuca varılmalıdır.

Orhan Göçer (1969), dünyada yüksek binaların ortaya çıkmasını genellikle arsaların yeterli miktarda ihtiyaca cevap vermemesine ve bu nedenle artan arsa fiyatlarına bağlamaktadır. Ayrıca yüksek yapılar yaşamın her döneminde güç, prestij göstergesi olduğundan ve nüfusun hızlı artmasına çözüm üretmesinden gelişmeleri oldukça hızlı olmuştur. Teknolojinin gelişmesi ve mühendislik bilgilerinin artması yapıların yükselmesine imkan sağlamış ve böyle yüksek yapı tasarlama popüler bir hal almıştır.

Teknoloji ve ekipmanların gelişmesi yüksek binaların yapım maliyetinin düşmesine sebep olmuş ve yüksek binaların gelişmesine en önemli katkıyı sağlamıştır. Ülkemiz deprem gerçeği ile yaşamayı öğrenmeye çalışmakta bu amaçla diğer ülkelerin yönetmelikleri incelenerek ülkemize uygun yeni yönetmelikler oluşturulmuştur. Yeni yönetmelik ile belirlenen performans düzeylerinin sağlaması amaçlanmaktadır.

Yüksek bina tasarımını, yapının kullanım amacı, depremsellik, yerel ve mimari koşullar gibi birçok faktör etkilemektedir. Yüksek bina farklı tasarımlara imkan veren teknolojilerinin gelişimi ile birlikte günümüzde oldukça popüler bir hâl almıştır. Günümüzde dünyanın en yüksek binası olarak kabul edilen yapı 828 metre yüksekliğinde, 2010 yılında yapımı tamamlanan Burç Halifedir (Şekil 1.1.). Rüzgâr dengesini koruyan yuvarlak cephelere sahip, 163 kata sahip Burç Halife, birçok unvanı bünyesinde toplayarak Dubai'ye rekorlar taşıyan önemli bir turistik merkezdir. Son yıllarda ise dünyanın birçok yerinde yüksek bina yapımı hız kazanmıştır.



Şekil 1.1. Dünyanın en yüksek binası burç halife görseli

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yüksek yapıların tasarımı ve deprem davranışları hakkında literatürde yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Hothot (2018), çalışmasında 50 kattan meydana gelen 204 metre yüksekliğinden oluşan yapının TBDY (2016) taslağı ve İYBDY 2008 yönetmeliklerini kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi araştırmıştır. Sears Tower geometrisine sahip binanın DD-2 ve DD-1 deprem yer hareketleri dikkate alınarak Perform 3D programı ile analizi gerçekleştirmiştir. Yapı bu şekilde analiz edildikten sonra yapının farklı yüksekliklerine BRB elemanları eklenerek analizler tekrar edilmiştir. BRB elemanlarının göreli kat ötelemelerini ve diğer elemanlarda oluşan doğrusal olmayan davranışı azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. BRB eklenen yapının enerji sönümleme oranın %10 mertebelerinde arttırdığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışma sonucunda sistemdeki enerji ihtiyacının ve deplasman limitlerinin nasıl kontrol edilebileceği görülmüştür.

Dadaş (2017), farklı taşıyıcı sistemlere sahip 30 kattan meydana gelen yüksek binaların deprem performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada 3 farklı model kullanılmış olup Model1; çerçeve +çekirdek, model 2; bina çevresine perde +çekirdek, model 3; çerçeve, çekirdek + çelik çapraz modellerine sahip olan yapılardan tasarlanmıştır. SAP2000 programı ile TBDY(2016) taslağı dikkate alınarak taşıyıcı sistem çözümlemeleri yapılmıştır. Analizler sonucunda göreli kat ötelemeleri temel alınarak yüksek bina davranışlarının normal binalara oranla daha farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde kesme kuvveti bakımından çelik çapraz eklenen model 3 en olumlu sonuçlar gösterirken 2. modelin modeller içerisinde en elverişsiz sonuçları gösterdiği ileri sürülmüştür.

Celep ve Özuygur (2017), deprem yönetmeliği taslağına göre yüksek binaları diğer binalardan ayıran özelliklerini tanımlamaya çalışmışlardır. Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin seçiminin hangi kurallar çerçevesinde yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yüksek binalardaki yenilikçi gelişmeler hakkında bilgilendirmeler yapılarak deprem yönetmeliğine göre tasarım yöntemlerini açıklamaya çalışmışlardır.

Öztürk (2018), İç Anadolu bazında 1996 tarihli Deprem Bölgeleri Haritası ile 2018 Türkiye Deprem Haritaları karşılaştırmalarının yapılması ve farklılıkların belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla 1.2.3. ve 4. bölgede kalmakta olan 4 adet Kırşehir, Eskişehir, Kayseri ve Konya bölgelerinde tasarım depremleri altında 2 farklı zemin cinsi altında karşılaştırmaları yapılmıştır. Grafik ve tablolar ile yapılan karşılaştırmalar neticesinde yeni

yönetmeliğin köklü değişiklikler getirdiğini, zemin ivme değerlerinin ise değişkenlik gösterdiği belirtmiştir.

Livaoğlu (2017), yüksek binalarda özel tasarım kuralların uygulanması gerektiğini ifade etmiş ve bu amaçla çalışmalar yapmıştır. Eski yöntemlere göre daha ayrıntılı analiz yapılması gerektiği fikrini savunmuştur. Yeni deprem yönetmeliğinin profesyonel tasarım kuralları ile önemli parametreleri temel ilkeler haline getirdiğini belirtmiştir. Ayrıca yönetmelikte yer alan Tasarım Gözetimi ve Kontrolü hizmetine değinilmiş olup yüksek binaların bu kapsamda tasarım gözetimi ihtiyacı ile yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Yüksel (2017), yüksek binaların projelendirilmesi ve tasarımının özel kurallar dahilinde incelenmesi gerektiğini belirtmiş, bina formunun yüksek yapılar üzerindeki etkileri hakkında incelemeler yapmıştır. Yapı formu ve taşıyıcı sistemlerin birbirleriyle ilişkili olduğuna değinilmiş olup bina formu ile rüzgar etkisi arasındaki ilişki irdelenmiş ve bu etkinin göz önünde bulundurulması gerektiğine değinmiştir. Çalışmalar sonucunda yüksek yapının yapılacağı konuma ait rüzgar hızının modellenmesi gerektiği ve ülkemizde rüzgar yönetmeliği bulunmadığından dolayı EUROCODE gibi yönetmeliklere başvurulması tavsiye edilmiştir.

Othman (2017), betonarme binalarda perde yerleşimi konusunda incelemelerde bulunmuş ve perde için boşluk oranının yapının sismik davranışını nasıl etkileyebileceğini araştırmıştır. Bu kapsamda çeşitli kat sayısına sahip betonarme yapılar incelenmiş ve bu yapıların analizleri karşılaştırılmıştır. Yapı modelleri mod birleştirme yöntemi ile analiz edilmiş ve bu analizler sonucunda kat sayısının arttıkça perdelerin yapı davranışına katkısının azaldığı fikri ileri sürülmüştür .

Akkaya (2013), çalışmasında 20 katlı yüksek betonarme binanın time history analizini , çok modlu statik itme çözümünü gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda çok modlu statik itme çözüm sonuçları gerçek sonuç olarak kabul gören zaman tanım alanı doğrusal olmayan çözüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Saral (2015), dünyada ve Türkiye'de yazılmış yönetmelikleri incelenmiş ve yer değiştirme esaslı analiz yöntemlerinden statik artımsal itme analiz yöntemleri ile elde edilen sonuçlara yakınlığını araştırmıştır. Bu kapsamda 31 katlı 110 metre yüksekliğinde İzmir'de inşa edilmesi planlanan yüksek binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre time history analizi ve pushover analizi gerçekleştirilmiş ve analizlerden elde edilen yapısal büyüklükler birbiriyle karşılaştırılmış ve statik artımsal itme analiz yönteminin geçerliliği irdelenmiştir.

Karaçöp (2010), 2007 deprem yönetmeliği ve İstanbul yüksek binalar yönetmeliğine göre yüksek yapıların deprem performansını incelemiştir. Çeşitli deprem yer hareketlerine göre

yüksek binanın taşıyıcı sistemlerindeki hasarı belirlemeye çalışmıştır. Bu kapsamda söz konusu hasarın kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı kontrolü araştırılmıştır. Analizler sonucunda 2007 deprem yönetmeliği ve İstanbul yüksek binalar hakkında yönetmeliklerin karşılaştırması ve ayrım noktaları hakkında bilgilendirmeler yapmıştır.

Çilingir (2010), çalışmasında çok katlı yapının kompozit ve çelik olarak tasarımı, bu yapıların taşıyıcı sistemlerinin yapı davranışı ile maliyet açısından karşılaştırılmasını değerlendirmiştir. Çalışmada 2007 deprem yönetmeliğine göre yapıların düzensizlik kontrolleri, eleman boyutlandırmaları ve maliyet analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda taşıyıcı sistemi kompozit sistem olan yapıların, taşıyıcı sistemi çelik yapılara oranla daha uygun fiyata inşaatının yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Aydoğuş (2014), çalışma kapsamında çok katlı yapılarda burulma etkisini araştırmış ve burulma etkisinin taşıyıcı sistem elemanlarındaki etkilerini araştırmıştır. Bu kapsamda bir algoritma geliştirilmiş ve analizler sonucunda söz konusu algoritmanın diğer programlar ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Bingöl (2010), 40 katlı 150 metre yüksekliğinde çelik, yüksek kare tasarıma sahip yapıya deprem yükleri altında analizler yapmıştır. Yük kabulleri için TS 498, eleman boyutlandırılması için TS 648 ve 2007 deprem yönetmeliği kullanılmıştır. Yapı ETABS programında modellenmiş olup Safev800 programı ile temel tasarımı yapılmıştır. Yapının kolon ve kiriş elemanları çubuk eleman, döşemeleri kompozit döşeme ve temelleri kabuk eleman olarak tasarlanmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda çelik yapıların ayrıntılı analizi yapılmış ve Türk deprem yönetmeliğine uygun olarak yapı tasarımı hakkında bilgilendirmeler yapmıştır.

Çınar (2015), çalışmasında betonarme, 22 kattan meydana gelen bir binanın DBYBHY (2007) ve İstanbul ilinde yapılacak yüksek binalar hakkında yönetmelik kuralları kullanılarak tasarımı ve analizleri yapmıştır. Yönetmelikte belirtildiği üzere tasarım spektrumuna uygun olarak ölçeklenmiş deprem kayıtları kullanılan yapının time history analizi yapılmıştır. Yapı alanları belirli katlarda azaltılmış olup ETABS programı ile modellenmiştir. Çalışma sonucunda yönetmelikteki sınır değerler ile karşılaştırmalar yapılmış ve uygunluğu ispat edilmiştir. Yapıda ana taşıyıcı sistem elemanlarından perde ve kolonların yapı davranışının elastik sınırlar içinde kaldığı görülmüş olup tüm taşıyıcı sistem elemanlarında kesme kuvveti altında gevrek göçmelerin önlenmesi için uygulanması gereken önlemler irdelenmiştir.

Serttaş (2014), çalışma kapsamında Maslak'ta yapımı düşünülen 35 katlı konut tipi bir yüksek bina tasarlamış, yapı analizinde İstanbul yüksek binalar rüzgar yönetmeliği ve İstanbul yüksek binalar deprem yönetmeliğinden faydalanmıştır. Yapıda deprem hesabı için yük kombinasyonları ASCE yönetmeliğinden alınmış olup sistem süneklik düzeyi normal olarak

tasarlanmıştır. Yapının SAP2000 programında analizi yapılmış ve analizler sonucunda elemanlara etkiyen yük değerlerinin deprem etkisinde olan kombinasyonlarda daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kırkpınar (2010), çalışmasında yapı sağlığı izleme tekniklerinin binaların güvenlik seviyelerini ve olası bir deprem esnasındaki performanslarının tespiti için büyük bir önem arz ettiğini belirtmiş; bu sisteme yönelik İstanbul sınırları içinde bulunan 26 katlı çekirdek perde duvar sistemi ile inşa edilmiş yüksek binanın 16 ivme ölçer ile izleme işlemini yapmıştır. Elde edilen sonuçlara mimari çizimlere göre hazırlanan sonlu elamanlar model güncellemesi uygulanmış ve olası deprem kayıtları altında zaman tanım alanında analizleri yapılmıştır.

Munzuroğlu (2010), çalışmasında 42 katlı binanın üç boyutlu modelini hazırlamış 2007 deprem yönetmeliği ve İstanbul yüksek binalar yönetmeliğine göre analizlerini yapmıştır. Can güvenliği performans hedefi ile yapının doğrusal olmayan analizleri sonucunda yapının doğrusal olmayan davranışı incelenmiş ve yapının her iki yönetmeliği de sağladığı görülmüştür.

Özgeldi (2013), 25 kattan meydana gelen İstanbul ilinde yapımı planlanan yapının deprem etkisi altında performansı incelemiştir. Time history analizi yapılan bir yapının Perform-3D ve SAP2000 programlarında analizleri incelenmiştir. Doğrusal olmayan analiz ile yapı elemanlarının hasar durumları tespit edilmiş olup yapının burulma etkisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Şenoğlu (2016) 47 kattan meydana gelen, taşıyıcı sistemi çerçeve ve çelik çaprazdan oluşan yapının time history analizi çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. Deprem performansı incelenen yapının İstanbul yüksek binalar deprem yönetmeliği D2 felaket senaryosuna göre tasarımı yapılmıştır. Analiz ve tasarımları ETABS programıyla yapılan kompozit yapının tasarım aşamaları değerlendirilmiştir. Çalışma İstanbul ilinde yapılması planlanan yüksek binaların tasarımının hangi koşullar altında yapılması gerektiğine 2007 Deprem yönetmeliği kapsamında açıklık getirmiştir. Yapının simetrik olarak tasarlanmaması yapıda hakim modun burulma davranışı olmasına sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Budak (2015); çalışmasında betonarme yüksek yapıların performans esaslı sismik tasarımını PEST yaklaşımı kullanılarak incelemiştir. Bu kapsamda 34 katlı simetrik olmayan tasarıma sahip bir yapı ele alınmış ve 2007 deprem yönetmeliği şartlarına uygun olacak şekilde yapının tasarımı yapılmıştır. Yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi yapılmış olup belirlenen performans seviyeleri altında kontrolleri yapılmıştır.

Özoprak (2018) dıştan destekli sistemlerin deprem yükleri altında davranışını 40 katlı bir yapının tasarımını gerçekleştirerek incelemiştir. Çalışmada destek kolonlarının eksenel

basınç kontrollerinin destek kirişlerinden gelecek dayanım fazlalıkları göz önüne alınarak yapılması gerektiği belirtilmiştir. Aksi durumda yapıda istenilmeyen gevrek kırılma gerçekleşebileceği görüşü belirtilmiştir. Çalışmada söz konusu 40 katlı yapı için destek kirişlerinin farklı konumlara yerleştirilmesi ile perde devrilme momenti ve deplasman açısından %20 oranında azalma değerine ulaştığı ve deplasmanların belirli seviyede kaldığı sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez çalışmasında, üç boyutlu John Hancock bina geometrisi örnek alınarak toplam 53 kattan meydana gelen bir bina modeli seçilmiştir. Üç boyutlu model için tübüler taşıyıcı sisteme sahip, X yönünde 64 metre, Y yönünde 40 metre uzunluğa sahip betonarme yapı dikkate alınmıştır. Seçilen yapı modelinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak tasarımı yapılmış, doğrusal ve doğrusal olmayan analizler için ETABS (2017) programı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan spektrum değerleri AFAD sitesinden, deprem kayıtlarının temin edilmesinde ise Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) kayıtları kullanılmıştır.

3.2. Metot

Yapı davranışına uygun olarak 11 adet deprem yer hareketi seçilmiş ve her bir deprem kaydının ivme katsayıları yeni deprem yönetmeliğine uygun olarak ölçeklendirilmiştir. Tezin temel metodunu deprem ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler oluşturmaktadır. Tez çalışmasında ayrıca doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılmıştır.

3.2.1. Yüksek Binalar Hakkında Genel Bilgiler

Yüksek bina tanımı için dünya genelinde çeşitli kabuller bulunmaktadır. Yüksek bina algı kabulleri öncelikle söz konusu binanın nereye inşa edildiğine göre değişir. Dünyanın farklı ülkelerinden örnekler verecek olursak; deprem oranı yüksek olan Japonya'da 45 metre yüksekliğini geçen yapılar yüksek yapı sınıfında kabul edilip özel tasarım kuralları uygulanırken depremlerin meydana gelme olasılığı farklı olan başka ülkelerde bu değer artabilmektedir.

Yüksek bina tanımı hangi meslekten kişiye sorulduğuna göre değişiklik göstermektedir. Makine mühendisleri tarafından asansör, yürüyen merdiven, tesisat işleri gibi işlemlerin özel olarak çözümlenmesi gereken yapıları yüksek bina olarak kabul ederken, yangın uzmanlarına göre daha önem arz edecek şekilde planlanması gereken yapılar yüksek bina olarak kabul edilmektedir. İnşaat mühendisler açısından ise deprem yükleri yanında rüzgar yüklerinin de özel tasarım kurallarına etki ettirilmesi gereken yapılar yüksek bina olarak kabul edilmektedir.

Zeki Hasgür (1996) yapı mühendisliği açısından bir yüksek yapı tanımını şu şekilde tanımlamıştır: "Belirlenen mukavemet, öteleme ve işletme ölçülerine uyarak yatay rüzgâr ve

deprem yüklerine dayanacak ve yeterince ekonomik olacak şekilde yapısal taşıyıcı sistemi düzenlenecek bir yapıdır".

Yüksek yapılar yapıldığı yerin çevre dokusuna farklı etkilerde bulunmaktadır. Yapıldığı şehrin fiziki özelliklerinden altyapı durumuna kadar değişik etkileri mevcuttur (Turan 1999) Ülkemizde yeni deprem yönetmeliği kapsamında yükseklik tanımı özel olarak tanımlanmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre deprem etkisi altında tasarım kapsamında binalar yükseklikleri bakımından sekiz bina yükseklik sınıfına ayrılmıştır (Çizelge 3.1.). Aşağıda mevcut bulunan tabloda BYS=1 olarak belirtilen binalar deprem yönetmeliğimize göre yüksek binalar olarak kabul edilmektedir. Deprem tasarım sınıfları (DTS) 1,1a,2,2a olan binalar için 70 metrenin üzeri yüksek bina olarak kabul edilir. Deprem tasarım sınıfları 3, 3a olan yapıların yükseklik sınırı 91 metreden büyük olan yapılar, deprem tasarım sınıfı 4,4a olan yapılar da ise yükseklik sınırı 105 metreden büyük olan yapılar yüksek bina olarak tanımlanmıştır. (TBDY 2018).

Çizelge 3.1. Bina yükseklik sınıfları tanımlamaları (TBDY 2018)

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına 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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Teknolojinin gelişmesi yüksek binaların gelişmesine en önemli katkıyı yapmıştır. Çelik malzemesinin binalarda değerinin anlaşılması, beton malzemesindeki gelişmeler, asansör ve havalandırma sistemlerindeki gelişmeler, artan mühendislik bilgileri bu katkılara örnek verilebilir(Coşkun2006).

Yüksek Katlı Binalar ve Kentsel Yerleşim Konseyi (CTBUH) yükseklik sınıflarını genellikle en yüksek kat seviyesi ve mimari tepe nokta seviyesi dikkate alarak belirlemektedir. Dünya genelinde de yüksek bina sıralaması yapılırken bu durum dikkate alınmaktadır.

3.2.2 Yüksek Yapıların Tarihçesi

İnsanoğlu dünyada var olduğundan beri barınma ihtiyacı için yapılar yapmaya başlamıştır. Zamanla bu yapılar insanların prestij arzusu ve hakimiyet duygusuna yanıt verecek şekilde gösteri yarışı halini almıştır. Yüksek yapıların ilk örneklerinden biri Mısır Piramitleri sayılır. Piramitler şekil olarak dağı andıracak şekilde inşa edilmiştir.

Yüksek yapılar ilk olarak dini duyguları sembolize etmek amacıyla yapılmıştır. Eski dinlerde ve özellikle Hristiyan dünyasında kendisine yer edinen yüksek yapılar tapınak ve kilise çan kulesi ile kendilerine yer edinmiştir. Bu durum aynı şekilde İslam dünyasında da kendisine yer bulmuş ve cami minareleri giderek yükselmiştir.

İlk olarak Roma şehirlerinde 10 kat yüksekliğinde yük taşıyıcı duvarları olan yapıların olduğu bilinmektedir. Roma İmparatorluğunun düşüşü ile kaybolan yüksek yapılar, 19.yüzyılda batı şehirleri hızla büyüyünce artan nüfus yoğunluğu karşısında yeniden ortaya çıkmış, taşıyıcı taş duvar yapı sistemi prensipleri tekrar kullanılmaya başlanmıştır. Fakat bu taşıyıcı sistem tipinde yükseklik arttıkça duvar kalınlığının artması (yapı ağırlığı) sistemin olumsuz bir yanıdır. Alt kat duvarlarında 183 cm. kalınlık gerektiren Chicago'daki 16 katlı Monadnock binası (1891) ile bu yapım sisteminin sınırları açıkça belirlenmiştir (Beşer 2019).

1880-1900 yılları Chicago dönemi olarak adlandırılmaktadır. Bu yıllarda çerçeve sistemli yüksek yapılar yapılmaya başlanılmıştır. Yüksek yapı gelişiminin ilk devresini bu dönem oluşturmaktadır. Bu dönemde Chicago görülmemiş bir hızla yeniden inşa edilmiştir. Ayrıca asansörün icadı ve kullanılması yine bu dönemlere rastlamaktadır.

Yüksek binalar ilk olarak 19. yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmaya başlamış ve mühendislerin artan olanakları yüksek binalara öncülük etmeye başlanılmıştır. Daha sonra Manchester'da demir kolon ve kirişler iç iskeleti oluşturacak şekilde bir iplik fabrikası yapılmıştır. I profil belki de ilk kez burada kullanılmış ve tasarımcı bu şeklin eğilmeye karşı dayanımını fark etmiştir. Bu fabrika 1890'larda Chicago'daki çelik çerçeve gelişiminde örnek olarak alınmıştır. Daha sonra zamanla bazı yapılarda iç iskelet ile yük taşıyan taş cephe duvarları birlikte kullanılmıştır.

Yapılar yükseldikçe yüksek katlara ulaşmak insanlar için zorlu olmaya başlamıştır. İlk asansörün 1851'de New York 5. Cadde'de bir otelde görülmeye başlamasıyla yüksek binalar gelişimine hızla devam etmiştir. Asansörün gelişimi yüksek yapılar için birçok olanak sağlamış

ve bu olanaklar ilk kez 1870'de New York Equitable Life Insurance Company binasında kullanılmıştır (Beşer 2019).

1885 yılında Chicago'da mimar William Le Baron Jenney tarafından yapılan "Home Insurance" binası, "Council on Tall Buildings and Urban Habitat" tarafından dünyanın ilk gökdeleni olarak kabul edilmiş ve tescillenmiştir (Şekil 3.1.). Bu bina dışarıdan bakıldığında üç-dört katlı binaların üst üste konularak inşa edildiği izlenimi veren bir bina şeklinde tasarlanmıştır. Bu yapı, taşıyıcı sistemi yalnızca metal çerçeve örneği olan ilk yüksek yapı örneğidir. Yapının taş cephe duvarları yalnızca kendini taşıyordu. Jenny'nin bu yapısı çelik kirişlerin yapının üst kısmında kullanıldığı ilk örnektir.



Şekil 3.1. 1885 yılında inşa edilen Home Insurance binası

Daha sonra zamanla doğal afetlerden ve kent merkezlerindeki arsa fiyatlarının artması yeni yapı teknolojisi ve yapım tekniklerini geliştirme yollarının aranmasına neden olmuştur. Chicago' da 1885 yılında inşa edilen Reliance Binası da ilk yüksek bina örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Şekil 3.2.). Binanın taşıyıcı sistemi çelik çerçevelerden yapılmıştır.



Şekil 3.2. 1885 yılında inşa edilen Reliance binası

19. yüzyılda mühendisler çelik çerçeveleri daha çok kullanmaya başlamış ve binalar yükselmeye başlandığından dolayı rüzgar yükü de dikkate alınmıştır. Buna alternatif oluşturacak cephede çelik çaprazlar kullanılmaya başlanmıştır.

20. yüzyılda teknoloji daha çok gelişme göstermiş ve bundan dolayı yüksek yapı yapma olanakları da giderek artmaya başlamıştır. Malzeme ve taşıyıcı sistem gelişimine paralel olarak bina tasarımları farklılaşmıştır. Bu sebeplerden ötürü yüksek binaların altın çağını yaşadığı söylenebilmektedir. Mimari gelişim gösteren yüksek binalar geometrik çeşitliliğe ulaşmıştır. Aşağıda bu dönemin çeşitlenen mimarisine örnek olabilecek yapılar mevcuttur (Şekil 3.3.). Bu yapılar Chicago'da 1903 yılında yapımı tamamlanan Flariton Binası, New York'ta 1908 yılında yapımı tamamlanan Singer Binası, yine Chicago'da yapılan ve yapımı 1909'da tamamlanan Metropolitan Life Kulesidir (Beşer 2019).



Şekil 3.3. Flariton Binası, Singer Binası, Metropolitan Life Binaları

1. Dünya savaşına kadar yüksek binalar hızla gelişimlerine devam etmiş ve savaş dönemiyle birlikte yüksek bina yapımı durma seviyesine gelmiştir. 1.Dünya savaşıyla birlikte 1914-1918 yılları arasında yapımı geçici olarak duran yüksek binaların savaştan birkaç yıl sonra yapımına devam edilmiştir. 1. Dünya savaşından sonra siyasi olarak gücünü arttıran ABD yine yüksek bina yapımında da gücünü arttırmıştır. Aşağıda bu tarihlerde ABD de inşaa edilen bazı yüksek binaların şekilleri mevcuttur. Bunlar; American Standart Binası, Chicago Tribune Tower, 32 katlı Barclay Vessey Binası, 40 katlı New York Life Insurance Binası, ve 29 katlı Helmsley Binasıdır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. ABD'de 1.Dünya Savaşı sonrasında inşa edilen yüksek bina örnekleri

New York'da 1931 yılında inşa edilen ve ekonomiyi en verimli şekilde kullanarak tasarlanan 102 katlı Empire State Binası 381 m yüksekliğine ulaşmıştır. 1 Mayıs 1931 tarihinde, o güne kadar Dünya'nın en yüksek binası olan Chrysler Building'in bu unvanını elinden almış ve bu yapı 40 yıl boyunca en yüksek olma rekorunu elinde tutmuştur. Keops piramidi 100 bin kişi çalıştırılarak 20 yılda, Ayasofya 1000 kişi çalıştırılarak 5 yılda bitirilmiştir. Empire State Building'in inşaatı ise sadece 18 ayda bitirilmiştir. Şekil 3.5.'te Empire State binasının gelişim sürecini anlatan fotoğraflar mevcuttur.



Şekil 3.5. Empire State binası görselleri

Empire State binası 100 katın üzerine çıkan ilk bina unvanını da eline almıştır. Empire State Binası'nın mimarı William Frederick, yapının planını Reynolds binasının daha önceki

tasarımına dayanılarak tasarlamıştır. Bu nedenle Empire State Binası yönetimi her yıl Reynolds Binasına Babalar Günü tebrik kartı göndermektedir.

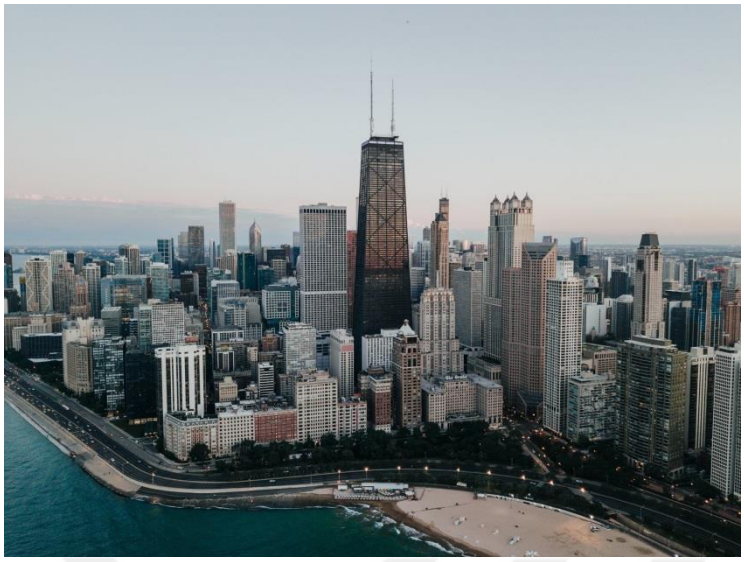
Yapı, Manhattan'ın granit taş zeminine oturan temelden yükselen 210 kolon ile ayakta tutulmuştur. 102 katlı gökdelenin 365,000 tonluk ağırlığı 210 kolona bağlanan 50,000 çelik kiriş ile taşınmaktadır. Yapının cephesinde ise cam, tuğla ve kireçtaşı (limestone) kullanılmıştır.

2. Dünya Savaşı ile birlikte yüksek bina inşasında tekrar bir durgunluk dönemi yaşanmıştır. Savaş sonrasında yapıların en ekonomik biçimde inşa etme çabaları hız kazanmıştır. Savaş koşullarına bağlı olarak binalar süslerden ve motiflerden arınmaya başlamıştır ve daha fonksiyonel yapılara yönelim olmuştur. Bu dönemden sonraki yıllarda oldukça somut bir şekilde görülen teknoloji savaşlarından yüksek binalar da nasibini almış ve gelişmeleri hız kazanmıştır. Mühendislik çözümlerinin artması yangın, aydınlatma ve havalandırma sorununa karşı çözümlerin artması binaların etkin bir şekilde gelişmesine yol açmıştır.

Taşıyıcı sistemdeki gelişmeler ve malzeme kalitesinin artması yapılar daha verimli inşa edilmeye başlanılmış ve projelendirme teknikleri geliştirilmeye başlanılmıştır. Gelişen taşıyıcı sistemler, yapım yöntemlerinde ve hesap yöntemlerinde büyük gelişmelere öncülük etmiştir. Bilgisayarlı tasarımlar ise yapım şartlarında kolaylık açısından köklü değişikliklere sebep olmuştur. Günümüzde gelişen programlar sayesinde bina yapımı similasyon ile analiz edilebilir hale gelmiştir. Bunun sonucunda daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmekte ve binalar bu sayede daha ekonomik olarak tasarlanabilmektedir.

Kafes-tüp sistemin ilk kullanıldığı gökdelen Fazlur Khan'ın 1963 yılında tasarladığı DeWitt Chestnut binasıdır. Fazlur Khan, gökdelenlere kattığı yeni taşıyıcı sistem ile pek çok binanın öncüsü olmuştur. John Hancock Binası, Willis Kulesi, Dünya Ticaret Merkezi, Petronas Kuleleri gibi binalarda Khan'ın bulduğu kafes-tüp sistemi kullanılmıştır (Beşer 2019). (Şekil 3.7.).

Tez çalışmasında da mimarisinden esinlenerek çalışmaların yürütüldüğü John Hancock binası ise Chicago'da 1969 yılında tamamlanmıştır. Gökdelen projesi ünlü mimar Jerry Wolman tarafından 1964 yılında tasarlandı. 100 katlı 344 m yüksekliğindeki John Hancock Merkezinde kullanılan tübüler sistem sayesinde daha az çelik kullanılmış, yapı eski örneklere oranla çok daha ekonomik olmuştur . John Hancock Merkezi aynı zamanda çok amaçlı kullanımı ile konut ve ofis türü yapıları birarada barındırarak yüksek bina kavramına yeni bir anlayış getirmiştir (Şekil 3.6.). John Hancock Merkezi tübüler sistem olarak inşa edildiğinden yapıya etkiyen yükler dış cephede yer alan tüpler aracılığıyla karşılanmaktadır. Çelik yapı taşıyıcı sisteminde dış kolonlar, diyagonel X çaprazları etkilidir (Eşsiz 2005).



Şekil 3.6. John Hancock binası görseli



Şekil 3.7. Fiat Binası, Dünya Ticaret Merkezi, Sears Tower görselleri

Taşıyıcı sistem, betonun gelişmesi, yangın güvenliği, havalandırma teknolojisi gibi birçok etkenin gelişmesiyle yüksek yapı yapılması dünya genelinde artmaya başlamış ve Amerika'da asıl gelişimini tamamlayan yüksek binalar dünyaya yayılmıştır. Ortadoğu ve diğer kıtalar daha sonra yüksek bina yapımında gelişim göstermişlerdir. 20. yüzyılın sonlarına gelindiğinde ABD ilk kez en yüksek bina unvanını kaybetmiş, bu unvan yerini 452 metre yüksekliğindeki, Petronas Towers 'a bırakılmıştır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Petronas Towers görseli

Mimar Cesar Pelli tarafından tasarlanan ve günümüzde de dünyanın en yüksek ikiz kulesi olma özelliğini elinde tutan Petronas Kuleleri İslam mimarisinden izler taşıyan bir yapıdır. 1998-2004 yılları arasında en yüksek bina olarak kabul edilmiştir. Yapının en dikkat çeken özelliklerinden biri de 41 ve 42. katlar arasında bulunan ve iki kuleyi birbirine bağlayan 58 metre uzunluğundaki çelik köprü yapıdır (Şekil 3.9.). Bu köprü yüksek yapılarda yangın sorununa çözüm üretmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu köprünün her iki kuleye tam olarak bağlantısı yapılmamıştır. Bunun nedeni yapıların rüzgar ve deprem esnasında bağımsız hareket etmelerini sağlamaktır.



