



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ZEMİN BÜYÜTME KATSAYILARININ BETONARME
TAŞIYICI SİSTEMLERİN DEPREM PERFORMANSINA
VE MALİYETİNE ETKİLERİ**

Peyman AZİMİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Danışman


Doç.Dr.Cenk ALHAN

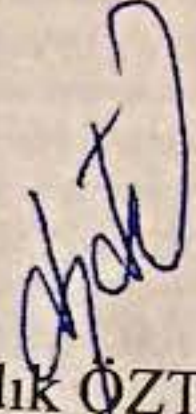
Haziran , 2016

İSTANBUL

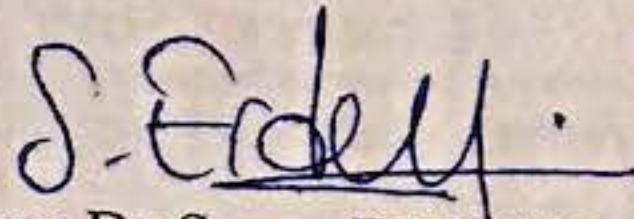
Bu çalışma 02/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

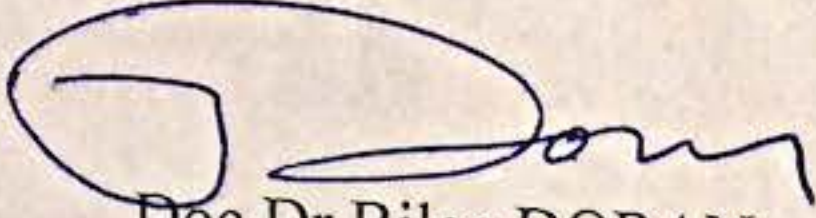
Tez Jürisi:


Doç. Dr. Cenk ALHAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Sadık ÖZTOPRAK
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Özlem ÇELİK SOLA
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Savaş ERDEM
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Bilge DORAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında emeği geçen, aydın ve bilge kişiliği ile bana yol gösteren sayın ve değerli hocam Doç. Dr. Cenk ALHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca alışma esnasında kıymetli yardımlarını esirgemeyen inaat yüksek mühendisleri Nabil BENMOKHTAR ve Muhammad Khalid SAİFULLAH'ın yanısıra maddi ve manevi destekleyen sevgili arkadaşlarım Saeed MORSALİ ve Saeid AGHAEE'ye tesekkrlerimi borç bilirim.

Son olarak, tüm bu süre içerisinde beni destekleyen ve daima yanımda olarak başarıya ulaşmamı sağlayan Ailem'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2016

Peyman AZİMİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. MOTİVASYON	1
1.2. AMAÇ VE KAPSAM.....	2
1.3. TEZİN ORGANİZASYONU	2
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.2. TASARIM SPEKTRUMLARI.....	8
2.2.1. DBYBHY2007	8
2.2.2. UBC97.....	12
2.2.3. ASCE7-10	16
2.2.4. Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması	19
2.2.5. Zemin Büyütme Katsayısı Karşılaştırılması	20
2.3. DEPREM ANALİZ YÖNTEMLERİ	24
2.3.1. Mod Birleştirme Yöntemi	24
2.3.2. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	25
2.3.3. Görelî Ötelemeler.....	25
2.3.4. Kullanılan Bilgisayar Programları	26
2.3.4.1. Tasarım için kullanılan STA-4CAD programı	26
2.3.4.2. Zaman tanım alanı analizleri için kullanılan SAP2000 programı	27
3. MALZEME VE YÖNTEM	28
3.1. YÖNTEM	28

3.2. YAPISAL MODEL	28
3.3. TASARIM İÇİN ÖNBOYUTLANDIRMA	30
3.3.1. Döşeme.....	30
3.3.2. Kirişler.....	31
3.3.3. Kolonlar.....	34
3.3.4. Önboyutlar.....	35
3.4. ZAMAN TANIM ALANI ANALİZLERİNDE KULLANILAN TARİHİ DEPREM KAYDI	35
4. BULGULAR	38
4.1. KESİN TASARIM.....	38
4.2. KARŞILAŞTIRMALAR	45
4.3. TAŞIYICI SİSTEMLERİN KABA MALİYETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI... 45	
4.4. SPEKTRAL ANALİZE GÖRE SİSMİK PERFORMANS KARŞILAŞTIRILMASI.....	53
4.4.1. 2 Katlı Binalara Ait Bulgular	54
4.4.2. 5 Katlı Binalara Ait Bulgular	55
4.4.3. 10 Katlı Binalara Ait Bulgular	57
4.4.4. 15 Katlı Binara Ait Bulgular	58
4.4.5. Z2 Tasarımlarının Z4, SE ve E Spektrumlarına Maruz Bırakılması.....	60
4.5. ZAMAN TANIM ALANI ANALİZLERİNE GÖRE SİSMİK PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI.....	62
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	64
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: DBYBHY2007’de yer alan tasarım ivme spektrum katsayısı.....	10
Şekil 2.2: Z2 zemin sınıfı ve birinci derece deprem bölgesi ($A_0 = 0.4$) için tasarım spektral ivme grafiği ($I = 1$).	11
Şekil 2.3: DBYBHY2007’de farklı zemin türlerine göre tasarım spektrumları ($A_0 = 0.4$ ve $I = 1$).	12
Şekil 2.4: UBC97 yönetmeliğinde Kullanılan tasarım ivme spektrumu.	15
Şekil 2.5: UBC97 tasarım ivme spektrumları. ($Z = 0.4$, faya olan mesafe ≥ 15 km : $N_a = N_v = 1$).	15
Şekil 2.6: ASCE7-10 tasarım ivme spektrumu.	18
Şekil 2.7: ASCE7-10 tasarım ivme spektrumları ($S_S = 1.5g$, $S_1 = 0.6g$).....	19
Şekil 2.8: ASCE7-10, UBC97 ve DBYBHY2007’de sırasıyla B, S_B ve Z2 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$ ve $I = 1$).	20
Şekil 2.9: UBC97, ASCE7-10 ve DBYBHY2007 arasında $Z=A_0=0.4$ için farklı zeminlere göre zemin katsayıların karşılaştırılması.	21
Şekil 2.10: ASCE7-10, UBC97 ve DBYBHY2007 farklı zemin sınıfları için hesaplanan zemin büyütme katsayıları, B_k	22
Şekil 2.11: A, S_A ve Z1 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0= 0.4$, $I = 1$).	22
Şekil 2.12: B, S_B ve Z2 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0= 0.4$, $I = 1$).	23
Şekil 2.13: C, S_C ve Z3 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0= 0.4$, $I = 1$).	23
Şekil 2.14: D, S_D ve Z4 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0= 0.4$, $I = 1$).	24
Şekil 2.15: E, S_E ve Z4 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0= 0.4$, $I = 1$).	24
Şekil 2.16: Örnek olarak PEER’den indirilen Loma Prieta depremine ait deprem kaydı.	25
Şekil 3.1: Prototip binaların görünüşü, ortak kat planı, döşeme kod adları ve kiriş kod adları (Benmokhtar, 2014’den değiştirilerek alınmıştır ve tüm birimler metre’dir).	29
Şekil 3.2: Bina planındaki döşeme mesnet koşulları: (a) orta döşeme, (b) köşe döşeme ve (c) kenar döşeme (Benmokhtar, 2014).	30
Şekil 3.3: Kirişlerin üzerindeki hareketli ve ölü yükler: orta kirişler için (Benmokhtar, 2014)..	32

Şekil 3.4: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait ivme-zaman eğrisi.....	36
Şekil 3.5: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü deplasman spektrumu.	36
Şekil 3.6: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü hız spektrumu.....	37
Şekil 3.7: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü ivme spektrumu.	37
Şekil 4.1: 2, 5, 10 ve 15 katlı binaların üç boyutlu görüntüsü.....	38
Şekil 4.2: STA-4CAD programında yapı genel bilgileri ve proje opsiyonları giriş kutusu görüntüleri.	40
Şekil 4.3: 2 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre dir).....	49
Şekil 4.4: 5 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre dir).	49
Şekil 4.5: 10 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre dir).....	50
Şekil 4.6: 15 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre dir).....	50
Şekil 4.7: Zemin büyütme katsayılarıyla birlikte farklı yüksekliğe sahip binaların periodları (Z_4, S_E ve E tasarımlarına aittir).....	52
Şekil 4.8: Spektral analiz için 2 katlı binalarda etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları.....	54
Şekil 4.9: Spektral analiz için 5 katlı binalarda etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları.....	56
Şekil 4.10: Spektral analiz için 10 katlı binalarda etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları.....	57
Şekil 4.11: Spektral analiz için 15 katlı binalarda etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları.....	59
Şekil 4.12: Spektral analize göre 15 katlı binalarda Z4 zeminler için çerçevesiz ve çerçevesiz-perdeli sistemler arasında etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.....	60
Şekil 4.13: Spektral analize göre Z2 spektrumu altında tasarlanan binaların Z4, S_E ve E spektrumlarına maruz bırakılması durumu için etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.....	61
Şekil 4.14: 15 katlı binanın üç boyutlu görünüşü.....	62
Şekil 4.15: Zaman tanım alanı analizini kullanarak El Mayor-Cucapah depremine maruz bırakılan farklı spektrumlar altında tasarlanan 15 katlı binaların etkin görel kat öteleme oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.....	63

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Etkin yer ivme katsayısı A_0 (DBYBHY2007'den alınmıştır).....	8
Tablo 2.2: Bina önem katsayısı (DBYBHY2007'den alınmıştır).....	9
Tablo 2.3: DBYBHY2007'e göre zemin grupları.....	9
Tablo 2.4: DBYBHY2007'e göre yerel zemin sınıfları ve spektrumun karakteristik periyotları.....	10
Tablo 2.5: sismik bölge faktörün Z (UBC97'den alınmıştır).....	12
Tablo 2.6: UBC97'de zemin türleri.....	13
Tablo 2.7: UBC97 sismik katsayıları C_a ve C_v	13
Tablo 2.8: UBC97'de yakın mesafe katsayıları N_a ve N_v	14
Tablo 2.9: ASCE7-10 zemin sınıfları (IBC'den alınmıştır).....	16
Tablo 2.10: ASCE7-10'a göre zemin katsayıları F_a ve F_v	17
Tablo 2.11: UBC97, ASCE7-10 ve DBYBHY2007 arasında $Z=A_0=0.4$ için farklı zeminlere göre zemin katsayılarının karşılaştırılması.....	20
Tablo 3.1: Elemanların önboyutları (Benmokhtar, 2014).....	35
Tablo 3.2: Kullanılan tarihi deprem kaydı özellikleri.....	36
Tablo 4.1: DBYBHY2007-Z2 için 2,5,10 ve 15 katlı binaların kesin tasarım boyutları (Benmokhtar, 2014).....	39
Tablo 4.2: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.....	41
Tablo 4.3: UBC97 S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.....	41
Tablo 4.4: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.....	42
Tablo 4.5: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	42
Tablo 4.6: UBC97 S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	43

Tablo 4.7: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	43
Tablo 4.8: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	44
Tablo 4.9: UBC97 S _A , S _B , S _C , S _D ve S _E zeminler için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	44
Tablo 4.10: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.....	45
Tablo 4.11: DBYBHY2007'e göre Taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları.....	46
Tablo 4.12: UBC97'e göre Taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları.	47
Tablo 4.13: ASCE7-10'a göre taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları.	48

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Kolonun en küçük taraf boyutu
A₀	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolon etkin alanı
b	: Kolonun en büyük taraf boyutu
B_k	: Zemin büyütme katsayısı
B_a, B_v	: Tanımladığımız zemin katsayıları
b_w	: Kiriş gövde genişliği
C_a, C_v	: Sismik katsayılar
d	: Kiriş etkin yüksekliği
d_N	: En üst kat deplasmanı
F_a, F_v	: Zemin katsayıları
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım çekme dayanımı
g	: Zati yük
g_{ek}	: Ek zati yük
h_f	: Döşeme kalınlığı
h_i	: Binanın i'inci kat yüksekliği
h_k	: Kiriş yüksekliği
h₁	: En üst zemin tabakası kalınlığı
h_s	: Kolon yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
K₁	: Kiriş sınır değeri
l	: Kiriş açıklığı
l₁	: Uzun doğrultuda mesnet eksenleri arasında kalan açıklık
l_s	: Döşemenin kısa doğrultudaki, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultuda serbest açıklığı
m	: Döşeme uzun kenarın kısa kınarına oranı
M_d	: Tasarım momenti
M_S	: Sismik kaynak türü maksimum moment büyüklüğü
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N_a, N_v	: Yakın mesafe katsayıları
N_d	: Tasarım aksenal kuvveti
N_{SPT}	: Toprağın standart penetrasyon direnci
P_d	: Tasarım yükü
PI	: Plastisite indeksi
q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S(T)	: Tasarım irme spektrum katsayısı
SR	: Sismik kaynak türü kayma Hızı
S_u	: Drenajsız kayma mukavemet
S_{ae(T)}, S_a	: Elastik spektral ivme

S_s, S_1	: Haritalanmış spektral ivmeler
S_{MS}, S_{M1}	: Spektral ivme parametreleri
S_{DS}, S_{D1}	: Tasarım spektral ivme parametreleri
S_1, S_2	: Spektrumun elastik değerleridir
T	: Yapı periyotları
T_A, T_B	: Karakteristik periyotlar zemin spektrum
T_0, T_S	: Karakteristik periyotlar zemin spektrum
V	: Kesme kuvveti
V_{cr}	: Kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_s	: Toprağın kayma dalgası hızı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde taban kesme kuvveti
V_{tb}	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde taban kesme kuvveti
Z	: Zemin türü
α_s	: Döşemenin sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranıdır
β	: Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
γ_{BA}	: Birim hacim ağırlığı
Δ_x	: İki kat arasındaki deplasman farkı
δ_i	: Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
ϕ	: Donatı çapı

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

ASCE 7-10	: American Society of Civil Engineers 7-10
DBYBHY 2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Centre
PGA	: Peak Ground Acceleration
UBC 97	: Uniform Building Code 1997

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEMİN BÜYÜTME KATSAYILARININ BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN DEPREM PERFORMANSINA VE MALİYETİNE ETKİLERİ

Peyman AZİMİ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Cenk ALHAN

Deprem sırasında ana kayadaki deprem dalgalarının özellikle yumuşak zeminlerde ortaya çıkan zemin büyütmesine uğraması, hem frekans içeriğinin değişmesine hem de genliklerin büyümesine neden olabilmekte ve üst yapıda da tasarım yüklerinin artmasına sebep olabilmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY2007), deprem yüklerini belirleyen tasarım deprem spektrumu, zemin sınıfına göre T_A ve T_B adı verilen spektrum karakteristik periyotlarının değiştirilmesi suretiyle değiştirilmekte ve böylece daha kötü zemin sınıfları için " $T_B - T_A$ " değeri büyütülerek zemin büyütmesinin etkisi dolaylı olarak göz önüne alınmakta olup doğrudan tanımlanan zemin büyütme katsayıları bulunmamaktadır. Öte yandan, Uniform Building Code 1997 (UBC97) ve American Society of Civil Engineers 7-10 (ASCE7-10) gibi Amerikan yönetmeliklerinde ise, zemin koşullarına bağlı olarak, spektrum karakteristik periyotlarının değiştirilmesine ek olarak yönetmelikte verilen zemin büyütme katsayıları vasıtasıyla da tasarım deprem spektrumu doğrudan büyütülmekte veya küçültülmektedir. Bu durum, daha kötü zemin koşulları için, yapıların taşıyıcı sistemlerinin daha büyük deprem kuvvetlerine göre tasarlanması anlamına gelmektedir. Buna bağlı olarak, farklı zemin bölgelerinde tasarlanan betonarme taşıyıcı sistemlerin eleman boyutları da farklı olabilmektedir. Bu ise, maliyeti ve deprem performansını etkilemekte olup bu etkinin değerlendirilmesi, zemin büyütme katsayılarının kullanılmasının gerekliliği ve yeterliliği hakkında bir değerlendirme yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu sebeple, bu çalışmada, DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10'da ortaya konan ve zemin koşullarına bağlı olarak farklılaşan tasarım deprem spektrumlarının kullanılmasının bina türü yapıların betonarme taşıyıcı sistemlerinin maliyetine ve deprem performansına olan etkileri

karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı kat sayılarına sahip (2, 5, 10 ve 15 katlı) prototip betonarme binalar farklı zemin tipleri için oluşturulan DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 tasarım deprem spektrumları kullanılarak tasarlanmış ve betonarme taşıyıcı sistemlerin maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. Ayrıca, tasarımı yapılan taşıyıcı sistemlerin zaman tanım alanı analizleri temsili bir tarihi deprem kaydı altında gerçekleştirilerek deprem performansları karşılaştırılmıştır.

Haziran 2016 , 82 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Zemin büyütme katsayıları, spektral analiz, zaman tanım analizi, sismik performans, yapı maliyeti



SUMMARY

M.Sc. THESIS

EFFECTS OF SOIL AMPLIFICATION FACTORS ON THE EARTHQUAKE PERFORMANCE AND COST OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL SYSTEMS

Peyman AZIMI

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cenk ALHAN

The exposition of seismic waves in bedrocks to soil amplification, which is especially observed in the soft soils, causes both frequency content change and amplitude amplification as well as increase in earthquake design loads of the superstructures. There exist no explicit soil amplification factors in the 2007 Turkish Earthquake Code ('Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik', DBYBHY2007) and the earthquake design spectrum in is modified by modifying T_A and T_B , which are called spectrum characteristic periods, depending on the soil type and thereby the effect of soil amplification is taken into account indirectly by increasing the value of " $T_B - T_A$ " for poor soil types. On the other hand, in the as the American codes such as the Uniform Building Code 1997 (UBC 97) and the American Society of Civil Engineers 7-10 (ASCE7-10) Code, in addition to changing the spectrum characteristic periods depending on the site conditions, seismic design spectrum is also directly amplified or reduced via the soil amplification factors given in the code. This inherently means that the structural systems located in poorer soil conditions have to be designed for larger earthquake forces. Accordingly, the sizes of the reinforced concrete members of the structural systems may be different. This in turn affects the cost and earthquake performance and the assessment of this effect is important in evaluating the necessity and the adequacy of the use of soil amplification factors. Therefore, in this study, the effect of using seismic design spectra that are defined in DBYBHY2007, UBC97 and ASCE7-10 codes, which vary depending on the soil conditions, on the cost and earthquake performance of reinforced concrete structural systems of buildings is investigated comparatively. According to this aim, prototype reinforced concrete

buildings of different number of stories (2, 5, 10, and 15 stories) are designed using DBYBHY2007, UBC97 and ASCE7-10 seismic design spectra that are generated for different soil types and cost comparisons of reinforced concrete structural systems are carried out. In addition, the time history analyses of these structural systems are carried out for a representative historical earthquake record and their seismic performances are compared.

June 2016 , 82 pages.

Keywords: Soil amplification factors, response spectrum analysis, time history analysis, seismic performance, structural cost



1. GİRİŞ

1.1. MOTİVASYON

“Yerkabuğu içindeki kırılmalardan dolayı ani olarak meydana gelen titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem denir”. Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır (T.C. BAADYBDDDB, 2013). Türkiye ise, Kuzey Anadolu, Batı Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu fay hatlarının olduğu bir coğrafyada yer alması nedeniyle bu ülke arazisinin %80 üzerinde sismik risklere maruz kalmaktadır (Damcı ve diğ., 2015). Bu yüzden, 1999 yılında sırasıyla 7.4 ve 6.8 büyüklüğünde İzmit ve Düzce bölgelerinde meydana gelen iki yıkıcı depremde, 18 000’den fazla insan hayatını kaybetmiş, 49 000 üzerinde kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 300 000 bina ve 40 000 iş yeri yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (Fawzy ve Arslan, 2015). Öte yandan, Türkiye’de yaklaşık son 40 yılda gerçekleşen depremlerde ortaya çıkan ekonomik hasar 16 milyar dolar olmuştur (Doğangün ve Livaoğlu, 2006).

Deprem mühendisliği ve sismik tasarım olarak uyarma tepki ilişkisini ifade etmek için deprem spektrumları bugüne kadar geliştirilen en uygun araçtır. Deprem spektrumları, yer hareketi şiddetinin dolaylı bir ölçüsü olmasına rağmen, tasarımda önemli paya sahip maksimum tepkiyi doğrudan ifade eder. Ayrıca, spektral değerler ve değişik spektrum eğrilerinin şeklindeki farklılıklar, odak veya odak çevresinde ve fay arayüzleri boyunca enerji serbest bırakma mekanizması, dış merkez mesafesi ve odak derinliği, enerji aktarma yolları boyunca jeoloji değişimleri ve büyüklüğün yanısıra ve kayıt istasyonunda yerel zemin koşullarını da içeren birçok faktöre bağlıdır (Tehranizadeh ve Hamed, 2001).

Yerel zemin koşulları büyük depremlerden gelen sismik dalgaların hasar olasılığının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Finn ve Wightman, 2003). Araştırma çalışmaları ve önemli kayıtların sonuçlarına bağlı olarak, yakın zamanlarda Loma Prieta

(1989), Northridge (1994), Kobe (1995) ve diğ er noktalarda meydana gelen birçok büyük depremler sonucunda deprem yönetmelikleri genellikle yerel zemin koşullarının önemli rol oynadığını kabul etmişler (Pitilakis ve diğ., 2012).