Şekil 3.9. Petronas Towers 41 ve 42. katlarında bulunan çelik köprü görseli

2004 yılında yapımı tamamlanan Taipei 101 ile dünyanın en yüksek binası unvanını bu yapı ele geçirmiştir. “Taipei 101” adını sahip olduğu 101 kat sebebiyle almıştır. “Taipei Finans Merkezi” 460 metre yüksekliğe sahip olup en uç noktası 509 metre kotunu göstermektedir. Bina yapım aşaması sırasında ekonomik çözümler üretmek amacıyla birçok uygulamaya ev sahipliği yapmıştır. Yapı bu kapsamda aydınlatma, havalandırma, atık yönetimi, su yönetimi konusunda

birçok yenilik getirmiştir. Yapı aynı zamanda dünyanın en hızlı ikinci asansörüne sahip olma özelliğine de sahiptir. Taipei 101 dünyanın en uzun yeşil binası unvanını günümüzde de taşımaktadır (Şekil 3.10.). Mimari olarak bambu ağacından esinlenen yapı inşa aşamasında birçok teknik özelliği barındırmıştır. Bu özellikler ; en uç noktasına kadar betonu pompalama gücüne sahip üstün teknoloji pompaları, yüksek binalarda önemli bir sorun olan rüzgar karşısında eğilmesini engelleyen dev, ayarlı kütle sönümleyicileridir (Özçelik 2001).



Şekil 3.10. Taipei 101 binası görseli

2010 yılında inşasının tamamlanması ile "Dünyanın En Yüksek Binası" unvanını Burj Halife ele geçirmiştir. Günümüzde de en yüksek bina unvanı hala Burj Halife'nin elindedir. Binanın yükseldikçe ağırlığının artması sorununa karşı bir çözüm üreterek betonarme kütle üzerine çelik konstrüksiyon ile yapılmıştır. Yüksek binaların en büyük problemi olan rüzgar yüklerine de çözüm üreten yapı rüzgar yüklerini en aza indirmek amacıyla binanın hiçbir cephesi düz olarak tasarlanmamış, köşeleri de dairesel birleşimlerle yapılmıştır.

Günümüzde Burj Halifenin unvanını da elinden alacak bir yapı yükselmeye başlamıştır. 1 kilometre uzunluğunda yapımı planlanan Kingdom Tower olarak da adlandırılan "Burj al Mamlakah", Suudi Arabistan'da inşa edilmektedir. 1.2 milyar dolarlık bir fon ayrılan Cidde Kulesi'nin toplamı 2.2 milyar dolara mal olacağı tahmin edilmektedir. 1 kilometre olarak planlanan yapı Eyfel kulesinin yaklaşık 3 katı uzunluğunda olması planlanmaktadır (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11.: Kingdom Tower binası görseli

3.2.3. Dünyadaki En Yüksek Binalar

3.2.3.1. Burç Halife-828 m / Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri

Dünyanın en yüksek binası sıralamasında günümüzde lider konumda Burç halife bulunmaktadır. Birleşik Arap Emirliklerinde Dubai şehrinde yer alan 2010 yılında yapımı tamamlanan Burç Halife toplam 828 metre yüksekliğe sahiptir. İsmini Halife Bin Zayid El Nahyandan almıştır. Yapının mimarları Skidmore, Owings ve Merrill (Adrian Smith) dir. Toplam inşaat alanı 344.000 m^2 olan yapının yapım maliyeti 4.1 Milyar $ civarındadır. 160 katı kullanılabilir durumda olan yapı günümüzde en önemli mühendislik eserlerinden biri konumundadır. 2004 yılında inşa edilmeye başlamış olan yüksek bina; belirli bir kat seviyesine kadar betonarme kütleye sahipken üzerine çelik kütle ile devam edilmiştir. Bu anlamda dünyada ilk bina özelliğini taşımaktadır. Yapının 150. kattan sonrası çelik konstrüksiyonla devam etmektedir.

Burç Halifenin yapımında yüksek binaların en büyük problemlerinden biri olan rüzgâr yükü de dikkate alınmış ve bu konuya çözüm üretmeye çalışılmıştır. Tasarımı rüzgâr yüküne karşı dayanım gösterecek ve türbülansa karşı koyacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarımla stabilite arttırılmaya çalışılmıştır. Bina rüzgâr yüküne çözüm üretebilmek bina köşeleri dairesel tasarlanmıştır.

Burç Halife için 330 bin metreküp beton dökülmüş, 39 bin ton çelik kullanılmıştır. Yaklaşık 22 milyon saat çalışılmıştır. 95 km uzaklıktan görülebilen binada 57 asansör, 1044 daire, 3000 araçlık yer altı park yeri bulunmaktadır.

Dubai'de Müslümanlar yoğun olarak bulunduğundan bina tasarımında cami bulunmasına dikkat edilmiştir. 158. katında dünyanın en yüksekte bulunan camisi bulunmaktadır. Burç Halife en yüksek yapı olmasının yanı sıra birçok rekora ev sahipliği yapmaktadır.

3.2.3.2. Şanghay Kulesi - 632 m / Şanghay, Çin

Çinde 632 metre yüksekliğinde yer alan Şangay Kulesi dünyanın en yüksek 2. Binası unvanını korumaktadır. 29 Kasım 2008 de yapımına başlanan yapı 7 yıl boyunca süren inşaat aşamasının ardından 2015 yılında tamamlanmıştır. Şanghay kulesi bir Amerikan mimari firması olan Gensler tarafından dizayn edilmiştir. Dizayn ekibine Çinli mimar olan Jun Xia öncülük etmiştir. Şangay Kulesi 128 katlı olarak inşa edilmiştir (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Şanghay kulesi görseli

3.2.3.3. Mekke Kraliyet Saat Kulesi - 601 m / Mekke, Suudi Arabistan

Ebrac El Beyt Kuleleri olarak da bilinen Makkah Kraliyet Saat Kulesi, Suudi Arabistan'da Mekke şehrinde Osmanlı mirası Ecyad Kalesi yıkılıp yerine inşa edilen binalar kompleksidir. Makkah Kraliyet Saat Kulesi 601 metre yüksekliğe sahiptir. Bu yüksekliği ile dünyanın en yüksek 3. yapısı sıralamasında yer almaktadır. Suudi Arabistan'ın en yüksek binası olan bina ayrıca dünyanın en yüksek ve en büyük oteli olarak kabul edilmektedir. Yapının inşaatı 2004 yılında başlanılmış ve 2012 yılında tamamlanmıştır. Söz konusu yapı Suudi Arabistan hükümetine aittir. Merkezdeki otel binası dünyanın en geniş ön yüz saatine sahiptir. Yapı İslam dininin kutsal bir ibadet yeri olan Mescid-i Haram'a metreler uzaklıkta yer almaktadır. Ebrac El Beyt Kuleleri 120 kata sahiptir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Mekke Kraliyet Saat Kulesi Görseli

3.2.3.4. Ping An Finans Merkezi- 599 m / Shenzhen, Çin

Ping An Uluslararası Finans Merkezi, Çin Halk Cumhuriyeti'nin Shenzhen kentinde bulunan bir gökdelendir. Bina 115 kat olarak tasarlanmıştır. 2017 yılında inşasının tamamlanmasıyla dünyanın en yüksek binaları sıralamasına girmiştir. Yapı 599 metre yüksekliği ile birlikte dünyanın en yüksek 4. binası konumundadır (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Ping An Finans Merkezi Görseli

3.2.3.5. Lotte Dünya Kulesi- 555 m / Seoul, Güney Kore

Lotte Dünya Kulesi, Güney Kore'nin başkenti Seoul'de bulunan bir gökdelendir. Yapı 123 katlı olarak tasarlanmış ve inşaatı 2017 yılında tamamlanmıştır. Yapı 555 metre yüksekliği ile dünyanın en yüksek 5. binası konumuna yükselmiştir. Yapı ayrıca OECD'nin en yüksek binası unvanına da sahiptir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Lotte Dünya Kulesi Görseli

3.2.4. Türkiye'deki En Yüksek Binalar

Turkishtime dergisinin 13 Şubat 2017 sayılı yazısına göre Türkiye'deki en yüksek binalar sıralaması şu şekilde yapılmıştır:

1) Skyland İstanbul

2) İstanbul Sapphire

3) İstanbul Tower 205

4) Spine Tower

5) Folkart Towers

6) Anthill Residence

7) Varyap Meridian Grand Tower

8) Rönesans Tower

9) İş Kuleleri

10) Andromeda Gold

3.2.4.1. Skyland İstanbul-287 m

Ülkemizde şu ana kadar yapılmış en yüksek bina sıralamasında lider konumda bulunan Skyland İstanbul binasıdır. Konum olarak Şişli'nin Seyrantepe mahallesinde, Türk Telekom Arena'nın hemen yanında yer almaktadır. Yapının mimarı dünyaca ünlü mimar Broad Malyaz'dır. Skyland İstanbul 3 adet bloktan meydana gelmektedir. En yüksek bina unvanına sahip olmasını sağlayan ikiz kuleleri 287 metre yüksekliğine sahiptir. Skyland İstanbul tamamlandığı zaman en yüksek bina unvanını Sapphire'in elinden almıştır. Yapı 700 milyon

dolar yatırım bedeline sahip olmakla birlikte 46000 m^2 arsa alanına sahiptir. Yapı içerisinde konut, ofis ve alışveriş merkezleri yer almakla birlikte bu özelliğiyle karma kullanım yapısına sahiptir.

Skyland İstanbul yapım aşamasında deprem yönetmeliği ve yalıtım yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiştir. Radye temel, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiştir. Beton dayanımı C25 üstü beton sınıfı olacak şekilde kullanılmıştır. Skyland İstanbul inşa edilme aşamasında birçok mühendis tarafından son teknolojiye uygun bir biçimde yapılmıştır.

Şehir merkezinde yer alan yapı, ulaşım imkanlarının kolaylığı ve her türlü özellikleri içinde barındırması bakımından oldukça önemli konumdadır. Deniz ve ormanı gören yapı manzara olarak da avantajlara sahiptir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Skyland İstanbul görseli

3.2.4.2. İstanbul Sapphire-261 m

İstanbul Sapphire İstanbul'un Levent semtinde konumlanan 64 kata sahip olmakla birlikte Türkiye'nin en yüksek 2. binası konumundadır. Toplam 165.169 m²'lik inşaat alanına sahip yapıda 10 katı zemin altı olmak üzere toplam 64 kat bulunmaktadır. 30 metre anten ile yüksekliği 261 metreye erişmektedir. Bina taşıyıcı sistemi betonarme ve çelik olarak tasarlanmıştır. Yapıda bodrum katlar ve alışveriş merkezi katları betonarme olarak planlanmış, dış cephe ve devamı niteliğindeki alışveriş merkezi çatı örtüsü çelik konstrüksiyondur. Bina içindeki düşey sirkülasyonda, 8 adedi yüksek hızlı olmak üzere, toplam 14 adet asansör, 13 adet yürüyen merdiven ve 8 adet yürüyen yol bulunmaktadır.

Bina, dışarıdan bakıldığında yukarıya doğru hafifçe incelmektedir. Dördüncü kattan itibaren aşağı doğru genişleyerek, binanın yüzeyini kaplayan cam örtü yumuşak bir kıvrımla, yatay olarak binanın eteği şeklinde uzayarak cafe, bar, restoran ve dükkanların yer aldığı alanın üzerini, saçağa dönüşerek örtmektedir. Doğal ışıktan maksimum yararlanılan bu alan, çok katmanlı, hareketli, havaalanı yolcu salonlarında olduğu gibi tek bir büyük mekân olarak algılanmaktadır (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. İstanbul Sapphire Görseli

3.2.4.3. İstanbul Tower 205-228 m

İstanbul Levent'te Büyükdere Caddesi üzerinde yer alan İstanbul Tower 205 projesi 228 metre yüksekliğe sahiptir. Yapının mimarisi dünyaca ünlü Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM) tarafından tasarlanmıştır. Yapı 224 bin metrekare inşaat alanına sahiptir. 61 katlı, 228 metre yüksekliğindeki İstanbul Tower 205, şehrin en yüksek ve en etkileyici yapılarından biri olmuştur. İstanbul Tower 205'te bulunan 16 adet asansör, 25 saniyelik bekleme süresi ile Türkiye'nin en hızlı asansörleri olma özelliğini taşımaktadır. Üç boyutlu cephe tasarımı ile öne çıkan yapı, bölgede kendine ait yeşil alanı olan ilk bina olma özelliğini de taşımaktadır. Yapı çevreci ve tasarruf düşüncesiyle inşa edilmiştir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. İstanbul Tower 205 görseli

3.2.4.4. Spine Tower-202 m

Spine Tower Türkiye'nin en yüksek bina sıralamasında 4. sırada yer almakta, İstanbul Maslak'ta bulunmaktadır. Yapının yüksekliği 202 metre olup yapıdaki kat sayısı 56, yatırım maliyeti ise 150.000.000 dolardır. Denizden yüksekliği 300 metre, yerden yüksekliği 202 metreye ulaşan Spine Tower projesi, 10 bin metrekarelik taban üzerinde, 137.334 bin metrekarelik kapalı, 12 dönümlük yeşil alana sahip durumdadır. Spine Tower 8.5 şiddetindeki depreme dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Türkiye'nin ilk C80 beton sınıfı kullanılarak inşa edilen yapısıdır. Son katta bile camların açılabildiği cephe sistemi ile yapı tasarlanmıştır (Şekil 3.19.).



Şekil 3.19. Spine Tower görseli

3.2.4.5. Folkart Towers-200 m

Folkart Towers 200 metre yüksekliği ile 2014'te yapımı tamamlanan yapı Türkiye'nin en yüksek 5. yapısı sayılmaktadır. 27 bin metrekare arsa alanı üzerine inşa edilen Folkart Towers projesi İzmir'in Bayraklı ilçesinde yer almaktadır. İzmirli mimar Mehmet Yağcıoğlu tarafından tasarlanmıştır. Kat sayısı 46 olmak üzere 2 bloktan meydana gelmektedir. Toplam yatırım tutarı 150.000.000 dolar olan ikiz kulelerin 18. ve 40. katları arasında, 3.8 metre kat yüksekliğine sahiptir (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20. Folkart Towers Görseli

3.2.5. Yüksek Bina Tasarımında Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Seçimi

Yapı tasarımı özellikle inşaat mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Dünyada olduğu kadar deprem gerçeği ile yaşayan ülkemizde de doğal afetler karşısında can güvenliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Doğal afetler karşısında meydana gelecek olan hasarların önüne geçmek adına analizlerin en elverişli şekilde yapılması gerekmektedir. Binaların projelendirilmesi aşamasında en optimum malzeme ve taşıyıcı sistemin seçilmesi gerekmektedir.

Zamanla yüksekliği artan binaların tasarım sorunu gündeme gelmiştir. Yüksek yapıların doğal afetler karşısında deprem davranışı bilgilerinin sınırlı sayıda olması ve tam olarak anlaşılamaması bu sorunların en temel sebebidir.

Yüksek yapıların taşıdığı yükler normal katlı binalardan çok daha fazladır. Yapılar yükseldikçe ağırlığı artmakta, deprem yüklerine ek olarak rüzgar yükü de tasarımda önemli bir parametre olmaktadır. Bu yükler karşısında yapının kesitleri daha fazla zorlanmakta ve artan kesit ölçüleri maliyetli olmaktadır. Uygun bir tasarım ile kesitler daha ekonomik olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı yüksek binalarda tasarım oldukça önemli bir hal almaktadır. Yüksek

binanın tasarımı için en önemli konular taşıyıcı sistem ve malzeme seçimi olmaktadır (Koç ve Ark. 2009).

Genel olarak irdelenecek olursa yüksek binaların tasarımında kullanılan malzemeler 3 kısıma ayrılır. Bunlar; betonarme, çelik ve kompozit malzemelerdir. Yapı malzemelerin seçiminde malzemenin ulaşım olanakları, ekonomik temin kabiliyeti ve malzemenin dayanımı dikkate alınmalıdır.

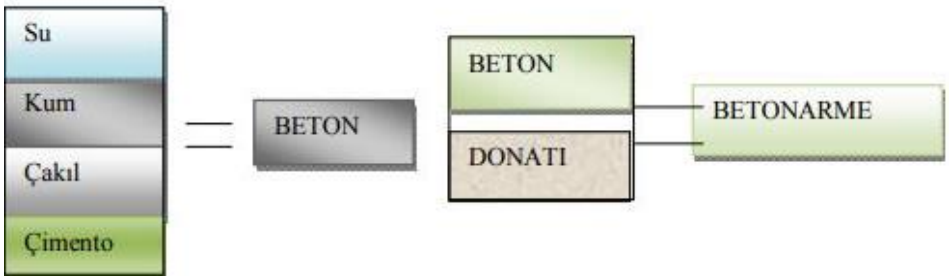
Yüksek yapıların tasarımında kullanılan taşıyıcı sistemeler ise bazı bölümlere ayrılır. Bunlar; çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, çerçeve ve perde duvarlı sistem, çekirdek sistem, tübüler sistem vb sistemlerdir. Taşıyıcı sistem seçiminde ise en önemli konu yatay yükler karşısında yapının gösterebileceği dayanım kabiliyetidir. Taşıyıcı sistem seçiminde yükler dikkate alınacak şekilde en ekonomik taşıyıcı sistem seçilmelidir.

Taşıyıcı sistem seçiminde yapıya etki eden düşey ve yatay yükler dikkate alınmaktadır. Yapılara etkiyen düşey yükler sabit ve hareketli yükler olup, sabit yükler yapıya sürekli etki eden, hareketli yükler ise zamanla değişkenlik gösteren yüklerdir. Yüksek yapı tasarımında dikkate alınması gereken yatay yükler rüzgar, çarpma ve deprem yükleridir. (Hasgür ve Gündüz 1992)

3.2.5.1 Yüksek Binalarda Malzeme Seçimi

Yüksek bina tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde de belirtildiği üzere özel tasarım kuralları içermektedir. Yüksek binalarda kullanılan malzemeler yönetmeliğimizde belirtildiği üzere betonarme, çelik ve kompozit olarak seçilebilmektedir. Malzeme seçiminde, malzeme özelliklerinin ve temin olanaklarının göz önünde bulundurarak en ideal malzeme seçiminin yapılması gerekmektedir. En optimum malzeme seçimi ile yapının ekonomik, dayanım ve kullanışlı olmasının sağlanması gerekir (Koç ve Ark. 2009).

Beton; agrega, çimento ve suyun uygun oranlarında karışımı ile meydana gelen yapı malzemesidir (Şekil 3.21.). Beton malzemesi kalıba konulduktan sonra zamanla dayanım kazanan bir malzemedir. Beton yapı malzemesine donatı çeliğinin ilave edilmesi ile betonarme elde edilmektedir. Beton basınç dayanımına karşı yüksek dirençli bir malzeme olmakla birlikte çekme dayanımına karşı düşük dayanımdadır. Bu nedenle beton malzemesinin içine eklenen inşaat çeliği ile çekme dayanıma karşı dirençli ideal bir malzeme oluşturulmuştur.



Şekil 3.21: Betonarme birleşim malzeme içeriği

Beton malzeme olarak gevrek malzeme olup sünek olan çelik malzemesi ile güçlendirilerek betonun mukavemeti arttırılmaktadır. Beton yangına karşı dayanıklı bir malzeme olup bu özelliği de onun tercih edilme sebeplerinden biridir. Ancak çelik ise yangına ve korozyona karşı dayanıksızdır. Çeliğin beton örtü ile sarılması ile yangın ve korozyona karşı betonarme elemanın dayanımı arttırılır. Özetle beton ve çelikten oluşan betonarme malzemesi ile birbirlerinin zayıf yönlerini örten dayanıklı bir malzeme elde edilir. Betonarme malzemesinde beton basınç gerilmelerine çelik ise çekme gerilmelerine karşı çalışır.

Betonarme günümüzde yapı malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun başlıca sebepleri arasında ekonomik oluşu, betonun kolayca işlenip şekil verilebilmesi, ham maddesinin (agrega ve su) kolayca tedarik edilebilmesi, yüksek basınç dayanımı yer alır.

Betonarmenin birçok inşaat alanında kullanımı bulunmaktadır. Çok katlı yapılarda, köprülerde, yol ve alan kaplamalarında, barajlarda, istinat duvarlarında, tünellerde, viyadüklerde vb. gibi kullanım alanları bulunmaktadır. Binalarda ise betonarme yapı malzemesi temel, kolon, kiriş ve döşemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde 1918-1922 yılları arasında inşa edilen ilk çok katlı betonarme yapısı, İstanbul Lâleli'de yapılan Crawne Plaza Otel (Tayyare apartmanları) binasıdır. Bu bina aynı zamanda ülkemizde yapılan ilk toplu konut olma özelliğini de taşımaktadır.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan betonun hazırlanması, bakımı ve dökümüyle ilgili TS 1247 ve TS 1248 standartları mevcuttur. TS 1247 standardı normal hava koşullarında beton yapım, döküm ve bakım kurallarına dairdir. Bu standart istenen kıvam, işlenebilme özeliği, dayanım ve dayanıklılıkta beton yapabilmek için normal hava koşullarında uyulması gereken yapım, döküm ve bakım kurallarını kapsamaktadır. Bu standart 19.11.2018 tarihinde güncellenmiştir (TS1247 1984). TS 1248 standardı ise, istenen kıvam ve işlenebilme özelliğinde yeterli dayanım ve dayanıklılıkta beton yapabilmek için betonun hazırlanması, dökümü ve bakımında anormal hava şartlarında uyulması gereken kuralları kapsar. Bu standart, normal hava şartlarında betonun hazırlanması, dökümü ve bakım kurallarını kapsamaz. Bu standart

08.03.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. (TS1248 1989). Yapılan araştırmalarda bakımı yapılmamış betonların veya iyi sıkıştırılmamış betonların dayanımlarının düşük olduğu ve çevre etkilerine dayanıksız olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenden dolayı her inşaat mühendisinin betonun istenen dayanıma ulaşmasını sağlamak amacıyla bu standartları iyice okuyup anlamalı ve önemini idrak etmelidir.

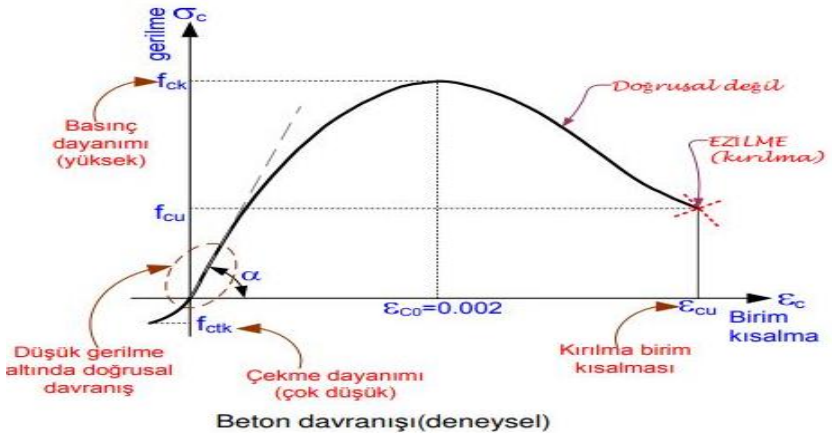
Betonarmenin avantajlı yönleri olduğu kadar dezavantajlı yönleri de mevcuttur. Bu dezavantajlardan belki de en önemlisi betonarme malzemenin projeye uygun olarak yapılarda kullanılmamasıdır. Projede belirtildiği oranda donatı içermeyen betonarme karışımlar yapıya oldukça ciddi zararlar vermekte hatta yapının çökmesine sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra taze betonun sertleşinceye kadar yerinde kalabilmesini sağlayan kalıp elemanların maliyetli oluşu, beton bileşiminin hazırlanması, yerleştirilmesi ve sertleşinceye kadar uyulması gereken kurallara dikkat edilmediğinden bu özellikler betonarme malzemesinin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Betonarme elemanlarının yüksek binalar içinde en önemli dezavantajı yapının yüksekliğinin arttıkça ağırlığının artmasıdır. Yapı yüksekliği arttıkça yapıya etkiyen yatay yükler artmakta ve bunun sonucunda yapı elemanları daha fazla zorlanmaya başlamaktadır.

Çizelge 3.2. Beton sınıfları ve dayanımları (TS500)

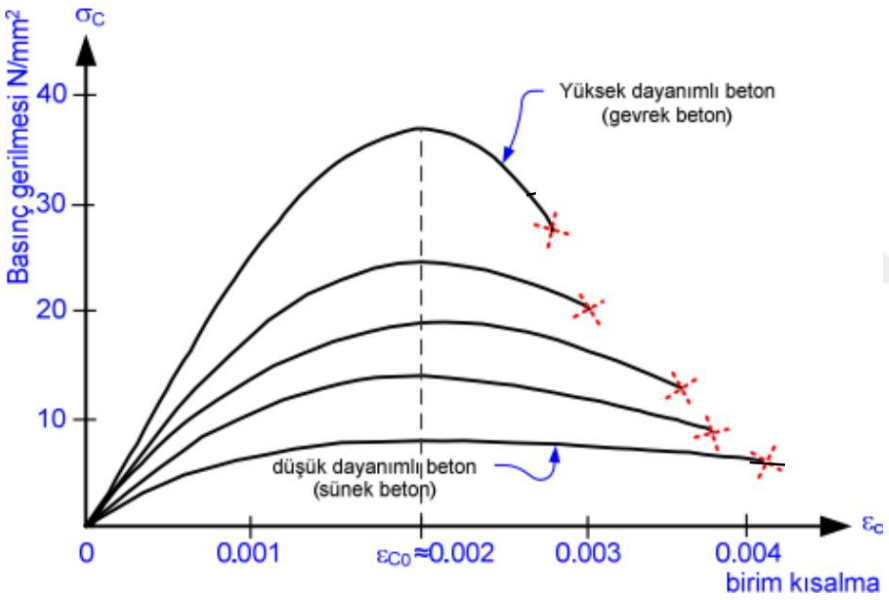
Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir (150 mm x 300 mm) Basınç Dayanımı, fck MPa	Eşdeğer Küp (150mmx150mm) Basınç Dayanımı,fck MPa	Karekteristik eksenel çekme Dayanımı, fctk MPa	28 Günlük Elastisite Modülü Ec MPa
C16	16	20	14	27000
C18	18	22	15	27500
C20	20	25	16	28000
C25	25	30	18	30000
C30	30	37	19	32000
C35	35	45	21	33000
C40	40	50	22	34000
C45	45	55	23	36000
C50	50	60	25	37000

Beton dayanımının artması betonarme yapılarında dayanımını arttırmaktadır. Betona meydana gelen dayanım artışı ile şekil değiştirme ters orantılıdır (Çizelge 3.2.). Betonun dayanımı arttıkça betonda meydana gelen şekil değiştirme azalmaktadır. Diğer bir çok yapı malzemesi gibi, beton da belirli bir mertebeye kadar elastik davranış gösterir. Bilindiği üzere yük altında belirli mertebede şekil değiştirme gösteren, yük kaldırıldığında ilk haline dönen malzemelere elastik malzemeler denilmektedir. Herhangi bir beton sınıfı için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi Şekil 3.22.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Beton Gerilme - Şekil Değiştirme Grafiği (Topçu 2017)

Dört farklı dayanıma sahip betonun gerilme-deformasyon diyagramlarının aynı grafik üzerinde çizildiğinde elde edilen grafik Şekil 3.23.'te mevcuttur.



Şekil 3.23. Dört farklı dayanıma sahip betonların gerilme - şekil değiştirme grafiği (Onat Betonarme1 Ders Notları)

Betonarme malzemesinin ana özelliklerinden biri olan donatı çeliklerinin mekanik özellikleri Çizelge 3.3.'te gösterilmiştir. Donatı çeliğinin betonarme malzeme ile birleşimi sırasında paspayına önem gösterilmeli, korozyona uğramamasına dikkat edilmelidir.

Çizelge 3.3. Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları				Hasır Donatı	
	Doğal Sertlikte			Soğukta işlem Görmüş		
	S220a	S220a	S500a	S420b	S500bs	S500bk
Minimum akma dayanımı f_{yk} (MPa)	220	420	500	420	500	500
Minimum kopma dayanımı	340	500	550	550	550	550
$\Phi \leq 32$ Minimum kopma uzaması	18	12	12	10	8	5
$32 < \Phi \leq 50$ Minimum kopma uzaması	18	10	10	10	8	5

Çelik veya kompozit malzemelerle inşa edilen yüksek yapılarla karşılaştırıldığında, betonarme yüksek yapılar mimari özgünlük sağlamaktadır. Kayan kalıplar, tünel kalıplar ve tırmanan kalıplar gibi beton yerleştirme tekniklerindeki yeni gelişmeler betonarme yapıların gelişmesine katkıda bulunulmuştur. Geçmişten günümüze kadar inşa edilen yüksek binalar incelendiğinde; betonarme malzeme yapıya yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik sağladığı için tercih edildiği görülmüştür. Yüksek bina tasarımında betonarme malzeme seçimi yaparken diğer tüm malzemelerde olduğu gibi malzemenin avantaj ve dezavantajları dikkate alınmalı, taşıyıcı sistemle uyum sağlayacak optimum tasarım yapılmalıdır. Hangi beton sınıfının kullanılacağı tasarımla seçilmeli, yapı performansı iyice anlaşılarak donatılar seçilmelidir.

Mekanik olarak işlenebilen yani, dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil alabilen demir alaşımlarına çelik denir. Çelik malzemesinin mekanik özelliklerini belirleyici en önemli parametre içeriğindeki karbon miktarıdır. Çelik malzemesinin içindeki karbon miktarı arttıkça mukavemeti ve sertliği artmakta ancak buna bağlı olarak işlenebilirliği yani şekil değiştirme ve kaynaklanabilme özelliklerini azalttığından karbon miktarı belli bir oranı geçmemelidir. Ayrıca çelik malzemesinde sertliğin artması sünekliğin azalmasına çeliğin gevrek davranmasına sebep olmaktadır.

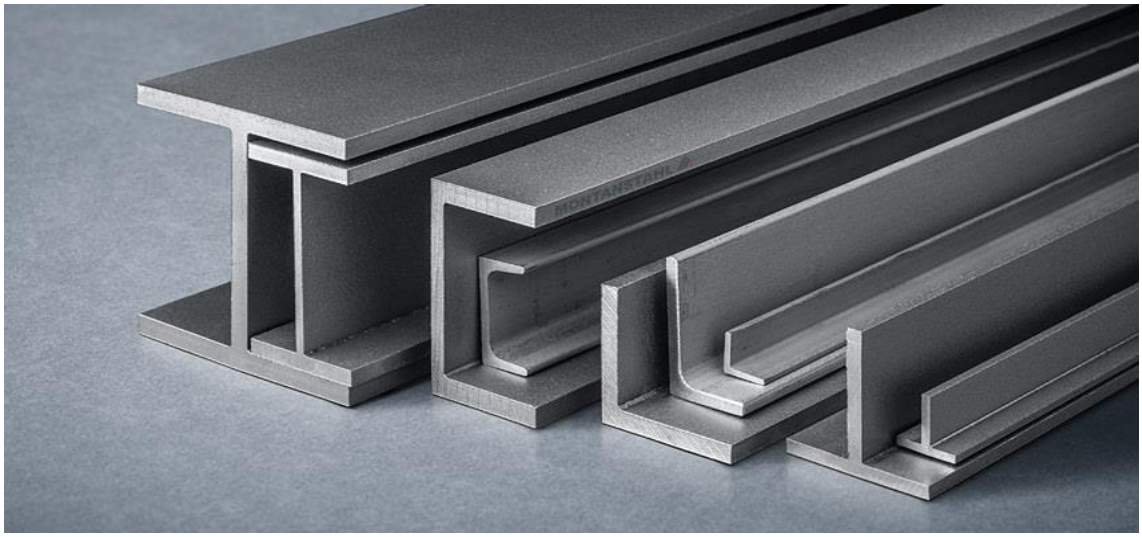
Yüksek binalarda kullanılan çelik konstrüksiyon inşaat süresini kısalttığından dolayı çok tercih edilen bir yapı malzeme türüdür. Çelik konstrüksiyonun hem deprem yüklerine karşı dayanıklı oluşu hem de yapı ağırlığının az olması tercih sebeplerinden bir tanesidir. Ancak ülkemizde pek çok kullanım alanı bulamamaktadır. Bunun sebebi beton malzemesinin yapılarda gelenekselleşmiş kullanımı ve yeterli kalifiye elemanın bulunmamasıdır. Dünyada betonarme malzeme ile yapılan yüksek binaların artan yükseklikle birlikte ağırlığının artması ve bu soruna karşılık çeliğin hafif bir malzeme oluşu yüksek binalarda daha çok tercih edilmesine sebep

olmuştur. Çelik yapılar günümüzde genellikle sanayi yapılarında, köprülerde, sosyal yapılarda, çok katlı yapılarda, gökdelenlerde kullanılmaktadır.

Çelik malzemesinin yapı malzemesi olarak seçiminde bir çok avantajlı yönleri etkilidir. Çeliğin ekonomik oluşu, yapım süresinin kısa oluşu, yapım süresine bağlı olarak işçilik ücretinden kar edilmesi , daha geniş açıklıklara imkan vermesi, çeliğin geri dönüşümü olan bir malzeme oluşu tercih edilme sebepleri arasında sıralanabilir. Ayrıca çelik malzemesinin elastiklik modülü diğer malzemelere oranla daha çok yüksektir. Dolayısıyla çelik malzemesi yüksek mukavemetlidir. Çelik ayrıca sünek bir malzeme olduğundan büyük şekil değiştirmeler yapabilir. Çelik malzemesi inşaat sırasında yapımı genellikle büyük parçalar halinde kaynaklı veya mekanik birleşimler yapılmak suretiyle atölyelerde hazırlanır ve şantiyede bulonlar yardımıyla montajı yapılır ve birleştirilerek tamamlanır. Böylece yapım süresinin kısalmasıyla büyük bir avantaj sağlamaktadır. Çelik yapının montajı tamamlandığı anda tam yükle çalışmaya başlar.

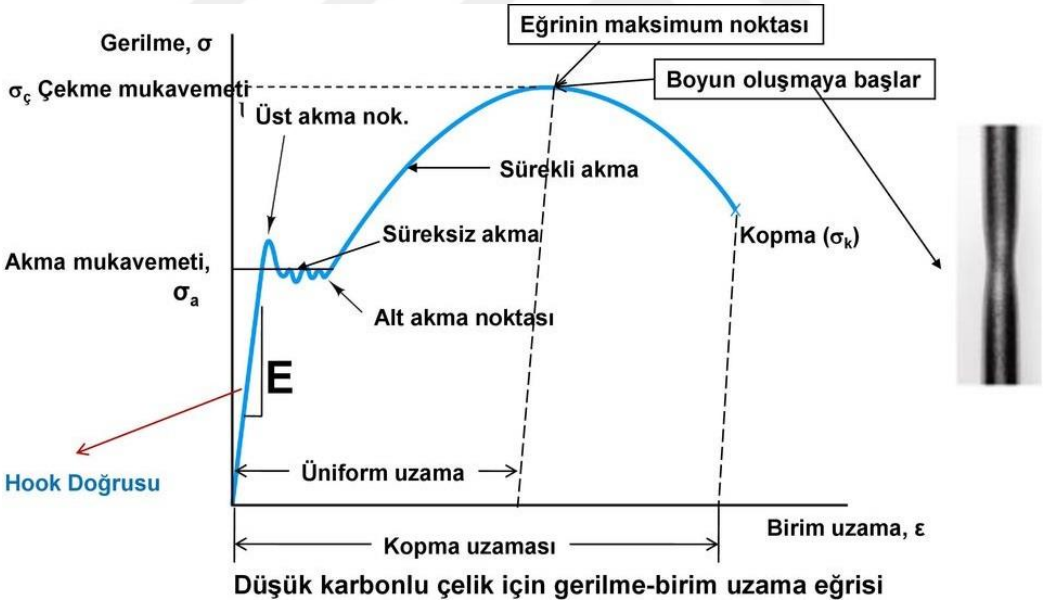
Avantajlarının yanında çelik malzemesinin birçok dezavantajları da mevcuttur. Çeliğin yangına karşı düşük dayanımlı olması yani belirli bir sıcaklıktan sonra mukavemetinin azalması, paslanmaya karşı dayanıksız olması, asit, baz ve suya karşı dayanıksız olması, ses ve ısıyı iyi ilettiğinden yalıtım gerektirmesi dezavantajlarından bazılarıdır. Çeliğin bu olumsuz özelliklerine karşı bakımının sürekli yapılması, yanmaya karşı dayanıklılık kazanması için yalıtım malzemesi ile kaplanması, paslanmaya karşı dayanım kazanması için boyama ve korozyona karşı dayanıklı özel alaşımlı çelik kullanılması önlemleri ile olumsuzlukları giderilebilmektedir.

Üretilen çelik haddeleme adı verilen şekillendirme işlemine tabi tutulursa istenilen şekli alan ürünler elde edilir. Haddeleme işlemi sonucu yapılan çelikler profil, lama ve levha olarak sınıflandırılabilir. Çelik profil türleri I profil, U profil ,L profil ,T profil ,Z tipi profil, boru tipi profil, tüp tipi profil, ray profil ve özel profiller olarak sıranabilir. Çeşitli profil tipleri gösterimi Şekil 3.24.'te mevcuttur.



Şekil 3.24. Çeşitli çelik profil türleri

Şekil 3.25'te çelik malzemesinin çekme deneyinden elde edilen gerilme şekil değiştirme grafiği mevcuttur. Çeliğin mekanik özellikleri; Elastisite modülü, E = 2.1x10^6 kg/cm^2 , Kayma Modülü, G=E/2(1+ν) = 810000 kg/cm^2 , Poisson Oranı, ν = 0.3 , Isıl genleşme katsayısı (α) = 0.000012 değerlerine sahiptir.



Şekil 3.25 Çelik gerilme şekil değiştirme grafiği (Zor 2018 Mukavemet Ders Notları)

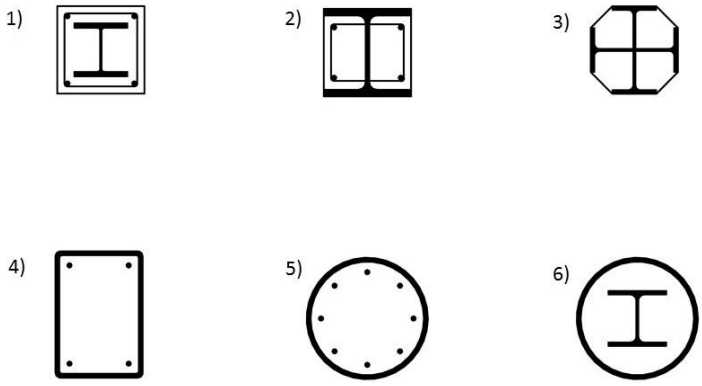
Türkiye'de çelik ve kompozit yapılarda güvenli tasarımlar yapabilmek amacıyla kullanılması gerek kuralları için Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik mevcuttur. Yönetmelik 15 Şubat 2018 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanmıştır.

Geçmişten günümüze kadar inşa edilen yüksek binalar incelendiğinde çelik malzemesinin yüksek binalarda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Çelik malzemesi

yüksek yapılarda yapının yapım süresinin hızlı olmasını sağlaması, daha büyük açıklıklara imkan vermesi, yüksek binalardaki sorunların başında olan yapı ağırlığının daha az olmasını sağlaması, projede yapılabilecek düzenlemelere imkan vermesi gibi sebeplerden ötürü tercih edildiği görülmektedir. Yüksek bina tasarımında çelik malzeme seçimi yaparken malzemenin avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak yapı performansına uygun, taşıyıcı sistemle uyumlu tasarım yapılmalıdır.

Kompozit malzeme; çelik ve betonarme malzemelerinin bir arada kullanıldığı malzemelerdir. Kompozit malzeme tasarımında esas amaç betonarme ve çelik malzemesinin birlikte kullanılarak her iki malzemenin de dezavantajını en aza indirgemek ve en ideal tasarımı elde etmektir. Son yıllarda inşa edilen yüksek binalar incelendiğinde kompozit malzemelerin daha çok tercih edilmeye başlandığı görülmektedir.

Betonarme malzemelerde yapı yükseldikçe kesitlerin ekonomik olmaktan çıkması ve ağırlığının fazla olması; çelik malzemesinin ise yangına karşı direncinin düşük olması ve ekonomik olmaması dezavantajları mühendisleri kompozit (karma) malzemeleri kullanmaya yöneltmiştir. Çeliğin yapım sürecinin kısa olması, ağırlığının az olması, mukavemetinin yüksek olması ile betonarmenin ekonomik oluşu ve yangına karşı direnci bir araya getirilerek oluşturulan kompozit malzeme ile yapıların optimum tasarımı yapılmaya çalışılmaktadır (Şekil 3.26.).



Şekil 3.26. Kompozit kolon türleri

Dünyada yapılan yüksek binalar incelendiğinde yapı tasarımında en çok kullanılan malzeme çelik olmakla birlikte ikinci sırada kompozit malzeme yer almaktadır. Son yıllarda inşa edilen yüksek binalar incelendiğinde kompozit yapıların daha çok tercih edildiği görülmektedir.

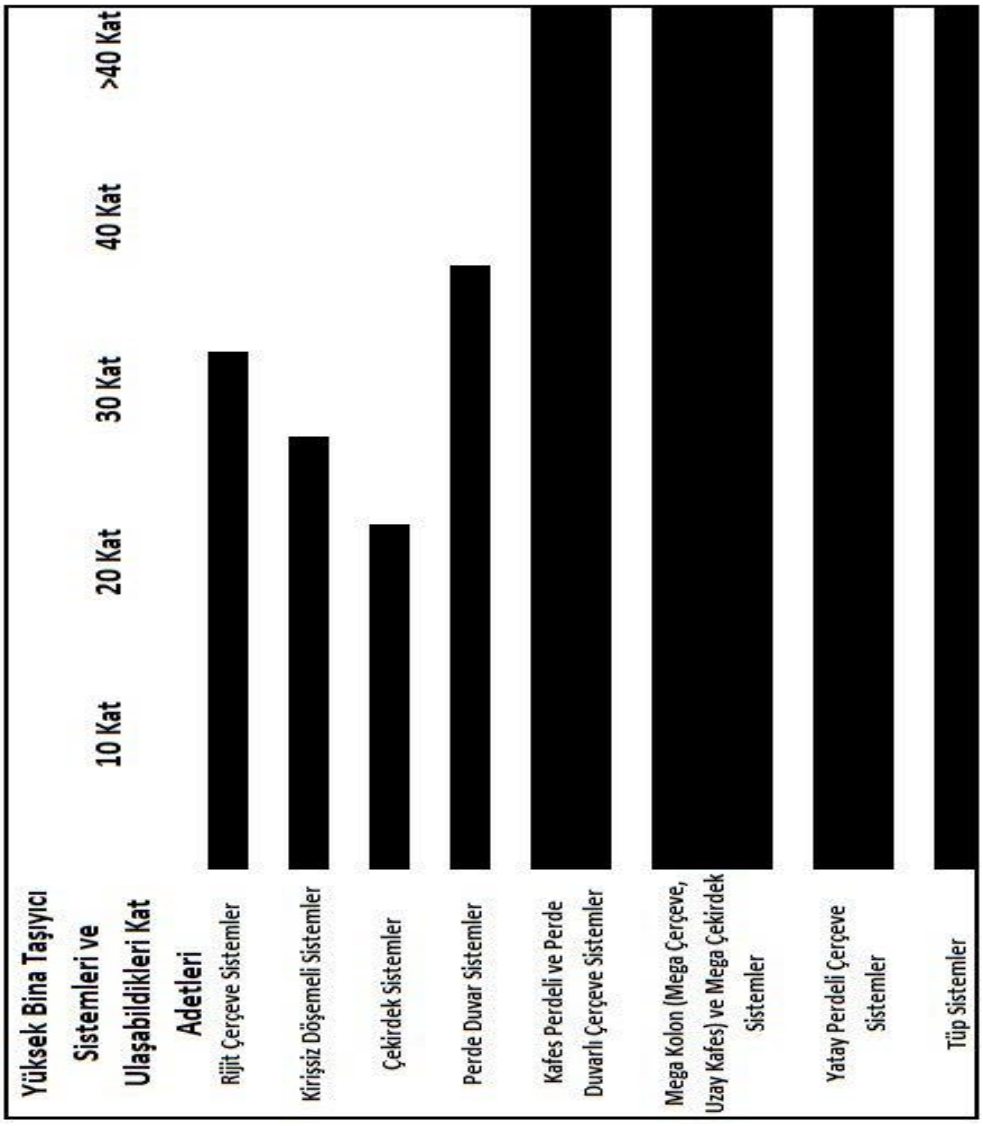
3.2.5.2. Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçimi

Yüksek binalarda taşıyıcı sistem seçimi tasarım açısından en önemli sorunlardan bir tanesidir. Tasarım yapılırken yapı iyice analiz edilmeli ve en uygun taşıyıcı sistem seçilmelidir. Taşıyıcı sistem seçiminde basit, akılcı, en ekonomik, deprem davranışı öngörülebilen en ideal taşıyıcı sistem seçimine özen gösterilmelidir. Optimum malzeme ve taşıyıcı sistem seçimi ile yapının ağırlığı ve maliyeti azaltılabilir. Taşıyıcı sistemler binada kullanılan kat adedi, yapı yüksekliği, kullanılan malzeme ve yapının kullanım çeşidine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Yüksek binalarda taşıyıcı sistem, binanın biçim ve işlevi, dolayısıyla mimari tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. Taşıyıcı sistemin çelik, betonarme veya kompozit olmasında malzeme temin kolaylığı ekonomik açıdan belirleyici rol oynamaktadır. Bunun yanında geleneksel yapım teknikleri de bu konuda önemli bir parametredir. Buna bağlı olarak Kuzey Amerika'da çelik, Uzak Doğu'da ise betonarme veya kompozit taşıyıcı sistem kullanılmaktadır.

Yüksek binaya etkiyen yükler; sabit yükler, hareketli yükler, yatay yükler (rüzgar yükleri, deprem yükleri, patlama yükleri ve çarpma yükleri) olarak sıralanabilmektedir. Özellikle düşük katlı yapılarda dikkate alınmayan rüzgar yükleri yüksek çelik binalar için 150 metre, yüksek betonarme binalar için ise 250 metreden sonra birinci dereceden sonra etkili olduğu düşünülmektedir.

Yüksek binalarda kullanılan başlıca taşıyıcı sistemler; çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, çerçeve ve perde duvarlı sistem, çekirdekli sistem ve tübüler sistem vb sistemler olarak sıralanabilir. Tez kapsamında incelenecek olan tübüler taşıyıcı sistemler ise kendi içlerinde demet tüp, çerçeve tüp ve kafes tüp olarak sınıflandırılabilmektedir. Şekil 3.27'de kat sayısına göre kullanılabilen taşıyıcı sistem grafiği listelenmiştir. Bu liste incelenecek olursa taşıyıcı sistemlerin en verimli ve en ekonomik şekilde ulaşacağı kat sayısı mevcuttur. Mega kolon ve mega çekirdekli sistemler, yatay perdeli çerçeve sistemler, tüp sistemler 40 katın üzerindeki yüksek binalarda kullanılabilir.



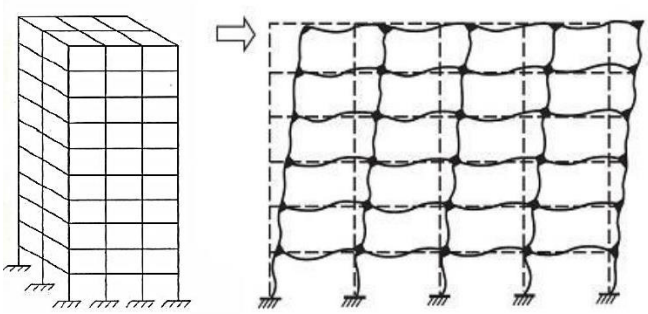
Şekil 3.27. Kat sayısına göre kullanılabilen taşıyıcı sistem grafiği

Çerçeve sistem kolon, kiriş ve döşemelerin bir arada kullanılmasıyla oluşan taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 3.28.). Yüksek binalarda çerçeve sistemde kolon ve kirişler birbirlerine rijit olacak şekilde bağlanır. Taşıyıcı sistemde düşey yükler döşemeler aracılığıyla kirişlere aktarılır, kirişlerden kolonlara aktarılan yükler buradan da güvenilir bir şekilde temele aktarılmış olur.

Çerçeve sistemlerin süneklik kapasiteleri yüksektir bu nedenle deprem yükleri gibi yatay yükler karşısında enerji sönümleme kapasitesine sahiptir. Çerçeve taşıyıcı sisteminde yük taşıma kapasitesi kolon ve kirişlerin mukavemetine bağlı ve sistemdeki bağlantı noktalarındaki rijitliğe de bağlıdır. Çerçeve sistemin yük taşıma kapasitesi kat yüksekliği ve kolon aralıkları büyüdükçe azalır.

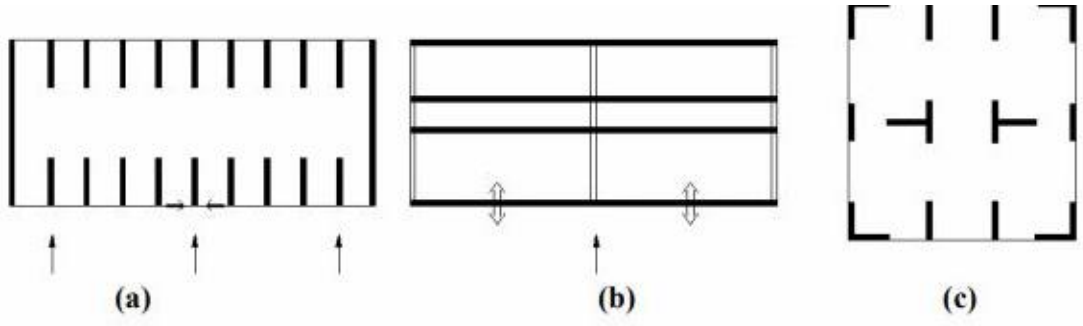
Yaygın olarak yüksek yapılarda kullanılan çerçeve sistemler çelik profil veya betonarme elemanlar ile yapılabilmektedir. Çerçeve sistem pencere ve kapı boşluklarının planlama

aşamasında düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Çerçeve sistemlerde kolon ve kirişlerin aynı düzlem içinde olan taşıyıcı sistemlerine düzlem çerçeve, farklı düzlemler içinde birbirine paralel olan çok sayıda düzlem çerçevelerden oluşan çerçeve sistemlerine ise uzay çerçeve denilmektedir. Çerçeve sisteminin en büyük dezavantajı yatay yükler altında çok fazla oranda yer değiştirme yapmasıdır. Rijit çerçeve sistemler genellikle çelik yapılar için 30, betonarme yapılar için 20 kata kadar ekonomik olarak görülmektedir (Ilgın ve Günel 2008)



Şekil 3.28. Çerçeve sistem

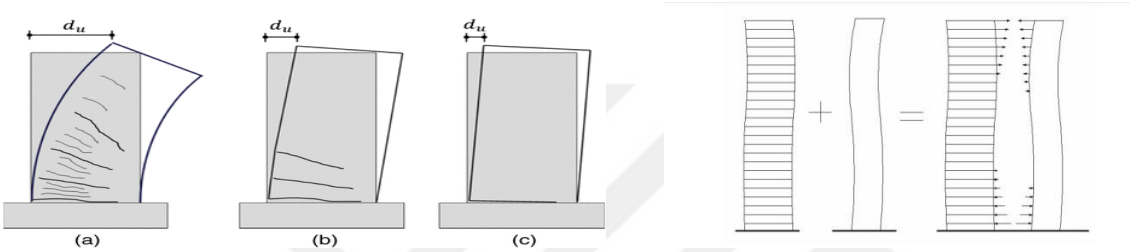
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde; dikdörtgen betonarme perdeler, kesitteki uzunluğunun kalınlığına oranı en az 6 (altı) olarak belirlenen taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdan da anlaşılabildiği üzere perdeler, plandaki uzun kenarın kısa kenara oranı 6 olan elemanlardır. Perde sistemler yapıdaki rijitlik ve dayanımı arttırmakta ve yanal yer değiştirmeyi sınırlamaktadır. Perdeler deprem ve rüzgar yüklerini önemli ölçüde taşıyan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdelerin düzlem içi rijitlikleri yüksektir (Şekil 3.29.).



Şekil 3.29. Perde duvarların yapı içerisindeki gösterimi

Temele ankastre ya da yarı ankastre olarak oturan perdeler konsol şeklinde çalışmaktadır. Çerçeve sisteme az katlı binalarda daha ekonomik ve uygun taşıyıcı sistemler olmakla birlikte yapı yüksekliği arttıkça taşıyıcı sistemde perde kullanılması daha avantajlıdır. Çok katlı binalarda perde bulunmaması durumunda kolon boyutları büyümekte ve kesitler ekonomik olmaktan uzaklaşmaktadır. Yapılarda perde bulunması perdesiz sistemlere oranla düzensizlikleri azaltmaktadır.

Perdeler çerçeve sistemlere göre daha rijit olduğundan süneklik kapasiteleri daha azdır. Bu nedenle çerçeve sistemlere oranla deprem karşısında yatay ötelenmeleri sınırlıdır. Enerji sönümleme güçleri ise çerçeve sistemlere göre daha fazladır (Şekil 3.30.). Kat sayısı arttıkça yatay yüklere karşı gerekli olan yatay rijitliğin sağlanabilmesi için perde sistemlerin kullanılması zorunlu bir hale gelmektedir. Perdeli sistemler çok katlı yapılarda deprem kuvveti karşısında yapının göçmeden ayakta kalabilmesi için kullanılan perdeler farklı geometriye sahip olabilmektedir. Optimum geometriye sahip olacak şekilde tasarlanan perde sistemler diğer sistemlere oranla daha fazla enerji sönümleyebilmektedir. Perde sistemlerin ideal bir şekilde çalışabilmesi için güçlü kolon zayıf kiriş olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.



Şekil 3.30. Perde ve çerçeveli sistemlerin şekil değiştirme modları

Perde sistemler boşluksuz ya da boşluklu (bağ kirişli) perde olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Kapı pencere boşluklarının bırakılması amacıyla perde elemanlarda düşey bir süreksizlik meydana getirecek şekilde tasarlanan sistemlere boşluklu perde sistemler denilmektedir. Boşluklu betonarme perdeler birbirine bağ kirişi ile bağlanarak sistem oluşturulur.

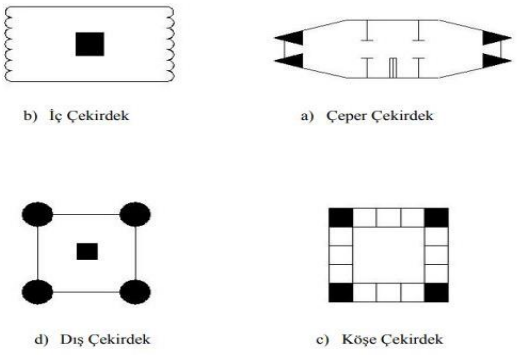
Çekirdekler yatay yüklere karşı zeminden konsol olarak çıkan büyük yapı elemanları olarak tanımlanabilmektedir. Yüksek binaların taşıyıcı sistem tasarımında yüklerin tamamı veya bir kısmı binanın farklı yerlerinde konumlandırılmış çekirdek sistemler ile karşılanabilmektedir. Çekirdek perdenin tasarımında çekirdeğin konumunun binanın merkezine yerleştirilmesine ve planda her iki ana eksene göre simetrik veya simetriğe yakın taşıyıcı sistemlerin seçimine özen gösterilmesi gerekmektedir. Çekirdekli sistemlerde çekirdeğe yardımcı çerçeve veya perde duvarlar kullanılabilir.

Çekirdekteki eğilme ve kayma gerilmeleri kesitte burulma olmayacağı varsayımı ile kutu kesitli bir kirişinkine benzemektedir. Çekirdek sistemler aynı zamanda düşey yükleri de taşıdığından, üzerine etkiyen basınç kuvvetleri öngerme etkisi yapmaktadır. Böylece yatay kuvvetlerle oluşan eğilmeye bağlı çekme gerilmeleri için ayrıca bir sistem tasarlanmasına gerek kalmamaktadır. Bu durum özellikle ağır beton çekirdekler için geçerlidir ve normal gerilmeler çekirdek malzemesinin kayma dayanımını arttırmaktadır.

Taşıyıcı sistemlerde perdelerin birleştirilmesiyle oluşan çekirdek ya da çekirdekler yapılarda büyük açıklıkların kullanılmasına izin vermektedir. Son yıllarda inşa edilen yapıların kullanım amacı çok çeşitlilik göstermekte ve birden fazla kullanım amacı içeren yüksek binalar yapılmaktadır. Bu nedenle yüksek binalarda bu ihtiyaca paralel olarak ortaya çıkan büyük alan ve plan şartları sorununa çözüm üreten çekirdek sistemler çok tercih edilmektedir.

Çekirdek geometrisi kare, dikdörtgen, üçgen veya daire şeklini alabilmektedir. Yüksek binada kullanım alanının verimi arttırmak ve ekonomik yapılar tasarlamak amacıyla çekirdek boyutlarının mümkün olabildiğince küçültülmesi gerekmektedir. Genel olarak çekirdek alanı yapıda tüm döşeme alanının %20-25 kadarını kapladığı görülmektedir. Çekirdek sayısı tasarıma bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmektedir (Şekil 3.31.). Çekirdek açık ve kapalı olarak dizayn edilebilmektedir.

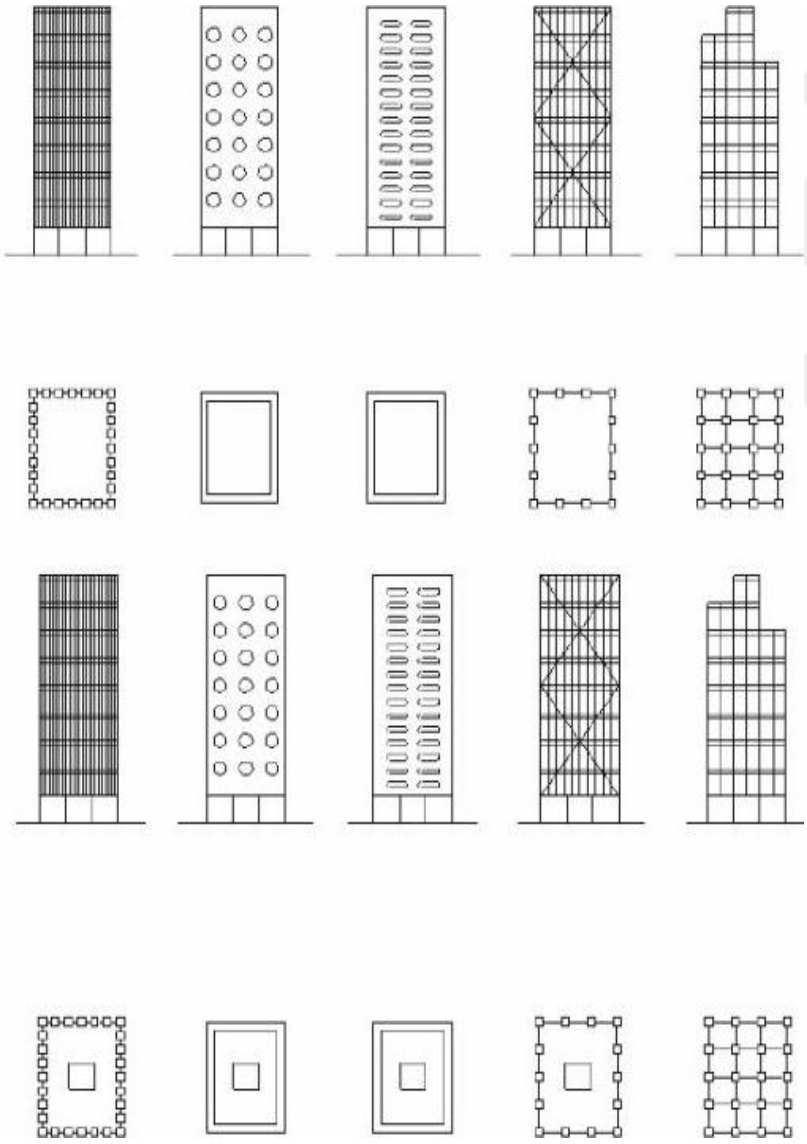
Çekirdek yapı içerisinde farklı yerlerde konumlanabilmektedir. Çekirdek bina içerisinde iç merkezde, dış merkezde, bina çeperlerinde ve bina köşelerinde yer alabilmektedir. Çekirdek konumlandırılması aşamasında çekirdeğin mümkün olduğunca bina merkezinde ve simetrik olacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Çekirdek sistem plan içinde simetrik olarak yerleştirilmezse yatay yüklerin bileşkesi katların rijitlik merkezinden geçmeyecektir. Bu sebepten dolayı ortaya bir dış merkezlik doğmaktadır. Dış merkez sonucunda eğilme ve kayma etkilerinin yanı sıra yapıda burulmalarda oluşmaktadır. Bu durumda sistemin burulma momentlerini de karşılama zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.31. Çekirdek çeşitleri

Taşıyıcı sistemde son gelişme 1960'lı yıllarda Fazlurrahman Khan tarafından ortaya konulan tübüler taşıyıcı sistemlerdir. Yüksek binalarda taşıyıcı sistem sorununa çözüm üreten binaların akılcı, rasyonel ve ekonomik kullanımına izin veren bir sistem türüdür. Tüp sistem yerden konsol olarak yükselen bir kolona benzetilebilir. Tübüler sistem ile yapı tasarımı ilk kez Chicago'da 43 katlı DeWittChestnut binasında (1961) kullanılmıştır.

Tüp, yapı çevresinde sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Tüp sistem delikli duvar görünümündedir. Böylece yanal yüklerin tamamı dışta konumlandırılan kolonlar karşılamaktadır. Yapının merkezinde konumlandırılan çekirdek kısmı ise düşey yükleri taşımaktadır. Tüp sistemde merkezde çekirdek yerine iç içe tüp sistemler de tasarlanabilir. Dış cephede konumlandırılan kolonlarının birbirine yaklaştırılması tüp davranışını daha da belirgin olmasına yol açmaktadır. Kolon aralığı açıldığı takdirde çerçeve-tüp sistemin davranışının sağlıklı olarak çalışabilmesi amacıyla çevre kirişlerinin derinliğinin arttırılması gerekmektedir. Tüp sistem şekilleri tasarıma bağlı olarak çok şekilli olabilmektedir (Şekil 3.32.).



Şekil 3.32. Tüp sistem şekilleri

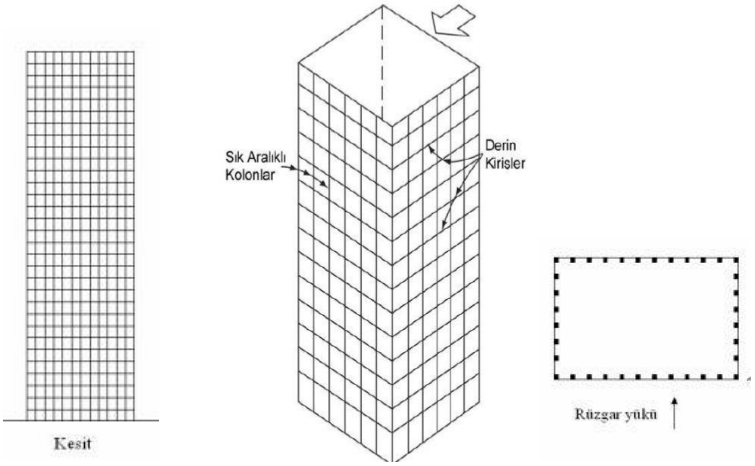
Tübüler sistemde, yanal yüklerin tamamını karşılayan dış çerçeve sayesinde, çekirdekte taşıyıcı eleman boyutlarının azaltılmasıyla bina kullanım alanı artmakta ve ekonomik tasarım ön

plana çıkmaktadır. Böylece arsalardan en elverişli şekilde faydalanmak için ortaya çıkan yüksek binalardan daha fazla fayda sağlanmaktadır. Tübüler sistemlerde, metrekareye düşen taşıyıcı sistem malzeme miktarı, pek çok durumda geleneksel çerçeveli yapılardakinin yarısına eşdeğer durumdadır. Ayrıca tübüler sistemler daha hafif binalar kullanılmasına öncülük etmektedir. Bu sebeplerden ötürü tasarımcılar tübüler sistemleri yüksek bina taşıyıcı sistemleri içerisinde en ekonomik, en emniyetli ve en etkin çalışan sistemler olarak tanımlamaktadır. Tübüler sistemlerde çelik, betonarme ve kompozit malzemeler kullanılarak tasarım yapılabilmektedir. 100 katın üzerinde bile oldukça güvenli olarak çalışan tüp sistemler ile dünyadaki yüksek binaların taşıyıcı sistemleri yeniden tasarlanabilmektedir. Tübüler sistem kendi içerisinde dört çeşide ayrılabilir. Bunlar çerçeve tüp, kafes tüp, demet tüp ve iç içe tüp sistemlerdir.