Zemin büyütmesi geçmişte meydana gelen birçok yıkıcı depremde ortaya çıkmıştır. Bir yapının sismik tepkisiyle ilgili olarak yapının titreşim periyotları ve üzerinde inşaa edildiği zeminin hakim periyotları arasındaki ilişkinin önemi son yıllardaki deprem çalışmalarından açıkça görülmektedir. Gediz depremi (1970), Romanya depremi (1979), Mexico City depremi (1985) ve Loma Prieta depremi (1989), zemin büyütme etkisinin görüldüğü bazı depremlerdir (Tezcan ve diğ., 2002). 1985 Michoacan depreminden sonra Mexico City'de görülen hasarlar, sismik yanıt üzerinde yerel zemin koşullarının önemli etkileri hakkında incelemelerin başlamasına sebep olmuştur. Ana kayadan yeryüzüne çıkan dalgaların genlikleri şehrin göl yatağına kurulmuş bölgesinde yaklaşık beş kat büyümüştür. Büyütölmüş dalgaların kil zeminin yakınında bulunan yapılar üzerinde yıkıcı etkileri olmuştur. Benzer şekilde 1989'da meydana gelen Loma Prieta depreminde de aynı sonuçlara yakın bir durum ortaya çıkmıştır. Netice itibariyle, sismik tasarımda, yerel zemin koşullarının büyütme etkilerinin önemi açıkça ortadadır (Finn ve Wightman, 2003).

1.2. AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmada, DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10'da ortaya konan ve zemin koşullarına bağılı olarak farklılaşan tasarım deprem spektrumlarının kullanılmasının bina türü yapıların betonarme taşıyıcı sistemlerinin maliyetine ve deprem performansına olan etkileri karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı kat sayılarına sahip (2, 5, 10 ve 15 katlı) prototip betonarme binalar farklı zemin tipleri için oluşturulan DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 tasarım deprem spektrumları kullanılarak tasarlanmış ve betonarme taşıyıcı sistemlerin maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. Ayrıca, tasarımı yapılan taşıyıcı sistemlerin zaman tanım alanı analizleri temsili bir tarihi deprem kaydı altında gerçekleştirilerek deprem performansları karşılaştırılmıştır.

1.3. TEZİN ORGANİZASYONU

Bölüm 2'de yumuşak zeminlerde ortaya çıkan deprem büyütmesi ve etkileri ile ilgili literatür bilgisi verilmektedir. Ayrıca, farklı şartnamelerde bulunan tasarım deprem

spektrumlarına ait bilgilerin yanısıra karşılaştırmalı incelemeler yer almaktadır. Bu bölümde, deprem analiz yöntemleri de tarif edilmektedir.

Bölüm 3’de çalışmada kullanılan prototip binalar, önboyutlandırma ve tarihi deprem kaydı ayrıntılarıyla anlatılmaktadır.

Bölüm 4, kesin tasarım, maliyet ve performans karşılaştırmaları, çalışmadan elde edilen bulguları ve yapılan tartışmaları destekleyen tablo ve grafikleri içermektedir.

Bölüm 5’de ise, çıkan sonuçlar ortaya konulmaktadır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Zemin büyütme etkileri ve bu etkilere maruz kalan yapıların davranışları üzerine literatürde birçok araştırma mevcuttur. Zemin büyütme etkilerinin önemini ortaya koyan ve bu etkilerin yapısal tasarımda dikkate alınması gerektiğine doğrudan veya dolaylı olarak işaret eden diğer çalışmalardan bu tez çalışması ile doğrudan ilgisi olduğu anlaşılan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Trifunac (1990) frekans bağımlı zemin büyütme faktörlerinin fiziksel tarifini, bölgesel zemin ve jeolojik çevre koşullarına bağlı olarak ortaya koyan basit bir denklem önermiştir.

Bouckovalas ve Kouretzis (2001) 1999 Atina depreminde sert zeminlerde ortaya çıkan amplifikasyonun etkilerini incelemiştir. Böylece NEHRP-97 ve EC-8 yönetmeliklerinde yeralan sıkı zeminlerin ve yumuşak kayaların aynı zemin sınıfında yer aldıkları bu durumun olumsuz etkileri ve söz konusu şartnamelerin eksikliği ortaya konmuştur.

Şafak (2001) zemin büyütme türleri ve bu fenomeni üreten mekanizmaları gözden geçirerek deprem kayıtlarından karakterize etmek amacıyla kullanılan modeller ve yöntemler hakkında bilgiler sunmuştur.

Tezcan ve diğ (2001) 1999 Kocaeli depreminde İstanbul'un Avcılar İlçe'sinde ortaya çıkan zemin büyütmesiyle ilgili araştırmada SHAKE programını kullanarak üç ana hakim periyodun, 1.60, 1.00 ve 0.70 s olduğunu tespit etmiştir. Böylece bu bölgede yaygın hasarın 5-8 katlı binalarda meydana gelmesine, depremde ortaya çıkan zemin büyütmesine atfedilmiştir.

Bessasona ve Kaynia (2002) 2000 yılında İzlanda'da meydana gelen iki büyük depremde alüvyon birikintilerini örten lav-kaya üzerinde kaydedilen önemli büyütmeyi incelemiştir. Sonuç olarak bu çalışmaya özel farklı yöntemliklerin aynı zemin büyütme özelliğini ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Wanga ve Hao (2002) zemin özelliklerinin rastgele değişimlerinin sismik dalgaların zemin büyütmesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Böylece zeminin özellikleri ve doygunluk düzeyinin rastgele varyasyonları analizde dikkate alındığı takdirde, sayısal sonuçlar, tahmini yüzey hareketlerinin önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ispatlamıştır.

Zembaty ve Rutenberg (2002) çok-mesnetli yapıların sismik tepkisi üzerinde yerel zemin büyütmesi etkileri için basitleştirilmiş bir analiz yöntemi sunmuştur. Yapılan modeller sonucunda ortaya çıkan tepki spektrumları, duyarlılık analizi için uygun olan deplasman ve kuvvet kayma sismik katsayıları şeklinde formüle edilmiştir.

Stewart ve diğ (2002) azalım ilişkilerinde yer hareketi tahminlerinin belirsizliğini azaltmak amacıyla kullanılabilir zemin koşullarına ilişkin daha ayrıntılı bilgiler vermiş ve zemin büyütme faktörlerini değerlendirmiştir.

Finn ve Wightman (2003) deprem yönetmeliklerinde zemin koşullarını sınıflandırmak ve çeşitli zemin sınıflarına yoğunluk ve frekans bağımlı büyütme faktörlerini atama hakkında son gelişmeleri sunarak Kanada Ulusal Yapı Kanunu 2005 (NBCC 2005) sürümünde önerilen yeni zemin büyütme faktörlerini değerlendirmiştir.

Ergin ve diğ (2004) tarafından 1999 İzmit depremi sırasında yerel zemin tepkisinin Avcılar İlçe'sinde İstanbul'un başka yerlerinden neden farklı olduğunu anlamak amacıyla 2 ay boyunca Reftek 24-bit kaydediciler ve L4C-3D sismometrelerle donatılmış beş taşınabilir sismograf istasyonu farklı jeolojiye sahip bölgelerde uygulanarak frekans bağımlı zemin büyütme grafikleri hesaplanmıştır, 0.3-1.6 Hz frekans aralığında her bölgede depremlerin çoğu için benzer zemin tepki grafikleri elde edilmiştir. Ayrıca Avcılar'da yerel zemin etkilerini tahmin etmek için mikrotremör ölçümlerinin uygulanabilirliği gözden geçirilmiştir.

Choi ve Stewart (2005) zeminin üst 30m'sinde ortalama kayma dalgası hızının, $V_{s,30}$ 'un bir fonksiyonu olarak %5 sönümlü tepki spektral ivmesi tahmini için doğrusal olmayan zemin büyütme faktörlerini deneysel ilişkileri kullanarak geliştirmiştir.

Kılıç ve diğ (2006) tarafından İstanbul'da bir mikrobölgeleme çalışması, yerel zemin koşullarının yapılara etkileyecek deprem kuvvetleri üzerindeki etkilerini belirlemek için Deprem Ana Planı çerçevesinde Zeytinburnu Pilot projesinin bir parçası olarak

yapılmıştır. Ayrıca olası bir deprem sırasında bölgenin davranışı tek boyutlu tepki analizi ve mikrobölgeleme haritaları sayesinde incelenmiştir.

Ruiz ve Saragoni (2008) bazı büyük depremler sırasında sık sık ortaya çıkan zeminlerin serbest titreşimini araştırmıştır. Sonuç olarak serbest titreşimlerin varlığı oldukça dinamik zemin büyütmesi tarafından gelen sabit sismik kayma dalgalarının enerji amplifikasyonundan ziyade zeminin kayma dalgası enerjisinin yayılımına karşılık geldiği anlaşılmış, teorik olarak zeminin dinamik amplifikasyonu ve ivme kaydedici ölçümü arasında gözlenen farklılıklar açıklanmıştır.

Zhao ve diğ (2009) tarafından yumuşak zeminler için sayısal "mühendislik" modellerden hesaplanan tepki spektral büyütme oranlarında özel tip değişkenlik araştırılmıştır. Böylelikle zeminlerin doğal periyotlarına göre çok daha uzun periyotlarda, büyüklük ve kaynaktan olan mesafe artıkça amplifikasyon oranlarının dağılımının azaldığı sonucuna varılmıştır.

Lee ve Trifunac (2010) zeminin üst 30m'sinde ortalama kayma dalga hızını, kuvvetli yer hareketinin genliklerini ölçmek için kullanılan tek zemin parametresi olmaması gerektiğini vurgulamıştır.

Kamatchi ve diğ (2010) bir parametre olarak zemin katmanının derinliği de dahil olmak üzere zemine özel depremlere göre farklı binaların performans değerlendirmesi için bir metodoloji önermiş ve uygulamıştır. Araştırma sonunda zemin katmanının derinliği Hint sismik şartnamesinden farklı olarak hem elasto-plastik davranışlı binanın hem de elastik olmayan binanın deplasman ve taban kesmelerini etkilediğini gösterilmiştir. Bu çalışmanın bir benzeri Adhikary ve diğ, (2014) tarafından da yapılmıştır.

Zaslavsky ve diğ (2012) yerel zemin sınıflandırmasına göre ivme tepki spektrumlarını doğrulamak amacıyla $V_{s,30}$ parametresi ve ilgili F_a ve F_v faktörlerine bağlı olan NEHRP zemin sınıflandırmasının uygulanabilirliğini, İsrail bina standartları altında incelemiştir. Gerçek zeminlerin sentetik ivme tepki spektrumlarına dayanarak, zemin sınıflandırması ve dolayısıyla zemin amplifikasyonu genelleştirmesi, tek bir parametre, yani $V_{s,30}$ vasıtasıyla tavsiye edilemez sonucuna varılmıştır. Ayrıca, İsrail jeolojisinin kısa mesafelerde ciddi biçimde değişebilmesi nedeniyle bir sınıfın zeminlerinde, hem şekil hemde genlik ve frekans açısından farklılıklar görüldüğü ortaya konmuştur.

Tsang ve diğ (2013) tarafından zemin büyütmesi için zeminin nümerik modelinin yapılmasına ve sayısal zemin tepki analizine gerek kalmayarak bir alternatif tasarım spektrumu modeli tanıtılmıştır.

Özcep ve diğ (2013) Türkiye, Adapazarı bölgesi için zemin büyütmelerinde $V_{s,30}$ rolünü araştırmıştır. Neticede Adapazarı zeminlerine özel deprem verileri ve $V_{s,30}$ 'dan elde edilen zemin büyütme ve ilgili spektrumların iyi uyuşmadığı sonucuna varılmıştır.

Şişman (2013) zeminlerin dinamik özelliklerinin ve zemin büyütme faktörlerinin belirlenmesi amacıyla alternatif iki yöntem (Çoklu-mod Uzaysal Özilişki ve Yatay/Düşey Spektral Oran metodları) kullanarak elde edilen büyütme faktörlerini birbirleriyle karşılaştırmıştır. Sonuç olarak hakim frekans ve zemin büyütme faktörü açısından birbiri ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Diren (2013) donatılandırılmış zemin istinat duvarlarında zemin, dolgu, taban zemin olarak kullanılan malzemelerin ve geosentetik donatı tasarımının ivme amplifikasyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Genel anlamda, bugün kullanılan standartlara uygun inşaa edilen bu tip duvarların deprem yükleri altında başarılı davrandıklarını ve ivmelerin amplifikasyonlarının en yoğun bağlı olduğu hususun zemin özellikleri olduğu tespit edilmiştir.

Khanbabazadeh (2014) farklı anakaya eğimi ve zemin cinsinin jeolojik düzensizliklere sahip ovaların dinamik davranışına (zemin büyütmesine) etkisinin anlaşılması için farklı anakaya eğime sahip modellerle farklı deprem yükleri altında bir çalışma yapmıştır. Bu araştırmanın sonunda dinamik davranışının anakaya eğimi ve zemin cinsinden etkilendiğini gösterilmiştir.

Palermo ve diğ (2014) daha doğru bir deplasman tasarım spektrumu ve kaydedilen yer hareketleri seçimi için basit ama etkili bir kriter elde etmek amacıyla şematik tepki spektrumların tanımlarını incelenmiştir.

Finn ve Ruz (2015) NBCC 2015 için 2011 Tohoku'da kaydedilen verileri kullanarak SHAKE programı aracılığıyla sığ yumuşak yüzey tabakaların büyütme etkilerini incelemiştir.

Kuruoglu ve Eskisar (2015) Türkiye'nin güney kıyısında İzmir Körfezi için dinamik zemin tepkisi üzerinde yerel zemin koşullarının etkisini incelemiştir. Sonuç olarak ilgili alanda yerel zemin koşulların bireysel değerlendirilmesi ve derin alüvyonlar üzerinde bulunan alanlar için zemine özel tasarım spektrumunun oluşturması tavsiye edilmiştir.

2.2. TASARIM SPEKTRUMLARI

Tasarım spektrum grafiği deprem etkisine maruz kalan yapının davranışının tasarıma esas deprem kuvvetlerini belirleyen eğridir. Genel olarak yönetmeliklerde tasarım ivme spektrumu kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 yönetmeliklerinde yer alan tasarım ivme spektrumları kullanıldığı için bu spektrumlar hakkında detaylı bilgi ileriki bölümlerde verilmiştir.

2.2.1. DBYBHY2007

Türk deprem yönetmeliğinde yer alan elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak belirlenir. Bu kapsamda Türk deprem yönetmeliğinde elastik deprem yüklerinin tanımlanması için ilk önce ilgili parametreleri tarif edilmesi gerekmektedir. İlk parametre etkin yer ivme katsayısı (A_0) olarak tanımlanmıştır ve deprem bölgesine bağlı olarak Tablo (2.1)'de görüldüğü gibi değişmektedir.

Tablo 2.1: Etkin yer ivme katsayısı A_0 (DBYBHY2007'den alınmıştır).

Deprem bölgesi	1	2	3	4
A_0	0.4	0.3	0.2	0.1

Diğer parametre bina kullanım amacına (veya türüne) bağlı olarak Bina Önem Katsayısı (I) olarak adlandırılmıştır. Bu parametre ile ilgili bilgiler Tablo (2.2)'de verilmiştir.

Tablo 2.2: Bina önem katsayısı (DBYBHY2007'den alınmıştır).

Binanın kullanım amacı veya türü	Bina Önem Katsayısı (I)
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	1.5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar	1.4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
Diğer binalar (Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar)	1.0

DBYBHY2007'de zemin sınıflarını tanımlamak için ilk önce zemin grupları belirlenmektedir. Bu yönetmelikte yerel zemin koşullarının tanımlanması için esas alınan zemin grupları Tablo (2.3)'te verilmiştir. Ayrıca zemin grupları göz önüne alınarak zemin sınıfları Tablo (2.4)'te sunulmuştur. Tablo (2.4)'te tanımlanan h_1 , en üst zemin tabakası kalınlığını göstermektedir.

Tablo 2.3: DBYBHY2007'e göre zemin grupları.

Zemin grubu tanımı	Zemin grubu
<ol style="list-style-type: none"> 1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar... 2. Çok sıkı kum, çakıl..... 3. Sert kil ve siltli kil..... 	A
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.... 2. Sıkı kum, çakıl..... 	B
<ol style="list-style-type: none"> 1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar..... 2. Orta sıkı kum, çakıl..... 3. Katı kil ve siltli kil..... 	C
<ol style="list-style-type: none"> 1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları..... 2. Gevşek kum..... 3. Yumuşak kil, siltli kil..... 	D

Tablo 2.4: DBYBHY2007'e göre yerel zemin sınıfları ve spektrumun karakteristik periyotları.

Zemin türü	Zemin grubu	T _A	T _B
Z1	A	0.1	0.3
	$h_1 \leq 15\text{m}$ ise B		
Z2	$h_1 > 15\text{m}$ ise B	0.15	0.4
	$h_1 \leq 15\text{m}$ ise C		
Z3	$15\text{ m} < h_1 \leq 50\text{ m}$ ise C	0.15	0.6
	$h_1 \leq 10\text{m}$ ise D		
Z4	$h_1 > 15\text{m}$ ise C	0.2	0.9
	$h_1 > 10\text{m}$ ise D		

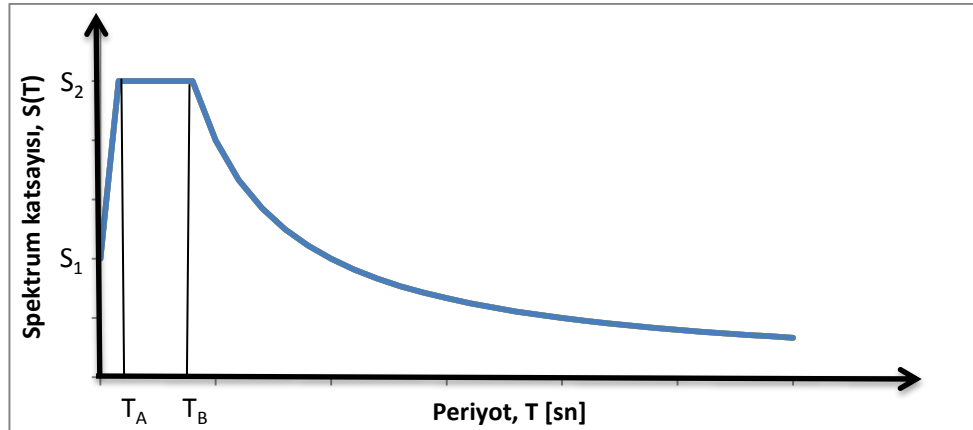
Sırada yer alan parametre spektral katsayısı $S(T)$ Tablo (2.4)'teki zemin sınıflarına bağlı olarak verilen T_A ve T_B spektrum karakteristik periyotları kullanılarak DBYBHY2007'de verilmiş olan formüllerle (Denklem (2.1), (2.2) ve (2.3)) hesaplanabilir:

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.1)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (2.2)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (2.3)$$

DBYBHY2007'de yer alan spektrum katsayısı grafiği Şekil (2.1)'de gösterilmiştir. Şekil (2.1)'de gösterildiği gibi T_A ve T_B , spektrumun sabit bölümünün alt ve üst sınırlarını göstermektedir. S_1 değeri $T=0$ için Denklem (2.1) ile belirlenir. $S_2=2.5$ olup spektrum katsayısının en yüksek değeridir.

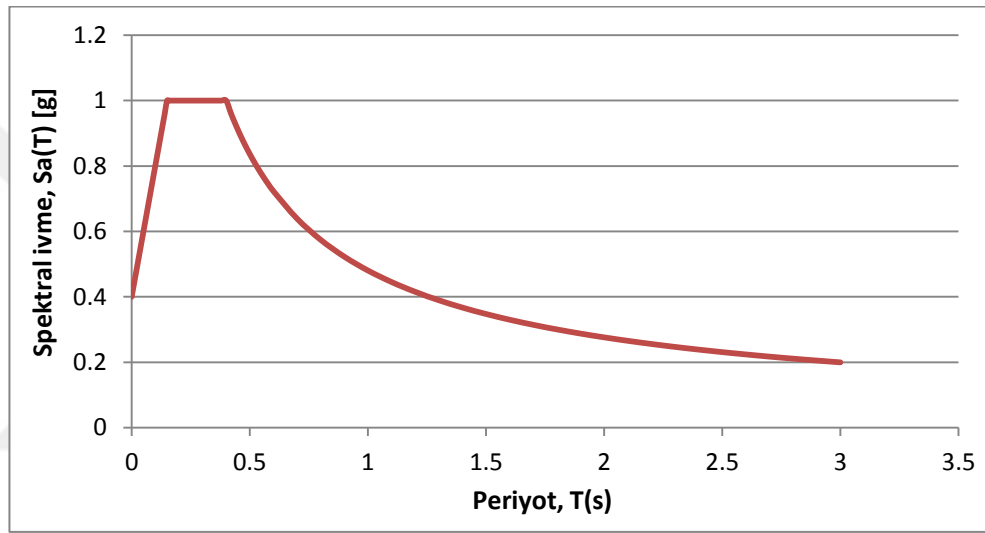


Şekil 2.1: DBYBHY2007'de yer alan tasarım ivme spektrum katsayısı.