Geleneksel çerçeve sistemlerin en gelişmiş hali olarak kabul edilen çerçeve tüp sistemlerde yapı dış cephesinde çok sık aralıklı kolonlar ve bu kolonları birbirine bağlayan derin kirişlerden meydana gelen tübüler taşıyıcı sistem çeşididir (Şekil 3.33.). Yapı sisteminin birlikte çalışabilmesi amacıyla dış cephede bulunan kolonların bina çevresinde devamlılık göstermesi gerekmektedir. Yapı iç kısmında bulunan kolonların sadece düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır.

Çerçeve Tüp sistemlerde kolon aralığı normal kolon aralığının çok altında kalmaktadır. Bu sistemlerde kolon aralığı bir metreye kadar düşebilmektedir. Ancak böyle bir durumda bina içerisinden dış manzara konusunda sıkıntılar oluşabilmektedir. DeWitt-Chestnut binası ilk çerçeve tüp sistem örneği olarak inşa edilen yapıdır. Bunun dışında Dünya Ticaret Merkezi binası ve Standart Oil binası çerçeve tüp sistem ile tasarlanmıştır.(Aydın 2004)

Çerçeve tüp sistemlerde binaların narinlik oranının 5 ile 7 değeri arasında olması gerekmektedir. Çerçeve tüp sistemler genellikle zemin özellikleri güçlü olan sistemlerde tercih edilmektedir. Aksi durumda ekonomik olmayan temel tasarımları ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.33. Çerçeve tüp sistem gösterimi

Yapıların yüksekliklerinin artmasıyla çekirdek tüp sistemler yetersiz gelmeye başlamış ve bu ihtiyaç neticesinde sistemlere çapraz elemanlar eklenerek kafes tüp sistemler oluşturulmuştur. Kafes tüp sisteminin fikir babası Fazlurrahman Khan'dır. Çerçeve tüp sisteminin cephesine 45 derece açılı mega çapraz elemanlar eklenerek yapların rijitliği arrtırılabilmekte ve kolon aralıkları daha geniş olarak tasarlanabilmektedir. Bu sistemlerde pencere boşlukları diyagonal düzende bloklanmaktadır. (Bacalan 2005)

Kafes tüp sisteminin ilk örneği 1969 yılında inşaa edilen ve tez kapsamında mimarisinden esinlenilen John Hancock Center binasıdır (Şekil 3.34.). John Hancock Center çelik malzeme ile tasarlanan 100 katlı bir yapıdır. Daha sonra kafes tüp yapısı betonarme binalarda da uygulanmaya başlanılmıştır. Kafes tüp sistemlerde bulunan çapraz elemanlar yapıda yatay yüklerden meydana gelen kesme kuvvetleri karşılamakta, kolon ve çevre kirişlerindeki eğilme etkisine çözüm üretmektedir.

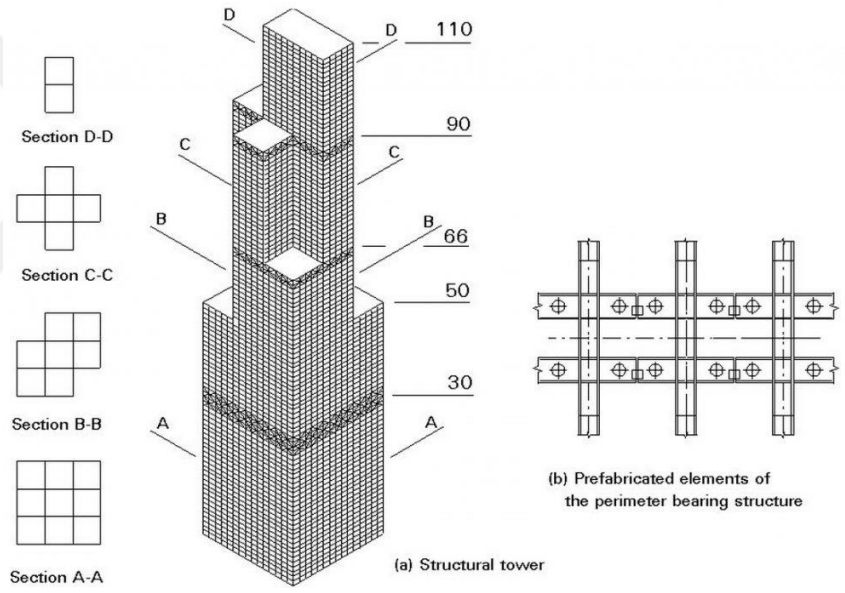


Şekil 3.34. Kafes tüp sistem gösterimi John Hancock binası

Tübüler taşıyıcı yapı sistemlerinde ortaya çıkan en son gelişme demet tüp kavramıdır. Demet tüp sistemi birden fazla tekli tüp sistem kümelerinin bir arada kullanılmasıyla oluşan

taşıyıcı sistem şeklidir. Demet tüp sistemi oluşturan her tüp sistem rijit sistemlerden oluştuğundan bu sistemler değişik tasarımlar ile bir araya getirilebilmekte ve herhangi bir seviyede kesilebilmektedir. Farklı yüksekliklerde sonlandırılan demet tüp sistemler kat planlarında değişik şekillere ve boyutlarda geri çekmelere de olanak sağlamaktadır. Demet tüp sistemlerde farklı mimari sisteme sahip yüksek binalar oluşturulabilmektedir.

Demet tüp sistemlerde çerçeve tüp ve kafes tüp sistemler bir arada kullanılabilir (Şekil 3.35.). Farklı tasarım şekilleri sebebiyle daha yüksek binaların inşa edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sistemde kolon aralığı çerçeve tüp sistemlere oranla daha geniş aralıklara sahip olmaktadır. Demet tüp sistemlerin en ünlü binaları One Magnificent Mile Building ve Sears Tower (Willis Tower) binalarıdır. One Magnificient binası betonarme taşıyıcı sisteme sahipken Sears Tower binası çelik taşıyıcı sisteme sahiptir. Sears tower geometrisi Şekil 3.36'de mevcuttur.



Şekil 3.35. Demet tüp sistem gösterimi



Şekil 3.36. Sears Tower binası mimarisi

İki veya daha fazla tüp sistemin iç içe gelecek şekilde tasarlanmasıyla ortaya çıkan sistemlere iç içe tüp sistem denilmektedir. Bu sistemde iç ve dış tüpü birbirine bağlayan kat döşemesinin oluşturduğu diyafram elemanıdır. İç içe tüp sistem davranışı hem çekirdek sistem davranışını hem de çerçeveli tüp sistem davranışını birlikte göstermektedir. Perde çekirdekli sistemden farklı olarak iç tüp, düşey yüklerin yanında yanal yükleri de taşıma görevi görmektedir.

Yatay yüklerin taşıma konusunda 40 kata kadar iç tüp daha hakim durumdayken bu yükseklikten sonra çerçeve tüp daha hakim konuma gelmektedir. İç tüpün böyle bir davranış göstermesinin sebebi yükseklikle birlikte üst kısımlarda yer değiştirmelerin daha fazla olmasıdır. Bu sistemde ayrıca dış tüp burulma dayanımı da oldukça fazla olup dış tüp rijit çerçeveden daha sağlamdır.

İç içe tüp taşıyıcı sistem türü Brunswick binası, One Shell plaza ve ülkemizde Mersin'de bulunan Mertim binasında kullanılmıştır. Mertim binası 52 kata sahip olup toplam 170.000 metrekare yapı alanı bulunmaktadır (Şekil 3.37.). Yapının mimari Cengiz Bektaş'dır. Bina 1987'de tamamlandı. 2000 yılına kadar Türkiye'nin en yüksek binası unvanını elinde bulundurmaktaydı. Otel ve ofis olması için inşa edilen gökdelen 2012 yılı başı itibariyle İstanbul dışında en büyük yapıydı.



Şekil 3.37 Mersin Mertim binası mimarisi

3.2.6. Yüksek Binaların Yönetmelik Açısından Değerlendirilmesi (TBDY 2018)

Depreme dayanıklı yapı tasarımı; seyrek olarak oluşabilecek çok şiddetli depremlerde can güvenliğinin sağlanması, binaların kısmen veya tamamen göçmesini engellemek adına önem arz etmektedir. Bu nedenle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin anlaşılması ve uygulanması depremler nedeniyle can kaybının yoğun olarak yaşandığı ülkemizde zorunluluk halini almıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin 13. bölümü, deprem etkisi altında betonarme ve çelik yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için uygulanacak özel kuralları kapsamaktadır. Çalışma kapsamında yüksek binaların taşıyıcı sistemlerindeki gelişmeler incelendiğinden yönetmeliğin bu bölümü ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Yönetmelikte deprem hesabı bakımından bina yüksekliği HN olarak belirtilmiş ve "bina tabanından itibaren ölçülen yükseklik" olarak tanımlanmıştır. Bina kullanım sınıfları tanımlaması için kullanım amaçlarına göre sınıflandırma çeşidi kullanılmıştır. Bu sınıflandırmaya bağlı olarak da bina önem katsayıları belirlenmiştir. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları yönetmelikte Çizelge 3.4.'teki şekliyle gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Bina kullanım sınıflarına bağlı olarak bina önem katsayılarını gösteren çizelge (TBDY 2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar**) 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)) 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

Tasarım aşamalarında kullanılmak üzere dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Yer hareketi düzeyleri aşağıda detaylıca açıklanmıştır.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 olan deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketinin tekrarlanma periyodu 2475 yılda bir olduğu kabul edilen deprem yer hareketidir (TBDY 2018).

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 olan deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketinin tekrarlanma periyodunu 475 yıl olduğu kabul edilen deprem yer hareketidir (TBDY 2018).

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 olan deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketinin tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu kabul edilen sık deprem yer hareketini nitelemektedir (TBDY 2018).

Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 olan deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketinin tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu kabul edilen sık deprem yer hareketini nitelemektedir (TBDY 2018).

Harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları dört faklı deprem yer hareketleri düzeyi için AFAD'ın internet sitesinde yer alan Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından temin edilmektedir. Yönetmelikte kısa periyot harita spektral ivme katsayısı Ss ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1 olarak simgelenmiştir. Harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamalarına karşı gelen değerlerin yer çekimi ivmesine bölünmesiyle bulunan boyutsuz katsayılardır. S_S ve S_1 değerleri deprem yer hareketi düzeyleri için referans zemin koşulu [$(V_S)_{30}$ =760 m/s] esas alınarak %5 sönüm oranı için bulunan değerlerdir.

Harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 yönetmelikte belirtilen formüller ile tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1}'e dönüştürülür. Bu değerler AFAD'ın internet sitesinden hazır olarak bulunabilmektedir. Tasarım spektral ivme katsayıları aşağıda yer alan denklem ile bulunmaktadır.

$$S_{DS} = S_S F_S \qquad \text{(Denklem 3.1.)}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \qquad \text{(Denklem 3.2.)}$$

Bu denklemde F_S ve F_1 yerel zemin etki katsayılarını göstermektedir. F_S; kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısını yönetmelik üzerinden Çizelge 3.5. ve F_1; 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı Çizelge 3.6. yardımı ile bulunmaktadır.

Çizelge 3.5. Kısa periyot bölgesi yerel zemin etki katsayısı çizelgesi (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* (**Bkz. TBDY.16.5**).					

Çizelge 3.6. 1.0 saniye periyot yerel zemin etki katsayısı çizelgesi (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* (**Bkz. TBDY.16.5**).					

Deprem Tasarım Sınıfları; Bina Kullanım Sınıfları ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre bulunan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak belirlenmektedir. Deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak deprem tasarım sınıfları Çizelge 3.7. yardımı ile elde edilmektedir.

Çizelge 3.7. Deprem tasarım sınıflarını gösteren çizelge (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

Yönetmelik kapsamında deprem yer hareketi düzeyleri altında istenen belirli bina performans hedefleri bulunmaktadır. Yönetmelikte belirtilen 4 adet bina performans düzeyleri bulunmaktadır. Bu performans hedeflerinin ayrıntılı şekilde ele alınmış şekli aşağıda mevcuttur.

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi: Yönetmelikte belirtildiği üzere taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana geldiği veya hasar düzeyinin ihmal edilebilir olduğu performans seviyesidir (TBDY 2018).

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi: Yönetmelikte belirtildiği üzere taşıyıcı sistem elemanlarında hasarın, doğrusal olmayan davranışın sınırlı olduğu performans seviyesidir (TBDY 2018).

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi: Yönetmelikte belirtildiği üzere taşıyıcı sistem elemanlarında can güvenliği sağlanacak şekilde çok ağır olmayan ve geri dönüşümü mümkün olan hasarların olduğu performans seviyesidir (TBDY 2018).

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi: Yönetmelikte belirtildiği üzere taşıyıcı sistem elemanlarında ağır hasarın olduğu binanın göçme seviyesinden önceki durumların mevcut bulunduğu performans seviyesidir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlendiği durum olarak belirtilmiştir (TBDY 2018).

Yükseklik tanımları yönetmelikte Çizelge 3.1.'de yer alan yükseklik sınıflarına göre yapılmıştır. Yönetmelik kapsamında binalar yükseklikleri bakımından deprem tasarım sınıflarına göre sekiz Bina Yükseklik Sınıfına (BYS) ayrılmıştır. Tabloda BYS =1 olarak belirtilen binalar yüksek binalar olarak kabul edilmiştir. Tez kapsamında tasarlanacak mevcut bina bu bina sınıflandırılmasına göre BYS=1 olarak kabul edilen bina olarak tasarlanmıştır.

Yüksek bina olarak kabul edilecek olan ve tasarlama aşamaları buna göre yapılacak olan binalar aşağıda mevcut bulunan 3 adet koşulundan herhangi birini sağlamalıdır.

(a) DTS = 1, 1a, 2, 2a için yüksekliği HN > 70 m olan binalar;

(b) DTS = 3, 3a için yüksekliği HN > 91m olan binalar;

(c) DTS = 4, 4a için yüksekliği HN >105 m olan binalar.

Yüksek bina taşıyıcı sistem tasarımları için kullanılması gerekli taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), dayanım fazlalığı katsayısı (D) ve izin verilen bina yükseklik sınıfları teminini Çizelge 3.8.'de yer alan çizelge ile temin edilmektedir. Taşıyıcı sistem türlerine göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı dikkate alınarak analizler bu değerlere göre yapılmalıdır.

Çizelge 3.8. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı çizelgesi (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 *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	BYS ≥ 6
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
A32. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6

TBDY (2018)'de yüksek binaların taşıyıcı sistem tasarımının süneklik düzeyi yüksek sistem olarak tasarlanması gerektiği belirtilmiştir. Süneklik düzeyi sınırlı ve karma sistemlere izin verilmeyeceği ifade edilmiştir. Bu durumun bir istinası da yönetmelikte mevcuttur.

Deprem yönetmeliğinde yüksek binaların üç aşama ile tasarım işleminin yapılması gerektiği belirtilmiştir. 1. Tasarım aşamasında ön tasarım ve boyutlandırma işleminin DD-2 deprem yer hareketi altında Kontrollü Hasar (KH) performans hedefi amacıyla dayanıma göre tasarım işleminin yapılması gerektiği belirtilmiştir. 2. Tasarım aşamasında ise ön tasarımı yapılan binanın DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketi altında kontrol hesaplarının yapılması istenilmektedir. DD-3 deprem yer hareketi için ileri performans hedefinin sağlanılması istenilmekte ve bu amaçla şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım işleminin yapılması gerektiği belirtilmektedir. DD-4 deprem yer hareketi düzeyi için ise normal performans hedefi için Kesintisiz Kullanım (KK) hedefi altında dayanıma göre tasarım işleminin yapılması gerektiği belirtilmiştir. 3. Aşamada ise yönetmeliğin öngördüğü meydana gelebilecek en büyük deprem yer hareketi olarak adlandırılan DD-1 deprem yer hareketi altında ise normal performans hedefi için göçmenin önlenmesi, ileri performans hedefi olarak kontrollü hasar performans düzeyi altında analizler yapılması istenilmektedir. DD-1 deprem yer hareketi altında şekil değiştirmeye göre analiz yapılması gerektiği belirtilmiştir. İstenildiği takdirde 2. Ve 3. aşamaların yerleri değiştirilerek analiz işlemi yapılabilmektedir. Değerlendirmeler neticesinde gerekli görüldüğü takdirde tasarımda iyileştirme işlemleri yapılmalı ve analizler tekrar edilmelidir. Bu şekilde yapılan işlemlerin ardından tasarım son haline ulaşılmalıdır. Tasarım aşamalarında deprem yer hareketleri altında istenen performans hedefleri Çizelge 3.9.'da yer almaktadır.

Çizelge 3.9. Deprem yer hareketleri altında istenilen performans seviyeleri (TBDY 2018)

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

3.2.6.1. Tasarım Aşaması I: Ön Tasarım Boyutlandırma İçin Hesap Esasları

TBDY (2018)'de belirtildiği üzere yüksek bina taşıyıcı sisteminin tasarlanması amacıyla yapılması gereken ilk aşama ön tasarım aşamasıdır. 1.tasarım aşamasında seçilen yüksek bina taşıyıcı sisteminin ön tasarım ve boyutlandırma amaçlı deprem hesabının yapılması

gerektiği belirtilmiştir. Bu aşamada DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında, yönetmelikte tanımlanan ek kurallar da göz önüne alınarak hesaplamalar yapılacaktır. 1. Tasarım aşaması Dayanıma Göre Tasarım (DGT) hesap esaslarına göre yapılacaktır. Yüksek bina taşıyıcı sistemleri ön boyutlandırması yönetmeliğin ilgili diğer kuralları taşıyıcı sistem özelliklerine göre dikkate alınarak tasarlanmalıdır. 1. aşamada göz önüne alınacak taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri aşağıda bulunmaktadır:

$$G + Q + 0.2\ S + E_d^{(H)} + 0.3\ E_d^{(Z)} \quad \text{(Denklem 3.3.)}$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3\ E_d^{(Z)} \quad \text{(Denklem 3.4.)}$$

Yukarıda bulunan yük birleşimlerinde Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, H ise yatay zemin itkisini simgelemektedir. Yatay deprem etkisi $E_d^{(H)}$ ile, düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ ile simgelenmiş olup yatay ve düşey deprem etkileri yönetmelikte belirtilen kurallar çerçevesine göre belirlenecektir.

TBDY (2018)'de belirtildiği üzere yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesi için özel kurallar tanımlanmıştır. Bu birleştirme işlemi aşağıda yer alan denklemler ile yapılacaktır.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \quad \text{(Denklem 3.5.)}$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad \text{(Denklem 3.6.)}$$

Bu denklemlerde $E_d^{(X)}$ ve $E_d^{(Y)}$, (X) ve (Y) doğrultularındaki depremlerin etkisi altında ayrı ayrı hesaplanan deprem etkilerini simgelemektedir. $E_d^{(H)}$ ise yatay deprem etkisini simgelemektedir.

İlgili yönetmeliğe göre I. aşama deprem hesabından önce yapım aşamalarını göz önüne alan düşey yük hesabı ve rüzgar hesabı ile betonarme binalarda sünme hesabı yapılmalıdır.

I. aşama deprem hesabında yönetmelikte belirtilen yüksek bina taşıyıcı sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) kullanılması gereklidir.

Yönetmelik kapsamında 1.aşama deprem hesabında, DD-2 deprem yer hareketi altında yönetmelikte belirtilen kurallara göre Mod Birleştirme Yöntemi veya zaman tanım alanında Mod Toplama Yöntemi ile üç boyutlu doğrusal hesap yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Azaltılmış iç kuvvetlerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvveti'ne göre büyütülmesi işlemi, yüksek binaların 1. aşama deprem hesabında aşağıda verilen denklem ile tanımlanan Minimum Taban Kesme Kuvveti esas alınarak yapılacaktır.

$V_{t,min}=0.04\alpha_H m_t S_{DS} g$ (Denklem 3.7.)

Yukarıdaki denklemde m_t baza ve kulenin yer aldığı üst bölümün toplam kütlesini, S_{DS} DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, g yerçekimi ivmesini, α_H ise yönetmelikte verilen yükseklik tanımı esas alınarak aşağıda verilen denklem ile hesaplanan katsayıyı göstermektedir. Bu katsayı bina yüksekliğine (H_N) bağlı olarak değişmektedir.

$\alpha_H = 1.0 \qquad H_N \leq 105$ m

$\alpha_H = 2.05 - 0.01 H_N \qquad 105 \text{ m} < H_N \leq 155$ m

$\alpha_H = 0.5 \qquad 155 \text{ m} < H_N$ (Denklem 3.8.)

Yukarıdaki denklemde belirtilen formüle göre hesaplanan $V_{t,min}$, 1. aşama kapsamında aşağıda verilen denklemde $V_{tE}^{(X)}$ yerine kullanılacak ve aynı denklemde γ_E =1 alınacaktır. Yönetmelikte azaltılmış iç kuvvetlerin ve yerdeğiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi işlemi için özel kuralar tanımlanmıştır. Buna göre herhangi bir (X) deprem doğrultusu için $V_{tx}^{(X)} < \gamma_E V_{tE}^{(X)}$ olması durumunda, uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, aşağıdaki denklem ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{tE}^{(X)}$ ile çarpılarak büyütülecektir.

$\beta_{tE}^{(X)} = \gamma_E V_{tE}^{(X)} / V_{tx}^{(X)} \geq 1$ (Denklem 3.9.)

Bu denklemde $V_{tE}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü yöntemine göre toplam eşdeğer deprem yükünü (taban kesme kuvvetini), $V_{tx}^{(X)}$ ise x doğrultusunda elde edilen toplam deprem yükünü simgelemektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlanması yönetmeliğin 7, 8 ve/ veya 9 numaralı bölümlerinde verilen kurallar dikkate alınarak yapılmalıdır. Ayrıca yönetmeliğe göre yapısal elemanların boyut ve donatılarının 1. aşama deprem hesabına göre hesaplanan ön tasarım iç kuvvetlerine göre belirlenmesi gerekmektedir. Yüksek bina temellerinin ön tasarımının da yönetmelikte belirtilen temellere aktarılan kuvvet kurallarının esas alınarak yönetmeliğin 16. bölümü dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

3.2.6.2. Tasarım Aşaması II Hesap Esasları

Yönetmelikte belirtildiği üzere ön tasarım kuralları yönetmeliğe göre tamamlanan yapılarda 2. tasarım aşamasına geçilecektir. 2. aşamada,1. aşamada ön tasarımı yapılan taşıyıcı sistem elemanlarının normal performans hedefi doğrultusuna DD-4 Kesintisiz Kullanım (KK)

olacak şekilde, ileri performans hedefi için ise DD-3 Sınırlı Hasar (SH) olacak şekilde doğrusal veya doğrusal davranışa çok yakın durumda oldukları kontrol edilecektir. KK performans hedefi doğrultusunda doğrusal hesaba dayalı dayanıma göre tasarım, Sınırlı Hasar performans hedefi doğrultusunda ise doğrusal olamayan hesaba dayalı şekil değiştirmeye göre tasarım kuralları uygulanmalıdır.

Yönetmelikte belirtilen 2. tasarım aşamasında DD-4 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi için Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yöntemi kullanıldığında yönetmeliğin 4.bölümünün 5.kısmında verilen kurallar uygulanmalıdır. DD-3 deprem yer hareketi için Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yöntemi kullanıldığında ise yönetmeliğin 5. Bölümünün 4. Kısmında verilen kurallar uygulanmalıdır. Ancak, aşağıda detaylıca açıklanmış olan yük birleşimlerinin tanımlanması ve sönüm oranı kurallarına her iki durumda da uyulacaktır.

Yönetmeliğe göre deprem etkilerinin diğer etkilerle birleştirilmesi amacıyla uygulanması gereken 2. aşama özel yük birleşimlerinin kuralları mevcuttur. Aşağıda verilen kombinasyon denklemleri 2. aşama taşıyıcı sistem değerlendirmesi için verilen yük bileşimleri aşağıda verilmiştir. 2 aşamada düşey yük etkisi de dikkate alınmalıdır.

$$G+Q+0.2S+E_d^{(H)+}0.3E_d^{(Z)}$$

$$0.9G+H+E_d^{(H)-}0.3E_d^{(Z)}$$

$$G+Q_e+0.2S+E_d^{(H)+}0.3E_d^{(Z)} \qquad \text{(Denklem 3.10.)}$$

Burada G sabit yük etkisini, Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, H yatay zemin itkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini , $E_d^{(Z)}$ ise düşey deprem etkisini göstermektedir. Etkin hareketli yük etkisi, yönetmeliğin ilgili tablosu dikkate alınarak hesaplanan Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı n kullanılarak Q_e =nQ olarak hesaplanacaktır.

2. aşamada DGT yaklaşımı doğrultusunda Çizelge 3.10.'da verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılacaktır. Bu kurallara ek olarak 2. tasarım aşamasında ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmayacak ve sönüm oranının % 2.5 alınacaktır.

Çizelge 3.10. 2. aşamada kullanılması gerekli etkin kesit rijitlikleri (TBDY 2018)

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.75	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	0.80
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	1.00	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kirişi	0.70	1.00
Çerçeve kolonu	0.90	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.80	1.00

TBDY(2018)e göre 1. Aşamada elde edilen veriler 2. aşamada da kullanılmalıdır. Yönetmelikte 2.aşama DD-4 yer hareketi için modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap yapılmalı, DD-3 yer hareketi için ileri performans hedefi dikkate alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Deprem hesabının normal performans hedefi için modal hesap yöntemleri ile yapılması durumunda; iç kuvvetlerin hesabında R / I =1 ve D =1 alınacaktır. Ayrıca 1. aşamada yer alan minimum taban kesme kuvveti koşulu bu aşamada uygulanmayacaktır.

2. aşama performans değerlendirmesinde normal performans hedefi doğrultusunda DD-4 deprem yer hareketi altında Kesintisiz Kullanım performans hedefinin veya ileri performans hedefi için DD-3 deprem yer hareketi altında Sınırlı Hasar performans hedefinin sağlanması gereklidir. Bu amaçla yönetmelikte belirtilen iç kuvvet sınırlarının veya şekil değiştirme ve iç kuvvet sınırlarının aşılmaması gereklidir. Her iki durumda da iç kuvvet kapasitelerinin hesabında karakteristik malzeme dayanımları yerine aşağıdaki tabloda verilen ortalama (beklenen) malzeme dayanımı değerleri kullanılacaktır.

2. aşama performans değerlendirmesinde normal performans hedefi doğrultusunda DD-4 deprem yer hareketi altında Kesintisiz Kullanım performans hedefinin veya ileri performans hedefi için DD-3 deprem yer hareketi altında Sınırlı Hasar performans hedefinin sağlanması gereklidir. Bu amaçla yönetmelikte belirtilen iç kuvvet sınırlarının veya şekil değiştirme ve iç kuvvet sınırlarının aşılmaması gereklidir. Her iki durumda da iç kuvvet kapasitelerinin hesabında karakteristik malzeme dayanımları yerine Çizelge 3.11.'de verilen ortalama (beklenen) malzeme dayanımı değerleri kullanılacaktır.

Çizelge 3.11. Beklenen ortalama malzeme dayanımları (TBDY 2018)

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

2. aşama deprem hesabının ileri performans hedefi için zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap olarak yapılması durumunda ise aşağıdaki kurallar dikkate alınacaktır.

a) Yüksek binalarda sünek davranışa sahip betonarme elemanlarda yönetmelik kapsamında hesaplanan şekil değiştirme talepleri yönetmelikte yer alan "Yeni Betonarme Bina Elemanları İçin İzin Verilen Şekil Değiştirme ve İç Kuvvet Sınırları" bölümünde verilen sınır değerler sağlanmalıdır.

b) Sünek davranışa sahip çelik elemanlarda hesaplanan şekil değiştirme talepleri, yönetmeliğin EK 5C ekinde belirtilmiş olan "Çelik Elemanlar İçin İzin Verilen Şekil Değiştirme Sınırları" bölümündeki sınır değerler sağlanmalıdır.

c) Sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda hesaplanan iç kuvvet taleplerinin betonarme ve çelik malzemeler için yönetmeliğin ilgili bölümlerinde yer alan iç kuvvet kapasitelerinden daha küçük olduğu gösterilecektir.

Eğer 2. tasarım aşaması sonucunda belirlenen koşulların sağlanamazsa taşıyıcı sistemin ön tasarımı değiştirilecek ve yapının ön boyutlandırma işlemi yeniden yapılacaktır.

3.2.6.3. Tasarım Aşaması III: Göçmenin Önlenmesi Veya Kontrollü Hasar Performans Değerlendirmesi İçin Hesap Esasları

İlk iki tasarım aşaması işlemlerinin yapılmasının ardından 3. tasarım aşamasına geçilecektir. 3. tasarım aşamasında, ön tasarımı – boyutlandırması 1. aşamada tamamlanan ve 2. aşamada (KK) veya (SH) performans düzeyi sağlanan yüksek bina taşıyıcı sisteminin, DD-1 deprem yer hareketi altında analizler yapılacaktır. DD-1'e göre normal performans düzeyinde Göçmenin Önlenmesi (GÖ) veya ileri performans düzeyinde Kontrollü Hasar (KH) sağlanmalıdır.

3. tasarım aşaması için tanımlanan performans hedefinin gerçekleştirilmesi amacıyla, 3.aşamada yüksek bina taşıyıcı sisteminin üç boyutlu doğrusal olmayan analizleri yapılacaktır. Bu hesap sonucunda değerlendirmeye esas şekil değiştirme, iç kuvvet ve göreli kat ötelemesi taleplerinin yönetmelikte 3. tasarım aşaması için belirlenen sınır değerleri aşmayacaktır. 3. tasarım aşamasında belirtilen performans hedeflerinin sağlanamadığı tespit edilirse gerekli düzenlemeler yapılıp yenilecek ve son haline getirilecektir.

Yönetmeliğe göre bu aşamada, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap için yönetmeliğin 5. Bölümünün 4. Kısmında belirtilen taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kuralların uygulanması gerekmektedir. Bu kuralların arasında değişiklik içeren kurallar aşağıda belirtilmiştir.

Sönüm oranı bu aşamada % 2.5 alınacaktır. 3. aşama kısmında mevcut yük bileşimlerine ek olarak aşağıda verilen denklem esas alınacaktır.

$$G+Q_e+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)} \qquad \text{(Denklem 3.11.)}$$

3. aşamada DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz işlemi yapılacaktır. Burada Rayleigh orantılı sönüm oranı %2.5 olarak alınmalıdır.

Yönetmelikte 1. aşama hesapta binanın herhangi bir i'ninci katında Çizelge 3.12.'de tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması ve burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} > 1.5$ olması durumunda, ek dış merkezlik etkisinin , 3. Aşama deprem hesabında dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Böyle bir durumda her katta ek kat kütle eylemsizlik momenti "Kat kütle merkezine (ana düğüm noktası) etkiyen yatay deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılacak ve bu durumlar için de ayrıca deprem hesabı yapılacaktır" kuralına göre hesaplamalar yapılmalıdır. Ayrıca deprem hesabının tek doğrultulu deprem etkisi altında yapılması durumunda her bir doğrultu için ek dış merkezlik göz önüne alınacaktır. Hesabın aynı anda etkiyen iki doğrultulu deprem etkisi altında yapılması durumunda ise, her iki doğrultu için dış merkezlikler ayrı ayrı uygulanacaktır.

Çizelge 3.12. Düzensizlik durumları tablosu (TBDY 2018)

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (**Şekil 3.1**). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort} > 1.2]$. *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak,* **4.7***'ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede **(Şekil 3.2)**; I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının katbrüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	**3.6.2.2**
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu **(Şekil 3.3)**.	**3.6.2.2**
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: **4.9.1.3(b)**'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	**3.6.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h)_i / (\Delta_{ort}^{(X)}/h)_{i+1\,ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h)_i / (\Delta_{ort}^{(X)}/h)_{i-1\,ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak* **4.7***'ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu **(Şekil 3.4)**.	**3.6.2.4**

3. tasarım aşamasında sünek elemanlarda şekil değiştirme talepleri dikkate alınarak en az 22 hesap olacak şekilde analizler gerçekleştirilecektir. Bu 22 hesap esaslarının detaylı olarak istenilen sınır değerleri yönetmeliğin ilgili maddesinde mevcuttur.

3. aşama kapsamında analizler sonucu istenen performans hesapları normal performans hedefi Göçmenin Önlenmesi , ileri performans hedefi olarak ise Kontrollü Hasar performans düzeyleridir. Bu hedefler doğrultusunda yönetmelikte iç kuvvet sınırlarında verilen değerler aşılmayacaktır.

Bu işlemler ile birlikte 3. aşamada DD-1 deprem yer hareketi altında yüksek bina taşıyıcı sistemi için yapılan doğrusal olmayan hesap sonucunda her bir katta göz önüne alınan 22 depremden elde edilen ortalama göreli kat ötelemesi oranı 0.03'ü, tek bir depremden elde edilen en büyük göreli kat ötelemesi oranı ise 0.045'i geçmeyecektir kuralının doğrulu sağlanmalıdır.

3.2.6.4.Yüksek Bina Tasarımının Sonuçlandırılması Ve Temellerin Tasarımı

1. aşamada ön tasarım ve boyutlandırma sonucunda elde edilen perde, kolon ve temellerin boyut ve donatıları 3. aşamada azaltılmayacağı kuralı belirtilmiştir. 3. tasarım aşamasında düşey taşıyıcı eleman boyut ve donatıları değiştirilmek istenirse her üç tasarım aşaması yeni baştan yapılacak ve tasarım sonuçlandırılacaktır. Yapıda yer alan kiriş, bağ kirişi, vb. taşıyıcı sistem elemanları için, gerekli görülürse 3. tasarım aşamasında azaltma yapılabilmekte ve bunun neticesinde sadece 3. tasarım aşaması yeniden tekrarlanacaktır.

1.tasarım aşamasında ön tasarımı yapılan yüksek bina temellerinin 3.tasarım aşamasında DD-1 deprem yer hareketi altında tasarımı yapılacaktır. Değerlendirmeye esas kuvvet talepleri de 3.aşamada şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri göz önünde bulundurularak hesaplanacaktır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre Deprem Tasarım Sınıfı 1, 1a, 2, 2a sınıfı binalardan bina yüksekliğinin 105 metreden yüksek olan yapılarda yapı sağlığı izleme sistemi kurulmalıdır. Bu kayıtların gerçek zamanlı olarak AFAD ve yapı sahibi tarafından tutulmasına imkân verecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Yapı sağlığı sistem uygulama projelerinde de ayrıca gösterilecektir. İzleme sisteminin bakımından ve korunmasından da yapı sahipleri sorumlu olacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Genel Bilgiler

Bu çalışmada ele alınan yüksek yapı 1969 yılında ABD'nin Chicago kentinde inşa edilen John Hancock Center bina geometrisi örnek alınarak, tasarlanmıştır. Tübüler taşıyıcı sisteme sahip olan ve TBDY (2018) kurallarına uygun olarak tasarlanan yapı 50 katlıdır. Bina konut ve işyeri kullanım amacına sahip olacak şekilde karma kullanım amacına göre planlanmıştır. Binanın taşıyıcı sistem malzeme özellikleri kompozit (betonarme+çelik) olarak tasarlanmıştır. Binanın podyum (baza) kısmı 3 kattan meydana gelmektedir. Binanın ilk 3 katında bulunan bodrum perdeleri Y yönünde konumlandırılmıştır. Binanın kule kısmı ise 50 kattan oluşmaktadır. Bina toplam 53 kattan ve 212 metre yükseklikten meydana gelmektedir.

Yapılması planlanan yapının Diyarbakır ili Kayapınar ilçesinde inşa edileceği kabul edilmiştir. Yapının merkezinde betonarme çekirdek bulunmaktadır. Çekirdek kısmı dışında kalan kolonlar kompozit kolon olarak tasarlanmıştır. Yapının ön tasarımı için gerekli olan malzeme bilgileri, yük kabulleri, taşıyıcı sistem tasarımı gibi özellikleri tez kapsamında ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir.

Çalışmada yüksek bir binanın tasarım adımlarının detaylıca anlatılması, tübüler taşıyıcı sistemden meydana gelen yapının mod birleştirme yöntemi kullanılarak doğrusal analiz ve tasarımının yapılması ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizinin yapılarak deprem performansının incelenmesi amaçlanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bilgiler ışığında yüksek binaların sismik davranışı incelenmiştir.

Yapının analizinin yapılması amacıyla belirlenen performans hedefleri doğrultusunda 3 adet tasarım aşaması yapılmıştır. Bu tasarım aşamalarının değerlendirilebilmesi amacıyla ETABS 2017 programı kullanılmış ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi bu program kullanılarak yapılmıştır. Yapının tasarım ve analiz aşamaları deprem yönetmeliğinin 13. Bölümünde yer alan "Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar" dikkate alınarak incelenmiştir.

4.2. Malzeme ve Kesit Özellikleri

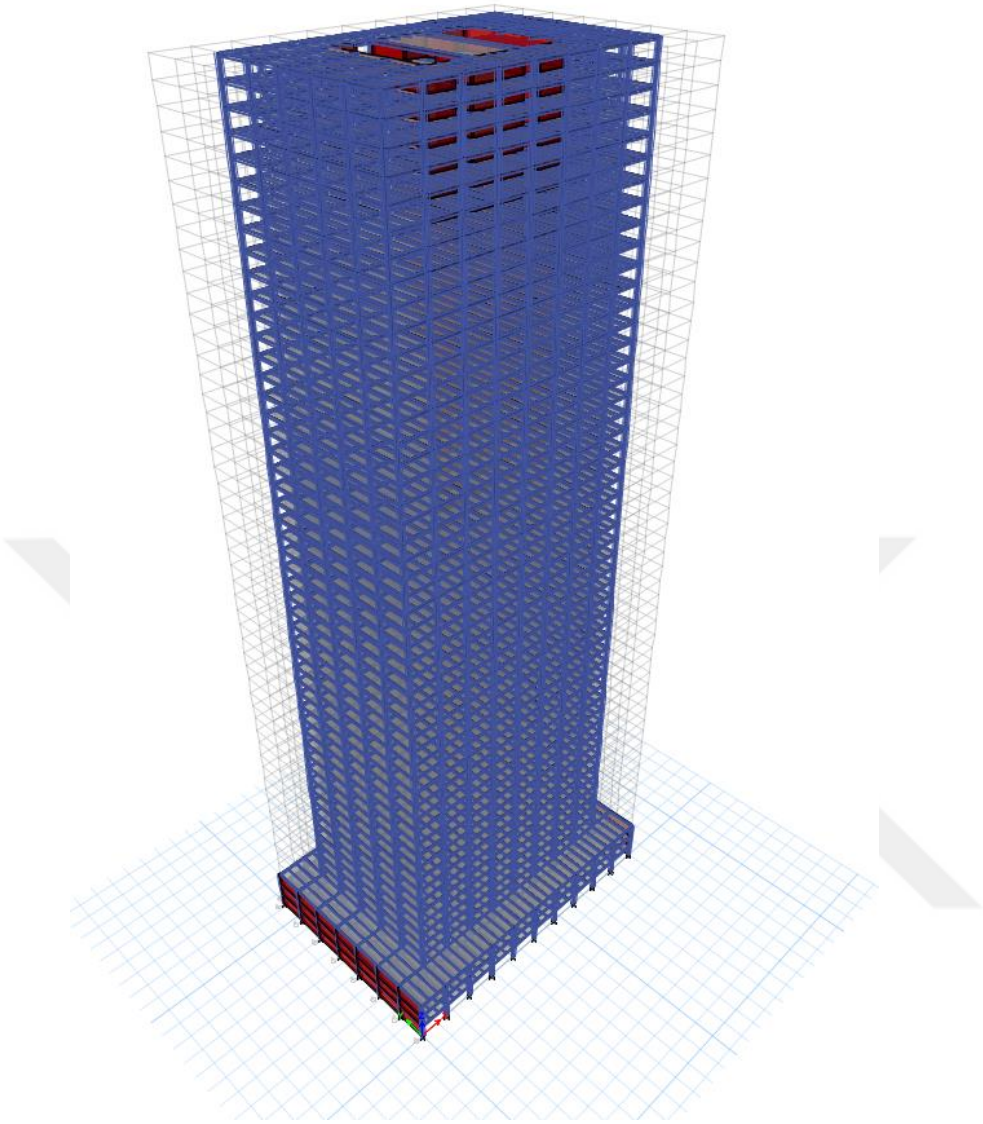
50 katlı olarak tasarlanan ve deprem davranışı analiz edilen yüksek binanın genel özellikleri aşağıda maddeler halinde listelenmiştir:

- Yapı 50 kattan meydana gelmektedir.
- Kat yüksekliği her katta 4 metre olacak şekilde tasarlanmış olup binanın en üst kotu 200 metre yüksekliğine ulaşmaktadır.
- Binanın kullanım amacı rezidans ve ofis olarak tasarlanmıştır.
- Binanın taşıyıcı sistemi hem X hem de Y yönünde simetrik olarak tasarlanmıştır.
- Yapıda bulunan çekirdek kısmı binanın merkezinde konumlandırılmıştır.
- Binanın bodrum katında X yönünde her biri 8 metre olan 10 adet açıklık mevcut bulunup, Y yönünde her biri 8 metre olan 7 adet açıklık mevcuttur. Bina X yönünde 80 metre, Y yönünde 56 metre uzunluğa sahiptir.
- Kule kısmında ise X yönünde her biri 8 metre olan 8 adet açıklık mevcut bulunup, Y yönünde her biri 8 metre olan 5 adet açıklık mevcuttur. Bina X yönünde 64 metre, Y yönünde 40 metre uzunluğa sahiptir.
- Binanın narinlik oranı yani bina yüksekliğinin kısa kenara oranı 5 değerindedir.
- İmalat, montaj ve malzeme temini kolaylığı açısından projede eleman tipleştirmesi yapılmıştır.
- Yapının dış cephesinde çelik konstrüksiyon ile tasarım yapılacağı planlanmış bu şekilde mimari olarak tasarım özgünlüğü sağlanmak istenmiştir.
- Bina merkezinde konumlandırılan çekirdek perdeleri kalınlığı 70 cm olacak şekilde tasarlanmış, ilk 3 katta bulunan bodrum perdeleri ise 50cm kalınlığındadır.
- Bina tasarımında kullanılan tüm betonarme elemanlar C50/60 beton dayanım sınıfındadır.
- Yapıda mevcut bulunan kolonlar çelik gömme kompozit kolondan meydana gelmiş olup kolonların kesiti 90x90 cm boyutundadır. Kompozit kolon içerisinde bulunan çelik profil kesiti H400x818'dir.
- Kompozit kolonları birbirine bağlayan, çekirdek perde elemanları birbirine bağlayan çelik profiller HEA600 kesitinde ve malzeme S355JR'dir.
- Döşemede kullanılan moment aktarmayan ikincil kirişlerin çelik profilleri IPE600 kesitinde ve malzeme S275JR'dir.
- Yapıda mevcut bulunan döşemeler kompozit döşemeden oluşmaktadır. Döşeme kalınlığı 25 cm olup döşeme içerisindeki profillenmiş çelik saç malzeme kalitesi S235 özelliğindedir. Döşeme betonu C50/60 beton dayanımdadır.

Tasarımı yapılan ve deprem davranışı analiz edilen yüksek binada kullanılan yük kabulleri aşağıda maddeler halinde listelenmiştir :

- Tasarımda normal katlarda kullanılan kaplama yükleri 2 kN/m^2 olarak kabul edilmiştir.
- Yapıdaki hareketli yük 3.5 kN/m^2 olarak alınmıştır. (TS498 1997)
- Cephe yüklerini taşıyan kirişler üzerindeki çizgisel yük 4 kN/m olarak kabul edilmiştir.
- Bina iç kısmında kirişlerin üstünde yer alan duvar yükleri 7 kN/m olarak kabul edilmiştir.
- Yapıda kar yükü ve rüzgar yüküne göre tasarım ve değerlendirme yapılmamıştır.
- Yapıda ön tasarım aşamasında deprem yönetmeliğinde belirtilen yük kombinasyonları kullanılmıştır. Bu yük kombinasyonları deprem yönetmeliğinin 4.4.4. bölümünde mevcut bulunup tez kapsamında ilerleyen bölümlerde bu kombinasyonlar detaylıca irdelenmiştir.

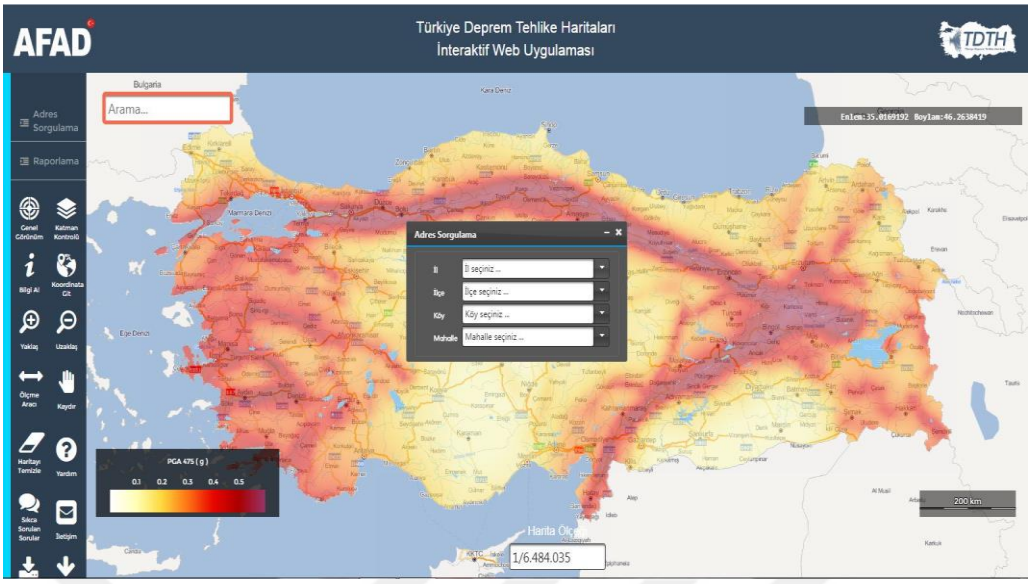
Tez kapsamında 50 kat kule bölümünden oluşacak şekilde hazırlanan, deprem yönetmeliğine uygun olarak tasarlanan yapı üç boyutlu modeli Şekil 4.1.'de mevcuttur.



Şekil 4.1. Yüksek binanın üç boyutlu modeli

4.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumlarının Tespiti

Tasarımda kullanılacak olan standart deprem yer hareketi spektrumları AFAD sitesi üzerinde mevcut bulunan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları koordinat bilgileri girilerek (https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml) üzerinden temin edilmiştir (Şekil 4.2.). Yapının Diyarbakır İli Kayapınar İlçesinde inşa edileceği düşünülmüş olup koordinatlarının "37.954477, 40.170404" olacağı planlanmıştır.



Şekil 4.2.Türkiye deprem haritaları

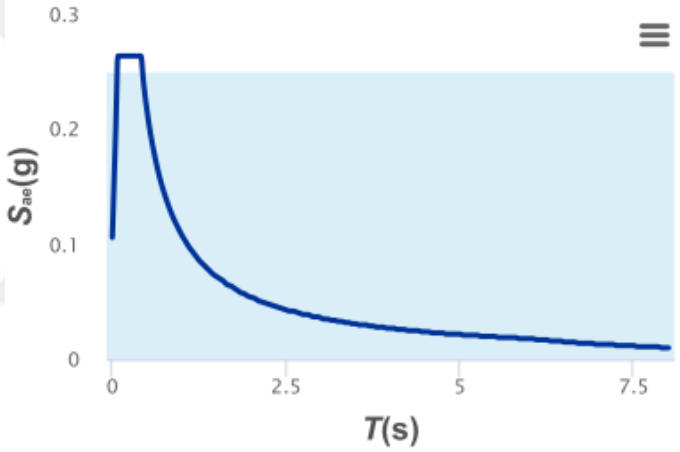
Koordinat bilgileri seçildikten sonra "Raporlama" kısmına tıklanır ve gelen ekrandan rapor başlığı kısmı doldurularak ilgili Deprem Yer Hareketi Düzeyi ve Yerel Zemin Sınıfı bilgileri girilir. Her tasarım aşamasında kullanılacak olan deprem yer hareketi düzeylerine ait olan rapor bilgileri ayrı ayrı temin edilmiştir.1. tasarım aşamasında kullanılması gereken DD-2 özellikleri ve ifade sembolleri Çizelge 4.1.'de ayrıntılı bir şekilde listelenmiştir. Tez kapsamında hazırlanan projeye uygun olarak Türkiye deprem tehlike haritalarından elde edilen DD-2 deprem yer hareketi düzeyi bilgileri Çizelge 4.2.'de mevcuttur. Ayrıca koordinat bilgileri girilerek temin edilen yatay elastik spektrum eğrisi Şekil 4.3.'te mevcuttur.

Çizelge 4.1. Spektrum raporunda kullanılan ifade açıklamaları

DD-2 DEPREM YER HAREKETİ KULLANILAN SİMGE VE AÇIKLAMALARI	
S_S:	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1:	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{DS}:	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}:	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
PGA:	En büyük yer ivmesi [g]
PGV:	En büyük yer hızı [cm/sn]
F_S :	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı
F_1:	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı
T_A :	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B :	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L:	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

Çizelge 4.2. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi bilgileri

DD-2 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ BİLGİLERİ	
ENLEM:	37.954477°
BOYLAM:	40.170404°
SS:	0.33
S1:	0.135
PGA:	0.147
PGV:	10.729
FS(Yerel Zemin Sınıfı ZA ve S S =0.330 için):	0.800
F1(Yerel Zemin Sınıfı ZA ve S 1 =0.135 için):	0.800
S DS (SS *FS) 0.330 x 0.800 :	0.264
S D1 (S1 *F1)0.135 x 0.800 :	0.108



Şekil 4.3. Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri

4.4. Tasarım Aşaması 1: Ön Tasarım ve Boyutlandırma Aşamaları

Tübüler taşıyıcı sisteme sahip olan yapının TBDY (2018) kapsamında 1. tasarım aşaması kurallarına göre ön tasarım ve boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Standart deprem yer hareketi olarak adlandırılan DD-2 deprem yer hareketi altında ön boyutlandırma işlemi yapılmıştır. John Hancock binası mimarisinden esinlenerek yapılan 50 katlı yapı tübüler taşıyıcı sistem olarak tasarlanmıştır. Hesap sonuçları dikkate alınarak yapının ön tasarım aşaması belirlenmiştir.

1. aşama taşıyıcı sistem modellemesi yönetmelikte verilen kurallara uygun olarak yapılmıştır. Bina taşıyıcı sistemler üç boyutlu olarak modellenmiştir. Birbirine dik iki yatay doğrultuda deprem etkisi göz önüne alınmıştır. Sönüm oranı ön tasarım aşaması için yönetmelikte belirtildiği üzere %5 alınmıştır. Yönetmelikte belirtildiği üzere kiriş ve kolonlar

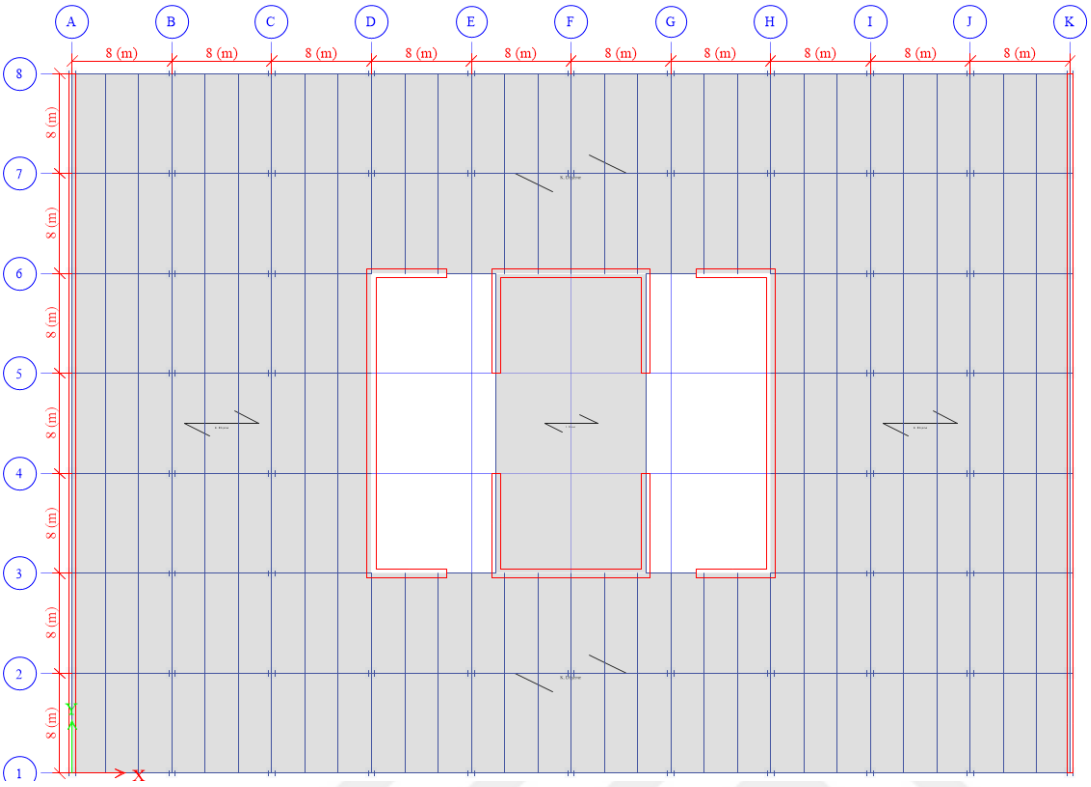
çubuk sonlu elemanlar olarak tanımlanmıştır. Kolon ve moment aktaran kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü göz önüne alınmıştır. İkincil kirişlerde ise kiriş başlangıç ve bitiş noktaları mafsallı olarak tanımlanmıştır. Yani kesme kuvveti ve eksenel kuvvet aktarabilecek fakat moment aktarmayacak şekilde tanımlanmıştır. Betonarme kolon ve kirişlerin etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması amacıyla yönetmelikte 1. aşama kapsamında belirtilen değerler dikkate alınmıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanları, sadece deprem etkili yük birleşimleri içinde yer alan ve bu birleşimlere giren yükler altındaki hesaplarda uygulanmıştır. Deprem yönetmeliğinde 1. aşamada kullanılması gerektiği belirtilen etkin kesit rijitlikleri Çizelge 4.3.'te mevcuttur.

Çizelge 4.3. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları(TBDY2018)

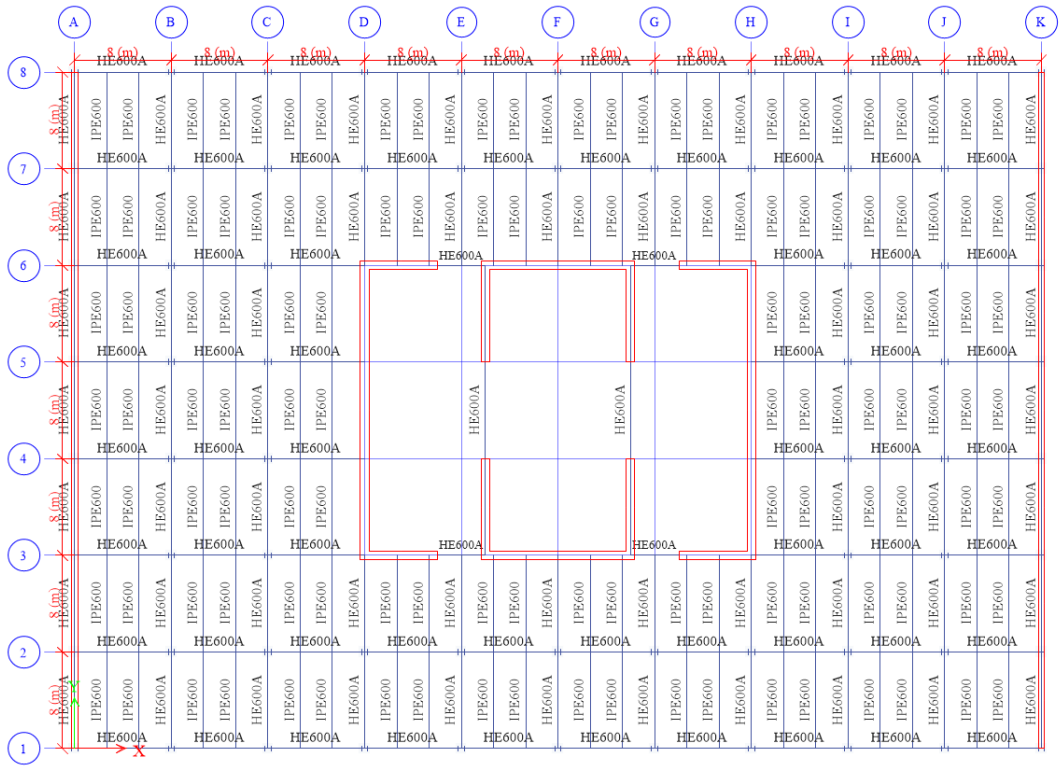
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman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

Betonarme perdeler ilgili yönetmelikte perde kabulünde belirtildiği üzere kesitteki uzunluğunun kalınlığına oranı en az 6 olarak tanımlanan taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmıştır. Betonarme perde elemanları hem düzlem içi, hem de düzlem dışı yer değiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içeren kabuk sonlu elemanlar olarak modellenmiştir. Kabuk sonlu elemanlarının birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü göz önüne alınmıştır.

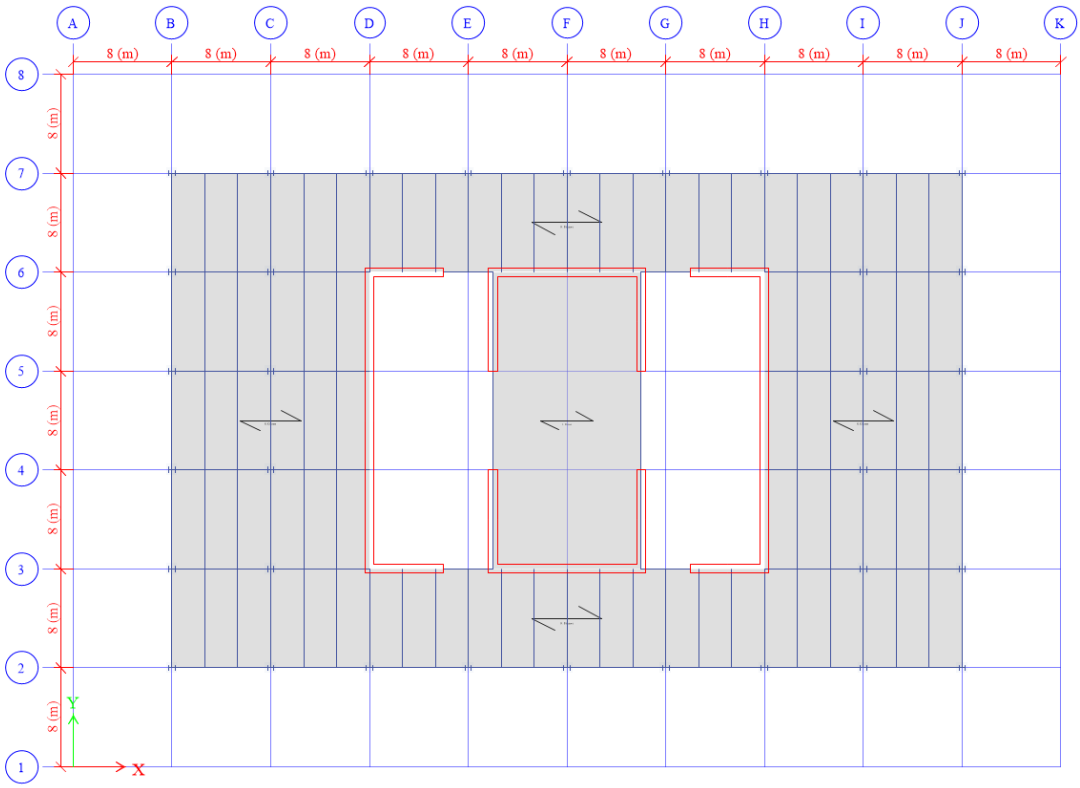
Döşeme elemanları yarı rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. Deprem hesabından elde edilen düzlem içi kuvvetlerin döşemelerden düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli biçimde aktarılması sağlanmıştır. Program dahilinde DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında 1. aşama tasarım analizi sonucunda elde edilen yapıya ait bodrum ve zemin kat planları Şekil 4.4., Şekil 4.5., Şekil 4.6, Şekil.4.7.'de mevcuttur.



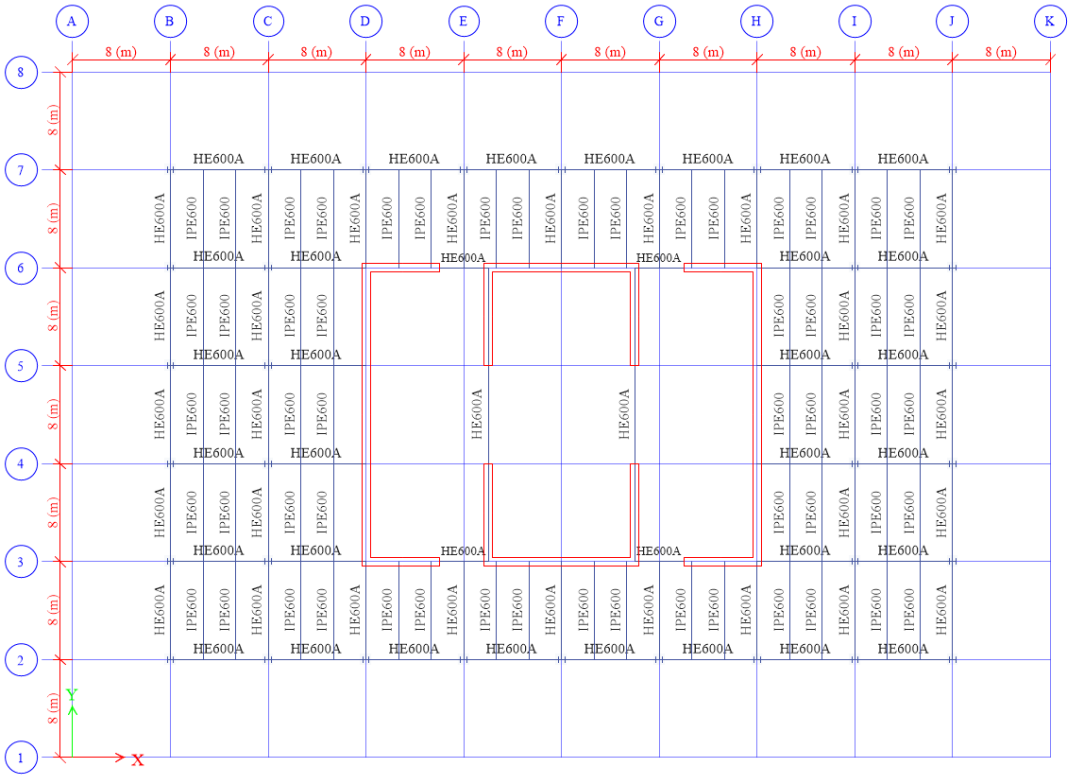
Şekil 4.4. Bodrum kat planı (ETABS 2017)



Şekil 4.5. Bodrum kat - profil kesitleri gösterimi (ETABS 2017)



Şekil 4.6. Tipik kat planı (ETABS 2017)



Şekil 4.7: Tipik kat - profil kesitleri gösterimi (ETABS 2017)

TBDY (2018) kapsamında 1. aşama hesabından önce yapım aşamaları göz önüne alınan düşey yük hesabı ve rüzgar hesabı ile betonarme binalarda sünme hesabı yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ancak rüzgar yükü hesabının yüksek binalarda özel kurallar dahilinde incelenmesi gerekliliğinden dolayı rüzgar etkisi çalışmada dikkate alınmamıştır. 1.aşamada yönetmelik kapsamında kullanılması istenen yük birleşimleri özel olarak tanımlanmıştır. DD-2 deprem yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında tasarım için kullanılan yönetmelik kurallarına uygun olarak belirlenen deprem etkisini içeren yük birleşimleri Çizelge 4.4.'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. 1. aşamada kullanılan yük birleşimleri

1. AŞAMA YÜK BİRLEŞİMLERİ
1.4G+1.6Q
1.0G+1.0Q+1.0Ex+0.3Ey+0.3Ez
1.0G+1.0Q-1.0Ex-0.3Ey+0.3Ez
1.0G+1.0Q-1.0Ex+0.3Ey+0.3Ez
1.0G+1.0Q+1.0Ex-0.3Ey+0.3Ez
1.0G+1.0Q+1.0Ey+0.3Ex+0.3Ez
1.0G+1.0Q-1.0Ey+0.3Ex+0.3Ez
1.0G+1.0Q+1.0Ey-0.3Ex+0.3Ez
1.0G+1.0Q-1.0Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G+1.0Ex+0.30Ey-0.3Ez
0.9G+1.0Ex-0.30Ey-0.3Ez
0.9G-1.0Ex+0.30Ey-0.3Ez
0.9G-1.0Ex-0.30Ey-0.3Ez
0.9G+1.0Ey+0.30Ex-0.3Ez
0.9G+1.0Ey-0.30Ex-0.3Ez
0.9G-1.0Ey+0.30Ex-0.3Ez
0.9G-1.0Ey-0.30Ex-0.3Ez

1. tasarım aşamasında yüksek bina taşıyıcı sistemine uygun olarak Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) yönetmeliğin ilgili tablosu dikkate alınarak seçilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerden olan A15 maddesinde yer alan taşıyıcı sistem seçimi yapılmıştır. A15 türü taşıyıcı sistem, deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binaları simgelemektedir. Bu taşıyıcı sistem seçimine uygun olarak tablodan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=7 alınmış olup dayanım fazlalığı

katsayısı ise D=2.5 olarak kabul edilmiştir. Yönetmelik kurallarına göre A15 tipi bina taşıyıcı sistemleri için izin verilen bina yükseklik sınıfı BYS≥2 olup bu koşul çalışmada seçilen bina yükseklik sınıfı 1 olduğundan yönetmelik sınırları içinde kalmıştır.