Diğer taraftan $S(T)$ değerinin etkin yer ivme katsayısı (A_0) ve bina önem katsayısı (I) ve yer çekimi kuvveti (g) ile çarpılınca elastik spektral ivme $S_{ae}(T)$ elde edilmektedir:

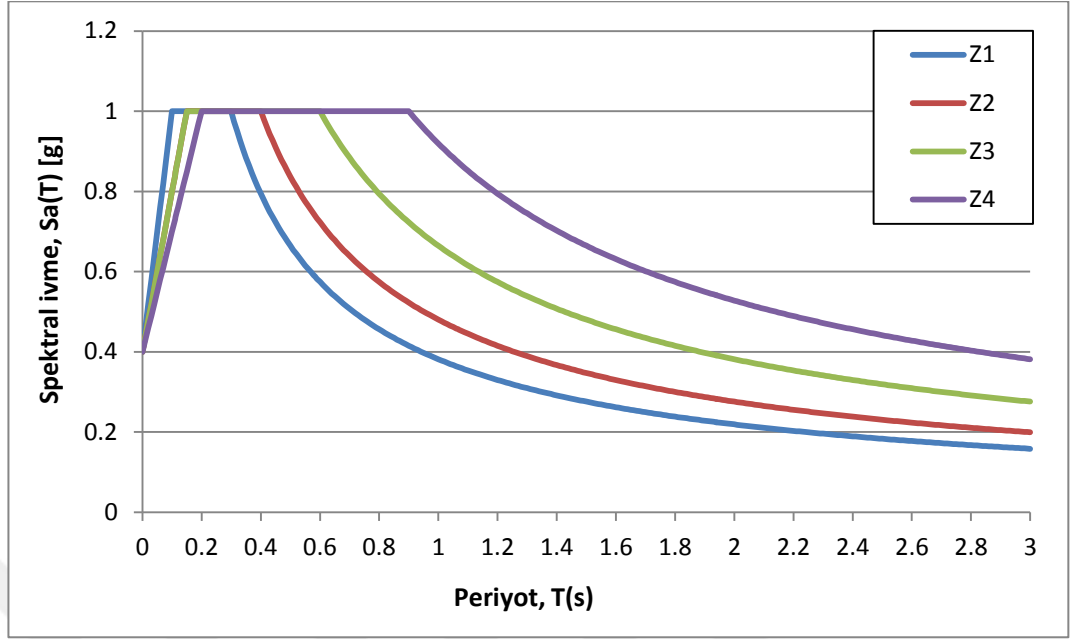
$$S_{ae}(T) = S(T) \times (A_0 \cdot I \cdot g) \quad (2.4)$$

Örnek olarak, konut türü bina ($I = 1.0$), birinci derece deprem bölgesi (daha sonra bahsedilen UBC97 ve ASCE7-10'da dördüncü deprem bölgesine denk gelmektedir.) kabulüne uygun olarak $A_0 = 0.4$ (veya UBC97'de $Z = 0.4$) alınır, Z2 zemin sınıfı için elastik ivme spektrumu Şekil (2.2)'deki gibi elde edilir.



Şekil 2.2: Z2 zemin sınıfı ve birinci derece deprem bölgesi ($A_0 = 0.4$) için tasarım spektral ivme grafiği ($I = 1$).

Aynı örneği farklı zemin türleri için tekrar çizilecek olursa Şekil (2.3) ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde görüldüğü gibi farklı zemin türleri için sırasıyla en iyi zeminden (Z1) en kötü zemine (Z4) doğru gidersek tasarım spektrumlarının doğrusal artan bölümlerinde artışlar daha yavaş, sabit bölümler genişleyerek ve azalan bölümlerinde azalmalar daha yumuşak olarak değişmektedir.



Şekil 2.3: DBYBHY2007'de farklı zemin türlerine göre tasarım spektrumları ($A_0= 0.4$ ve $I = 1$).

2.2.2. UBC97

UBC97'de, DBYBHY2007'de tanımlanan spektrum katsayısı, ayrıca tanımlanmamaktadır. Buna göre, bu şartnamede doğrudan g cinsinden tasarım ivme spektrumu kullanılmakta olup, zemin koşulları, deprem bölgesi ve fay hattına olan mesafeye bağlı olarak değişmektedir.

UBC97'de deprem bölgeleri beş farklı bölgeye (1, 2A, 2B, 3 ve 4) ayrılmaktadır. Ayrıca yapının bulunduğu deprem bölgesine göre belirlenen ve Türk deprem yönetmeliğinde etkin yer ivmesi katsayısına (A_0) denk gelen sismik bölge faktörü (Z) tanımlanmaktadır. Tablo (2.5)'te sismik bölge faktörün deprem bölgesine göre aldığı değerler verilmiştir.

Tablo 2.5: sismik bölge faktörü, Z (UBC97'den alınmıştır).

Deprem bölgesi	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

UBC97'de zemin profilleri zemin koşullarına (V_s , N_{SPT} , S_u ve PI) bağlı olarak altı farklı sınıfta (S_A , S_B , S_C , S_D , S_E ve S_F) tanımlanmaktadır. Bu şartnamede bulunan zemin türlerine ait bilgi Tablo (2.6)'da verilmiştir.

Tablo 2.6: UBC97’de zemin türleri.

Zemin türü	Açıklama
S _A	Sert çakıl
S _B	Çakıl
S _C	Çok sıkı kum ve yumuşak çakıl
S _D	Katı zemin
S _E	Yumuşak zemin
S _F	Özel (Çok yumuşak zeminler)

DBYBHY2007’den farklı olarak UBC97’de sismik kaynak türü Maksimum Moment Büyüklüğü (M_S) ve Kayma Hızı (SR)’na bağlı olarak üçe ayrılmaktadır: A türü: sismik aktivitesi yüksek olan (kayma hızı en az 5 mm/sene) ve büyük magnitudlü depremleri yaratma gücüne sahip ($M_S \geq 7$) sismik kaynağıdır; B türü: A ve C sismik kaynak türü olmayan sismik kaynağıdır; C türü: sismik aktivitesi nispeten düşük (en fazla 2 mm/sene) olan ve büyük magnitudlü depremleri yaratamayan ($M_S < 6.5$) sismik kaynağıdır.

Anılan şartnamede belirlenen tasarım ivme spektrumu oluşturmasında önemli parametre sismik katsayılar (C_a ve C_v)’dır. Sismik katsayılar zemin türü, sismik bölge faktörü (Z) ve N_a , N_v katsayılarına (sismik kaynak türüne ve faya olan en yakın mesafeye bağlıdır) bağlı olarak değişmektedir. Tablo (2.7)’de C_a ve C_v ’nin aldığı değerler sunulmuştur.

Tablo 2.7: UBC97 sismik katsayıları C_a ve C_v .

Zemin türü	Sismik bölge faktörü (Z)									
	Z=0.075		Z=0.15		Z=0.2		Z=0.3		Z=0.4	
	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v
S _A	0.06	0.06	0.12	0.12	0.16	0.16	0.24	0.24	$0.32N_a$	$0.32N_v$
S _B	0.08	0.08	0.15	0.15	0.20	0.20	0.30	0.30	$0.40N_a$	$0.40N_v$
S _C	0.09	0.13	0.18	0.25	0.24	0.32	0.33	0.45	$0.40N_a$	$0.56N_v$
S _D	0.12	0.18	0.22	0.32	0.28	0.40	0.36	0.54	$0.44N_a$	$0.64N_v$
S _E	0.19	0.26	0.30	0.50	0.34	0.64	0.36	0.84	$0.36N_a$	$0.96N_v$
S _F	Zemin-özel jeoteknik araştırma ve dinamik zemin tepki analizi sonuçları gözönüne alınarak belirlenir.									

UBC97- DBYBHY2007’de bulunmayan- yakın mesafe deprem etkilerini spektral ivme değerlerine yansıtmak için yakın mesafe katsayıları N_a ve N_v parametrelerini tanımlamıştır. N_a ve N_v değerlerini ülkenin sismik açıdan en aktif bölgeleri olan dördüncü deprem bölgelerine (Türk deprem yönetmeliğinde birinci derece deprem bölgelerine denk gelmektedir) uygulamıştır. N_a ve N_v ’nin aldığı değerler sismik kaynak türüne ve faya olan en yakın mesafeye bağlı olarak Tablo (2.8)’de sunulmuştur.

Tablo 2.8: UBC97’de yakın mesafe katsayıları N_a ve N_v .

Sismik kaynak türü	En yakın mesafe bilinen sismik kaynağa kadar							
	≤ 2 km		5 km		≥ 10 km	10 km	≥ 15 km	
	N_a	N_v	N_a	N_v	N_a	N_v	N_a	N_v
A	1.5	2.0	1.2	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0
B	1.3	1.6	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Bu şartnamede belirtilmiş tasarım ivme spektrumu C_a ve C_v sismik katsayıları ve yapının periyotlarına (T) ve UBC97’deki bulunan formüllere bağlı olarak Denklem (2.5), (2.6) ve (2.7)’deki gibi hesaplanabilir:

$$S_a(T) = C_a \quad (T = 0) \quad (2.5)$$

$$S_a(T) = 2.5C_a \quad (T_0 \leq T \leq T_s) \quad (2.6)$$

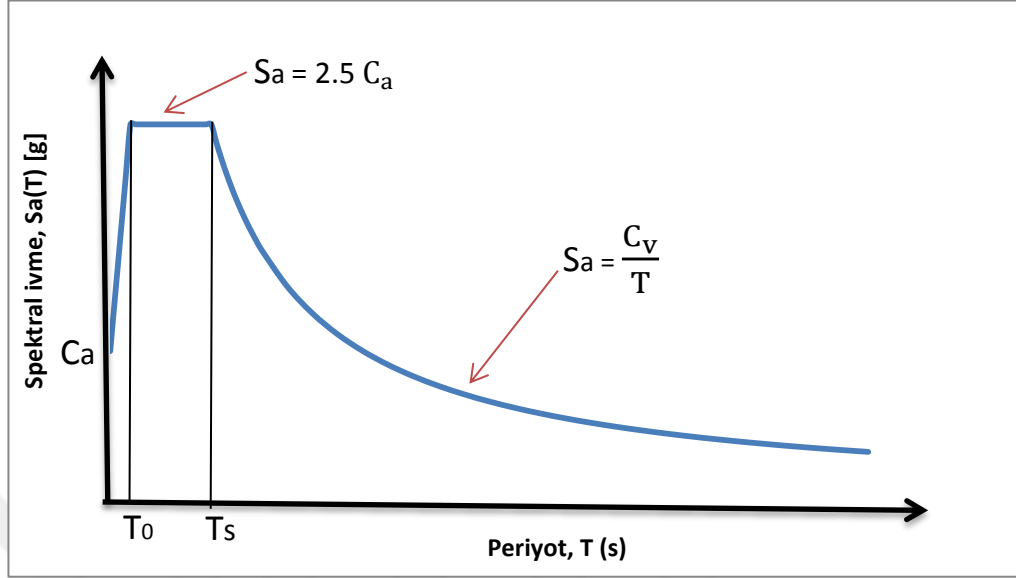
$$S_a(T) = \frac{C_v}{T} \quad (T \geq T_s) \quad (2.7)$$

UBC97’de spektrum sabit bölümün periyotlarının alt ve üst sınırlarını gösteren ve yerel zemin koşullarına göre değişen karakteristik periyotlar T_0 ve T_s olarak adlandırılmıştır ve C_a ve C_v katsayıları kullanarak Denklem (2.8) ve (2.9)’daki gibi elde edilmektedir:

$$T_s = \frac{C_v}{2.5 C_a} \quad (2.8)$$

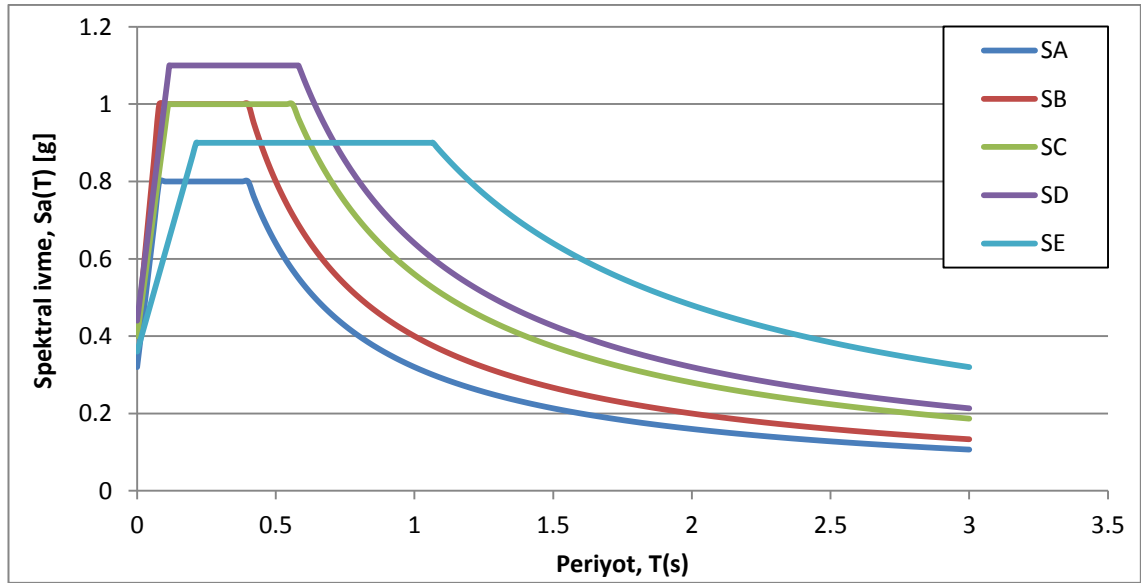
$$T_0 = 0.2 T_s \quad (2.9)$$

Bu şartnamede yer alan tasarım ivme spektrumu, Şekil (2.4)'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: UBC97 yönetmeliğinde kullanılan tasarım ivme spektrumu.

Tasarım ivme spektrumu UBC97'de kötü zeminler için (S_C , S_D ve S_E), spektrumda S_B türü zemine göre ek bir artış, daha iyi zeminlerde de (S_A) bir azalış olarak Şekil (2.5)'te tanımlanmıştır.



Şekil 2.5: UBC97 tasarım ivme spektrumları. ($Z = 0.4$, faya olan mesafe ≥ 15 km : $N_a = N_v = 1$).

2.2.3. ASCE7-10

ASCE7-10 yönetmeliğinin çok katlı binaların tasarımına yönelik tasarım ivme spektrumlarının oluşturulması için hükümleri vardır. Bu bölümde ASCE7-10'da yer alan hükümler ve parametreler tarif edilmiştir. Bu kapsamda ilk parametre olarak zemin türü anlatılmıştır. Zemin türü zeminin kayma dalgası hızı (V_s) esas alınarak Tablo (2.9)'da tarif edildiği gibi altı sınıfa (A, B, C, D, E ve F) ayrılmaktadır. V_s 'in bilinmediği yerlerde, zemin türünü belirlemek için toprağın Standart Penetrasyon direnç (N) ve drenajsız kayma mukavimeti (S_u) değerleri kullanılmaktadır.

Tablo 2.9: ASCE7-10'da zemin sınıfları.

Zemin türü	Açıklama
A	Sert çakıl
B	Çakıl
C	yumuşak çakıl
D	Katı zemin
E	Yumuşak zemin
F	Özel (Çok yumuşak zeminler)

ASCE7-10'da tasarım ivme spektrumunun oluşturulmasında yer alan diğer parametre haritalanmış spektral ivmedir. %5 sönüm oranı için dikkate alınmış maksimum spektral ivme, 0.2 ve 1.0 saniye olan yapısal periyotlar için sırasıyla S_S ve S_1 adlandırılmıştır. ASCE7-10'da bu haritalanmış spektral ivmeler herhangi bir coğrafik konum için bu şartnamede bulunan Şekil (22-1) ~ (22-6)'da gösterilmektedir. Haritalar S_S ve S_1 'in sabit değerlerinin konturlarını göstermektedir. Her kontur hattı g 'nin yüzdesi olarak etiketlenmiştir. Örneğin, haritalarda %150 $g = 1.5g$ olarak yorumlanmaktadır. Ayrıca bu şartnamede verilmiş spektral ivme haritaları Amerika Birleşik Devletlerine aittir.

Bu şartnamede tanımlanan zemin katsayıları F_a ve F_v Tablo (2.10)'da gösterilmektedir. S_S ve S_1 'in iki sütun arasında olan herhangi bir değeri için F_a ve F_v değerleri enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edilmektedir.

Tablo 2.10: ASCE7-10'a göre zemin katsayıları F_a ve F_v .

Zemin türü	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v
	$S_s \leq 0.25$	$S_1 \leq 0.1$	$S_s = 0.5$	$S_1 = 0.2$	$S_s = 0.75$	$S_1 = 0.3$	$S_s = 1.0$	$S_1 = 0.4$	$S_s \geq 1.25$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.7	1.2	1.6	1.1	1.5	1.0	1.4	1.0	1.3
D	1.6	2.4	1.4	2.0	1.2	1.8	1.1	1.6	1.0	1.5
E	2.5	3.5	1.7	3.2	1.2	2.8	0.9	2.4	0.9	2.4
F	Bölge tepki analizi (site response analiz) ASCE7-10'un Bölüm 21.1'e göre yapılacaktır.									

ASCE7-10 tasarım ivme spektrumunu üretmek için izlenecek yöntem adım adım şöyledir:

- 1) Zemin türü Tablo (2.9)'a göre belirlenir.
- 2) S_s ve S_1 değerleri şartnamede yer alan haritalardan belirlenir.
- 3) Zemin katsayıları (F_a ve F_v) değerleri Tablo (2.10)'u kullanarak belirlenir.
- 4) Daha önce belirlenmiş olan haritalanmış spektral ivmeler (S_s ve S_1) sırasıyla zemin katsayıları (F_a ve F_v) ile çarpılarak spektral ivme parametreleri S_{MS} ve S_{M1} Denklem (2.10) ve (2.11)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.10)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.11)$$

- 5) Bir önceki adımda hesaplanan spektral ivme parametreleri (S_{MS} ve S_{M1}) kullanılarak tasarım spektral ivme parametreleri (S_{DS} ve S_{D1}) Denklem (2.12) ve (2.13)'teki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.13)$$

6) Bir önceki adımda belirlenen tasarım spektral ivme parametreleri (S_{DS} ve S_{D1}) kullanılarak tasarım spektrumunun karakteristik periyotları (T_0 ve T_s) Denklem (2.14) ve (2.15)'den hesaplanır. Karakteristik periyotlar spektrum sabit bölümünün alt ve üst sınırlarını gösterip, yerel zemin koşullarına göre değişmektedir.

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.14)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.15)$$

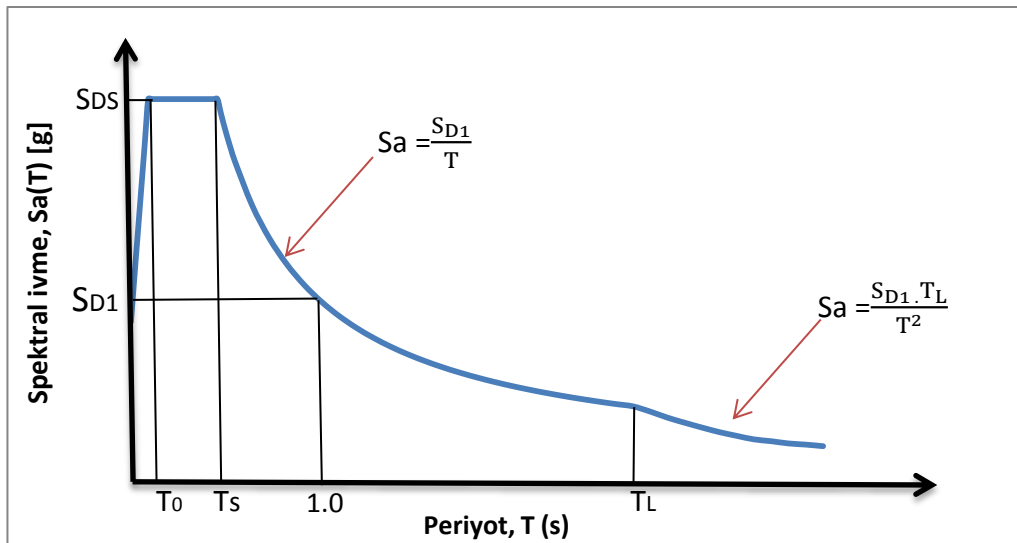
7) Son adımda Denklem (2.16) ~ (2.19)'da verilen formüllere göre tasarım spektral ivme S_a değeri hesaplanıp, Şekil (2.6)'da gösterilen tasarım ivme spektrumu çizilir. T_L değeri ise uzun periyoda geçiş noktasını göstermektedir ve ASCE7-10'da bulunan Şekil (22-12) ~ (22-16)'de verilmiştir.