Analizlerde deprem hesabı kapsamında DD-2 deprem yer hareketi altında 1. aşama adımında mod birleştirme yöntemi veya zaman tanım alanında mod toplama yöntemi ile üç boyutlu doğrusal hesap yapılması gerekmektedir. Çalışma kapsamında mod birleştirme yöntemi (spektral hesap) kullanılarak 50 katlı yapının üç boyutlu doğrusal hesabı yapılmıştır.

Yapıda azaltılmış iç kuvvetlerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine göre büyütülmesi işlemi yapılmıştır. 1. aşama deprem hesabında yönetmelikte mevcut denklemler esas alınarak Minimum Taban Kesme Kuvveti hesabı yapılmıştır.

$$V_{t,min}= 0.04\ \alpha_H\, m_t\, S_{DS}\, g \qquad \text{(Denklem 4.1.)}$$

Formülde yer alan m_t baza ve kulenin yer aldığı üst bölümün toplam kütlesini ifade etmekte olup hesap işlemi neticesinde bilgisayar programından elde edilmiştir. Yapı ağırlığının analizler sonucu 1 109 899.5643 kN olduğu tespit edilmiştir.

Formülde yer alan S_{DS}; DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını ifade etmekte olup AFAD'ın internet sitesinden temin edilmiştir. Bu sonuçlara göre S_{DS}=0.264 olduğu değerindedir.

Formülde bulunan bir diğer değer olan α_H yükseklik tanımı esas alarak bina yüksekliğine bağlı olarak hesaplanan katsayıyı göstermekte olup ilgili tablodan bina yüksekliği 212 metre olduğundan dolayı α_H = 0.5 olarak kabul edilmiştir (155 m < H N ise α_H = 0.5). İlgili formülde kullanılması gereken değerler yerleştirildiğinde aşağıda mevcut bulunan denklem elde edilmiştir.

$$V_{t,min}= 0.04\ \alpha_H\, m_t\, S_{DS}\, g= 0.04*0.5*1109899.56*0.264 =5860.27kN$$

Yönetmelikte belirtilen hesaplamalar şu şekilde yapılmıştır:

$V_{tx}^{(X)}$; x doğrultusunda elde edilen toplam deprem yükünü göstermekte olup bu değer DD-2 yer hareketi spektral analiz sonucunda bilgisayar programından elde edilmiştir. Program verilerine göre $V_{tx}^{(X)}$=5652.63 kN , $V_{ty}^{(Y)}$=7462.18 kN değerindedir. Karşılaştırmalar bu değerler baz alınarak yapılmıştır.

$V_{tx}^{(X)}$ =5652.63 kN < $V_{t,min}$=5860.27kN

$V_{ty}^{(Y)}$=7462.18 kN > $V_{t,min}$=5860.27kN

Ayrıca yönetmelikte hesaplamalar sonucu bulunan $V_{t,min}$ değerinin yüksek bina ön tasarımında aşağıdaki denklemde $V_{tE}^{(X)}$ yerine kullanılması gerektiği ve aynı denklemde $\gamma E = 1$ alınması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada bu kurala uyulmuştur. Yönetmelikte yüksek bina ön tasarımında ayrıca $V_{tx}^{(X)} < \gamma_E V_{tE}^{(X)}$ olması durumunda modal hesap yöntemiyle elde edilen azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri aşağıdaki denklemde verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{tE}^{(X)}$ ile çarpılarak büyütülmesi gerektiği belirtilmiştir.

$$[\beta_{tE}^{(X)} = \gamma_E V_{tE}^{(X)} / V_{tx}^{(X)}] \geq 1 \qquad \text{(Denklem 4.2.)}$$

Çalışılan model X yönünde yönetmelikte verilen koşulu sağladığından dolayı eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı hesaplanmış ve çalışmada bu değer göz önünde bulundurulmuştur. Deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere formülde $V_{tE}^{(X)}$ yerine $V_{t,min}$ değeri alınmıştır. $\beta_{tE}^{(X)} = 1*5860.27/5652.63 = 1.04$ değeri hesaplanmış ve yönetmelikte belirtildiği üzere bu değer 1 değerinden büyük olduğu için hesaplamalarda değiştirilmeden 1.04 değeri kullanılmıştır. $V_{ty}^{(Y)}$ ise $V_{t,min}$ değerinden büyük olduğundan dolayı büyütme katsayısı kullanılmamıştır.

DD-2 deprem yer hareketi altında ön tasarım aşamasında yapısal elemanların boyutları ve donatıları yönetmeliğin diğer bölümleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan yapı modelinde temel ve yapı etkileşimi dikkate alınmamış olup bodrum kattaki kolonların temele birleşimi ankastre olarak kabul edilmiştir.

Deprem yönetmeliğine uygun olarak yapılan DD-2 deprem yer hareketi altında ön tasarım boyutlandırma amacıyla yapılan analiz sonucunda bilgisayar programından elde edilen veriler ile etkin kütle katılım oranları, periyodları ve açısal frekansları temin edilmiş ve Çizelge 4.5.'te verilmiştir. Modal yön faktörleri ise Çizelge 4.6.'da bulunmaktadır. [Modal yön faktörlerinin yer aldığı tabloda ise yapının her bir mod da hangi yönde ne kadar hareket görülmektedir.]

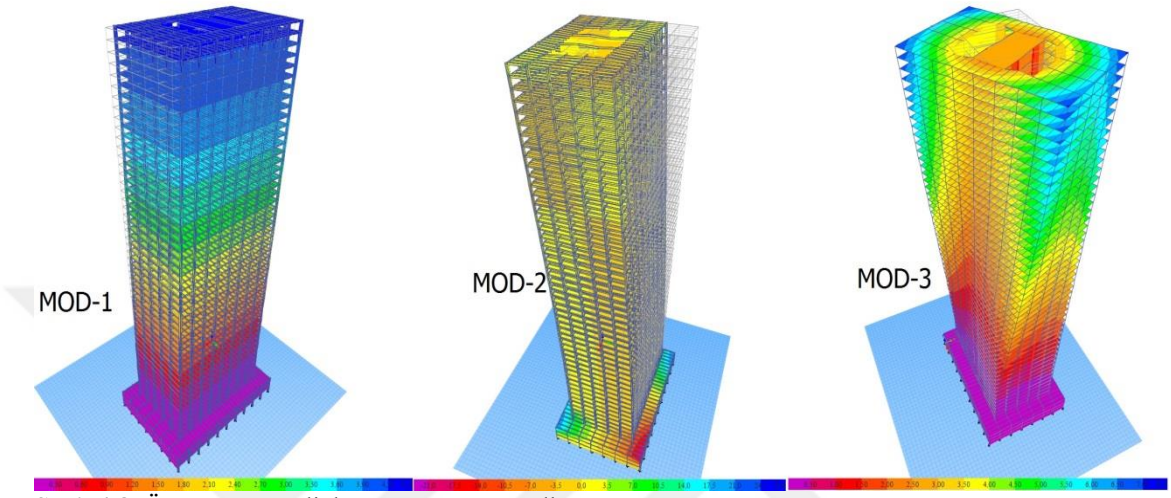
Çizelge 4.5. 1. aşama modal analiz sonuçları (ETABS 2017)

Model 1 modal analiz sonuçları									
Mode	**Periot**	**Açısal Fr.**	**Frekans**	**Etkin Kütle Katılım Oranları**					
	(s)	rad/s	cyc/s	**UX**	**UY**	**UX**	**UY**	**RZ**	**RZ**
1	5.26	1.19	0.19	66.40%	0.00%	66.40%	0.00%	0.00%	0.00%
2	4.31	1.46	0.23	0.00%	62.37%	66.40%	62.37%	0.00%	0.00%
3	3.87	1.62	0.26	0.00%	0.00%	66.40%	62.37%	61.54%	61.54%
4	1.37	4.57	0.73	14.10%	0.00%	80.51%	62.37%	0.00%	61.54%
5	0.99	6.35	1.01	0.00%	0.00%	80.51%	62.37%	13.71%	75.25%
6	0.91	6.88	1.10	0.00%	17.54%	80.51%	79.91%	0.00%	75.25%
7	0.62	10.19	1.62	5.91%	0.00%	86.41%	79.91%	0.00%	75.25%
8	0.45	13.90	2.21	0.00%	0.00%	86.41%	79.91%	5.41%	80.66%
9	0.38	16.39	2.61	0.00%	6.32%	86.41%	86.24%	0.00%	80.66%
10	0.36	17.37	2.77	3.37%	0.00%	89.78%	86.24%	0.00%	80.66%
11	0.28	22.25	3.54	0.00%	0.00%	89.78%	86.24%	2.68%	83.34%
12	025	25.41	4.05	2.23%	0.00%	92.01%	86.24%	0.00%	83.34%
13	0.23	27.42	4.36	0.00%	3.17%	92.01%	89.40%	0.00%	83.34%
14	0.21	30.11	4.79	0.00%	0.00%	92.01%	89.40%	1.50%	84.84%
15	0.19	33.62	5.35	1.68%	0.00%	93.68%	89.40%	0.00%	84.84%
16	0.17	37.11	5.91	0.00%	0.00%	93.68%	89.40%	0.94%	85.79%
17	0.16	38.55	6.14	0.00%	1.81%	93.68%	91.21%	0.00%	85.79%
18	0.15	41.21	6.56	0.00%	0.00%	93.68%	91.21%	0.00%	85.79%
19	0.15	41.47	6.60	1.40%	0.00%	95.08%	91.21%	0.00%	85.79%
20	0.15	41.89	6.67	0.00%	0.00%	95.08%	91.21%	0.00%	85.79%
21	0.15	43.22	6.88	0.00%	0.00%	95.08%	91.21%	0.66%	86.45%
22	0.14	44.38	7.06	0.00%	0.00%	95.08%	91.21%	0.00%	86.45%
23	0.13	47.12	7.50	0.00%	0.00%	95.08%	91.21%	0.00%	86.45%
24	0.13	47.44	7.55	0.00%	0.00%	95.08%	91.22%	0.00%	86.45%
25	0.13	48.22	7.68	0.00%	0.00%	95.08%	91.22%	0.00%	86.45%
26	0.13	48.45	7.71	0.00%	0.00%	95.08%	91.22%	0.48%	86.93%
27	0.13	48.61	7.74	1.21%	0.00%	96.29%	91.22%	0.00%	86.93%
28	0.13	48.91	7.79	0.00%	1.10%	96.29%	92.31%	0.00%	86.93%
29	0.13	49.90	7.94	0.00%	0.00%	96.29%	92.31%	0.02%	86.95%
30	0.13	49.90	7.94	0.00%	0.00%	96.29%	92.31%	0.00%	86.95%
31	0.12	52.79	8.40	0.00%	0.01%	96.29%	92.32%	0.00%	86.95%
32	0.12	52.89	8.42	0.00%	0.00%	96.29%	92.32%	0.37%	87.32%
33	0.11	54.91	8.74	0.92%	0.00%	97.22%	92.32%	0.00%	87.32%
34	0.11	56.14	8.93	0.00%	0.40%	97.22%	92.72%	0.00%	87.32%
35	0.11	56.67	9.02	0.00%	0.00%	97.22%	92.72%	0.30%	87.62%
36	0.11	56.93	9.06	0.00%	0.04%	97.22%	92.76%	0.00%	87.62%
37	0.11	57.80	9.20	0.00%	0.00%	97.22%	92.76%	0.01%	87.63%
38	0.11	59.71	9.50	0.00%	0.13%	97.22%	92.89%	0.00%	87.63%
39	0.11	59.97	9.55	0.00%	0.00%	97.22%	92.89%	0.28%	87.91%
40	0.10	60.56	9.64	0.52%	0.00%	97.74%	92.89%	0.00%	87.91%
41	0.10	62.11	9.89	0.00%	0.13%	97.74%	93.02%	0.00%	87.91%
42	0.10	62.85	10.00	0.00%	0.00%	97.74%	93.02%	0.26%	88.17%
43	0.10	64.05	10.19	0.00%	0.28%	97.74%	93.30%	0.00%	88.17%
44	0.10	64.60	10.28	0.00%	0.18%	97.74%	93.47%	0.00%	88.17%
45	0.10	65.45	10.42	0.00%	0.00%	97.74%	93.47%	0.26%	88.43%
46	0.10	65.77	10.47	0.24%	0.00%	97.98%	93.47%	0.00%	88.43%
47	0.10	66.11	10.52	0.00%	0.02%	97.98%	93.49%	0.00%	88.43%
48	0.10	66.32	10.56	0.00%	0.00%	97.98%	93.49%	0.00%	88.43%
49	0.09	67.91	10.81	0.00%	0.03%	97.98%	93.52%	0.00%	88.43%
50	0.09	68.12	10.84	0.00%	0.00%	97.98%	93.52%	0.24%	88.67%
51	0.09	69.49	11.06	0.00%	0.00%	97.98%	93.52%	0.00%	88.67%
52	0.09	69.72	11.10	0.00%	0.04%	97.98%	93.55%	0.00%	88.67%
53	0.09	70.35	11.20	0.00%	0.00%	97.98%	93.55%	0.36%	89.03%

Çizelge 4.6. 1. aşama modal yön faktörleri

Modal Yön Faktörleri					
Mode	**Periot(s)**	**UX**	**UY**	**UZ**	**RZ**
1	5.259	1	0	0	0
2	4.309	0	1	0	0
3	3.872	0	0	0	1
4	1.374	1	0	0	0
5	0.989	0	0	0	1
6	0.913	0	1	0	0
7	0.617	1	0	0	0
8	0.452	0	0	0	1
9	0.383	0	1	0	0
10	0.362	1	0	0	0
11	0.282	0	0	0	1
12	0.247	1	0	0	0
13	0.229	0	1	0	0
14	0.209	0	0	0	1
15	0.187	1	0	0	0
16	0.169	0	0	0	1
17	0.163	0	1	0	0
18	0.152	0	0	0	1
19	0.152	1	0	0	0
20	0.15	0	0	0	1
21	0.145	0	0	0	1
22	0.142	0	0	0	1
23	0.133	0	1	0	0
24	0.132	0	1	0	0
25	0.13	0	0.999	0	0.001
26	0.13	0	0	0	1
27	0.129	1	0	0	0
28	0.128	0	1	0	0
29	0.126	0	0	0	1
30	0.126	0	0.938	0	0.062
31	0.119	0	1	0	0
32	0.119	0	0	0	1
33	0.114	1	0	0	0
34	0.112	0	1	0	0
35	0.111	0	0	0	1
36	0.11	0	1	0	0
37	0.109	0	0	0	1
38	0.105	0	1	0	0
39	0.105	0	0	0	1
40	0.104	1	0	0	0
41	0.101	0	1	0	0
42	0.1	0	0	0	1
43	0.098	0	1	0	0
44	0.097	0	1	0	0
45	0.096	0	0	0	1
46	0.096	1	0	0	0
47	0.095	0	1	0	0
48	0.095	0	0	0	1
49	0.093	0	1	0	0
50	0.092	0	0	0	1
51	0.09	0.157	0.412	0	0.432
52	0.09	0	1	0	0
53	0.089	0	0	0	1

Yapılarda her bir kat sayısına 3 adet mod karşılık gelecek şekilde analizler yapılmalıdır. Ancak gösterim açısından 53 adet mod gösterilmiştir. İlk 3 mod dikkate alındığında bu modlar daha yüksek öneme sahip olduğundan dolayı periyot değerleri daha yüksek değere sahiptir. 1. moddan başlamak üzere periyot değerleri giderek azalmaktadır. İlk 3 moda ait görseller Şekil 4.8.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Ön tasarım analizler sonucu yapı modları

4.5.Tasarım Aşaması 2: Hesap Esasları

2.tasarım aşamasında ön tasarımı yapılan taşıyıcı sistem elemanlarının DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketleri altında belirlenen performans hedeflerinin sağlanması gerekmektedir. Yapılan analizler ile birlikte DD-4 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi kapsamında Kesintisiz Kullanım (KK) performans hedefi sağlanmaya çalışılmıştır. DD-3 deprem yer hareketi altında ise ileri performans hedefi kapsamında Sınırlı Hasar (SH) performans hedefi sağlanmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede doğrusal veya doğrusal davranışa çok yakın durumda olduğunu göstermek amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında DD-4 deprem yer hareketi altında doğrusal hesaba dayalı DGT yaklaşımı ile yapı çözümü yapılmıştır. DD-3 deprem yer hareketi altında ise doğrusal olmayan hesaba dayalı ŞGDT yaklaşımı ile yapı çözümü yapılmıştır. 2. Aşama taşıyıcı sistem modellemesi ise yönetmelikte verilen dayanıma göre tasarım ilkeleri ve şekil değiştirmeye göre kuralları dikkate alınarak yapılmıştır.

2. tasarım aşamasında kullanılan yük birleşimleri 1. aşamada kullanılan yük birleşimlerinin tamamı kullanılmıştır. Buna ek olarak hareketli yük. hareketli yük katılım katsayısı n ile çarpılarak kombinasyonlar yapılmıştır. Hareketli yük kütle katılım katsayısı hesaplamalarda proje konut ve işyerleri kullanım amacına uygun olarak yapıldığından 0.3 olarak

alınmıştır. 2. aşamada yönetmeliğe uygun olarak Q. 0.3 katsayısı ile çarpılmıştır. Yapıda 2.aşamada kullanılan yük bileşimleri Çizelge 4.7.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. 2. aşamada kullanılan yük birleşimleri

2. AŞAMA YÜK BİRLEŞİMLERİ
1.0G+0.3Q+1.0Ex+0.3Ey+0.3Ez
1.0G+0.3Q-1.0Ex-0.3Ey+0.3Ez
1.0G+0.3Q-1.0Ex+0.3Ey+0.3Ez
1.0G+0.3Q +1.0Ex-0.3Ey+0.3Ez
1.0G+0.3Q +1.0Ey+0.3Ex+0.3Ez
1.0G+0.3Q -1.0Ey+0.3Ex+0.3Ez
1.0G+0.3Q +1.0Ey-0.3Ex+0.3Ez
1.0G+0.3Q -1.0Ey-0.3Ex+0.3Ez
0.9G+1.0Ex+0.30Ey-0.3Ez
0.9G+1.0Ex-0.30Ey-0.3Ez
0.9G-1.0Ex+0.30Ey-0.3Ez
0.9G-1.0Ex-0.30Ey-0.3Ez
0.9G+1.0Ey+0.30Ex-0.3Ez
0.9G+1.0Ey-0.30Ex-0.3Ez
0.9G-1.0Ey+0.30Ex-0.3Ez
0.9G-1.0Ey-0.30Ex-0.3Ez

Bu aşamada DD-4 yer hareketi altında doğrusal hesaba dayalı DGT yaklaşımında yüksek yapılarda betonarme elemanlar için Çizelge 4.8.'de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılmıştır. Ayrıca doğrusal olmayan hesaba dayalı ŞGDT yaklaşımının uygulanması durumunda döşemeler ve bodrum perdeleri için kullanılması önerilmiştir.

Proje çalışmasında bu aşamada ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmamıştır. Sönüm oranı ise deprem yönetmeliğine uygun olarak %2.5 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanları için II. aşamada uygulanacak etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.75	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	0.80
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	1.00	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kirişi	0.70	1.00
Çerçeve kolonu	0.90	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.80	1.00

1. aşama deprem hesabından önce yapılan ve yapım aşamalarını göz önüne alan düşey yük hesabı sonuçları 2. aşamada da kullanılmıştır. Çalışmada DD-4 deprem yer hareketi altında modal hesap yöntemleri ile doğrusal hesap yapılmış olup DD-3 deprem yer hareketi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yapılmıştır.

Bu aşamada DD-4 deprem yer hareketi altında dayanıma göre tasarım çerçevesinde spektral analiz yapılmıştır. Yönetmeliğe uygun olarak R/I=1 ve D=1 alınmıştır. 1. aşamadaki minimum taban kesme kuvveti koşulu bu aşamada uygulanmamıştır. Deprem hesabı mod birleştirme yöntemi ile yapılmış olup sönüm oranı %2.5 alınmıştır. %2.5 sönüm oranına karşı gelen yatay elastik tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$. %5 sönüm oranı için verilen spektral ivme değerleri 1.25 katsayısı ile çarpılmıştır. Mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanmıştır. DD-3 deprem yer hareketi altında proje kapsamında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bu kapsamda Rayleigh orantılı sönüm matrisinin veya modal sönüm matrisinin oluşturulması için göz önüne alınan modlarda sönüm oranı yönetmelikte de belirtildiği üzere %2.5 alınmıştır.

4.5.1.Deprem Kayıtlarının Seçimi ve Ölçeklendirilmesi

DD-3 deprem yer hareketi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bu kapsamda 11 adet deprem kaydı PEER (Pacific Earthquake Engineering Center) sitesinden alınmıştır. PEER sitesinden gerçek ivme kayıtları temin edilmiş ve ETABS programı ile ivme kayıtları tasarım spektrumuna uygun olarak ölçeklendirilmiştir.

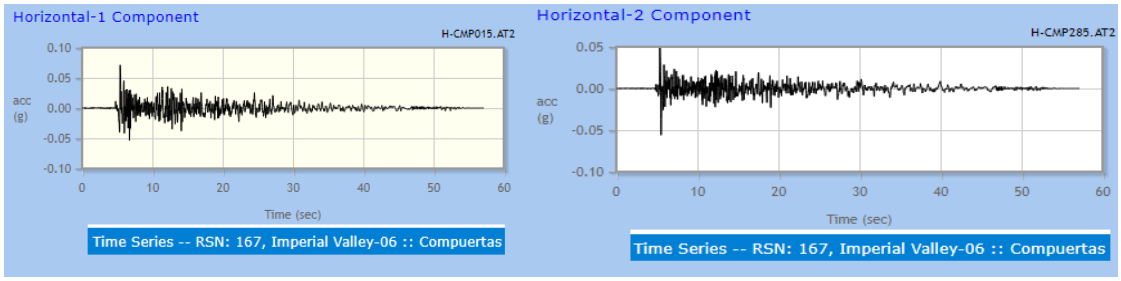
Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi. analizlerde yapıların gerçek davranışlarının belirlenmesi için oldukça önemli bir konudur. Gerçek ivme kayıtları. depremin doğasını anlayabilmek. genlik. süre. frekans sonuçlarının gerçeğe en yakın olacak şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışmada seçilen yüksek bina konumuna göre yapının fay hattına olan uzaklığı. çevresinde geçmişte meydana gelen deprem büyüklükleri dikkate alınarak deprem kayıtları seçilmiştir. Daha sonra seçilen deprem kayıtlarına yapının tasarım spektrumuna spektral uyuşum sağlanacak şekilde ölçeklendirme işlemi uygulanmıştır.

Deprem kayıtlarının seçimi için öncelikle https://ngawest2.berkeley.edu/ sitesine kayıt işlemi yapılmıştır. Siteye hedef spektrum dosyası AFAD internet sitesinden temin edilerek yüklenmiştir. Daha sonra siteye yapının faya olan uzaklığı. deprem büyüklüğü gibi özellikleri girilerek istenen özelliğe sahip deprem ivme kayıtları seçilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen deprem kayıtları Çizelge 4.9.'da mevcuttur.

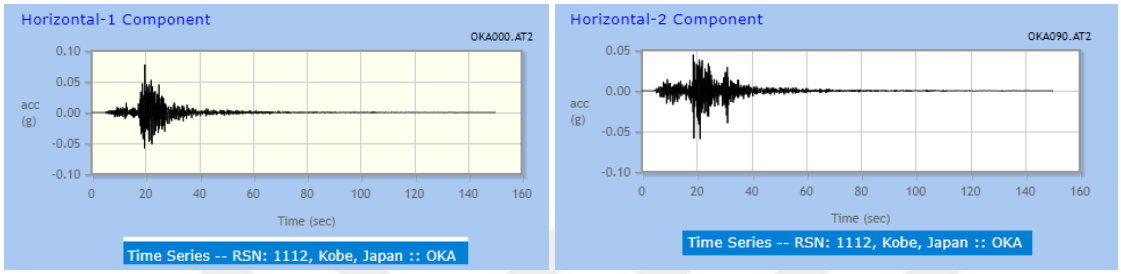
Analizlerde mevcut 11 adet deprem takımı seçilmiş ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları bu depremler çerçevesinde incelenmiştir. Analizlerde kullanılan Imperial Valley deprem ivme kaydı Şekil 4.9.'da, Kobe deprem ivme kaydı Şekil 4.10.'da, Düzce deprem ivme kaydı Şekil 4.11.'de,Çaldıran deprem ivme kaydı Şekil 4.12.'de, Hector Mine deprem ivme kaydı Şekil 4.13.'te, Landers deprem ivme kaydı Şekil 4.14.'te, Kocaeli deprem ivme kaydı Şekil 4.15.'te, Bam Iran deprem ivme kaydı Şekil 4.16.'da, El Mayor-Cucapah deprem ivme kaydı Şekil 4.17.'de, Darfield deprem ivme kaydı Şekil 4.18.'de, El Mayor- Cucapah deprem ivme kaydı Şekil 4.19.'da mevcuttur.

Çizelge 4.9. Time history analizinde kullanılan deprem özellikleri (PEER 2010)

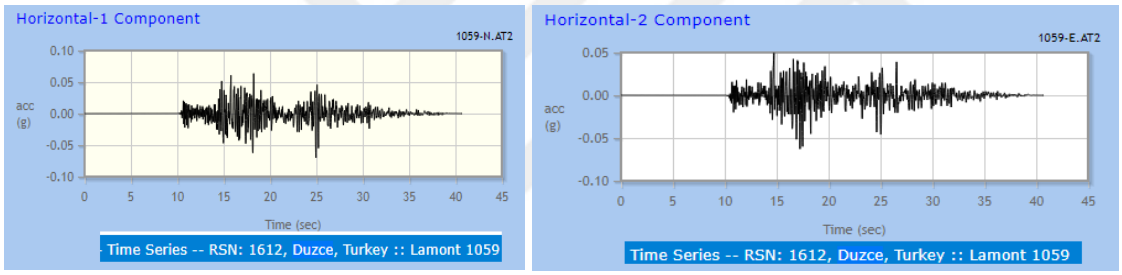
No	Deprem Adı	Yıl	İstasyon	PEER Kayıt No	5-95% (s)	Büyüklük (Mw)	Kırılma Tipi	M. Üssü (km)	Vs30 (m/sec)
1	Imperial Valley	1979	Compuertas	167	28.7	6.53	Yanal Atım	15.3	259.86
2	Kobe	1995	OKA	1112	23	6.9	Yanal Atım	86.94	609
3	Duzce	1999	Lamont 1059	1612	15	7.14	Yanal Atım	4.17	551.3
4	Caldiran	1976	Maku	1627	20.7	7.21	Yanal Atım	50.82	432.58
5	Hector Mine	1999	M.Creek Ranger Station	1812	20.9	7.13	Yanal Atım	84.87	387.12
6	Landers	1992	Forest Falls Post Office	3752	27.3	7.28	Yanal Atım	45.34	436.14
7	Kocaeli	1999	Arcelik	1148	11.1	7.51	Yanal Atım	13.49	523.0
8	Bam_ Iran	2003	M. Abad-e-Madkoon	4054	22.1	6.6	Yanal Atım	46.22	574.88
9	El Mayor-Cucapah (SIERRA)	2010	Salton City	5863	20.6	7.2	Yanal Atım	72.63	324.5
10	Darfield	2010	MAYC	6933	25.5	7	Yanal Atım	35.23	342.7
11	El Mayor-Cucapah	2010	Sam W. Stewart	8597	29.7	7.2	Yanal Atım	32.22	503



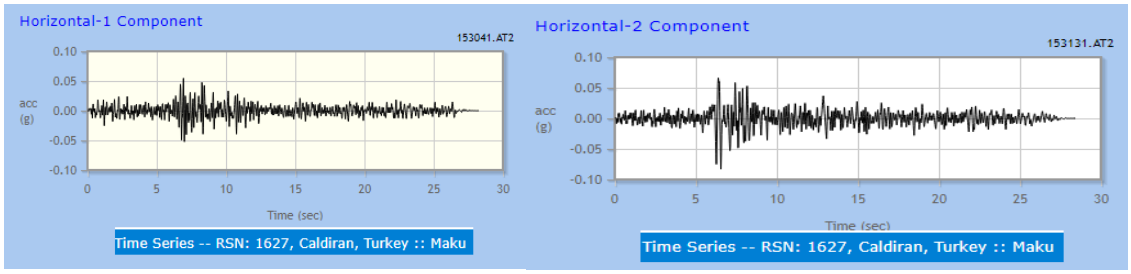
Şekil 4.9. Imperial Valley depremi ivme kayıtları



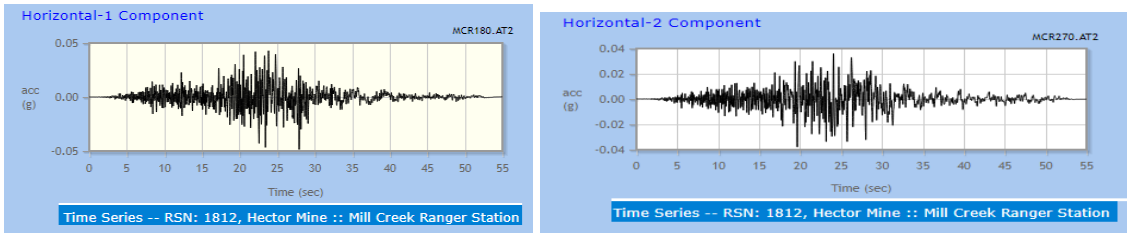
Şekil 4.10. Kobe depremi ivme kayıtları



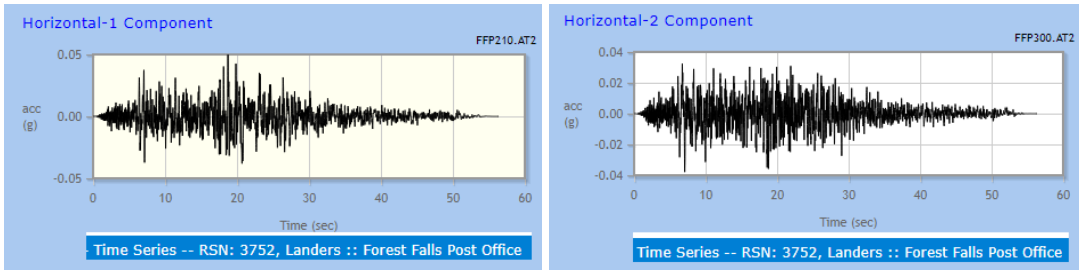
Şekil 4.11. Düzce depremi ivme kayıtları



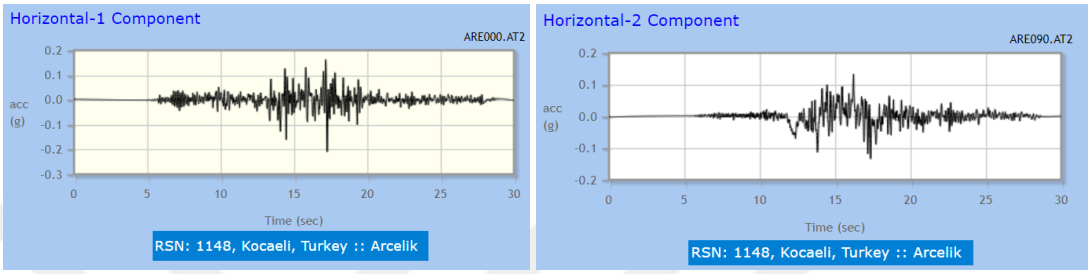
Şekil 4.12. Çaldıran depremi ivme kayıtları



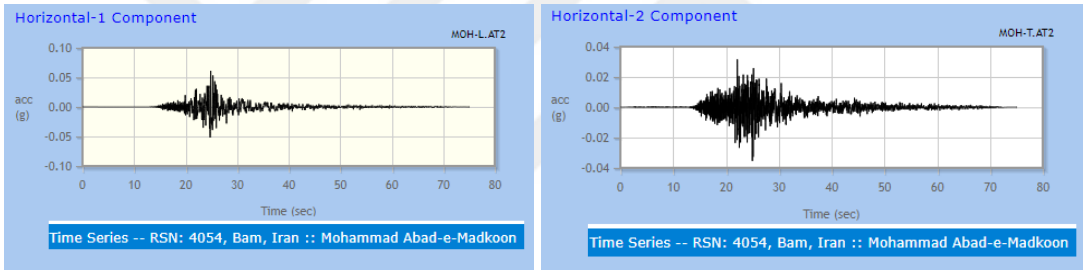
Şekil 4.13. Hector Mine depremi ivme kayıtları



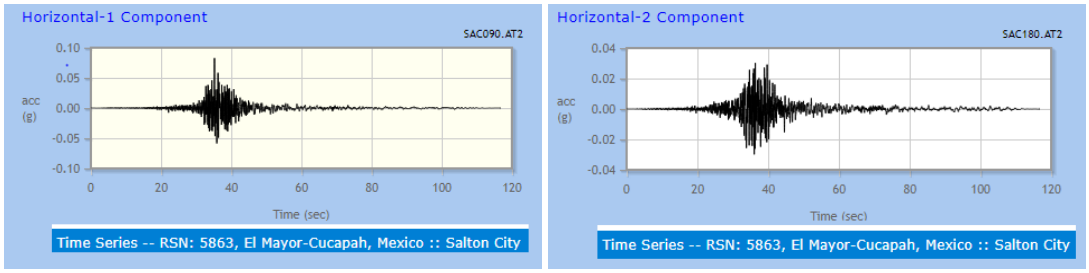
Şekil 4.14. Landers depremi ivme kayıtları



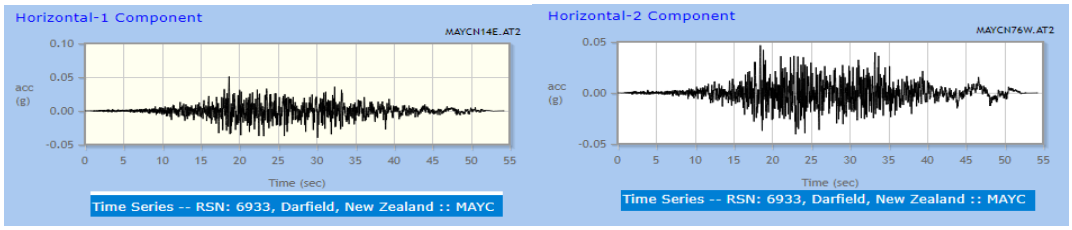
Şekil 4.15. Kocaeli depremi ivme kayıtları



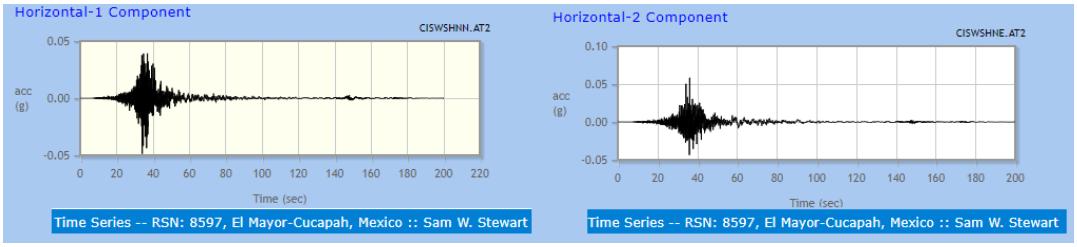
Şekil 4.16. Bam Iran depremi ivme kayıtları



Şekil 4.17. El Mayor-Cucapah (SIERRA) depremi ivme kayıtları



Şekil 4.18. Darfield depremi ivme kayıtları



Şekil 4.19. El Mayor-Cucapah depremi ivme kayıtları

Deprem kayıtlarının ölçeklendirilme işlemi TBDY (2018)'de verilen kurallara uygun olarak yapılmıştır. Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilmiştir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları arasındaki genlikleri programa tanımlanmıştır.

2. tasarım aşaması kapsamında iç kuvvet kapasitelerinin hesabında karakteristik malzeme dayanımları yerine Çizelge 4.10.'da verilen ortalama (beklenen) malzeme dayanımı değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.10. Beklenen (Ortalama) Malzeme Dayanımları

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

Yönetmeliğin 2. tasarım aşamasında verilen analizler sonucunda yönetmelikte istenen performans hedeflerini sağladığı görülmüş olup bu nedenle yapının ön tasarımı değiştirilmemiş ve 3. tasarım aşamasına geçilmiştir.

4.6. Tasarım Aşaması 3: Hesap Esasları

Çalışmanın 3. aşamasında ön tasarımı ve boyutlandırması yapılan yapının. 2. aşamada KK ve SH performans hedefinin sağlandığı yüksek binanın DD-1 deprem yer hareketi altında tasarımı yapılmıştır. DD-1 deprem yer hareketi göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak tanımlanabilmektedir. DD-1 deprem yer hareketi 2475 yılda bir tekrarlama periyodu olan 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan yer hareketi düzeyidir. 3. aşama kapsamında DD-1 deprem yer hareketi altında normal performans hedefi olarak Göçmenin Önlenmesi veya ileri performans hedefi olarak Kontrollü Hasar performans hedefinin sağlandığı gösterilmiştir.

Belirlenen performans hedefinin sağlanabilmesi amacıyla yüksek bina taşıyıcı sisteminin zaman tanım alanında üç boyutlu doğrusal olmayan hesabı yapılmıştır. Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım kapsamında yönetmelikte verilen doğrusal olmayan hesap için taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kurallar kullanılmıştır.

Taşıyıcı sistem yük bileşimleri 2. aşamada verilen yük bileşimleriyle aynı olacak şekilde yapıya etki ettirilmiştir. Ek dış merkezlik göz önüne alınmamıştır. Analizlerde sönüm oranı %2.5 olarak alınmıştır.

Yapının 3. tasarım aşamasında DD-1 deprem yer hareketi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. Rayleigh orantılı sönüm matrisinin veya modal sönüm matrisinin oluşturulması için göz önüne alınacak modlarda sönüm oranı %2.5 olarak alınmıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanları bu aşamada doğrusal olmayan hesap için taşıyıcı sistemin modellenmesine ilişkin kurallar kapsamında Çizelge 4.11.'de verilen değerler kullanılmıştır. Doğrusal olarak modellenen perdelerin ve döşemelerin düzlem içi ve düzlem dışı davranışlarına ilişkin çarpanlar bu değerlerden alınmıştır.

İç kuvvet kapasitelerinin hesabında karakteristik malzeme dayanımları yerine ortalama (beklenen) malzeme dayanımları kullanılmıştır. Ortalama malzeme dayanımları 2. Aşama kapsamında tabloda verilen değerlerdir.

Çizelge 4.11. 3. aşama betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

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

Yönetmelik kapsamında göreli kat ötelemesi hesaplanması işlemi yapılmıştır. (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi elde edilmiştir. Bu şekilde ardışık her iki kat arasında yatay yer değiştirme farkı bulunmuştur. Daha sonra bu değer R/I değeri ile çarpılarak etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i^{(X)}$ elde edilmiştir (Çizelge 4.12.) Etkin göreli kat

oranları kat yüksekliğine bölünerek λ katsayısı ile çarpılmıştır. λ katsayısı DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. Aşağıda bu kapsamda kullanılan denklemler kullanılan mevcut sıra ile verilmiştir. Bulunan değerlerin yönetmeliğe uygun olarak 0.008κ katsayısından küçük olduğu görülmüştür. κ katsayısı betonarme binalarda 1. çelik binalarda ise 0.5 alınan bir katsayı değeridir.

(1) $\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)}$ (Denklem 4.3.)

(2) $\delta_i^{(X)} = (R/I) * \Delta_i^{(X)}$ (Denklem 4.4.)

(3) $\lambda * \delta_i^{(X)} / h_i \leq 0.008\kappa$ (Denklem 4.5.)

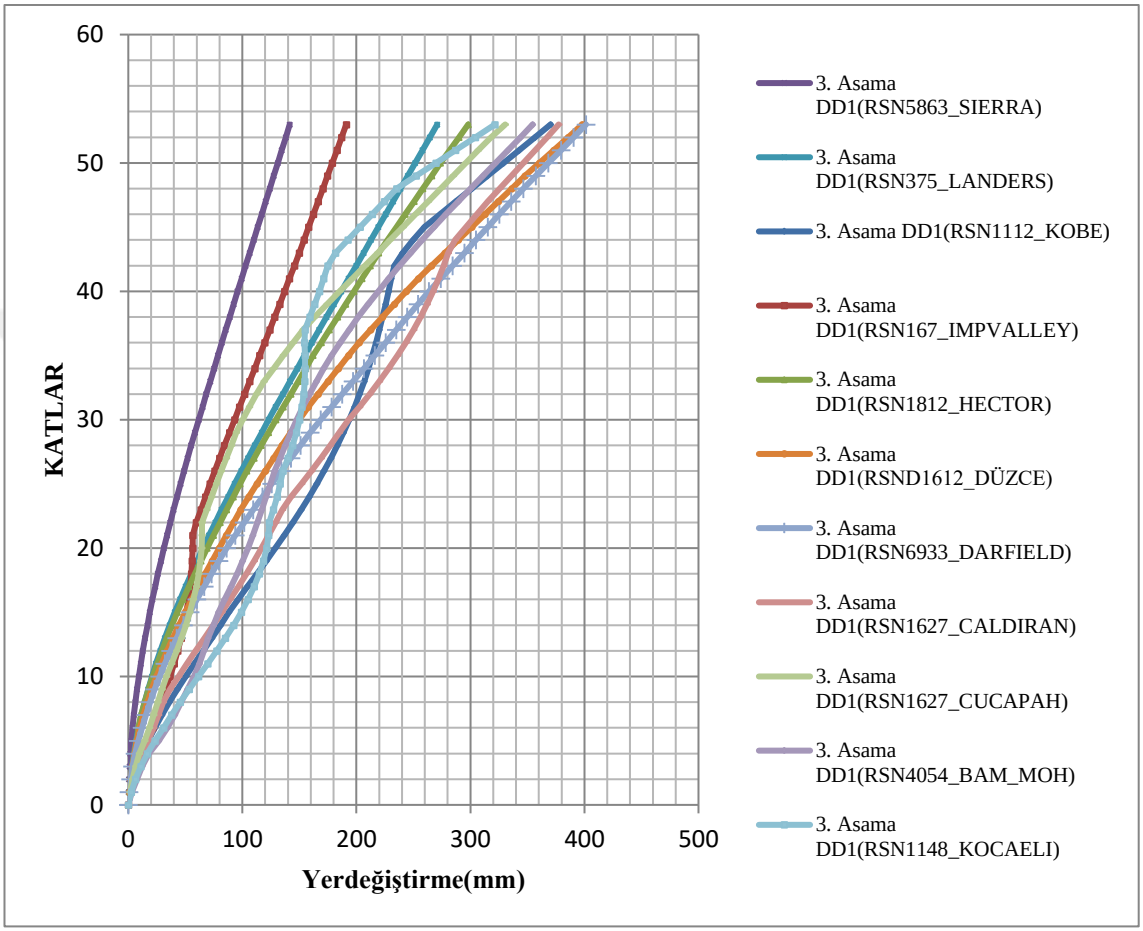
Çizelge 4.12. X yönündeki göreli kat öteleme sonuçları

KAT	hi	UX	$\Delta i(X)=u_i^{(X)}-u_{(i-1)}^{(X)}$	(R/I)	$\delta\dot{I}(X)=(R/I)\Delta i(X)$	$\lambda=$ (SD1)DD3/(SD1)DD2	$\lambda*\delta\dot{I}(X)/hi$
	m	mm	mm		mm		
KAT53	212	293.33	4.86	7	33.99	0.43	0.0036
KAT52	208	288.47	5.22	7	36.54	0.43	0.0039
KAT51	204	283.25	5.27	7	36.91	0.43	0.0039
KAT50	200	277.98	5.31	7	37.16	0.43	0.004
KAT49	196	272.67	5.35	7	37.46	0.43	0.004
KAT48	192	267.32	5.41	7	37.84	0.43	0.004
KAT47	188	261.91	5.46	7	38.25	0.43	0.0041
KAT46	184	256.45	5.53	7	38.7	0.43	0.0041
KAT45	180	250.92	5.6	7	39.18	0.43	0.0042
KAT44	176	245.32	5.66	7	39.64	0.43	0.0042
KAT43	172	239.66	5.73	7	40.12	0.43	0.0043
KAT42	168	233.93	5.8	7	40.6	0.43	0.0043
KAT41	164	228.13	5.87	7	41.09	0.43	0.0044
KAT40	160	222.26	5.94	7	41.58	0.43	0.0044
KAT39	156	216.32	6.01	7	42.08	0.43	0.0045
KAT38	152	210.31	6.08	7	42.58	0.43	0.0045
KAT37	148	204.22	6.15	7	43.06	0.43	0.0046
KAT36	144	198.07	6.22	7	43.53	0.43	0.0046
KAT35	140	191.85	6.28	7	43.98	0.43	0.0047
KAT34	136	185.57	6.34	7	44.39	0.43	0.0047
KAT33	132	179.23	6.4	7	44.78	0.43	0.0048
KAT32	128	172.83	6.45	7	45.12	0.43	0.0048
KAT31	124	166.39	6.49	7	45.45	0.43	0.0048
KAT30	120	159.89	6.54	7	45.75	0.43	0.0049
KAT29	116	153.36	6.57	7	46	0.43	0.0049
KAT28	112	146.79	6.6	7	46.2	0.43	0.0049
KAT27	108	140.19	6.62	7	46.35	0.43	0.0049
KAT26	104	133.56	6.63	7	46.44	0.43	0.0049
KAT25	100	126.93	6.64	7	46.47	0.43	0.0049
KAT24	96	120.29	6.63	7	46.44	0.43	0.0049
KAT23	92	113.66	6.62	7	46.33	0.43	0.0049
KAT22	88	107.04	6.59	7	46.15	0.43	0.0049
KAT21	84	100.44	6.56	7	45.9	0.43	0.0049
KAT20	80	93.89	6.51	7	45.55	0.43	0.0049
KAT19	76	87.38	6.44	7	45.12	0.43	0.0048
KAT18	72	80.94	6.37	7	44.56	0.43	0.0047
KAT17	68	74.57	6.27	7	43.9	0.43	0.0047
KAT16	64	68.3	6.16	7	43.12	0.43	0.0046
KAT15	60	62.14	6.03	7	42.24	0.43	0.0045
KAT14	56	56.1	5.89	7	41.22	0.43	0.0044
KAT13	52	50.22	5.72	7	40.03	0.43	0.0043
KAT12	48	44.5	5.53	7	38.68	0.43	0.0041
KAT11	44	38.97	5.31	7	37.16	0.43	0.004
KAT10	40	33.66	5.07	7	35.5	0.43	0.0038
KAT9	36	28.59	4.8	7	33.61	0.43	0.0036
KAT8	32	23.79	4.49	7	31.44	0.43	0.0033
KAT7	28	19.3	4.15	7	29.02	0.43	0.0031
KAT6	24	15.15	3.78	7	26.44	0.43	0.0028
KAT5	20	11.38	3.43	7	23.99	0.43	0.0026
KAT4	16	7.95	2.81	7	19.68	0.43	0.0021
KAT3	12	5.14	2.16	7	15.14	0.43	0.0016
KAT2	8	2.97	1.98	7	13.89	0.43	0.0015
KAT1	4	0.99	0.99	7	6.93	0.43	0.0007
TABAN	0	0	0	7	0	0.43	0

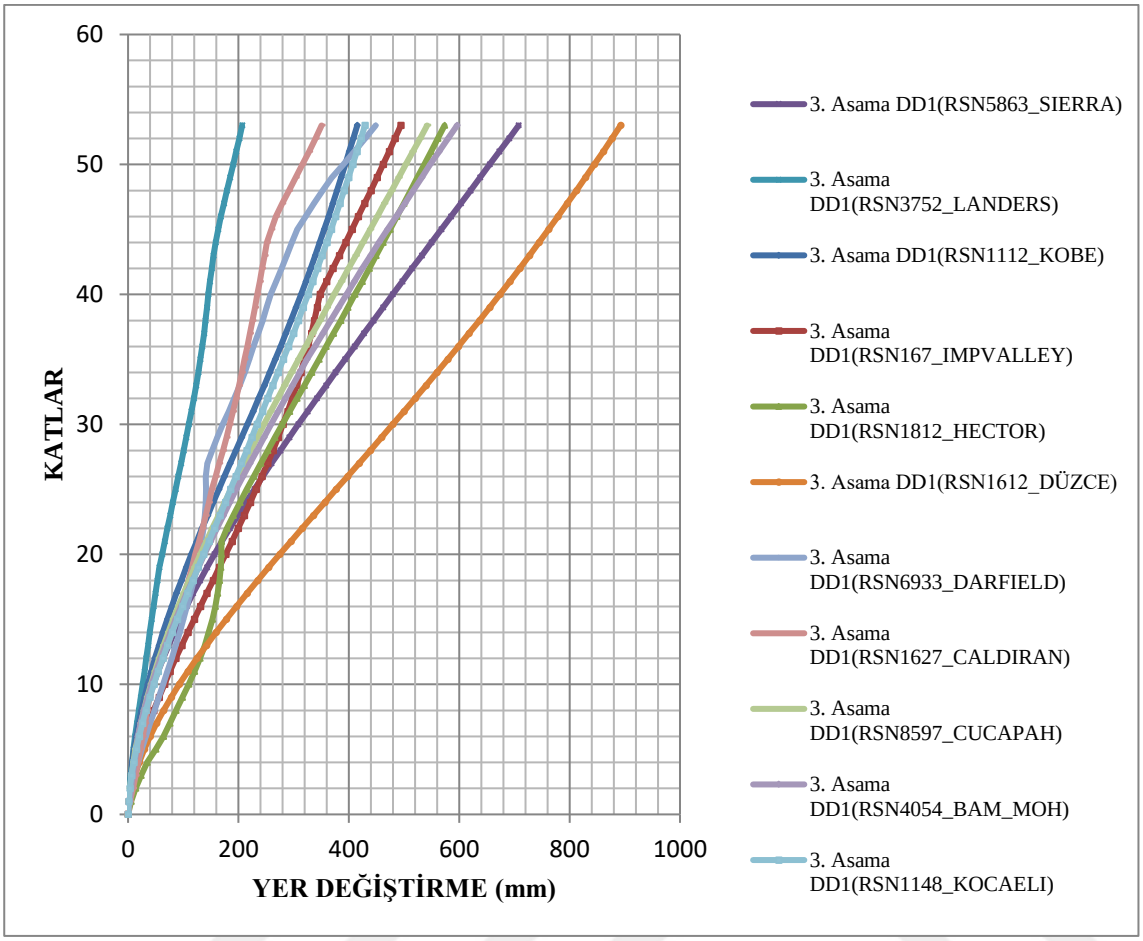
Çizelge 4.13. Y yönündeki göreli kat ötelemeleri sonuçları

KAT	h_i	**UY**	$\Delta_i^{(Y)}=u_i^{(Y)}-u_{i-1}^{(Y)}$	**(R/I)**	$\delta_i^{(Y)}=(R/I)\Delta_i^{(Y)}$	$\lambda=(S_{D1})_{DD3}/(S_{D1})_{DD2}$	$\lambda*\delta_i^{(Y)}/h_i$
	m	mm	mm		mm		
KAT53	212	247.01	5.48	7.00	38.35	0.43	0.0041
KAT52	208	241.53	5.72	7.00	40.03	0.43	0.0043
KAT51	204	235.81	5.84	7.00	40.87	0.43	0.0044
KAT50	200	229.97	5.85	7.00	40.93	0.43	0.0044
KAT49	196	224.12	5.84	7.00	40.90	0.43	0.0044
KAT48	192	218.28	5.84	7.00	40.91	0.43	0.0044
KAT47	188	212.44	5.85	7.00	40.92	0.43	0.0044
KAT46	184	206.59	5.85	7.00	40.92	0.43	0.0044
KAT45	180	200.75	5.84	7.00	40.89	0.43	0.0044
KAT44	176	194.91	5.84	7.00	40.86	0.43	0.0044
KAT43	172	189.07	5.83	7.00	40.81	0.43	0.0043
KAT42	168	183.24	5.82	7.00	40.75	0.43	0.0043
KAT41	164	177.42	5.81	7.00	40.66	0.43	0.0043
KAT40	160	171.61	5.80	7.00	40.57	0.43	0.0043
KAT39	156	165.81	5.78	7.00	40.45	0.43	0.0043
KAT38	152	160.04	5.76	7.00	40.32	0.43	0.0043
KAT37	148	154.28	5.74	7.00	40.16	0.43	0.0043
KAT36	144	148.54	5.71	7.00	39.98	0.43	0.0043
KAT35	140	142.83	5.69	7.00	39.80	0.43	0.0042
KAT34	136	137.14	5.65	7.00	39.58	0.43	0.0042
KAT33	132	131.49	5.62	7.00	39.34	0.43	0.0042
KAT32	128	125.87	5.58	7.00	39.07	0.43	0.0042
KAT31	124	120.29	5.54	7.00	38.79	0.43	0.0041
KAT30	120	114.74	5.50	7.00	38.47	0.43	0.0041
KAT29	116	109.25	5.45	7.00	38.12	0.43	0.0041
KAT28	112	103.80	5.39	7.00	37.74	0.43	0.0040
KAT27	108	98.41	5.33	7.00	37.33	0.43	0.0040
KAT26	104	93.08	5.27	7.00	36.88	0.43	0.0039
KAT25	100	87.81	5.20	7.00	36.40	0.43	0.0039
KAT24	96	82.61	5.13	7.00	35.88	0.43	0.0038
KAT23	92	77.48	5.05	7.00	35.32	0.43	0.0038
KAT22	88	72.44	4.96	7.00	34.73	0.43	0.0037
KAT21	84	67.48	4.87	7.00	34.08	0.43	0.0036
KAT20	80	62.61	4.77	7.00	33.38	0.43	0.0036
KAT19	76	57.84	4.66	7.00	32.65	0.43	0.0035
KAT18	72	53.18	4.55	7.00	31.86	0.43	0.0034
KAT17	68	48.63	4.43	7.00	31.00	0.43	0.0033
KAT16	64	44.20	4.30	7.00	30.10	0.43	0.0032
KAT15	60	39.90	4.16	7.00	29.12	0.43	0.0031
KAT14	56	35.74	4.01	7.00	28.07	0.43	0.0030
KAT13	52	31.73	3.85	7.00	26.95	0.43	0.0029
KAT12	48	27.88	3.68	7.00	25.75	0.43	0.0027
KAT11	44	24.20	3.49	7.00	24.44	0.43	0.0026
KAT10	40	20.71	3.29	7.00	23.03	0.43	0.0025
KAT9	36	17.42	3.07	7.00	21.50	0.43	0.0023
KAT8	32	14.35	2.83	7.00	19.79	0.43	0.0021
KAT7	28	11.52	2.58	7.00	18.05	0.43	0.0019
KAT6	24	8.94	2.46	7.00	17.19	0.43	0.0018
KAT5	20	6.48	2.69	7.00	18.81	0.43	0.0020
KAT4	16	3.80	3.61	7.00	25.29	0.43	0.0027
KAT3	12	0.18	0.06	7.00	0.44	0.43	0.0000
KAT2	8	0.12	0.07	7.00	0.46	0.43	0.0000
KAT1	4	0.06	0.06	7.00	0.39	0.43	0.0000
TABAN	0	0.00	0.00	7.00	0.00	0.43	0.0000

Çizelge 4.12. ve 4.13.'te görüldüğü üzere göreli kat öteleme oranları yönetmelikte sınır değer olarak belirlenen 0.008 değerini aşmamıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz kapsamında kullanılan 11 adet deprem takımına ait X ve Y yönüne ait maksimum kat ötelemelerinin yükseklikle değişimi Şekil 4.20. ve Şekil.4.2.1'de verilen 2 adet grafikte gösterilmiştir.

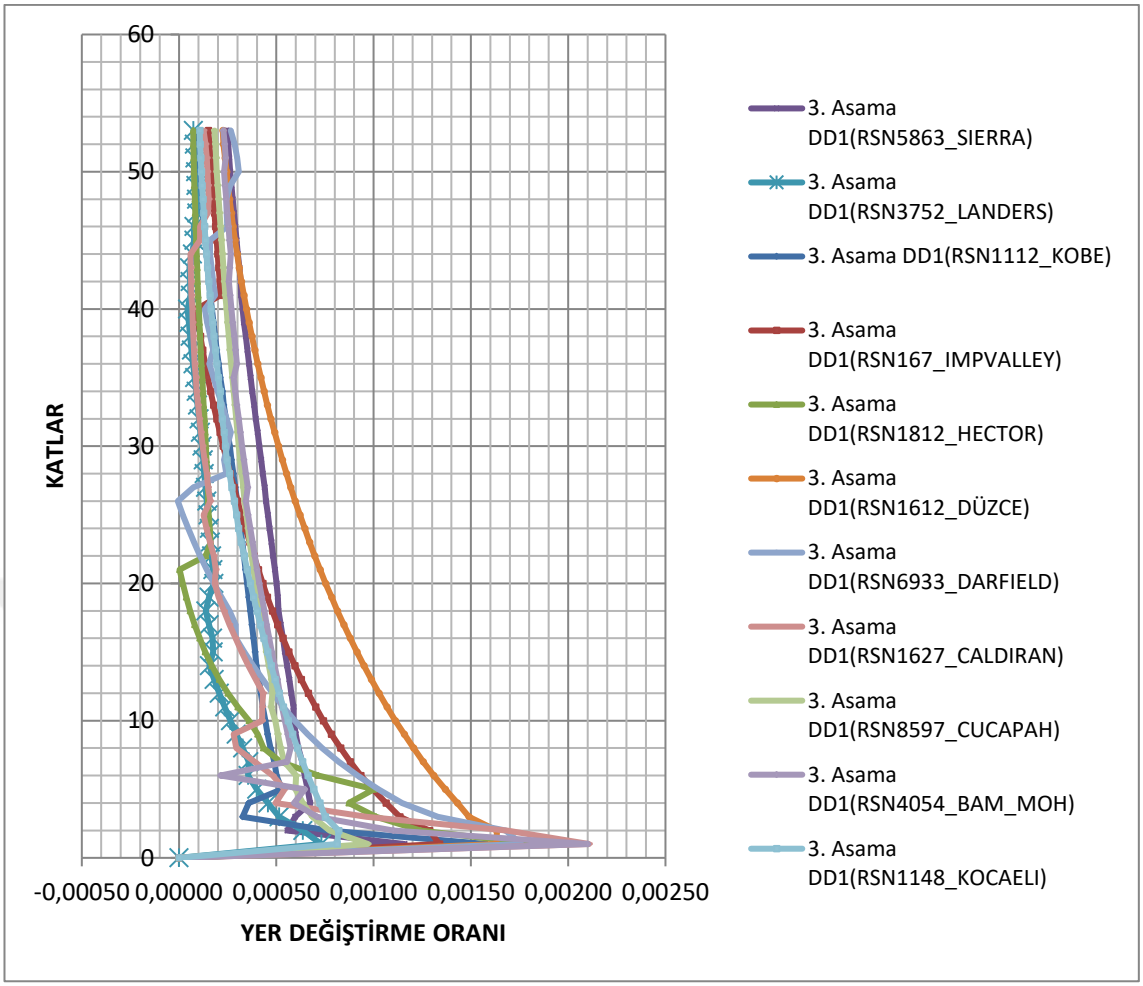


Şekil 4.20. X yönünde maksimum kat ötelemelerinin yükseklikle değişimi

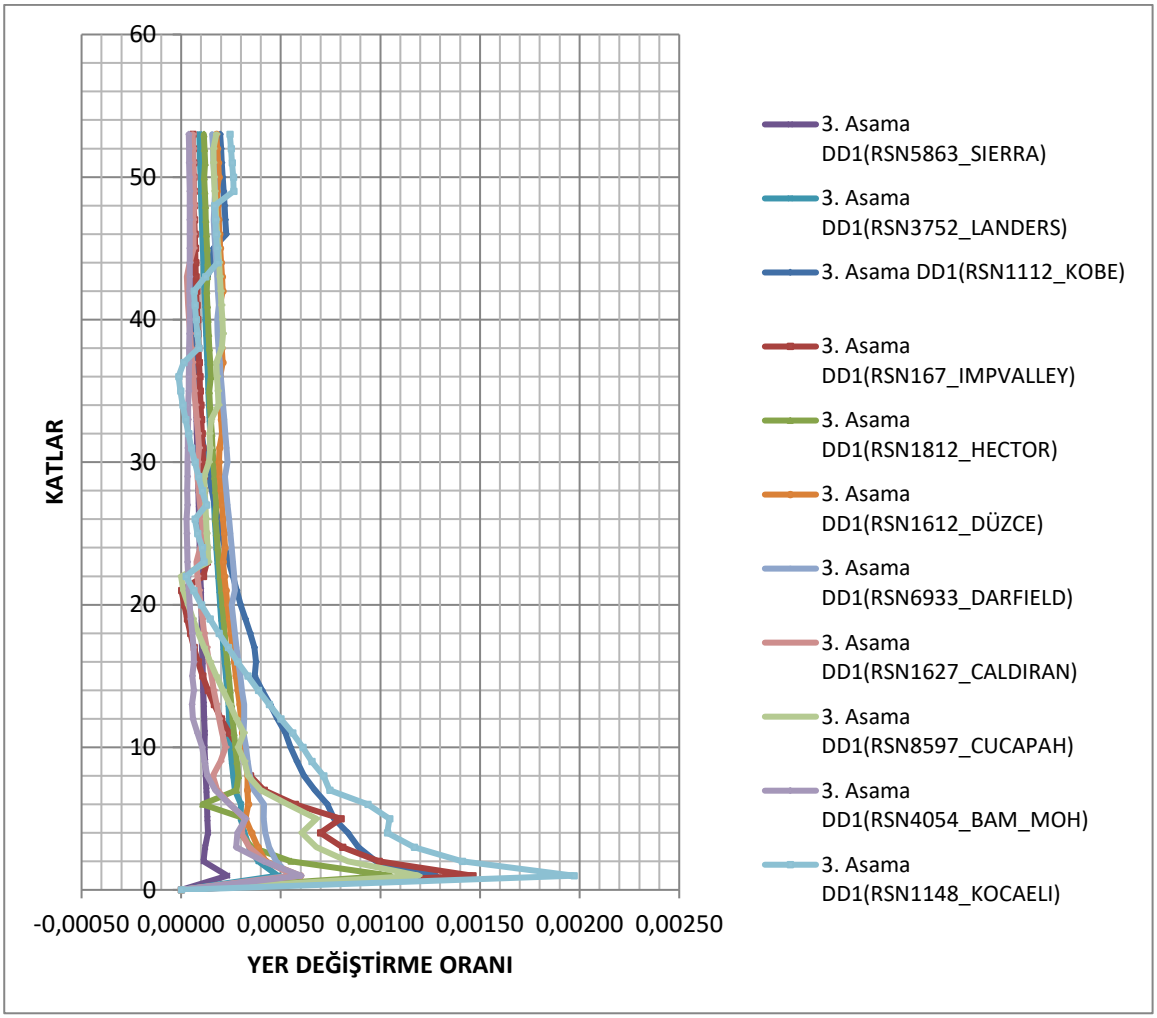


Şekil 4.21. Y yönünde maksimum kat ötelemelerinin yükseklikle değişimi

Analizler sonucunda yapılan incelemede tübüler taşıyıcı sisteme sahip söz konusu yapının DD-1 deprem yer hareketi altında göreli kat ötelemeleri oranları bakımından yönetmelik sınır değerlerini sağladığı görülmüştür. Yönetmelikte doğrusal olmayan hesap sonucunda her bir katta göz önüne alınan tüm depremlerden elde edilen ortalama göreli kat ötelemesi oranı %3'ü. tek bir depremden elde edilen maksimumun oranın ise %4.5'i aşmayacağı belirtilmiştir. Aşağıda yer alan çizelge ve grafiklerde görüleceği üzere yapının ortalama ve maksimum göreli kat ötelemesi oranı istenen sınır değerlerini aşmamıştır. Göreli kat öteleme sonuçları incelendiğinde yüksek binalarda normal binalara oranla daha fazla yer değiştirmenin meydana geldiği açıkça görülmektedir (Şekil 4.22., Şekil 4.23., Çizelge 4.14.)