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (T < T_0) \quad (2.16)$$

$$S_a = S_{DS} \quad (T_0 \leq T < T_s) \quad (2.17)$$

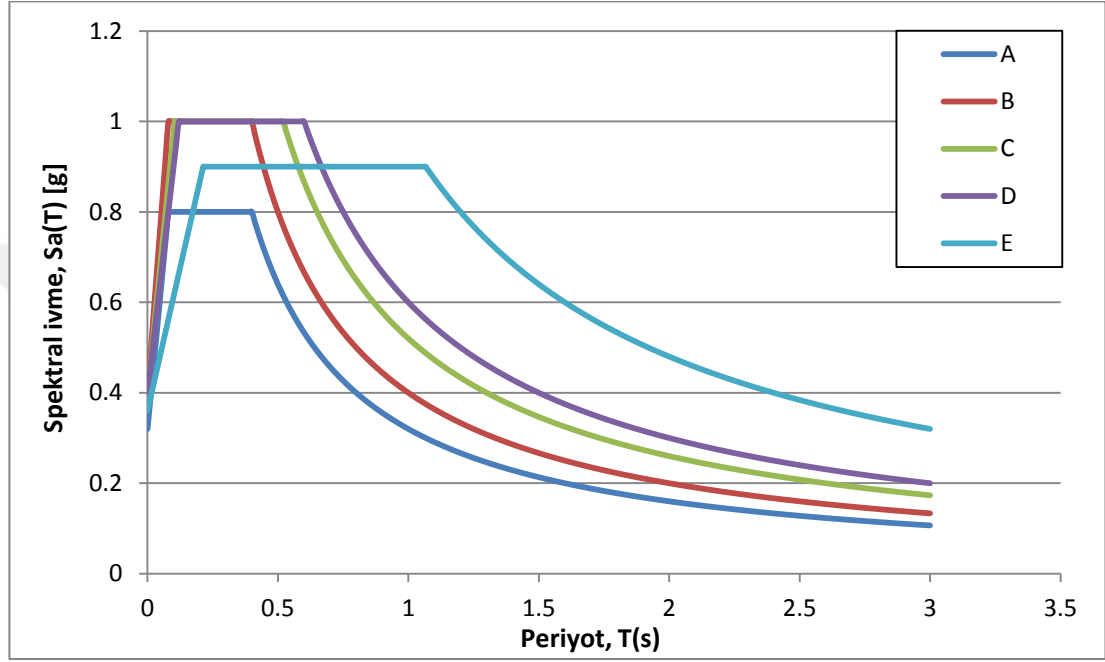
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_s < T \leq T_L) \quad (2.18)$$

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \quad (T > T_L) \quad (2.19)$$



Şekil 2.6: ASCE7-10 tasarım ivme spektrumu.

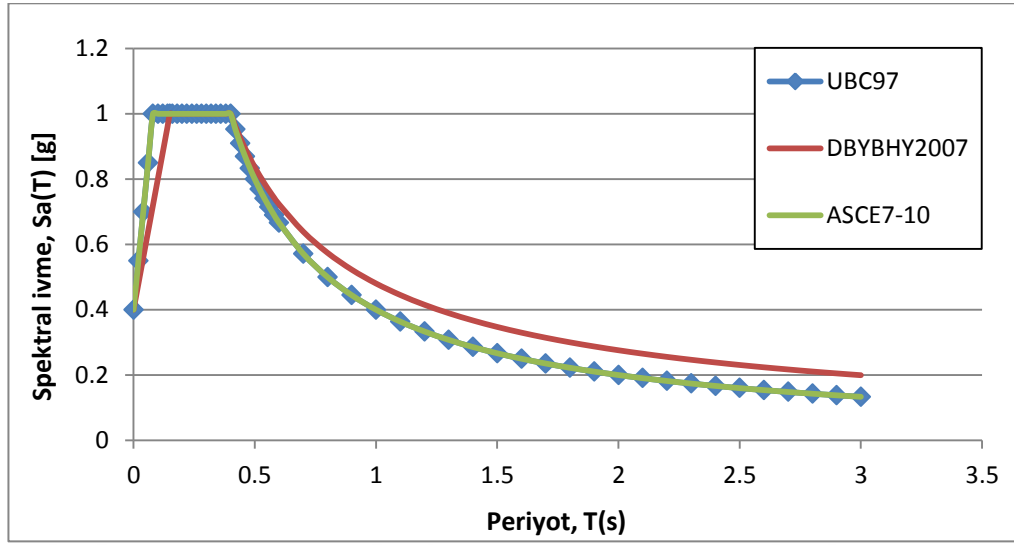
Çalışmada tek bir parametrenin (yani sismik katsayısının) etkisini görebilmek için zemine bağlı artışı ifade eden F_a ve F_v katsayılarının ASCE7-10'da 1.0 olduğu zemin tipi olan B zeminin ele alınması kararlaştırılmıştır. Tasarım ivme spektrumu ASCE7-10'da A türü zemine göre kötü zeminler için (B, C ve D), spektrumda ek bir artış Şekil (2.7)'de tanımlanmıştır.



Şekil 2.7: ASCE7-10 tasarım ivme spektrumları ($S_S = 1.5g$, $S_1 = 0.6g$).

2.2.4. Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması

Şekil (2.8)'de prototip binanın nominal tasarımında kullanılacak olan ve yukarıda tarif edilen Z2, S_B ve B türü zemin için elde edilen üç farklı spektrum (DBYBHY2007, UBC97, ASCE7-10) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Spektrumlar ASCE7-10 ve UBC97 şartnamelerinde Türk deprem yönetmeliğinin Z2 zemin türüne için (UBC97 ve ASCE7-10 için S_B ve B zemin türleri) ve birinci derece deprem bölgesi için (UBC97 ve ASCE7-10 için dördüncü derece deprem bölgesi) çizilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi üç farklı spektrum eğrisinin sabit bölümü eşit olmakla birlikte bu kısmın grafiği küçük bir miktar farklıdır; Şöyle ki UBC97 ve ASCE7-10 spektrum eğrilerinde doğrusal artan, sabit ve azalan bölümlerde hiç bir fark olmadan üst üste gelmektedir. Ancak, DBYBHY2007 spektrum eğrisi için azalan ve doğrusal artan kısımlar çok yakın olmakla birlikte UBC97 ve ASCE7-10'a göre farklılıklar mevcuttur.



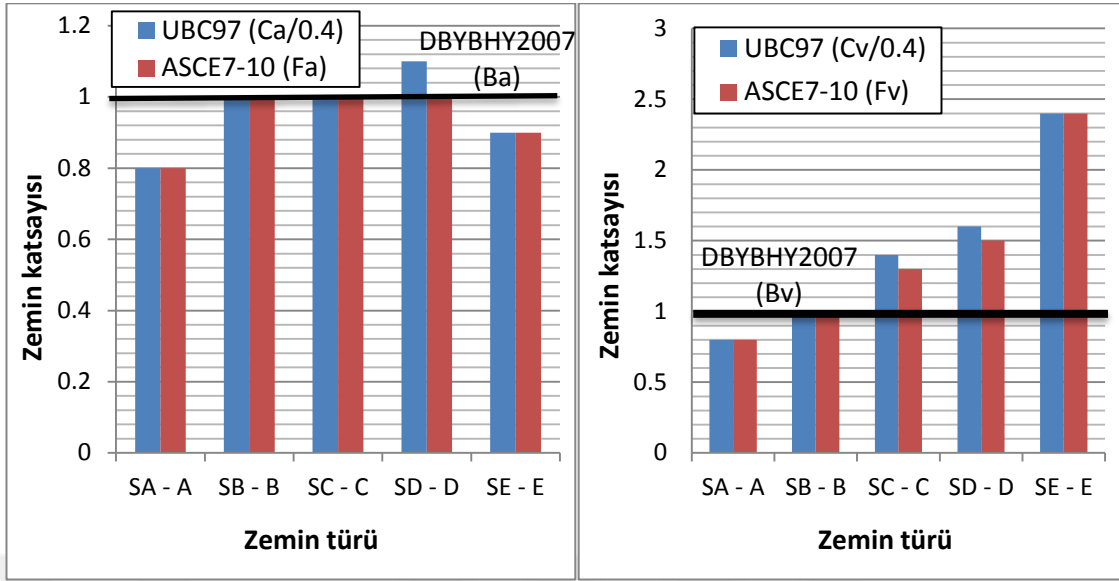
Şekil 2.8: ASCE7-10, UBC97 ve DBYBHY2007’de sırasıyla B, S_B ve Z2 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$ ve $I = 1$).

2.2.5. Zemin Büyütme Katsayısı Karşılaştırılması

Sismik katsayıları olan, UBC97 şartnamesinde açıkça tarif edilmeyen zemin büyütme katsayıları dördüncü deprem bölgesi ($Z=0.4$) için $N_a=N_v=1$ olduğu durumda C_a ve C_v değerleri 0.4’e bölünerek bulunur ve ASCE7-10’da bulunan zemin katsayıları F_a ve F_v ’ye yaklaşık olarak eşit olduğu görülür (Tablo 2.11). Ancak, Türk deprem yönetmeliğinde bu katsayılar açıkça tarif edilmediğinden bu çalışmaya özel B_a ve B_v olarak adlandırılmış olup, 1.0’a eşittir. Şekil (2.9)’da söz konusu katsayılar karşılaştırılmıştır. Bu katsayıları bakıldığında, DBYBHY2007’nin güvensiz olduğu düşünülebilir. Ancak zemin büyütme etkisinin DBYBHY2007’de açık katsayılarla değil, spektrum formülasyonunda gizli olarak yer aldığı unutulmamalıdır.

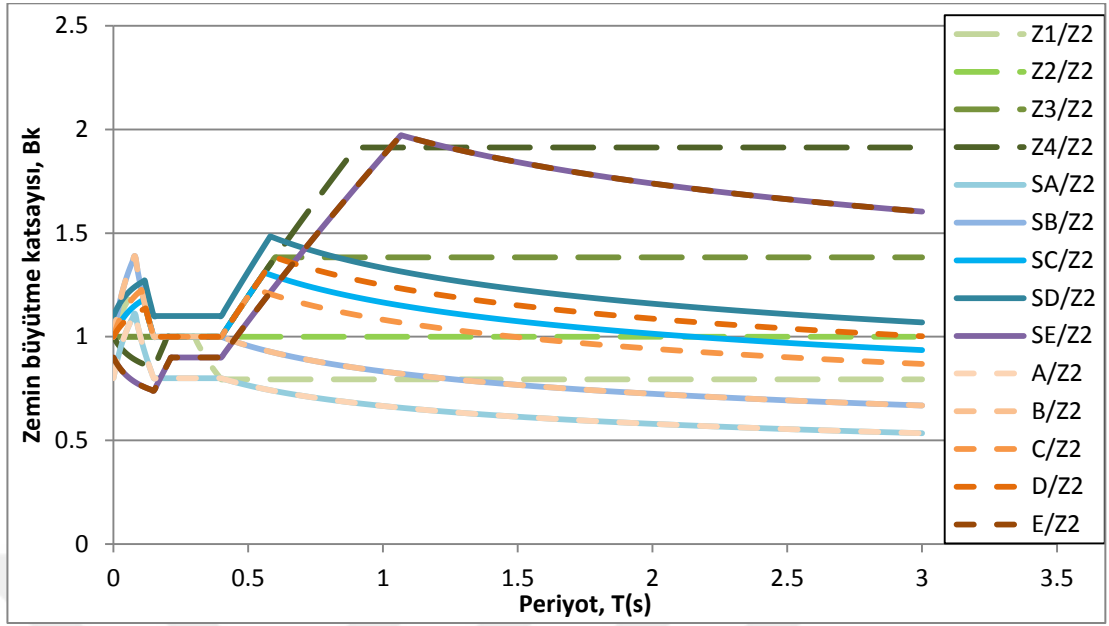
Tablo 2.11: UBC97, ASCE7-10 ve DBYBHY2007 arasında $Z=A_0=0.4$ için farklı zeminlere göre zemin katsayılarının karşılaştırılması.

Zemin türü	UBC97	ASCE7-10	DBYBHY2007	UBC97	ASCE7-10	DBYBHY2007
	$Z = 0.4$	$S_s \geq 1.25$	$A_0 = 0.4$	$Z = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$	$A_0 = 0.4$
	$C_a/0.4$	F_a	B_a	$C_v/0.4$	F_v	B_v
A veya S_A	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0
B veya S_B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C veya S_C	1.0	1.0	1.0	1.4	1.3	1.0
D veya S_D	1.1	1.0	1.0	1.6	1.5	1.0
E veya S_E	0.9	0.9	1.0	2.4	2.4	1.0



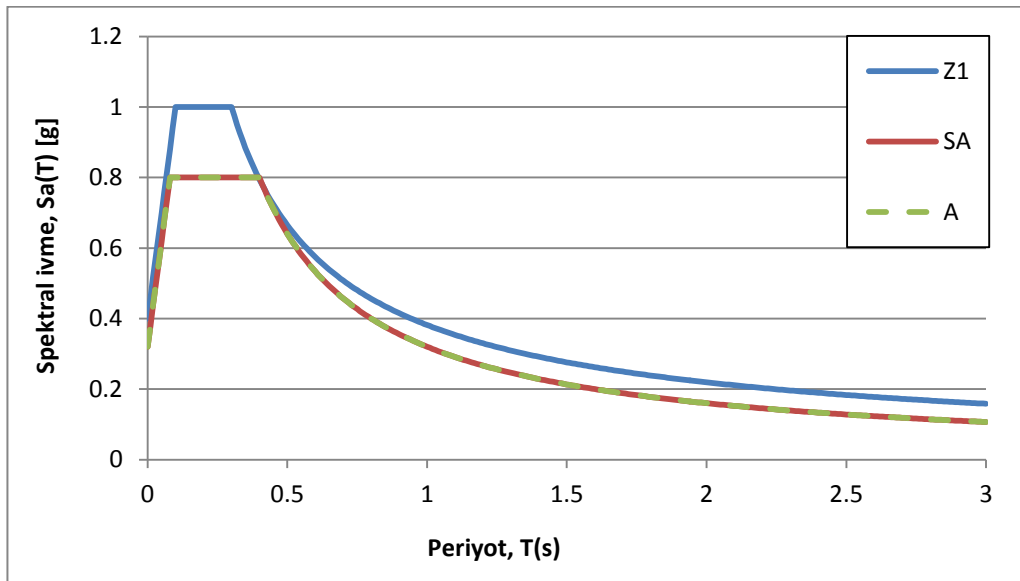
Şekil 2.9: UBC97, ASCE7-10 ve DBYBHY2007 arasında $Z=A_0=0.4$ için farklı zeminlere göre zemin katsayıların karşılaştırılması.

Bu sebeple UBC97, ASCE7-10 ve DBYBHY2007'de bulunan tüm tasarım spektral ivme değerleri Z_2 zemin türü spektral ivme değerine bölünerek bu çalışmaya özel bir zemin büyütme katsayısı (B_k) elde edilmiştir. Şekil (2.10)'da, elde edilen zemin büyütme katsayıları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi $B_{/Z_2}$ ve $S_B_{/Z_2}$ eğrileri eşit olmakla birlikte $T=0.5$ s'den sonra $Z_2/Z_2=1.0$ 'den bir miktar uzaklaşmaktadır. Z_2 'ye (S_B 'ye veya B 'ye) göre normalize edilerek elde edilen zemin büyütme katsayıları incelendiğinde (Şekil 2.10) örneğin Z_4 için zemin büyütme katsayısı D ve S_D için olanın çok üzerinde E ve S_E için ise geniş bir periyot aralığında üzerinde kalmaktadır. DBYBHY2007'nin zemin büyütme etkisini dolaylı olarak ciddi bir şekilde dikkate aldığı böylece görülmektedir.

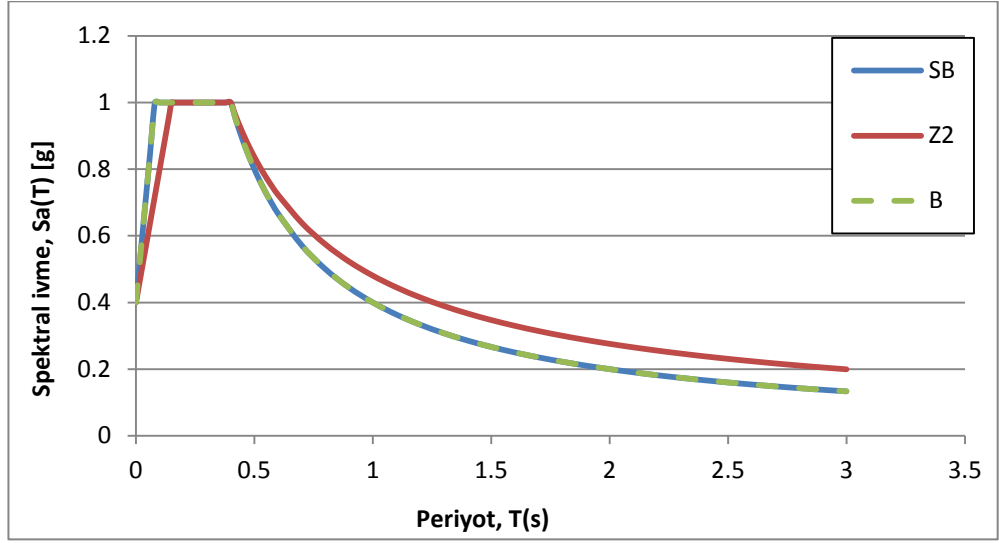


Şekil 2.10: ASCE7-10, UBC97 ve DBYBHY2007 farklı zemin sınıfları için hesaplanan zemin büyütme katsayıları, B_k .

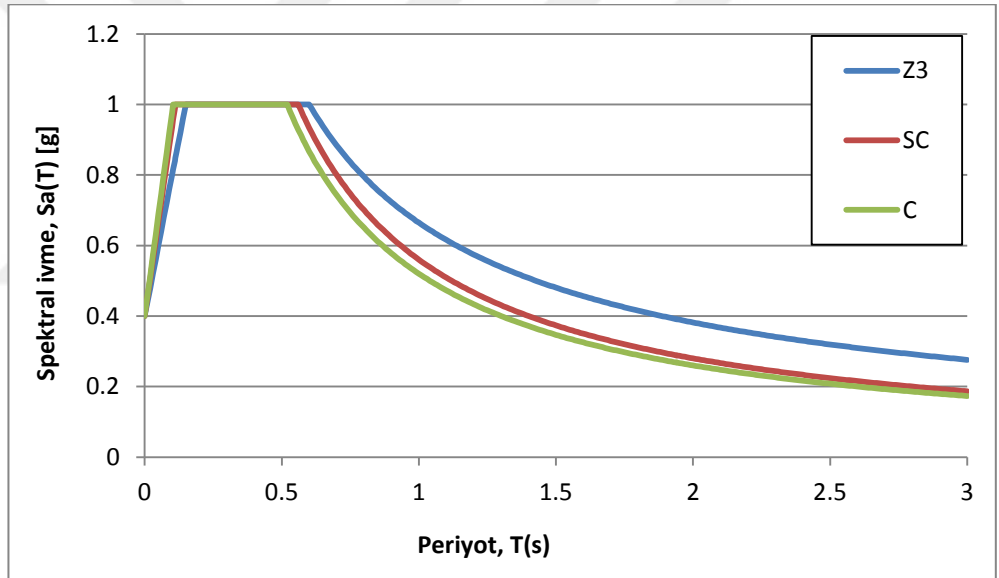
Şekil (2.11), (2.12), (2.13), (2.14), ve (2.15)'teki örnek spektrumlar ASCE7-10 ve UBC97 şartnamelerinde bulunan farklı zeminlerin Türk deprem yönetmeliğinde tanımlanan zemin türlerine denk olan ve birinci derece deprem bölgesi için (UBC97 ve ASCE7-10 için dördüncü derece deprem bölgesine denktir.) karşılaştırmalı olarak çizilmiştir.



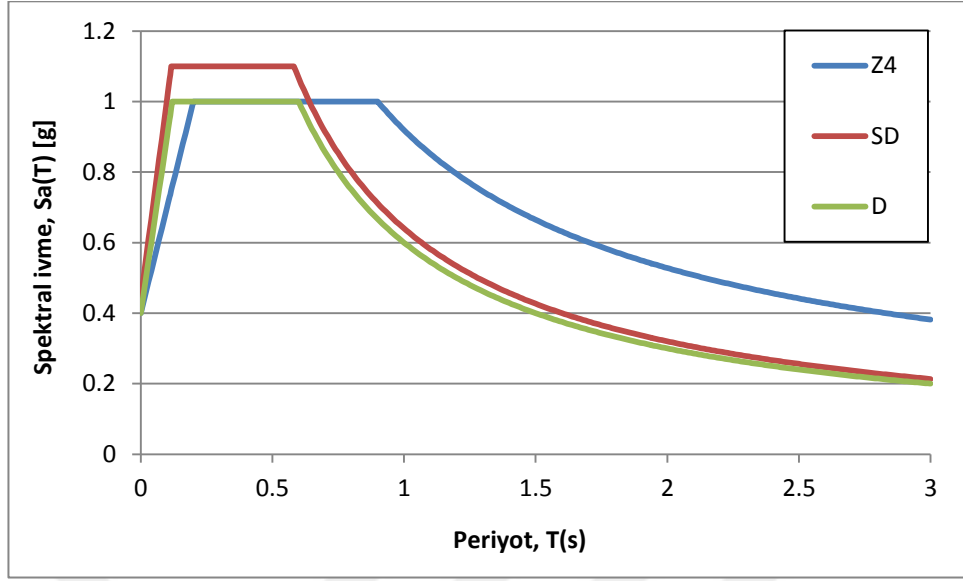
Şekil 2.11: A, S_A ve Z1 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$, $I=1$).



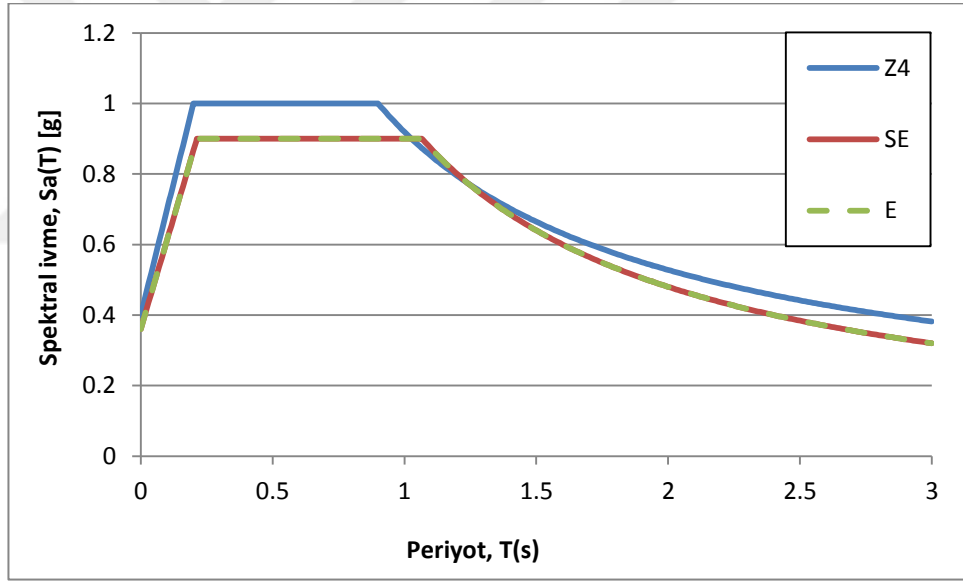
Şekil 2.12: B, S_B ve Z2 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$, $I=1$).



Şekil 2.13: C, S_C ve Z3 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$, $I=1$).



Şekil 2.14: D, S_D ve Z4 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$, $I=1$).



Şekil 2.15: E, S_E ve Z4 zemin türleri için tasarım ivme spektrumları ($Z=A_0=0.4$, $I=1$).

2.3. DEPREM ANALİZ YÖNTEMLERİ

Deprem analizlerinde üç farklı yöntem kullanılabilir: Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi, Mod Birleştirme yöntemi ve Zaman Tanım Alanına göre hesap yöntemi. Bu tez çalışması kapsamında kullanılacak olan iki yöntem aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

2.3.1. Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde her bir serbest titreşim modu ve mod şekilleri esas alınarak toplam deprem kuvveti elde edilir. Bu yöntem her bir sistem titreşim modunun deprem

hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirmesiyle bulunabileceği esasına dayanır. Daha detaylı bilgi ise DBYBHY2007’de verilmiştir. Bu yöntemde deprem yükü hesabında daha önce tanıtilen spektral ivmeler kullanılmaktadır.

DBYBHY2007’e göre Mod Birleştirme yönteminden elde edilen toplam deprem yükünün V_{tb} ve Eşdeğer Deprem Yükü yönteminden elde edilen toplam deprem yükünün V_t arasında şöyle bir karşılaştırma yapılmalıdır: $V_{tb} < \beta \times V_t$ olursa Mod Birleştirme yönteminde elde edilen tüm büyüklükler $\beta \frac{V_t}{V_{tb}}$ katsayısıyla çarparak büyütülmelidir. DBYBHY2007’de A_1 , B_2 ve B_3 türü düzensizlikler için ($\beta = 0.9$), bu düzensizlerden hiç birinin bulunmadığı zaman ($\beta = 0.8$) alınmalıdır.

2.3.2. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntem elastik ve elastik olmayan deprem hesabı için ve çok önemli yapıların tasarımında kullanılmaktadır. Analizler, gerçek deprem kayıtları ya da benzer kayıtlar altında yapılabilir. Bu yöntemde kullanılan deprem kayıtlarını PEER-NGA Ground Motion data bankasından (<http://ngawest2.berkeley.edu/>) indirmek mümkündür. Örnek olarak PEER’den indirilen bir deprem kaydı mevcut detaylarıyla beraber Şekil (2.16)’da verilmiştir.

<u>Loma Prieta</u> 1989/10/18 00:05 Magnitude: M (6.9) Ml () Ms (7.1)	Station: 47380 <u>Gilroy</u> Array #2 <u>Data Source</u> : CDMG
Distance (km): Closest to fault rupture (12.7) Hypocentral () Closest to <u>surface</u> projection of rupture (12.1)	Site conditions: Geomatrix or CWB (D) USGS (C)

Şekil 2.16: Örnek olarak PEER’den indirilen Loma Prieta depremine ait deprem kaydı.

Bu yöntem uygulanırken üç deprem kaydı kullanılıyorsa sonuçların maksimumu, yedi deprem kaydı kullanıyor ise sonuçların ortalaması tasarım için esas olmalıdır. Ancak, araştırma çalışmaları kapsamında gerçek deprem kayıtları altındaki performans incelemeleri deprem bazında yapılabilir ve deprem sayısı için bir kural yoktur.

2.3.3. Göreli Ötelemeler

Boyutlandırmada esas, tasarım kuvvetlerini karşılamaktır. Buna ek olarak, göreli ötelemelerin de aşağıdaki formülasyona uygun olarak karşılanması gerekir:

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (2.20)$$

Yukarıdaki Denklem (2.20)'de verilen koşul hesaplanan elastik etkin kat ötelemelerinin en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$ için her deprem doğrultusunda sağlanmalıdır. Bu kural tüm deprem hesap yöntemleri için geçerlidir.

2.3.4. Kullanılan Bilgisayar Programları

2.3.4.1. Tasarım için kullanılan STA-4CAD programı

STA-4CAD programı bina tasarımı yapan DBYBHY2007 ve TS500 kuralları doğrultusunda bir paket programdır. Bu çalışmada STA-4CAD V13.1 programı kullanılmıştır. Yönetmeliklerde yer alan kurallar doğrultusunda (kuvvetli kolon-zayıf giriş prensibi, görelî kat ötelemesi sınırları, vb.) programa girilen elemanların boyutlarının kontrolü sağlanır. Programa ilk aşamada girilecek boyutlar, önceki kısımda anlatıldığı şekilde elde edilen önboyutlardır. Boyutların rijitlik açısından yeterli olmasının yanı sıra, dayanım kontrolü kolon, giriş ve döşemeler için yine genel bilgiler kısmında özetlenen prensipler doğrultusunda sağlanır ve gerekli donatı hesapları tarafından gerçekleştirilir.

İlk aşamada, akslar belirlenerek programda malzeme özellikleri, kat yüksekliği, eleman boyutları, döşeme kalınlığı ve döşeme hareketli yükleri ve temel seviyesindeki mesnetlenme koşulları tanımlanır. İkinci aşamada sismik analiz yöntemi belirlenir (eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme veya zaman tanım alanında analiz yöntemleri). Bu tez çalışmasında da kullanılan mod birleştirme yöntemi için gereken spektrum DBYBHY2007'ye göre program tarafından oluşturulabileceği gibi, dışarıdan kullanıcı tarafından hazırlanan bir data dosyası olarak da girilebilir. Programın DBYBHY2007'ye göre spektrum oluşturması isteniyorsa, bu durumda spektrumun oluşturulabilmesi için gerekli olan parametreler (A_0 , I , R ve n) programda veri şeklinde kullanıcı tarafından tanımlanmalıdır. Bu tez çalışmasında, DBYBHY2007 spektrumu dışında UBC97 ve ASCE7-10'a göre oluşturulan farklı spektrumlar da kullanıldığından, ilgili spektrumlar birer veri dosyası olarak (periyot-spektral ivme datası) ayrıca hazırlanmış ve programa dışarıdan okutulmuştur. Ancak, DBYBHY2007'den farklı spektrumların kullanıldığı durumlarda da tasarımlar, yine DBYBHY2007 ve TS500'e göre program tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.3.4.2. Zaman tanım alanı analizleri için kullanılan SAP2000 programı

Zaman tanım alanı analizleri neticesinde tasarımı yapılan binaların sismik performans karşılaştırmaları bir sonlu elemanlar programı olan SAP2000 ile gerçekleştirilmiştir. Tasarımı STA-4CAD'de tamamlanan binalara ait malzeme, eleman boyutları, sismik yüke esas zati ve hareketli yükler aynen kullanılarak 15 katlı bina modeli SAP2000'de hazırlanmıştır. Sismik yüklemeye esas toplam kat kütleleri binanın ağırlık merkezinde tanımlanmış; master joint (bağımsız nokta) ve rijit diyafram oluşturularak modeller tamamlanmıştır. Zaman tanım alanı analizlerinde kullanılmak üzere, öncelikle binaların modal analizleri gerçekleştirilmiştir.



3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. YÖNTEM

Bu tez kapsamında, prototip bir yapısal model farklı yönetmeliklerde yer alan zemin büyütme katsayılarının tasarıma olan etkilerinin incelemesi amacıyla farklı yönetmeliklerde yer alan spektrumlara göre tasarlanmıştır. Yapısal modele ait plan detayları ve diğer geometrik özellikler Bölüm (3.2)'de verilmiştir.

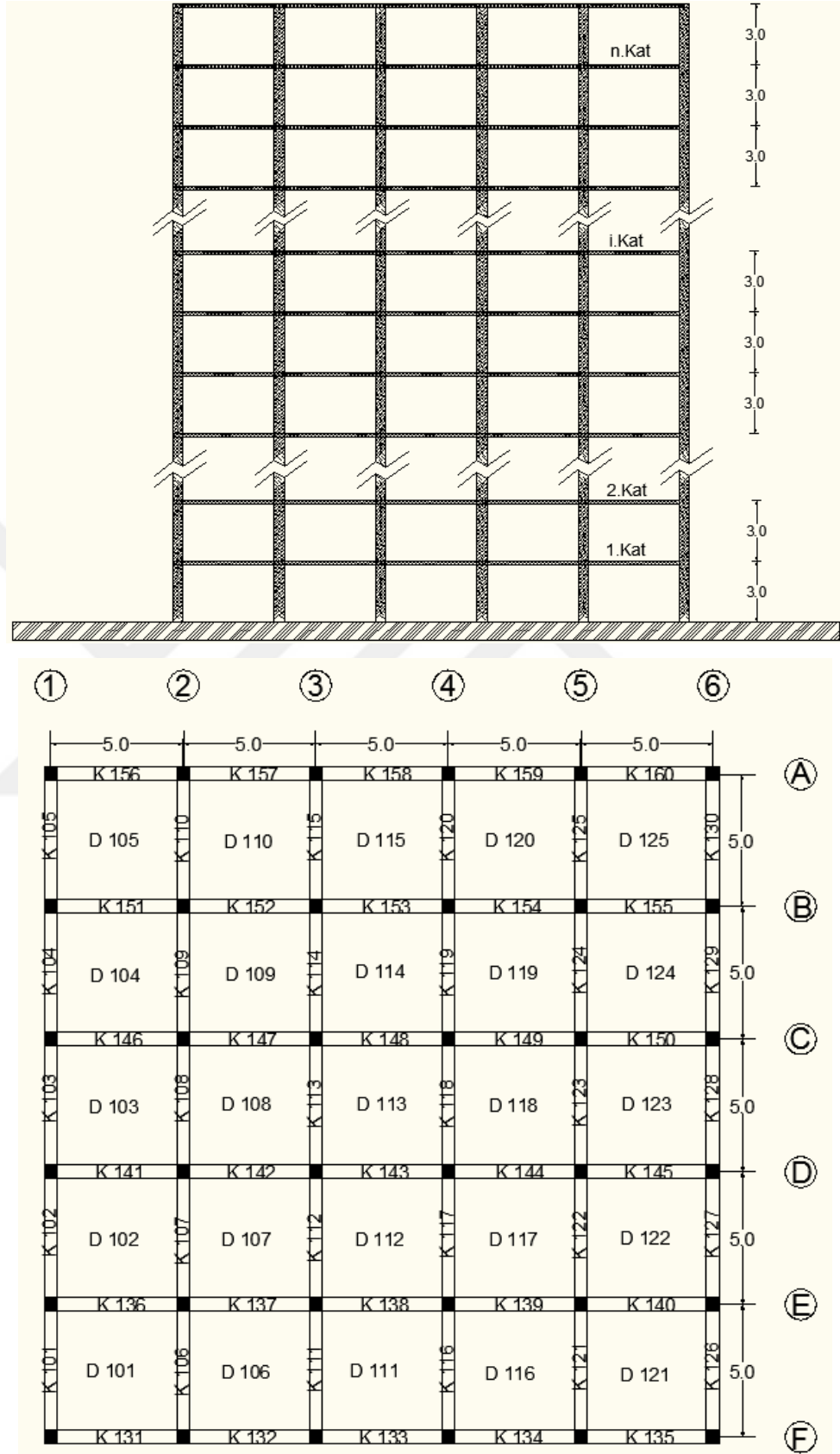
Tasarım, DBYBHY2007 ve TS500'deki tasarım kurallarına uygun olarak yapılmıştır, ancak tasarımda kullanılan farklı spektrumlar DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10'dan alınmıştır. Tasarıma esas spektrumlar ile ilgili detaylı bilgi Bölüm (2.2)'de verilmiştir.

Yapısal prototip model ve önboyutlandırma, Benmokhtar (2014) çalışmasından alınmıştır ve buna ait bilgiler Bölüm (3.3)'de sunulmuştur.

Tasarım, modal spektral analiz yöntemi ile yapılmıştır; ancak daha sonra temsili bir tarihi deprem kaydı altında farklı tasarımların performansları zaman-tanım alanı analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bölüm (2.3)'de deprem hesabında kullanılan analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.2. YAPISAL MODEL

Bu tez çalışmasında kullanılan prototip modele ait geometrik özellikler Benmokhtar (2014) tez çalışmasındaki yapısal modelden alınmıştır. Buna göre aynı tipik kat planına sahip dört farklı yükseklikte (2, 5, 10 ve 15 katlı) ve taşıyıcı sistemleri betonarme çerçeve olan dört adet prototip bina ele alınmıştır. Binaların kat planları simetriktir ve aks sayısı ve açıklıkları da yüksekliği en fazla olan bina modelinde dahi narinliği 2'yi geçmeyecek şekilde tüm binalar için aynıdır. Hem planda hem de düşeyde herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. Kullanılan binaların kat planı ve düşey görünüşü Şekil (3.1)'de gösterilmiştir. Tipik kat yüksekliği 3 m ve tüm aks açıklıkları 5m'dir.



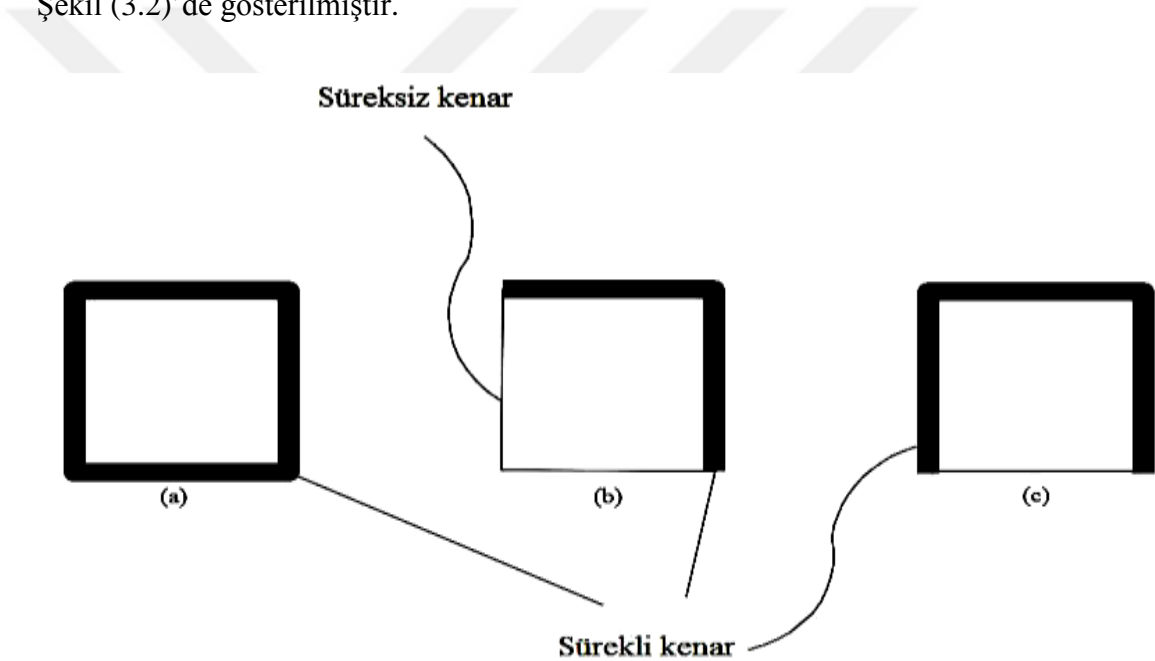
Şekil 3.1: Prototip binaların görünüşü, ortak kat planı, döşeme kod adları ve kiriş kod adları (Benmokhtar, 2014'den değiştirilerek alınmıştır ve tüm birimler metre'dir).

3.3. TASARIM İÇİN ÖNBOYUTLANDIRMA

Bu kısımda prototip binaların önboyutlarının belirlenmesinde kullanılan yöntem ve Bölüm (3.2)'de tanıtılan yapı için Benmokhtar (2014) tarafından yapılan hesaplar özetlenmiştir. Tüm planlar aynı olduğundan önboyutlar için Benmokhtar (2014) tarafından tek bir hesap yapılmıştır. Burada kiriş, kolon ve döşeme için elde edilen önboyutlar tezin bütünlüğü açısından kısaca anlatılmıştır ve detaylı hesaplar Benmokhtar (2014)'te bulunmaktadır.

3.3.1. Döşeme

Şekil (3.1)'de verilen binaların planında bulunabilecek döşeme mesnet koşulları Şekil (3.2)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Bina planındaki döşeme mesnet koşulları: (a) orta döşeme, (b) köşe döşeme ve (c) kenar döşeme (Benmokhtar, 2014).

Bu tez çalışmasında tüm döşemeler iki doğrultuda çalışmaktadır. Buna uygun olarak döşemenin durumuna göre (köşe, kenar ve orta) Denklem (3.1) yardımıyla aşağıda minimum döşeme kalınlığı hesaplanmıştır.

- D101, D105, D121, D125 : (köşe döşeme, (b) tipi, iki kenar süreklidir)

$$h_f = \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \times \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right) \quad (3.1)$$

$$h_f \geq \frac{475}{15 + \frac{20}{1}} \times \left(1 - \frac{0.5}{4} \right) = 10.18 \text{ cm.}$$

- D102, D103, D104, D106, D110, D111, D115, D116, D120, D122, D123, D124 : (Kenar döşeme, (c) tipi, üç kenar süreklidir)

$$h_f \geq \frac{475}{15 + \frac{20}{1}} \times \left(1 - \frac{0.75}{4} \right) = 11.02 \text{ cm.}$$

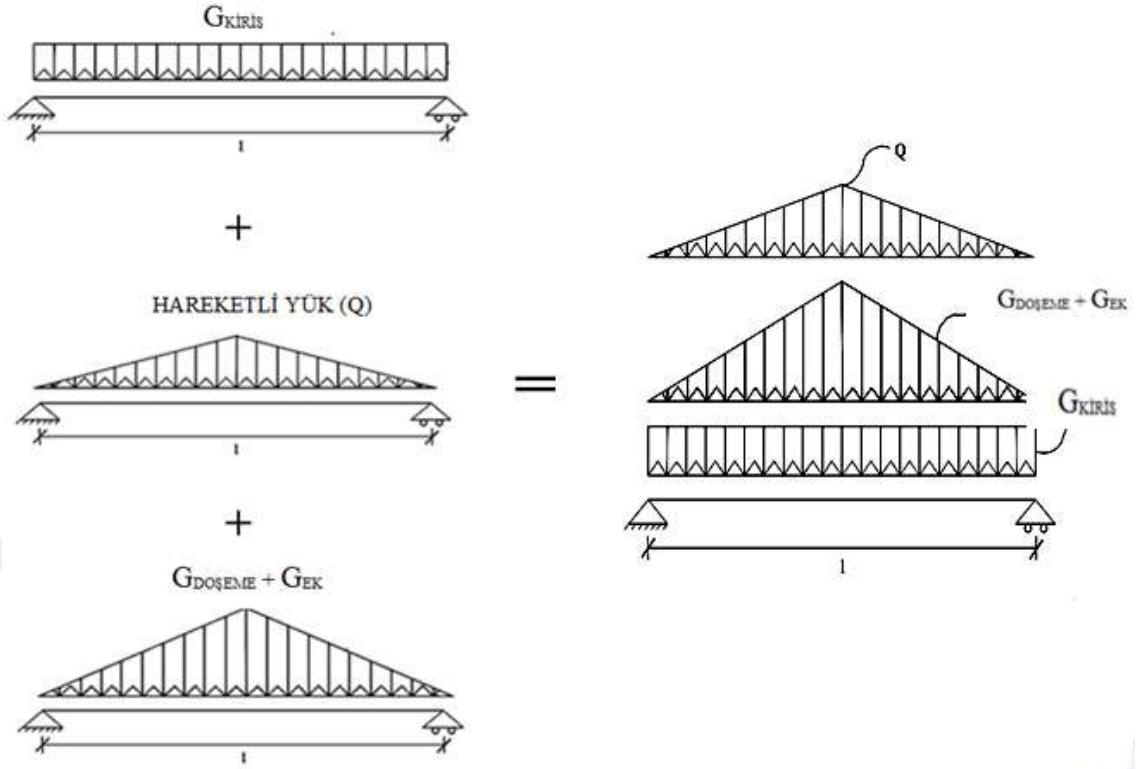
- D107, D108, D109, D112, D113, D114, D117, D118, D119 : (Orta döşeme, (a) tipi, dört kenar süreklidir)

$$h_f \geq \frac{475}{15 + \frac{20}{1}} \times \left(1 - \frac{1}{4} \right) = 11.875 \text{ cm.}$$

Yukarıdaki hesaplara göre döşeme kalınlığı $h_f = 120 \text{ mm}$ olarak seçilmiştir.