Şekil 4.22. X yönünde göreli kat ötelemeli oranı

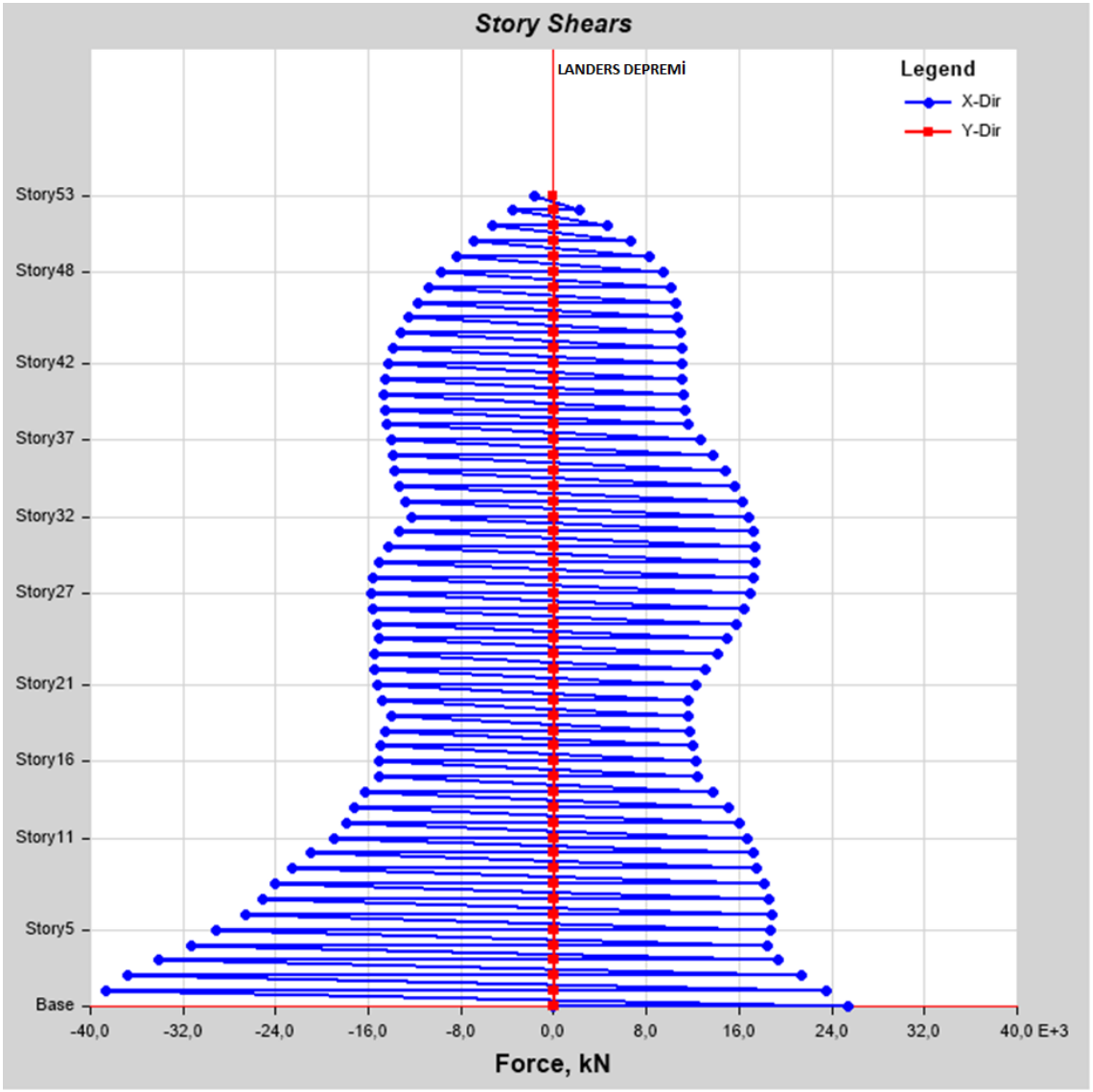


Şekil 4.23. Y yönünde göreli kat ötelemeli oranı

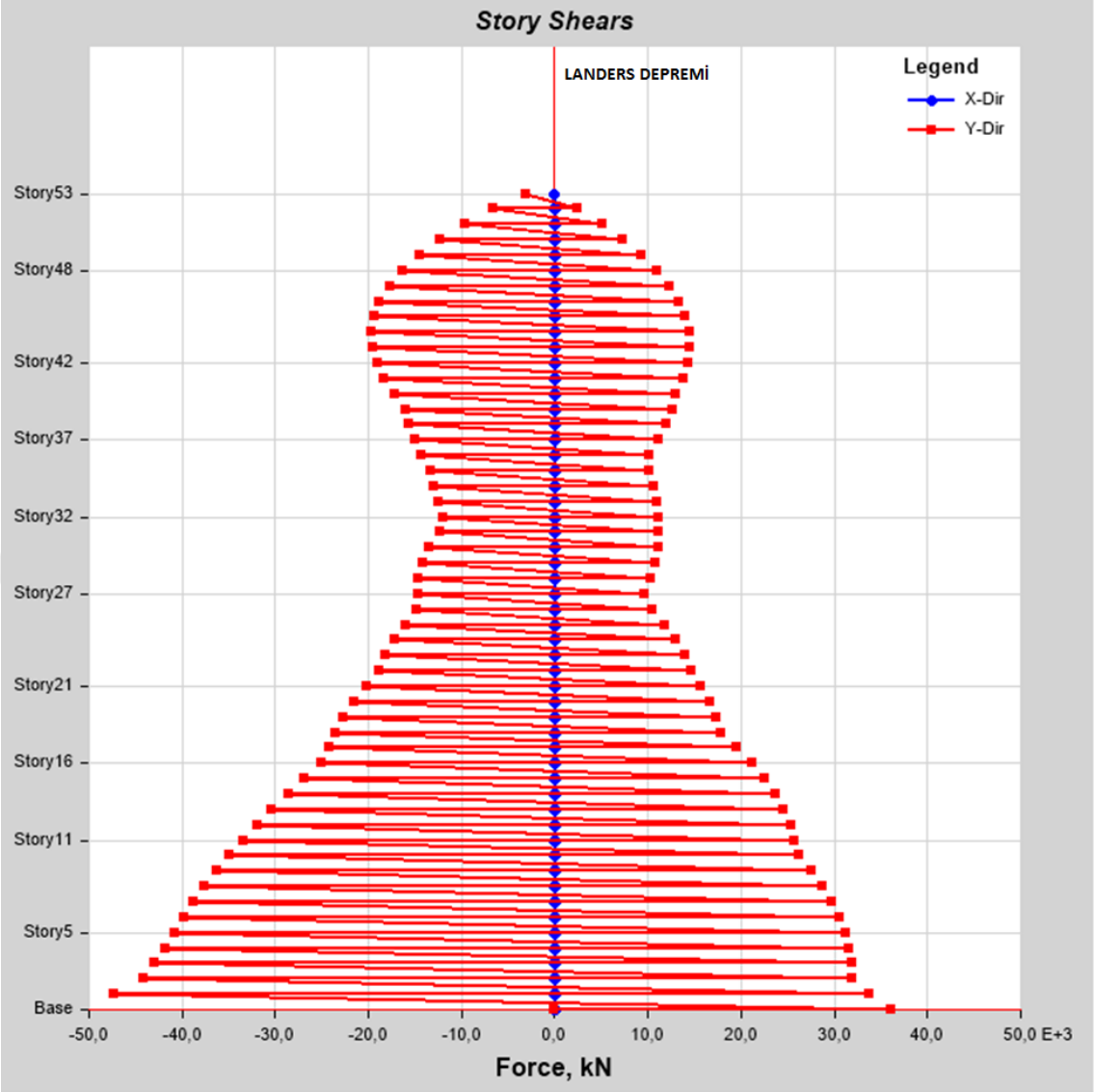
Çizelge 4.14. 3. aşama DD-1 deprem yer hareketi göreli kat öteleme oranı

GÖRELİ KAT ÖTELEME ORANI(3. AŞAMA DD-1 DEPREM YER HAREKETİ)										
HECTOR	DÜZCE	DARFIELD	Cal.	CUCAPAH	BAM	KOCAELI	SIERRA	LANDERS	KOBE	IMP.
0.00029	0.00022	0.00027	0.00013	0.00018	0.00023	0.00011	0.00025	0.00007	0.0001	0.00015
0.00007	0.00023	0.00029	0.00014	0.00019	0.00024	0.00011	0.00025	0.00008	0.0001	0.00016
0.00008	0.00024	0.0003	0.00014	0.00019	0.00024	0.00011	0.00026	0.00008	0.00011	0.00016
0.00008	0.00024	0.00031	0.00015	0.00019	0.00023	0.00011	0.00026	0.00008	0.00011	0.00017
0.00008	0.00025	0.00026	0.00015	0.0002	0.00024	0.00012	0.00027	0.00009	0.00011	0.00017
0.00008	0.00026	0.00024	0.00015	0.0002	0.00024	0.00012	0.00028	0.00009	0.00012	0.00018
0.00008	0.00027	0.00025	0.00015	0.00021	0.00025	0.00013	0.00028	0.00009	0.00012	0.00018
0.00009	0.00028	0.00025	0.00011	0.00021	0.00025	0.00013	0.00029	0.00008	0.00013	0.00019
0.00009	0.00029	0.00016	0.00011	0.00022	0.00026	0.00014	0.0003	0.00008	0.00013	0.00019
0.00009	0.0003	0.00016	0.00006	0.00022	0.00027	0.00014	0.0003	0.00007	0.00014	0.0002
0.00009	0.00031	0.00017	0.00006	0.00023	0.00026	0.00015	0.00031	0.00005	0.00015	0.0002
0.0001	0.00032	0.00018	0.00006	0.00023	0.00026	0.00015	0.00032	0.00006	0.00015	0.00021
0.0001	0.00033	0.00018	0.00006	0.00024	0.00026	0.00016	0.00032	0.00006	0.00016	0.00021
0.0001	0.00035	0.00013	0.00007	0.00024	0.00027	0.00016	0.00033	0.00004	0.00017	0.00009
0.0001	0.00036	0.00014	0.00007	0.00025	0.00028	0.00017	0.00033	0.00005	0.00018	0.0001
0.00011	0.00037	0.00016	0.00007	0.00026	0.00028	0.00018	0.00034	0.00006	0.00019	0.00011
0.00011	0.00039	0.00018	0.00008	0.00026	0.00029	0.00019	0.00035	0.00006	0.00019	0.00012
0.00012	0.0004	0.00016	0.00008	0.00027	0.0003	0.00019	0.00036	0.00007	0.0002	0.00013
0.00012	0.00042	0.00018	0.00009	0.00027	0.00028	0.0002	0.00037	0.00008	0.00021	0.00015
0.00012	0.00044	0.0002	0.00009	0.00028	0.00029	0.00021	0.00038	0.00009	0.00022	0.00016
0.00013	0.00045	0.00022	0.0001	0.00029	0.0003	0.00021	0.00039	0.0001	0.00023	0.00018
0.00013	0.00047	0.00024	0.00011	0.00029	0.00031	0.00022	0.00039	0.0001	0.00024	0.00019
0.00013	0.00049	0.00027	0.00011	0.0003	0.00031	0.00023	0.0004	0.00011	0.00025	0.00021
0.00014	0.00051	0.00025	0.00012	0.00031	0.00032	0.00024	0.00041	0.00012	0.00026	0.00023
0.00014	0.00053	0.00023	0.00013	0.00031	0.00033	0.00025	0.00042	0.00012	0.00027	0.00024
0.00014	0.00055	0.00024	0.00014	0.00032	0.00034	0.00026	0.00043	0.00013	0.00028	0.00026
0.00015	0.00057	0.00007	0.00015	0.00033	0.00035	0.00027	0.00044	0.00014	0.00029	0.00028
0.00015	0.0006	0.00001	0.00016	0.00034	0.00034	0.00028	0.00045	0.00014	0.0003	0.0003
0.00015	0.00062	0.00002	0.00013	0.00035	0.00036	0.00029	0.00046	0.00015	0.00031	0.00032
0.00016	0.00065	0.00005	0.00014	0.00035	0.00037	0.0003	0.00047	0.00015	0.00032	0.00034
0.00016	0.00067	0.00008	0.00016	0.00036	0.00038	0.00032	0.00047	0.00016	0.00033	0.00036
0.00014	0.0007	0.00011	0.00018	0.00037	0.00039	0.00033	0.00048	0.00017	0.00033	0.00038
0.00001	0.00072	0.00014	0.00019	0.00038	0.0004	0.00035	0.00049	0.00017	0.00034	0.00041
0.00002	0.00075	0.00018	0.00018	0.00039	0.00041	0.00037	0.0005	0.00018	0.00035	0.00043
0.00004	0.00078	0.00022	0.0002	0.0004	0.00043	0.00038	0.00051	0.00015	0.00036	0.00045
0.00006	0.00081	0.00026	0.00023	0.00041	0.00044	0.0004	0.00051	0.00014	0.00037	0.00048
0.00008	0.00085	0.00029	0.00026	0.00042	0.00045	0.00042	0.00052	0.00015	0.00037	0.00051
0.00011	0.00088	0.00029	0.00029	0.00044	0.00046	0.00044	0.00053	0.00017	0.00038	0.00053
0.00013	0.00091	0.00034	0.00032	0.00045	0.00048	0.00045	0.00054	0.00018	0.00039	0.00056
0.00017	0.00095	0.00038	0.00036	0.00046	0.00049	0.00047	0.00056	0.00016	0.0004	0.00059
0.00021	0.00099	0.00043	0.00039	0.00047	0.00051	0.00049	0.00057	0.00018	0.00041	0.00063
0.00025	0.00103	0.00048	0.00043	0.00048	0.00052	0.00051	0.00058	0.00021	0.00042	0.00066
0.0003	0.00107	0.00054	0.00043	0.00047	0.00053	0.00054	0.00059	0.00023	0.00043	0.0007
0.00036	0.00111	0.0006	0.00043	0.00049	0.00054	0.00056	0.00059	0.00026	0.00044	0.00074
0.0004	0.00116	0.00066	0.00028	0.00051	0.00056	0.00058	0.0006	0.00029	0.00046	0.00078
0.00043	0.0012	0.00074	0.00029	0.00052	0.00057	0.00061	0.00061	0.00033	0.00047	0.00083
0.00052	0.00125	0.00082	0.00039	0.00054	0.00055	0.00063	0.00063	0.00036	0.00049	0.00088
0.00071	0.00131	0.00092	0.00048	0.0006	0.00021	0.00066	0.00065	0.00035	0.0005	0.00093
0.001	0.00137	0.00102	0.00054	0.0006	0.00065	0.00069	0.00066	0.0004	0.00053	0.001
0.00087	0.00143	0.00115	0.0005	0.00064	0.00059	0.00072	0.00067	0.00046	0.00036	0.00106
0.00101	0.00149	0.00133	0.00096	0.00068	0.00071	0.00075	0.0006	0.00051	0.00033	0.00114
0.00124	0.00163	0.00168	0.00169	0.00077	0.0011	0.00082	0.00056	0.00064	0.00077	0.00129
0.00183	0.00163	0.00176	0.00211	0.00097	0.0021	0.00081	0.00116	0.00073	0.00158	0.00134
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Deprem hareketinden dolayı oluşan yanal kuvvet yapıya kesme kuvveti olarak etkimektedir. Yapıda maksimum kesme kuvveti Landers depreminde görülmüş olup zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucunda elde edilen en elverişsiz sonuç için X ve Y yönünde elde edilen kesme kuvveti Şekil 4.24. ve Şekil 4.25.' te gösterilmiştir.

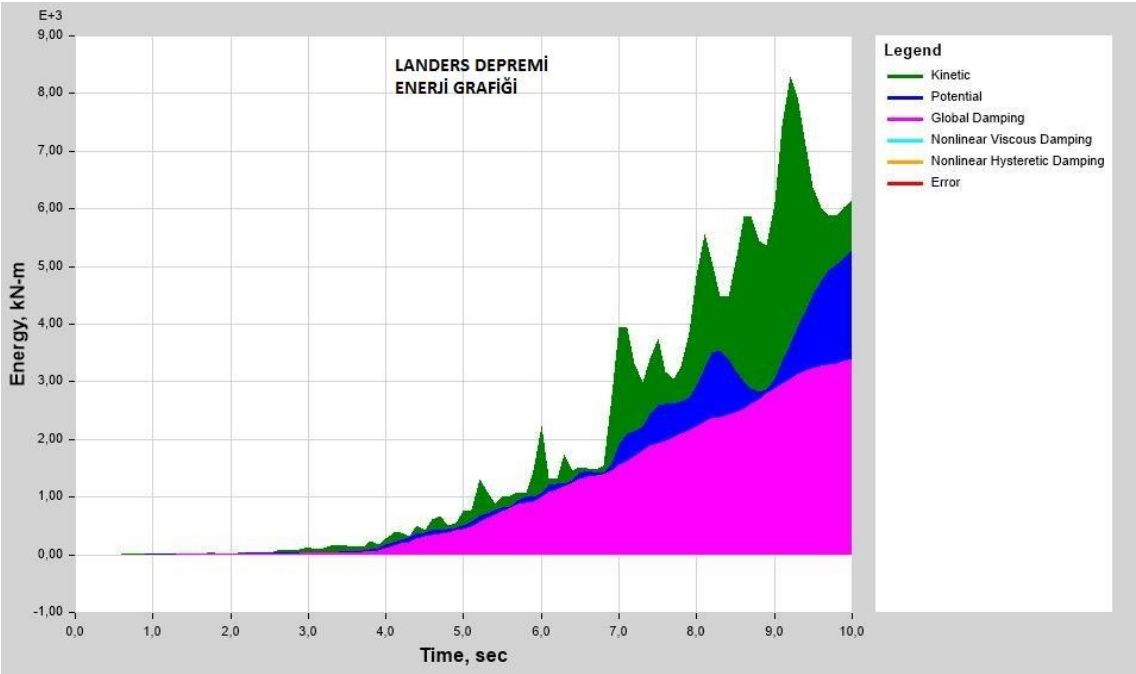


Şekil 4.24. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen X yönü kesme kuvveti grafiği

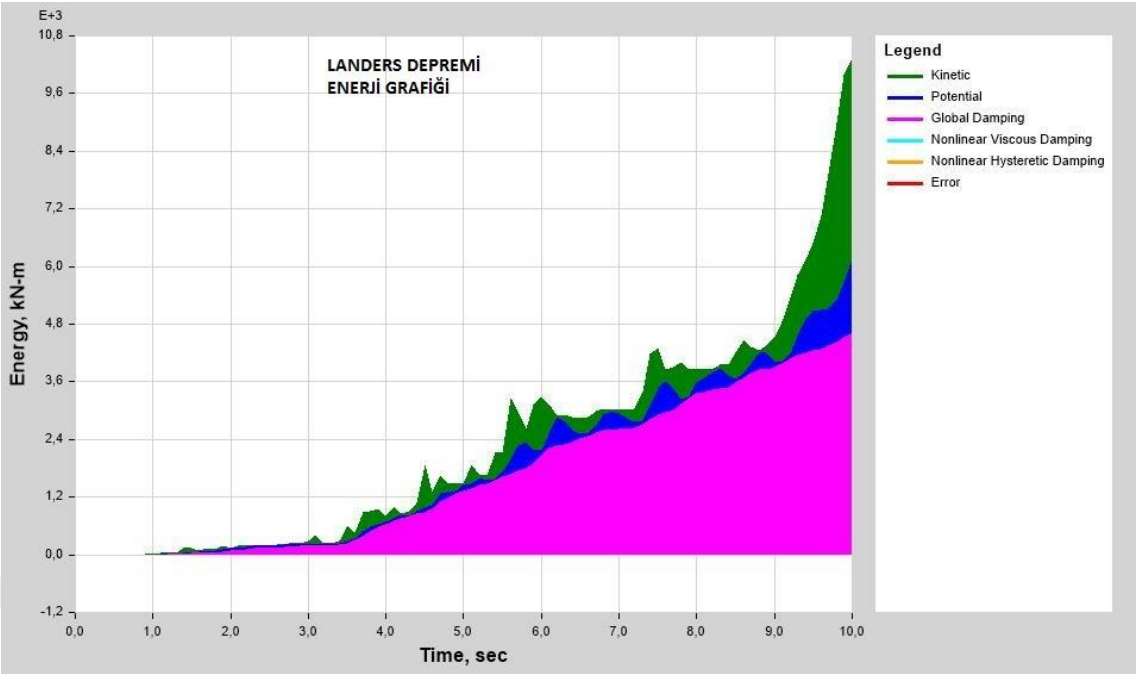


Şekil 4.25. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen Y yönü kesme kuvveti Grafiği

İdeal bir yapıda deprem yer hareketi karşısında yeterli rijitlik, dayanımın yanında enerji tüketme kapasitesi bakımından da dayanıklı olması istenilmektedir. Deprem kayıtları incelendiğinde maksimum ivmelerin mevcut bulunduğu zamanlarda enerji miktarlarında artış görülmektedir. Deprem esnasında sisteme giren bu ani enerji artışı yapı içerinde tüketilmeye çalışılmaktadır. Enerji miktarının önemsiz bir kısmı kinetik enerji ile karşılanmaya çalışılmakta ve sistem enerjiyi elastik birim şekil değiştirme enerjisi olarak potansiyel enerjiye dönüştürerek depolamaktadır. Geri kalan enerji miktarı ise sönüm etkisi ile tüketilmeye çalışılmaktadır. Aşağıda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen en kritik sonuçların enerji grafiği mevcuttur. (ETABS 2017) (Şekil.4.26.), (Şekil 4.27.).



Şekil 4.26. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen X yönü enerji grafiği



Şekil.4.27. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen Y yönü enerji grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Diyarbakır ili Kayapınar ilçesinde yapımı planlanan yapının dört adet deprem yer hareketi düzeyine göre analizleri yapılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ve tasarımı yapılan yapının, deprem performansları incelenmiştir. ZA zemin sınıfına sahip yapının PEER sitesinden alınan ivme kayıtları, AFAD internet sitesinden alınan tasarım spektrumuna göre deprem kayıtları ölçeklendirilmiş ve analizleri bu kapsamda yapılmıştır. 1. aşamada DD-2 deprem yer hareketi altında mod birleştirme yöntemi ile spektal analiz yapılmıştır. Bu aşamada Kontrollü Hasar performans düzeyi göz önüne alınarak dayanıma göre tasarım kuralları çerçevesinde yapının ön boyutlandırılması yapılmıştır. Ön boyutlandırma kontrollerinin sağlanabilmesi amacıyla DD-4, DD-3 ve DD-1 deprem yer hareketleri altında yapının spektral ve doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Yapıya 3. aşamada meydana gelebilecek en büyük depremi simgeleyen DD-1 deprem yer hareketi altında Göçmenin Önlenmesi performans seviyesi hedeflenerek 11 adet deprem kaydı etkisi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yapıya ait göreli kat ötelemeleri, kat kesme kuvvetleri, enerji grafikleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Bu değerler incelenerek aşağıda yer alan sonuçlar elde edilmiştir:

- Ön tasarım ve boyutlandırma işlemi aşamasında X doğrultusunda elde edilen toplam deprem yükü kesme kuvvetinin yönetmelikte formülü verilen minimum taban kesme kuvveti ile karşılaştırılması yapılmış ve yapılan işlemler sonucunda eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının kullanılması ile yönetmelikte belirtilen kuralların sağlandığı görülmüştür.
- Göreli kat ötelemeleri oranlarına göre yapının yönetmelik sınır değerleri içerisinde kaldığı tespit edilmiştir.
- Göreli kat ötelemeleri grafikleri incelendiğinde yüksek binaların normal binalara göre daha farklı davranış gösterdiği ve göreli kat ötelemelerinde dalgalanmaların mevcut bulunduğu görülmüştür.
- Analizler neticesinde tübüler taşıyıcı sistemlere ait yapılarda deprem kuvvetleri altında yapı modelinin dinamik davranışı hakkında bilgiler edinilmiş ve yüksek yapılarda tübüler taşıyıcı sistemlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu tez çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak yüksek binaların tasarım aşamaları incelenmiştir. Çalışmada yüksek binaların doğrusal olmayan davranışlarını araştırmak amacıyla üç boyutlu kompozit yapı sistemi modellenmiştir. Bu kapsamda 53 katlı tübüler taşıyıcı sisteme sahip kompozit bir binanın tasarımı ve üç boyutlu zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Tasarlanan yüksek binanın etkin göreli kat öteleme oranları yönetmelikte belirlenen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Deprem etkisi altında ortaya çıkan kesme kuvveti ve enerji grafikleri incelenmiş ve bu inceleme sonuçları yüksek bina deprem davranışının anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Sonuç olarak yüksek binaların normal katlı betonarme binalara oranla deprem davranışının daha farklı olduğu görülmüş olup, tasarım işlemlerinin bu bilgilerin göz önüne alınarak yapılması tavsiye edilmektedir.

Gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda yüksek binaların deprem davranışlarının daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için daha farklı deprem ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin çoğaltılarak yapılması bu tez çalışması sonucunda önerilmektedir.

Ayrıca daha sonraki çalışmalarda tübüler taşıyıcı sisteme sahip yüksek bina davranışlarının iyice analiz edilebilmesi amacıyla depremli kombinasyonlarda rüzgar yükünün etkisinin dikkate alınması ve analizlerin bu şekilde yapılması önerilmektedir.

Farklı taşıyıcı sistemlerin yüksek bina tasarımında etkin olarak çalışıp çalışmadığının görülebilmesi amacıyla mevcut yapı geometrisi dikkate alınarak bir sonraki çalışmada farklı taşıyıcı sistem ile yeniden tasarımının yapılması tavsiye edilmektedir.

Temel tasarımının farklı bir program yardımı ile çözülmesi ve özelliklerinin yapıya girilerek analizlerin tekrarlanması çalışmaları yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

American Society of Civil Engineers (ASCE) , 2005, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures Code: ASCE7-05, New York, USA.

Akkaya, M., 2013, Betonarme Yüksek Bir Binanın Deprem Performansının Çeşitli Yöntemlerle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,

Ardıç, H., 1993, Betonarme Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi ve Tüp Taşıyıcı Sistemli Yüksek Yapıların Dinamik Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 43.

Aydoğuş, T., 2014, Çok Katlı Yapılarda Üniform Olmayan Burulma Etkilerinin Hesabı İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 170

Aydın, M. O., 2004, Çok Katlı Tüp Sistem Çerçeveli Betonarme Bir Binanın Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 80.

Bacalan, İ., 2005, Betonarme Tüp Sistem Yapı Tasarımı ve Sünme Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 32.

Beşer, G., 2019. Yüksek Binaların Tarihçesi. Erisim: [https://goktugbeser.com/yuksek-binalarin-tarihcesi.html]. Erisim Tarihi :03.04.2019

Beyazoğlu, T. L., 1997, Yüksek Binalarda Tübüler Taşıyıcı Sistemler ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 63.

Bingöl, O., 2010, 40 katlı bir çelik binanın taşıyıcı sistemler ve rüzgar yükler açısından karşılaştırılması ve projelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 196

Celep, Z., Özuygur, A. R., 2017, Yüksek Binaların Yapısal Tasarımı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Yayın Organı , 70. sayı, 8-13.

Choi, H., Ho, G., Joseph, L.,Mathias, N., 2012, Outrigger Design for High-Rise Buildings, An output of the CTBUH Outrigger Working Group. Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 20-30, Chicago.

Coşkun, E., 5.08.2006, Yüksek binaların Gelişimi ve Tasarım İlkeleri, İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Seminer, İstanbul, 2-56.

Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik , 2018, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Çınar, E. D., 2015, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliğine Göre Yüksek Bir Binanın Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 221

Çilingir, Y., 2010, 49 Katlı Bir Yapının Çelik Ve Kompozit Olarak Tasarlanıp, Yapısal Davranış Ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 153

Dadaş, F., 2017, Farklı Taşıyıcı Sisteme Sahip Betonarme Yüksek Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 82.

Eşsiz, Ö., 23-25 mart 2005, Deprem Bölgelerindeki Yapılarda Çelik Çapraz Çerçeve Sistemlerinin Avantajları , Deprem Sempozyumu , Kocaeli, 665-666.

ETABS , 2017, Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.

Fahjan, Y. M., 1.12.2008, Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms to Fit the Turkish Design Spectra, Published in Teknik Dergi, 19. sayı, 1-20.

Göçer, O., 1969, Gökdelenler, Mimarlar Odası Mimarlık Dergisi, 6. sayı, 27-32.

Gülsoy, İ., 2003, Betonarme Tüp Sistem Bir Yapının Tasarımı , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 38.

Hallebrand, E., Jakobsson,, W., 2016, Structural Desıgn Of Hıgh-Rıse Buıldıngs, Yüksek Lisans Tezi, Lund University, İsveç, 60.

Harmankaya, Z. Y. , Soyluk,, A., 15-16 Nisan 2010, Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Cephe Etkileşimi , 5.Ulusal Çatı&Cephe Sempozyumu, İzmir, 3-8.

Hasgür, Z., Gündüz , A. N., 1992, Betonarme Yüksek Binalar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, 30-50, İstanbul.

Hazım, M., Göğüş, T., 26 - 30 Ağustos 2013, Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Yapı Yüksekliğinin Davranışa Etkisinin İncelenmesi, XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa , 263-267.

Hothot, Y. M. , 2018, Betonarme Çekirdek Perdeli ve Çelik Taşıyıcı Sisteme Sahip Yüksek Binaların Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi , Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 50.

Ilgın, H. E., Günel, , M. H., 1.10.2008, Yüksek Binalarda Yanal Kuvvetlere Karşı Strüktürel Yaklaşımlar, Ege Mimarlık Dergisi, 67. sayı, 20-25.

İstanbul, Mimarlar Odası yayınları, 1991, İstanbul'un Geleceği ve Gökdelenler, İstanbul Mimarlar Odası , 13-14, İstanbul.

Karaçöp, A., 2010, Betonarme Bir Yüksek Binanın İstanbul Yüksek Binalar
Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 206

Karımzada, N. A, 2015, Performance-Based Seısmıc Desıgn Of Reınforced Concrete Frame Buıldıngs: A Dırect Dısplacement-Based Approach, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, 49.
Kırkpınar, E., 2010, Structural Health Monıtorıng Of A Tall Buıldıng , Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 79

Koç, Y., Gültekin, A. V., Durmuş, G., Dikmen, , Ç. V., 13-15 mayıs 2009 , Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme Ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu [IAİS209) , Karabük, 1-6.

Koçu, N., Dereli, M., 23-25 mart 2005, Betonarme Karkas yapılarda Malzeme, Tasarım , Uygulama Hataları ve Deprem Etkilerinin Araştırılması, Deprem Sempozyumu Kocaeli, Kocaeli, 716-722.

Livaoğlu, V., 2017, Yeni Deprem Yönetmeliği Ve Yüksek Yapılar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Yayın Organı , 70. sayı, 22-25.

Othman, M. K., 2017, Çok Katlı Betonarme Yapılarda Perdelerin Planda Yerleşiminin Ve Perdelerdeki Boşlukların Deprem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 72

Özçelik, G., 4.07.2001, Dev Yapılar Taipei 101, Kariyerce Dergisi, 1-7.

Özhendekçi D., 2014, Çelik Yapıların Tarihçesi , YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Çelik Yapılar 1 Ders Notları, 43891, İstanbul.

Öztürk , M., 2018, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası İle İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme, Selçuk Üniversitesi Selçuk Teknik Dergisi, 2. sayı, 31-42.

PEER, 2010, Users Manual for the PEER Ground Motion Database Web Application Beta Version , https://ngawest2.berkeley.edu/

Saral, E., 2015, Betonarme Yüksek Binalarındoğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Deprem Performanslarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 153

Schueller, W., 1993, Yüksek Yapı Taşıyıcı Sistemleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, 35-45, İstanbul.

Taranath, B., S.,14.07.2016, Tall Buıldıng Desıgn,Steel, Concrete, And Composite Systems , CRC Press Taylor & Francis Group, 50-70, USA.

Taranath, B., S., 1988, Structural Analysis and Design of Tall Buildings, CRC Press Taylor & Francis Group, 245-280, USA.

TBDY, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

The Global Tall Building Database of the CTBUH,2019. Erişim: [http://www.skyscrapercenter .com/]. Erişim Tarihi :07.02.2019

TS 1247 ,1984, Beton Yapım, Döküm Ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşullarında) , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 1248, 1989, Beton Yapım, Döküm Ve Bakım Kuralları-Anormal Hava Şartlarında, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları. 2018. Erişim: [https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml]. Erişim Tarihi :01.02.2019

Yüksel, İ., 2017, Rüzgar ve Deprem Yükleri ile Bina Formu Yönünden Yüksek Yapılara Kısa Bir Bakış, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Yayın Organı , 70. sayı, 14-20.

ÖZGEÇMİŞ

1992 Aralık ayında Diyarbakır'da doğdu. İlköğretim ve Ortaokulu Gazi İlköğretim okulunda liseyi ise Yeni Diyarbakır Lisesinde okudu. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2014 yılında mezun oldu. 2016 yılında Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Bir süre özel sektörde çalıştıktan sonra 2017 yılında Karayolları 9. Bölge Müdürlüğüne kontrol mühendisi olarak atandı. 2018 yılında Bitlis Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne atandı ve burada hâlâ görevine devam etmektedir.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	DİLAN YAŞARER
ÖĞRENCİ NO	16806006
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAM	Yüksek Lisans / Doktora
TEZ KONUSU	YÜKSEK YAPILARIN TASARIMINDA GELİŞMELER
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	123
BENZERLİK ORANI	%21
RAPORLAMA TARİHİ	28/07/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 123 sayfalık kısmına ilişkin, 28/072019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *TURNİTİN* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 21 'dir.

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.

(Öğrencinin Adı Soyadı)

DİLAN YAŞARER
29.07.2019

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin Öncü
Tez Danışmanı
29.07.2019

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK
Anabilim Dalı Başkanı
29.07.2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.