3.3.2. Kirişler

Kirişlerin önboyutlarını elle yapılabilir. Basit mesnetli bir kiriş üzerinde tasarım momenti ve kesme kontrolü yapılmıştır. Şekil (3.3)'te gösterildiği gibi kirişin taşıdığı yükler yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Kiriş yüksekliği döşeme yüksekliğinin yaklaşık üç katı olacağından $h_k = 36 \text{ cm}$ olarak önboyutlandırmaya başlanmıştır. Minimum genişlik olarak da $b_w = 25 \text{ cm}$ alınmıştır.



Şekil 3.3: Kirişlerin üzerindeki hareketli ve ölü yükler: orta kirişler için (Benmokhtar, 2014).

- Kirişin kendi ağırlığı: düzgün yayılı bir yüküdür ve birim hacim ağırlık $\gamma_{BA} = 25 \text{ kN/m}^3$ alınırsa :

$$G_{\text{kiriş}} = b_w \times (h_k - h_f) \times \gamma_{BA}$$

$$G_{\text{kiriş}} = 1.5 \text{ kN/m}$$

- Döşeme ağırlığı: döşeme kare olduğundan üçgen yayılı bir yüküdür.

$$G_{\text{Döşeme}} = g_{101} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2}\right) + g_{102} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2}\right)$$

$$G_{\text{döşeme}} = 22.325 \text{ kN/m}$$

- Ek zati yük: duvar yerine tüm binaya verilen ek yük $g_{ek} = 2 \text{ kN/m}^2$ kirişin üzerinde üçgen olarak yayılıdır.

$$G_{ek} = 2 \times \left(g_{ek} \times \frac{5}{2}\right)$$

$$G_{ek} = 10 \text{ kN/m}$$

- Hareketli yük: döşeme kare olduğundan üçgen yayılı bir yüküdür.

$$Q = q_{101} \times \left(\frac{l_1}{2}\right) + q_{102} \times \left(\frac{l_1}{2}\right)$$

$$Q = 10 \text{ kN/m}$$

3.3.2.1. Momente göre önboyutlandırma

Bu zati ve hareketli yüklerin altında tasarım moment M_d ve tasarım kesme kuvveti V_d hesaplanmıştır. Zati ve hareketli yükler 1.4 ve 1.6 ile çarpılarak hesaba katılmıştır

$$M_d = 113.315 \text{ kNm}$$

$$V_d = 101.82 \text{ kN}$$

C30 ve S420 için, ilgili abaktan (Ersoy, 2012) $K_1 = 247 \text{ mm}^2/\text{kN}$ alınırsa :

$$b_w d^2 = K_1 M_d \quad (3.2)$$

$$b_w \approx \frac{1}{2} d \text{ İse } \Rightarrow d = 350 \text{ mm ve } b_w = 250 \text{ mm}$$

3.3.2.2. Kesme kontrolü

$$V_c = 0.8 \times V_{cr} \Rightarrow V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d \times \Psi \quad (3.3)$$

$$V_{max} = 0.22 \times f_{cd} \times b_w \times d \quad (3.4)$$

C30 için $f_{ctd} = 1.25 \text{ MPa}$, $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$ ve eksenel yük $N_d = 0$ olduğu için $\Psi = 1$

$$V_{cr} = 71.1 \text{ kN} \Rightarrow V_c = 56.88 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 385 \text{ kN}$$

$$V_c < V_d < V_{max} \text{ önboyutlar tamamdır.}$$

Maksimum kiriş yüksekliği kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından fazla olmayacaktır.

$$\max h_k \leq 3.5 b_w \quad (3.5)$$

$$\max h_k \leq 875 \text{ mm.}$$

Yukarıda hesaplar doğrultusunda kiriş önboyutları şöyledir:

$$b_w = 250 \text{ mm.}$$

$$h_k = 360 \text{ mm.}$$

3.3.3. Kolonlar

Genellikle ek yükleri en fazla taşıyan ve en büyük gerilmelere maruz kalan kolonlar ortadaki kolonlardır. Bundan dolayı, örnek olarak binanın ortasındaki bulunan bir kolon üzerinde önboyutlandırma yapılmıştır. Tüm kolonlar için aynı kesit kullanılmıştır (Benmokhtar, 2014).

- Sabit yükler

Döşeme ağırlığı:

$$G_{Döşeme} = g_{101} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2} \times \frac{l_1 - b_w}{2} \right) + g_{102} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2} \times \frac{l_1 - b_w}{2} \right) + g_{102} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2} \times \frac{l_1 - b_w}{2} \right) + g_{102} \times \left(\frac{l_1 - b_w}{2} \times \frac{l_1 - b_w}{2} \right)$$

$$G_{Döşeme} = 99.4 \text{ kN}$$

Kiriş ağırlığı K106, K107, K136, K137 (kendi ağırlığı ve ek yükten aldığı):

$$G_{kiriş} = b_w \times (h_k - h_f) \times \left(\frac{B}{2} + \frac{C}{2} + \frac{E}{2} + \frac{E}{2} \right) \times \gamma_{BA} + \frac{g_{ek2} \times \left(\frac{C}{2} + \frac{B}{2} + \frac{E}{2} + \frac{E}{2} \right)}{2}$$

$$G_{kiriş} = 61.1 \text{ kN}$$

Kolon Kendi Ağırlığı:

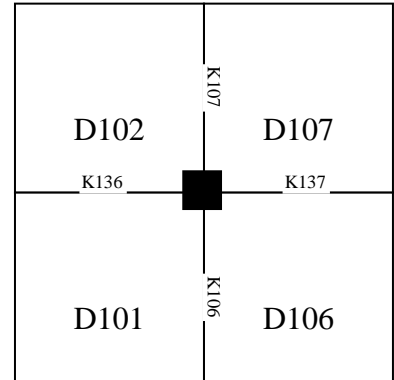
$$G_{kolon} = A_c \times h_s \times \gamma_{BA}$$

$$G_{kolon} = 6.75 \text{ kN}$$

Sabit yük toplamı:

$$G = G_{Döşeme} + G_{Kiriş} + G_{Kolon}$$

$$G = 167.25 \text{ kN}$$



- Hareketli yük

$$Q = q_{101} \times \left(\frac{l_1}{2} \times \frac{l_s}{2} \right) + q_{102} \times \left(\frac{l_1}{2} \times \frac{l_s}{2} \right) + q_{106} \times \left(\frac{l_1}{2} \times \frac{l_s}{2} \right) + q_{107} \times \left(\frac{l_1}{2} \times \frac{l_s}{2} \right)$$

$$Q = 50 \text{ kN}$$

Tasarım eksenel kuvveti (Nd), yükü en çok taşıyan kolon ve bir adet kat için Denklem (3.6) (a) ile hesaplanmıştır:

$$\begin{cases} \text{(a): } Nd_{C3} = 1.4 \times G + 1.6 \times Q \\ \text{(b): } Nd_{m C3} = G + Q \pm (E_x, E_y) \end{cases} \quad (3.6)$$

$$Nd_{C3} = 1.4 \times 167.25 + 1.6 \times 50$$

$$Nd_{C3} = 314.15 \text{ kN}$$

Denklem (3.7)'ye göre kolon minimum kesit alanı hesaplanılmıştır. Tablo (3.1)'de bu minimum kesit alanına göre seçilen kolon boyutları gösterilmiştir.

$$A_C \geq \frac{N_d}{0.9 \times f_{cd}} \quad (3.7)$$

3.3.4. Önboyutlar

Yukarıdaki kısımlarda özetlenen önboyutlandırma adımları takip ederek tüm yapıların ön boyutu Tablo (3.1)'de verilmiştir (Benmokhtar, 2014).

Tablo 3.1: Elemanların önboyutları (Benmokhtar, 2014).

	2 Katlı	5 Katlı	10 Katlı		15 Katlı		
Kat numarası	0-2	0-5	5-10	0-5	10-15	5-10	0-5
Döşeme (h_f) [cm]	12	12	12	12	12	12	12
Kiriş ($b_w \times h_k$) [cm]	25 × 36	25 × 36	25 × 36	25 × 36	25 × 36	25 × 36	25 × 36
Hesaplanan toplam(N_d) [kN]	628.30	1570.73	1570.73	3141.50	1570.73	3141.50	4712.25
Kolon kesiti (A_c) [cm ²]	349.06	872.63	872.63	1745.25	872.63	1745.25	2617.92
Kolon boyutu ($a \times b$) [cm]	30 × 30	30 × 30	30 × 30	42 × 42	30 × 30	42 × 42	52 × 52

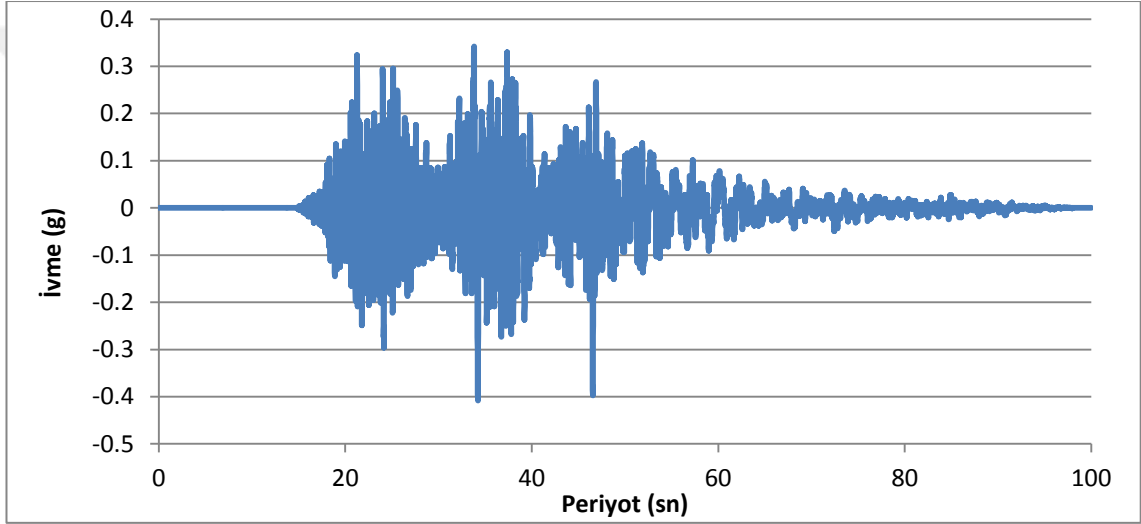
3.4. ZAMAN TANIM ALANI ANALİZLERİNDE KULLANILAN TARİHİ DEPREM KAYDI

Deprem kaydı Berkeley Üniversitesi'nin PEER-NGA Ground Motion data bankasından (<http://ngawest2.berkeley.edu/>) indirilmiştir. UBC97'de bulunan S_D zemin sınıfına uygun olarak, faya uzaklık mesafesine ve pik yer ivme ve hız değerlerine göre bu tez kapsamında bir deprem seçilmiştir. Faya yakın mesafe katsayılarının etkisini azaltmakla birlikte depremlerin yapılarda yaratabileceği farklı etkileri ön plana çıkarmak amacıyla, faya uzaklık mesafesi 15 km'den fazla tutularak, söz konusu zemin tipine göre 0.408 g pik yer ivmesine sahip El Mayor-Cucapah Mexico deprem kaydı seçilmiştir. Aşağıdaki

Tablo (3.2)'de seçilen depremin adı, simgesi, büyüklüğü, kayıt tarihi, pik yer ivmesi, zemin türü ve zeminin kayma dalgası hızı gösterilmiştir. Ayrıca, seçilen deprem için ivme-zaman grafiği Şekil (3.4)'te verilmiştir.

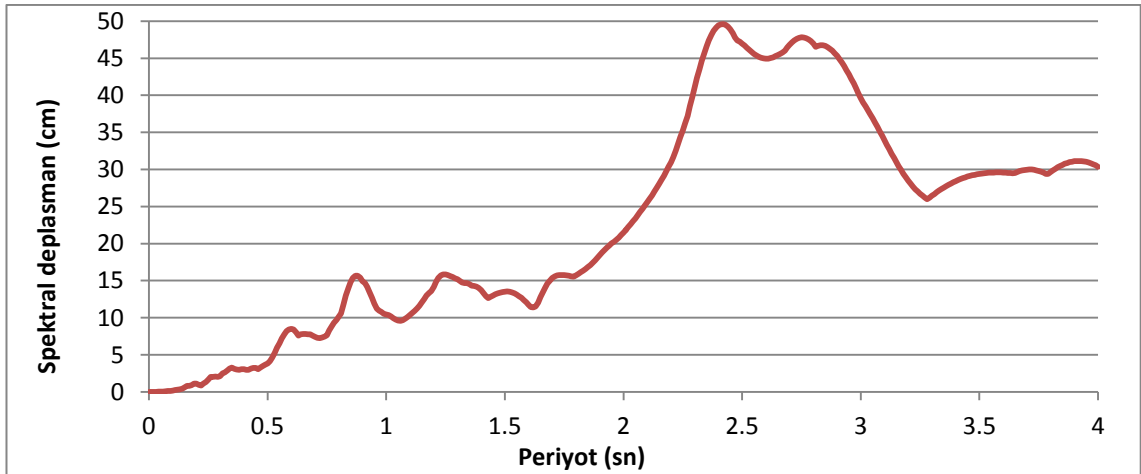
Tablo 3.2: Kullanılan tarihi deprem kaydı özellikleri.

Deprem adı	Deprem simgesi	İstasyon adı	Kayıt tarihi	Faya uzaklık Km	Mw	PGA g	Zemin tipi	$V_{s,30}$ m/s
El Mayor-Cucapah Mexico	SIERRA .MEX	Michoacan De ocampo	2010	15.91	7.2	0.408	S _D	242.05

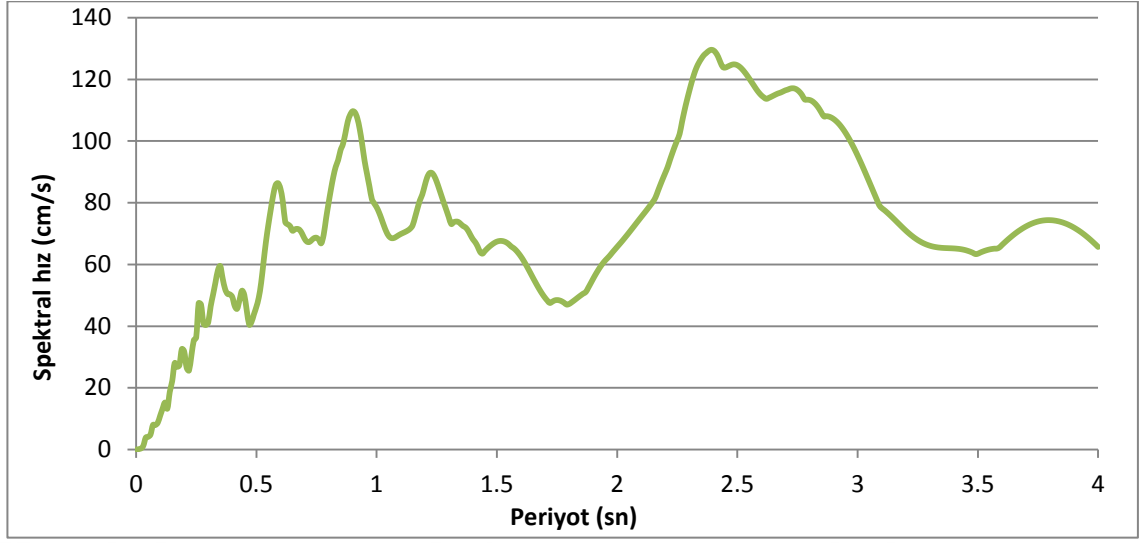


Şekil 3.4: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait ivme-zaman eğrisi.

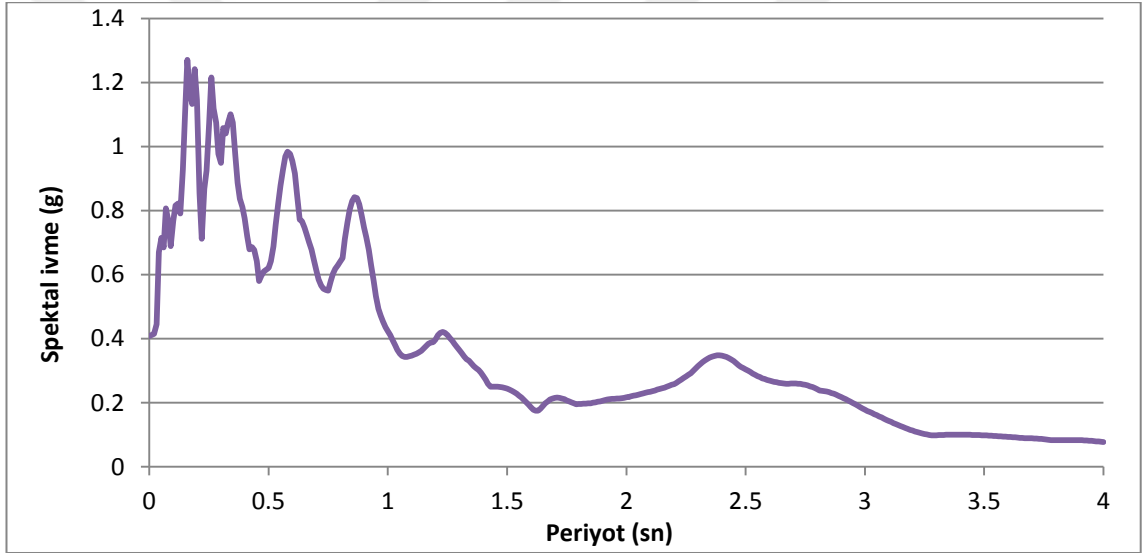
Bu deprem kaydına ait spektral deplasman, spektral hız ve spektral ivme grafikleri %5 sönüm için sırasıyla Şekil (3.5), (3.6)ve (3.7)'de verilmiştir.



Şekil 3.5: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü deplasman spektrumu.



Şekil 3.6: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü hız spektrumu.

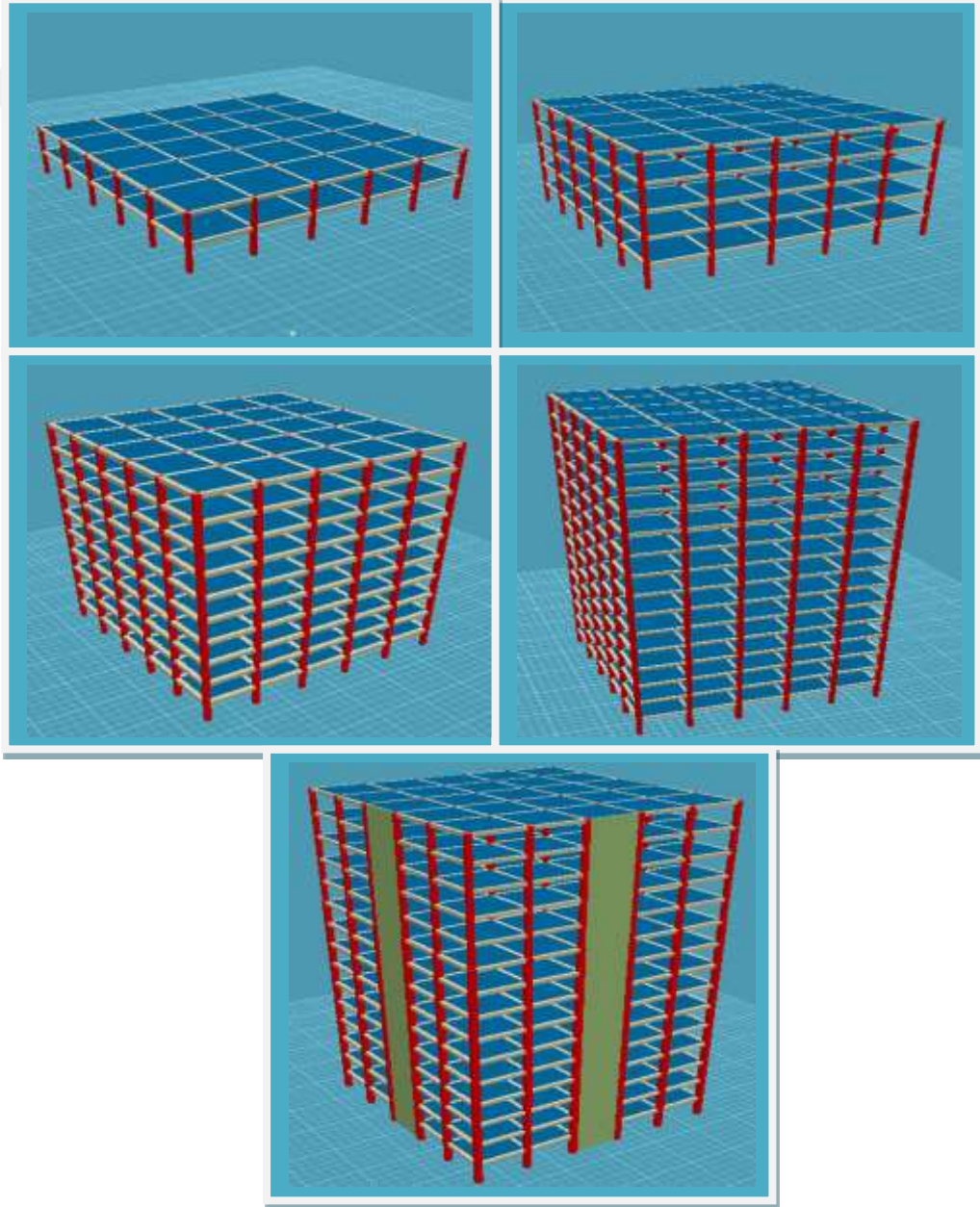


Şekil 3.7: El Mayor-Cucapah Mexico depremine ait %5 sönümlü ivme spektrumu.

4. BULGULAR

4.1. KESİN TASARIM

STA-4CAD programında modellenen ve tasarımı gerçekleştirilen 2, 5, 10 ve 15 katlı binalara ait 3 boyutlu model görüntüleri Şekil (4.1)'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 15 katlı bina tasarımında çerçeve ve çerçeve-perde taşıyıcı sistemleri kullanılmıştır.



Şekil 4.1: 2, 5, 10 ve 15 katlı binaların üç boyutlu görüntüsü.

Bu tez çalışması kapsamında, kat adetleri farklı çerçeve sisteme sahip 4 adet binanın 14 farklı spektruma göre analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir; toplamda 56 farklı bina tasarımı yapılmıştır. Buna ek olarak, en kötü zeminler söz konusu olduğunda, 15 katlı bina perdeli-çerçeve sistem olarak da ele alınmış ve 3 ek tasarım daha yapılmıştır. Nihai tasarımların betonarme çerçeveleri ve perdelerine ait beton, donatı çeliği ve kalıp kalemlerini içeren kaba maliyet hesabı programdan elde edilen miktarlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Maliyetler, DBYBHY2007-Z2 tasarımı nominal tasarım olarak alınmak suretiyle normalize edilerek değerlendirilmiştir. Böylece, diğer zemin türleri ve yönetmelikler göz önüne alınarak yapılan tasarımlarda DBYBHY2007-Z2 zemin türüne göre maliyet artış veya azalışları irdelenmiştir.

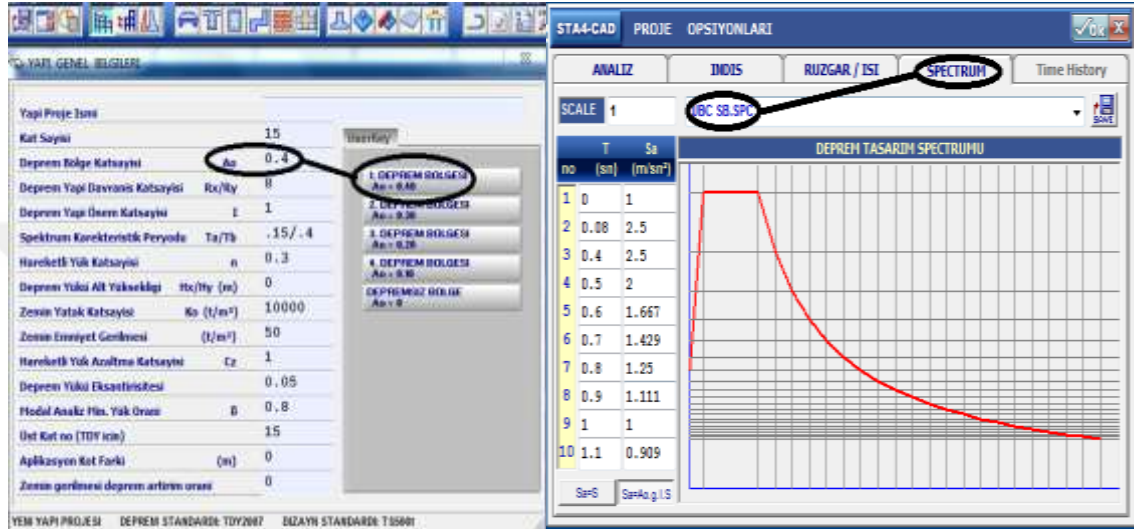
Tablo (3.1)'in boyutları kullanılarak, öncelikle DBYBHY2007-Z2 optimum tasarımı gerçekleştirilmelidir. Ancak, bu nominal optimum tasarım Benmokhtar (2014) tarafından daha önce yapıldığından, söz konusu çalışmadan elde edilen boyutlar bu tez çalışmasında DBYBHY2007-Z2 kesin tasarımı olarak doğrudan kullanılmıştır.

Benmokhtar (2014)'te tüm binalar için döşeme kalınlığı 12cm ve 14cm olacak şekilde iki farklı (A-tasarımı ve B-tasarımı) tasarım yapılmıştır. Bu çalışmada, maliyeti daha az olan, daha küçük kesit ve daha fazla donatı gerektiren 12cm'lik döşeme kalınlığı olan durum dikkate alınmıştır. Tablo (4.1)'de 12cm'lik döşeme için elde edilen DBYBHY2007-Z2'ye göre optimum kesin tasarım bulunmaktadır. Optimizasyon kriteri, DBYBHY2007'deki 0.02 görelî kat ötelemesi sınırına en yakın (sınırı aşmayacak şekilde) durumun elde edilmesidir.

Tablo 4.1:DBYBHY2007-Z2 için 2,5,10 ve 15 katlı binaların kesin tasarım boyutları (Benmokhtar, 2014).

Bina türü	2 katlı	5 katlı	10 katlı		15 katlı		
Kat numarası	1-2	1-5	1-5	6-10	1-5	6-10	11-15
Döşeme kalınlığı (h_f) [cm]	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Kiriş boyutları ($b_w \times h_k$) [cm]	25 × 36	25 × 36	25 × 36	25 × 36	32 × 36	31 × 36	25 × 36
Kolon boyutu ($a \times b$) [cm]	36 × 36	36 × 36	42 × 42	35 × 35	54 × 54	47 × 47	36 × 36

STA-4CAD programında farklı spektrum yükleme durumlarında birinci deprem bölgesi (UBC97 ve ASCE7-10 için dördüncü derece deprem bölgesine denktir) için Şekil (4.2)'de gösterildiği gibi yapı genel bilgileri kısmında deprem bölgesine bağlı olan A_0 katsayısı 0.4 seçilerek, spektral ivme katsayısı $S(T)$ değerleri programa SPC dosyası olarak yükledikten sonra proje opsiyonları kısmından gerekli spektrumlar seçilmektedir. Ayrıca program kendisi yüklenen spektrumları A_0 ve g değerleriyle çarpmaktadır.



Şekil 4.2: STA-4CAD programında yapı genel bilgileri ve proje opsiyonları giriş kutusu görüntüleri.

Bu tez kapsamında, Tablo (4.1)'de sunulan boyutlar üzerinde iterasyon yapılarak, depreme dayanıklı yapıların kesin tasarım sonuçları, farklı spektrum yükleme durumları için (DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10) sırasıyla 2, 5, 10 ve 15 katlı binalara ait olmak üzere Tablo (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), (4.8), (4.9) ve (4.10)'da verilmiştir.

Optimum boyutları elde etmek için, görelî kat ötelemesi sınırına en yakın, diğer taraftan DBYBHY2007 koşullarını da sağlayacak şekilde, eleman boyutları birer cm'lik adımlarla değiştirilmiştir. İterasyonlar sırasında DBYBHY2007 koşulları sağlanmadığı takdirde STA-4CAD programı uyarı vermektedir.

Tablo 4.2: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.

		2 katlı				5 katlı				
		b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	
DBYBHY	Z1	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 35 \times 35$				$a \times b = 35 \times 35$			
DBYBHY	Z2	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 36 \times 36$			
DBYBHY	Z3	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	26	36	12	54
		İç [cm]	25	36	12	81	26	36	12	82
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 38 \times 38$			
DBYBHY	Z4	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	30	36	12	58
		İç [cm]	25	36	12	81	30	36	12	86
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 43 \times 43$			

Tablo 4.3: UBC97 S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.

		2 katlı				5 katlı				
		b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	
UBC	S_A	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 35 \times 35$				$a \times b = 34 \times 34$			
UBC	S_B	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 35 \times 35$			
UBC	S_C	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 37 \times 37$			
UBC	S_D	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 38 \times 38$			
UBC	S_E	Kiriş								
		Dış [cm]	25	36	12	53	30	36	12	58
		İç [cm]	25	36	12	81	30	36	12	86
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 40 \times 40$			

Tablo 4.4: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 2 ve 5 katlı binaların kesin tasarım sonuçları.

		2 katlı				5 katlı				
ASCE	A	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 35 \times 35$				$a \times b = 34 \times 34$			
ASCE	B	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 35 \times 35$			
ASCE	C	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE	D	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 38 \times 38$			
ASCE	E	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	30	36	12	58
		İç [cm]	25	36	12	81	30	36	12	86
		Kolon [cm]	$a \times b = 36 \times 36$				$a \times b = 40 \times 40$			

Tablo 4.5: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				
DBYBHY	Z1	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
DBYBHY	Z2	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
DBYBHY	Z3	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	30	36	12	57	26	36	12	54
		İç [cm]	30	36	12	84	26	36	12	82
		Kolon [cm]	$a \times b = 43 \times 43$				$a \times b = 37 \times 37$			
DBYBHY	Z4	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	38	40	12	65	35	37	12	63
		İç [cm]	38	40	12	92	35	37	12	91
		Kolon [cm]	$a \times b = 51 \times 51$				$a \times b = 44 \times 44$			

Tablo 4.6: UBC97 S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				
UBC	S_A	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
UBC	S_B	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
UBC	S_C	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
UBC	S_D	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	28	36	12	56	26	36	12	54
		İç [cm]	28	36	12	84	26	36	12	82
		Kolon [cm]	$a \times b = 43 \times 43$				$a \times b = 36 \times 36$			
UBC	S_E	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	38	40	12	66	35	37	12	63
		İç [cm]	38	40	12	94	35	37	12	91
		Kolon [cm]	$a \times b = 49 \times 49$				$a \times b = 43 \times 43$			

Tablo 4.7: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 10 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				
ASCE	A	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE	B	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE	C	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE	D	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	25	36	12	53	25	36	12	53
		İç [cm]	25	36	12	81	25	36	12	81
		Kolon [cm]	$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE	E	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
		Dış [cm]	38	40	12	66	35	37	12	63
		İç [cm]	38	40	12	94	35	37	12	91
		Kolon [cm]	$a \times b = 49 \times 49$				$a \times b = 43 \times 43$			

Tablo 4.8: DBYBHY2007 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin türleri için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				11. kattan 15. kata				
DBYBHY Y	Z1	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	30	36	12	57	30	36	12	57	26	36	12	54
		İç [cm]	30	36	12	84	30	36	12	84	26	36	12	82
		Kolon [cm]	a × b = 52 × 52				a × b = 43 × 43				a × b = 36 × 36			
DBYBHY Y	Z2	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	33	36	12	60	31	36	12	58	26	36	12	54
		İç [cm]	33	36	12	87	31	36	12	85	26	36	12	82
		Kolon [cm]	a × b = 52 × 52				a × b = 43 × 43				a × b = 36 × 36			
DBYBHY Y	Z3	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	38	38	12	65	35	38	12	62	31	36	12	59
		İç [cm]	38	38	12	92	35	38	12	89	31	36	12	87
		Kolon [cm]	a × b = 55 × 55				a × b = 51 × 51				a × b = 39 × 39			
DBYBHY Y	Z4 Çerçeve	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	42	43	12	69	40	41	12	67	34	38	12	62
		İç [cm]	42	43	12	96	40	41	12	94	34	38	12	90
		Kolon [cm]	a × b = 59 × 59				a × b = 56 × 56				a × b = 44 × 44			
DBYBHY Y	Z4 Perde	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	40	40	12	68	43	44	12	71	37	40	12	65
		İç [cm]	40	40	12	96	43	44	12	99	37	40	12	93
		Kolon [cm]	a × b = 59 × 59				a × b = 56 × 56				a × b = 45 × 45			

Tablo 4.9: UBC97 S_A, S_B, S_C, S_D ve S_E zeminler için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				11. kattan 15. kata				
UBC Y	S _A	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	30	36	12	58	30	36	12	58	26	36	12	54
		İç [cm]	30	36	12	86	30	36	12	86	26	36	12	82
		Kolon [cm]	a × b = 52 × 52				a × b = 42 × 42				a × b = 36 × 36			
UBC Y	S _B	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	30	36	12	58	30	36	12	58	26	36	12	54
		İç [cm]	30	36	12	86	30	36	12	86	26	36	12	82
		Kolon [cm]	a × b = 52 × 52				a × b = 42 × 42				a × b = 36 × 36			
UBC Y	S _C	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	36	36	12	64	34	36	12	62	29	36	12	57
		İç [cm]	36	36	12	92	34	36	12	90	29	36	12	85
		Kolon [cm]	a × b = 53 × 53				a × b = 43 × 43				a × b = 36 × 36			
UBC Y	S _D	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	35	38	12	63	35	37	12	63	31	36	12	59
		İç [cm]	35	38	12	91	35	37	12	91	31	36	12	87
		Kolon [cm]	a × b = 53 × 53				a × b = 46 × 46				a × b = 39 × 39			
UBC Y	S _E Çerçeve	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	41	43	12	69	40	41	12	68	32	38	12	60
		İç [cm]	41	43	12	97	40	41	12	96	32	38	12	88
		Kolon [cm]	a × b = 56 × 56				a × b = 54 × 54				a × b = 43 × 43			
UBC Y	S _E Perde	Kiriş	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B	b _w	D	t _f	B
		Dış [cm]	40	40	12	68	43	44	12	71	37	40	12	65
		İç [cm]	40	40	12	96	43	44	12	99	37	40	12	93
		Kolon [cm]	a × b = 59 × 59				a × b = 56 × 56				a × b = 45 × 45			

Tablo 4.10: ASCE7-10 A, B, C, D ve E zemin türleri için 15 katlı binanın kesin tasarım sonuçları.

		1. kattan 5. kata				6. kattan 10. kata				11. kattan 15. kata			
ASCE A	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	30	36	12	58	30	36	12	58	26	36	12	54
	İç [cm]	30	36	12	86	30	36	12	86	26	36	12	82
	Kolon [cm]	$a \times b = 52 \times 52$				$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE B	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	30	36	12	58	30	36	12	58	26	36	12	54
	İç [cm]	30	36	12	86	30	36	12	86	26	36	12	82
	Kolon [cm]	$a \times b = 52 \times 52$				$a \times b = 42 \times 42$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE C	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	33	36	12	61	31	36	12	59	26	36	12	54
	İç [cm]	33	36	12	89	31	36	12	87	26	36	12	82
	Kolon [cm]	$a \times b = 52 \times 52$				$a \times b = 43 \times 43$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE D	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	36	36	12	64	36	36	12	64	29	36	12	57
	İç [cm]	36	36	12	92	36	36	12	92	29	36	12	85
	Kolon [cm]	$a \times b = 53 \times 53$				$a \times b = 45 \times 45$				$a \times b = 36 \times 36$			
ASCE E Çerçeve	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	41	43	12	69	40	41	12	68	32	38	12	60
	İç [cm]	41	43	12	97	40	41	12	96	32	38	12	88
	Kolon [cm]	$a \times b = 56 \times 56$				$a \times b = 54 \times 54$				$a \times b = 43 \times 43$			
ASCE E Perde	Kiriş	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B	b_w	D	t_f	B
	Dış [cm]	40	40	12	68	43	44	12	71	37	40	12	65
	İç [cm]	40	40	12	96	43	44	12	99	37	40	12	93
	Kolon [cm]	$a \times b = 59 \times 59$				$a \times b = 56 \times 56$				$a \times b = 45 \times 45$			

4.2. KARŞILAŞTIRMALAR

Bu kısımda öncelikle Bölüm (4.1)'de kesin tasarımları yapılan 2, 5, 10 ve 15 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin (moment aktaran çerçeveler ve perdeli-çerçevesi sistemler) farklı spektrum yüklemeleri (DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10) için maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. İkinci aşamada ise sismik performans açısından bu binada elde edilen görelî kat ötelemelerinin ve en üst kat deplasmanlarının karşılaştırmaları yapılmıştır.

4.3. TAŞIYICI SİSTEMLERİN KABA MALİYETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İlk olarak farklı spektral yüklemeler için yapılan tasarımlara ait taşıyıcı sistemin malzeme miktarları sırasıyla DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10

yönetmeliklerindeki farklı zemin türleri için Tablo (4.11), (4.12) ve (4.13)'te sunulmuştur. Maliyet karşılaştırmaları görsel olarak da kolaylık sağlaması açısından grafikler ile 2, 5, 10 ve 15 katlı binalar için sırasıyla Şekil (4.3), (4.4), (4.5) ve (4.6)'da sunulmuştur. Bu grafiklerde, DBYBHY2007-Z2 spektrumu için yapılan tasarımın maliyeti baz maliyet alınarak diğer spektral yüklemeler (Z1, Z3, Z4, S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, A, B, C, D ve E) için yapılan tasarımların maliyeti DBYBHY2007-Z2 tasarım maliyetine oranlararak verilmiştir, normalize maliyetler sunulmuştur. Ayrıca, Denklem (4.1) kullanılarak bir i'nci spektrum yüklemesinin tasarım maliyetinin DBYBHY2007-Z2 maliyetine göre artış veya azalışları maliyet farkı olarak ortaya konulmuştur.

$$\text{Maliyet Farkı} = \frac{\text{Maliyet}_{\text{spektrum } i} - \text{Maliyet}_{\text{DBYBHY2007-Z2}}}{\text{Maliyet}_{\text{DBYBHY2007-Z2}}} \times 100 \quad (4.1)$$

Tablo 4.11: DBYBHY2007'e göre Taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları

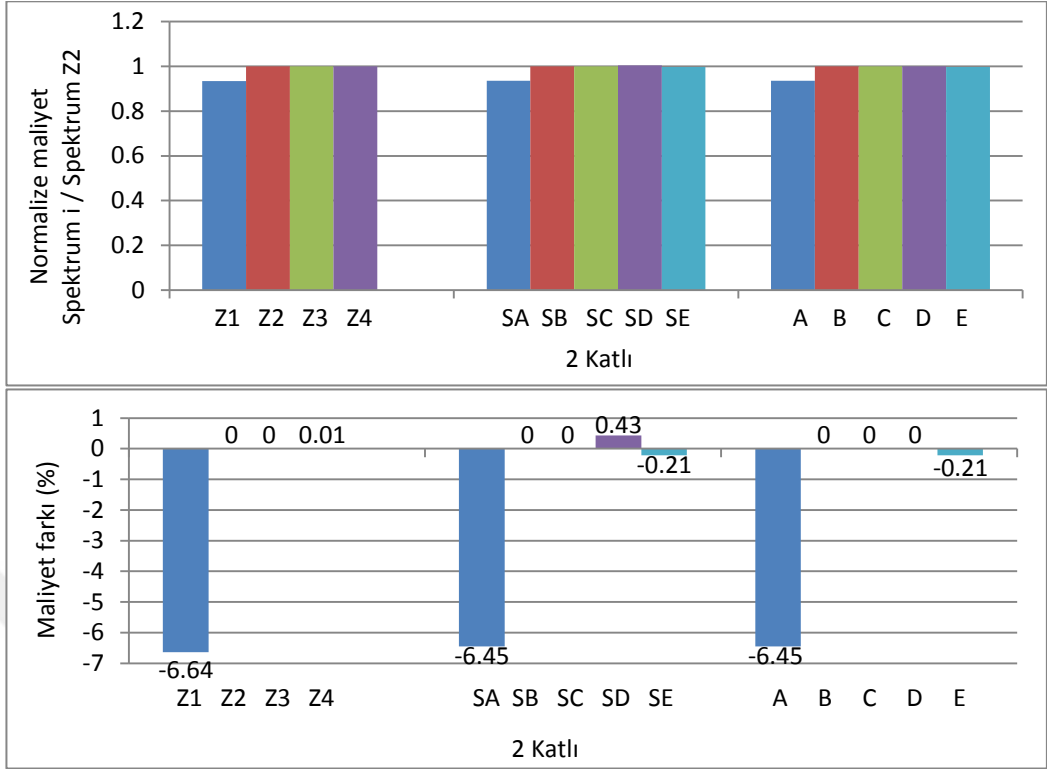
	Miktar	Z1	Z2	Z3	Z4
2 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	7945.4	8635.4	8635.4	8635.4
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	12188.9	13733.8	13733.8	13738.8
	Toplam donatı [kg]	20134.3	22369.2	22389.2	22374.2
	Toplam beton [m ³]	76.68	78.1	78.1	78.1
	Betonarme Kalıbı [m ²]	732.06	739.78	739.78	739.78
5 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	18519.4	21579.1	19906.6	22434.9
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	33120.8	36281.6	40829	47388.6
	Toplam donatı [kg]	51640.2	57860.7	60735.6	69823.5
	Toplam beton [m ³]	191.7	195.25	207.7	247.9
	Betonarme Kalıbı [m ²]	1830.15	1849.45	1901.9	2053
10 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	45388.6	44963.7	43650.3	55081.50
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	37277.1	38321.3	50584.9	71658.20
	Toplam donatı [kg]	125038.7	125660	136849.2	170031.20
	Toplam beton [m ³]	414.15	414.15	451.85	626.90
	Betonarme Kalıbı [m ²]	3814.65	3814.65	3888.4	4589.60
15 katlı çerçeve	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	71520.8	78640.5	85039.3	106381.7
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	148743	148968.8	173761.4	191841.6
	Toplam donatı [kg]	220263.8	227609.3	258800.7	298223.3
	Toplam beton [m ³]	735.1	758.8	912.2	1095.95
	Betonarme Kalıbı [m ²]	6122.55	6195.7	6760.6	7953.1
15 katlı perde	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	-	-	-	103793.3
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	-	-	-	213949.1
	Toplam donatı [kg]	-	-	-	317742.4
	Toplam beton [m ³]	-	-	-	1248.75
	Betonarme Kalıbı [m ²]	-	-	-	8788.9

Tablo 4.12: UBC97'e göre Taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları.

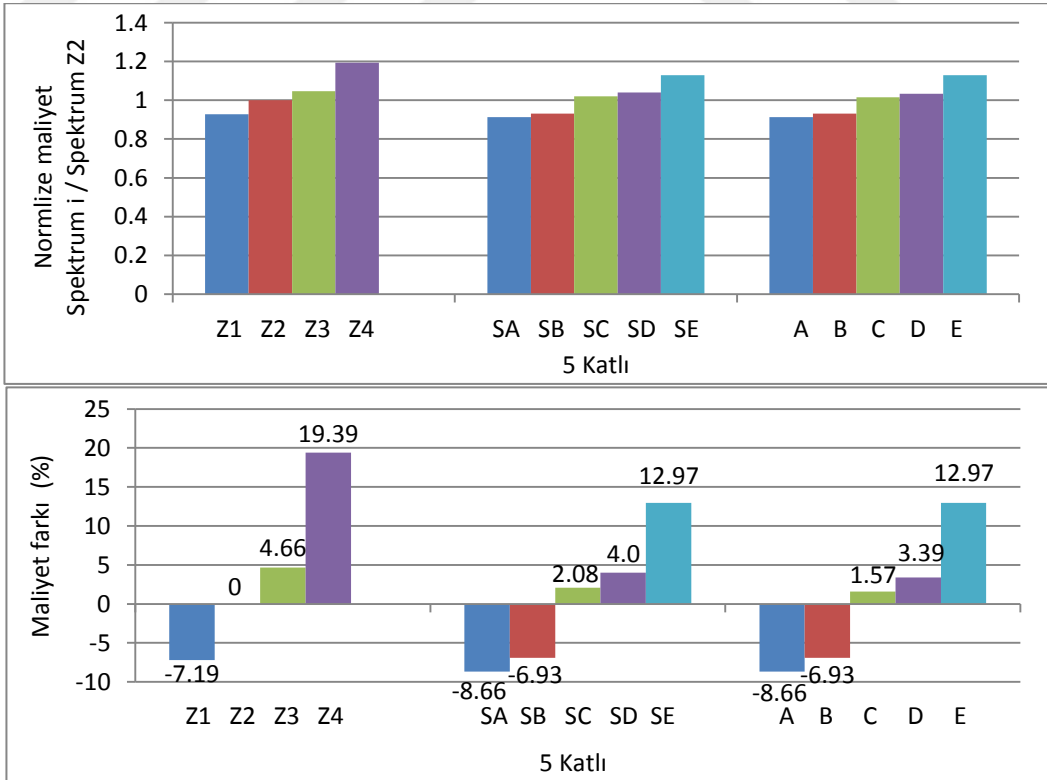
	Miktar	S _A	S _B	S _C	S _D	S _E
2 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	7875.1	8635.4	8635.4	8530.6	8721.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	12224.1	13733.8	13733.8	13997.6	13568.6
	Toplam donatı [kg]	20099.2	22369.2	22369.2	22528.2	22289.7
	Toplam beton [m ³]	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1
	Betonarme Kalıbı [m ²]	732.06	739.78	739.78	739.78	739.78
5 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	18306.5	18684.1	20031.1	20398.1	14839.9
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	32436.3	33198.8	39313.4	40244.8	50649
	Toplam donatı [kg]	50742.8	51882.9	59344.5	60642.9	65488.9
	Toplam beton [m ³]	188.25	191.7	198.9	202.7	235.45
	Betonarme Kalıbı [m ²]	1810.85	1830.15	1868.75	1888.05	1995.6
10 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	45603.8	45603.8	44607.5	42951.6	48662.2
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	37069.1	37069.1	39818.8	47960.5	67388.2
	Toplam donatı [kg]	125047.9	125047.9	126801.3	133446.6	159341.9
	Toplam beton [m ³]	414.15	414.15	414.15	438.3	612.75
	Betonarme Kalıbı [m ²]	3814.65	3814.65	3814.65	3888.95	4533.35
15 katlı çerçeve	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	71316.3	71306.8	77390.5	78132.7	109151.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	148294.9	148304.4	155710.4	160156.4	180092.5
	Toplam donatı [kg]	219611.2	219611.2	233100.9	238289.1	289243.6
	Toplam beton [m ³]	735.1	735.1	808.4	857.15	1047.65
	Betonarme Kalıbı [m ²]	6122.55	6122.55	6337.9	6561.2	7301.3
15 katlı perde	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	-	-	-	-	103675.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	-	-	-	-	213341.6
	Toplam donatı [kg]	-	-	-	-	317016.7
	Toplam beton [m ³]	-	-	-	-	1248.75
	Betonarme Kalıbı [m ²]	-	-	-	-	8788.9

Tablo 4.13: ASCE7-10'a göre taşıyıcı sistemlerin donatı, beton ve kalıp miktarları.

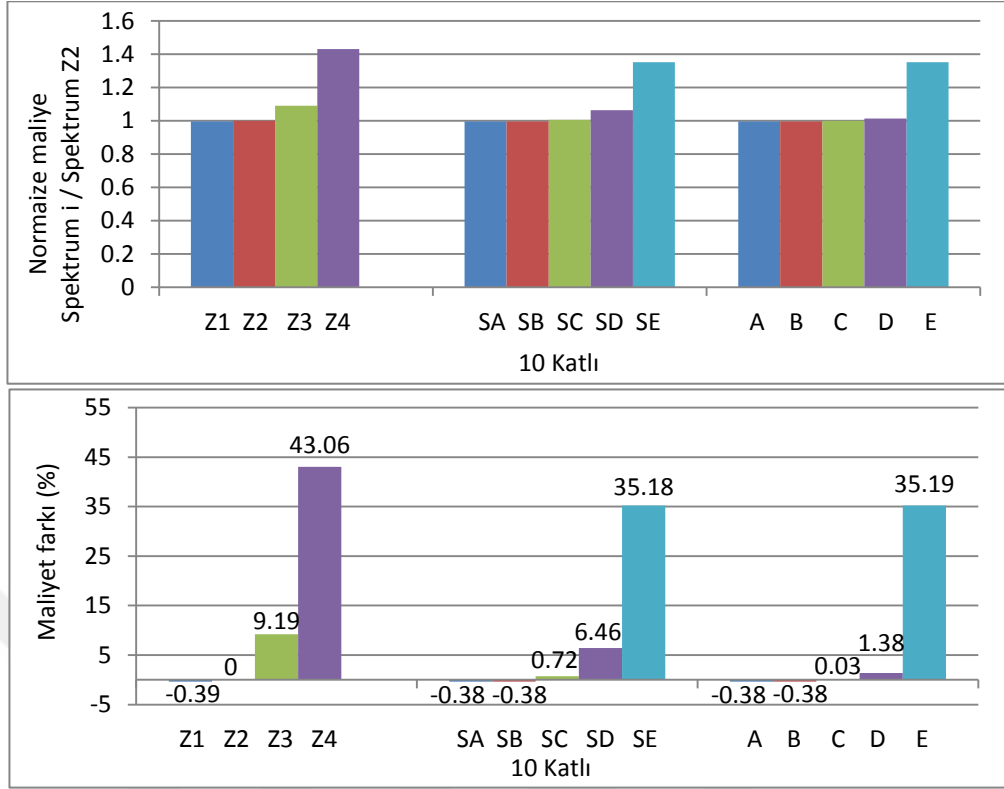
	Miktar	A	B	C	D	E
2 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	7875.3	8635.4	8635.4	8635.4	8721.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	12223.9	13733.8	13733.8	13733.8	13568.6
	Toplam donatı [kg]	20099.2	22369.2	22369.2	22369.2	22289.7
	Toplam beton [m ³]	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1
	Betonarme Kalıbı [m ²]	732.06	739.78	739.78	739.78	739.78
5 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	18306.5	18684.1	20566.9	20371.2	14839.9
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	32436.3	33198.8	38777.6	39695.8	50649
	Toplam donatı [kg]	50742.8	51882.9	59344.5	60067	65488.9
	Toplam beton [m ³]	188.25	191.7	195.25	202.7	235.45
	Betonarme Kalıbı [m ²]	1810.85	1830.15	1849.45	1888.05	1995.6
10 katlı	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	45603.8	45603.8	44928.6	44238.5	48662.2
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	37069.1	37069.1	38401.6	41248.9	67388.2
	Toplam donatı [kg]	125047.9	125047.9	125705.2	127862.4	159341.9
	Toplam beton [m ³]	414.15	414.15	414.15	414.15	612.75
	Betonarme Kalıbı [m ²]	3814.65	3814.65	3814.65	3814.65	4533.35
15 katlı çerçeve	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	71316.3	71306.8	78265	74136.4	109151.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	148294.9	148304.4	148679.3	160230.3	180092.5
	Toplam donatı [kg]	219611.2	219611.2	226944.3	234366.7	289243.6
	Toplam beton [m ³]	735.1	735.1	758.8	827	1047.65
	Betonarme Kalıbı [m ²]	6122.55	6122.55	6195.7	6403.25	7301.3
15 katlı perde	8 Φ ve 12 Φ arası [kg]	-	-	-	-	103675.1
	14 Φ ve 30 Φ arası [kg]	-	-	-	-	213260.4
	Toplam donatı [kg]	-	-	-	-	316935.5
	Toplam beton [m ³]	-	-	-	-	1248.75
	Betonarme Kalıbı [m ²]	-	-	-	-	8788.9



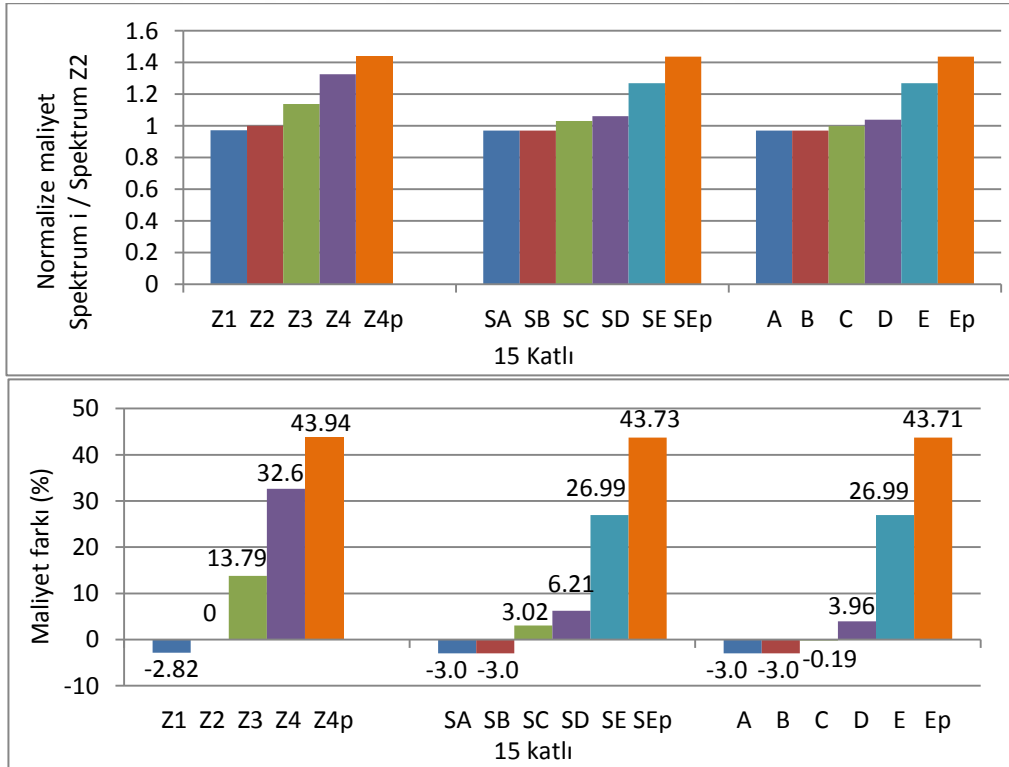
Şekil 4.3: 2 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre).



Şekil 4.4: 5 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre).



Şekil 4.5: 10 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre).



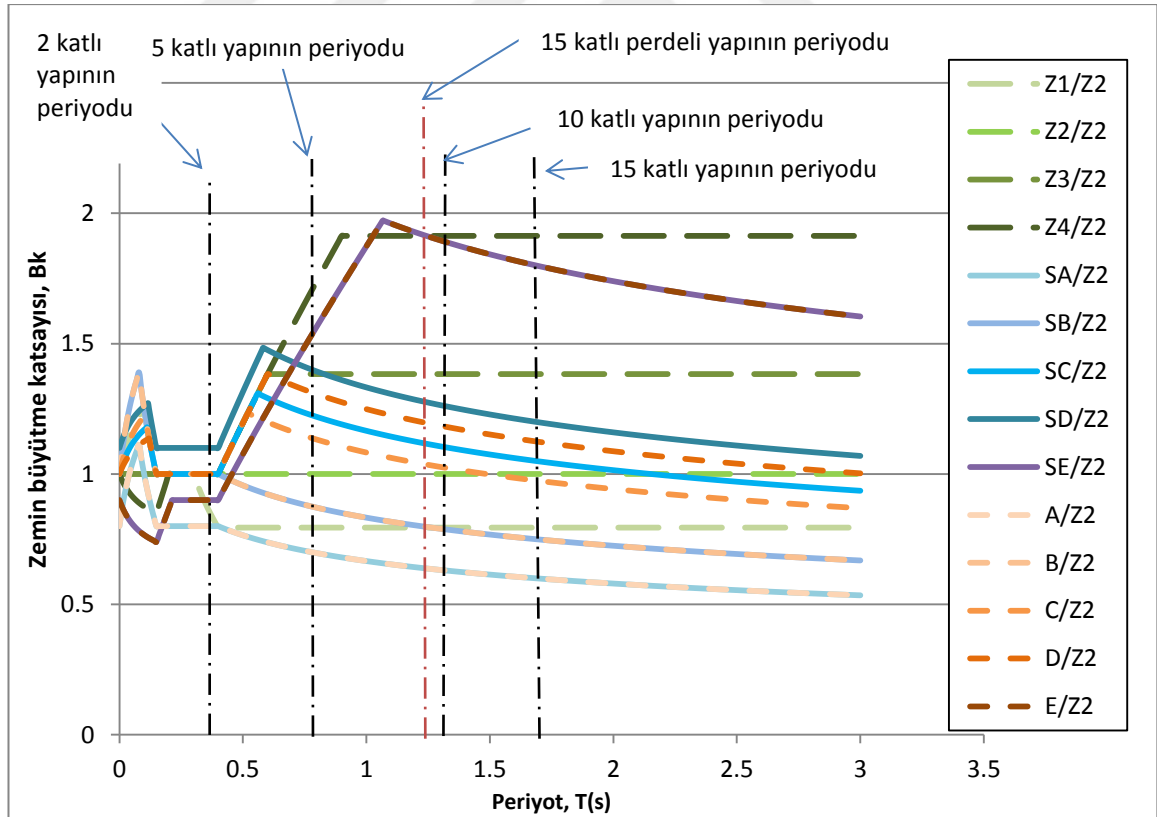
Şekil 4.6: 15 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Normalize maliyet ve maliyet farkları Z2 zemin türüne göre).

Şekil (4.3), (4.4), (4.5) ve (4.6) incelendiğinde, karşılaştırma için baz alınan standart Z2 türü zemine göre daha sağlam olan Z1 (S_A ve A) türü zeminler için maliyette azalma görülmektedir. Ancak maliyetteki azalma sadece 2 ve 5 katlı binalarda anlamlı mertebelerde olup 10 ve 15 katlı binalarda önemsenmeyecek kadar azdır. 2 katlı yapılar için Şekil (4.3)'ten görüldüğü üzere daha sağlam zeminler için yani Z1, S_A ve A spektrumları ile tasarlanan binaların DBYBHY2007-Z2 spektrumu ile tasarlanan binaya göre maliyet farkı sırasıyla -%6.64, -%6.45 ve -%6.45'dir. Bu rakamlar, 5 katlı binalar için Şekil (4.4)'ten görüldüğü gibi sırasıyla -%7.19, -%8.66 ve -%8.66, 10 katlı binalar için Şekil (4.5)'den görüldüğü gibi sırasıyla -%0.39, -% 0.38 ve -%0.38, 15 katlı binalar için Şekil (4.6)'dan görüldüğü gibi sırasıyla -%2.82, -% 3.00 ve -%3.00 olmaktadır. Diğer binalardan farklı olarak 15 katlı binalara özel en kötü zeminlerde çerçeve sisteme ek olarak, perdeli-çerçeve sistemler de kullanılarak tasarım yapılmıştır. Ancak, perdeli-çerçeve sistem kullanıldığında Z4, S_E ve E zeminlerinin Z2 zemine göre maliyet farkı çerçeve sistem kullanıldığında elde edilen farka göre daha büyük olmaktadır (yaklaşık %43).

Z2'ye göre daha zayıf zeminler olan Z3 ve Z4 (S_C , S_D , S_E ve C, D, E) için maliyette artışlar görülmektedir. Bu maliyet artışları, zemin kötüleştikçe genel olarak daha belirginleşmektedir. Ayrıca, kat sayısı arttıkça daha zayıf zemin olan Z4 (S_D , S_E ve D, E) için maliyet artışı daha da belirginleşmektedir. 2 katlı yapılar için Şekil (4.3)'ten görüldüğü üzere kötü zeminler için Z2'ye göre bir maliyet farkı neredeyse yoktur. Şekil (4.4)'ten anlaşılacağı gibi, 5 katlı yapılar için, S_C (C) ve S_D (D) spektrumları altında tasarlanan binaların Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı sırasıyla yaklaşık %2 ve %4 civarında olmaktadır. Z3 spektrumu altında tasarlanan binanın Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı da %4.66'ya eşittir. Z4, S_E ve E spektrumları için tasarlanan binaların Z2 spektrumu için tasarlanan binaya göre maliyet farkı Z4 için %19.39 olup, S_E ve E spektrumları için %12.97 olan maliyet farkından büyüktür. 10 katlı yapılar için Şekil (4.5)'ten görüldüğü üzere, S_C (C) spektrumu altında tasarlanan binaların Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı sifıra yakındır. Ancak S_D ve D spektrumları altında tasarlanan binaların Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı sırasıyla %6.46 ve %1.38 olmaktadır. Z3 zeminlerde ise Z2'ye göre maliyet farkı %9.19'dur. Z4, S_E ve E spektrumları için tasarlanan binaların Z2 spektrumu için tasarlanan binaya göre maliyet

farkı Z4 için %43.06 olup, S_E ve E spektrumları için %35.18 olan maliyet farkından büyüktür. En yüksek kata sahip 15 katlı yapılar için Şekil (4.6)'dan anlaşılacağı gibi, S_C ve C spektrumları altında tasarlanan binaların Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı sırasıyla %3.02 ve -%0.19 olmaktadır. Halbuki, S_D ve D spektrumları altında tasarlanan binaların Z2 spektrumu altında tasarlanan binaya göre maliyet farkı sırasıyla %6.21 ve %3.96 olmaktadır. Z4, S_E ve E spektrumları için tasarlanan binaların Z2 spektrumu için tasarlanan binaya göre maliyet farkı Z4 için %32.60 olup, S_E ve E spektrumları için %26.99 olan maliyet farkından büyüktür.

Bölüm (2.2.5)'te kullanılan bütün tasarım spektrumların DBYBHY2007-Z2 spektrumuna oranı şeklinde Şekil (4.7)'de sunulmuştur. Tüm yapıların doğal periyotları şekil üzerinde işaretlenmiştir. Yapıların doğal periyotları için zemin büyütme katsayısı B_k 1.0'e ne kadar yakınsa maliyet farkı da yukarıda tartışılan maliyet farkı değerlerinden de görüleceği üzere genel olarak o kadar az olmaktadır.



Şekil 4.7: Zemin büyütme katsayılarıyla birlikte farklı yüksekliğe sahip binaların periodları (Z_4, S_E ve E tasarımlarına aittir).

4.4. SPEKTRAL ANALİZE GÖRE SİSMİK PERFORMANS KARŞILAŞTIRILMASI

Görelî kat ötelemesi oranları (görelî kat ötelemelerin kat yüksekliklerine oranı) ve en üst kat deplasmanları baz alınarak sismik performans değerlendirmelerinin yapıldığı bu kısımdaki analizler, Bölüm 4'te detayları verilen STA-4CAD modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Z1, Z2, Z3 ve Z4'e göre yapılan tasarımlar sırasıyla Z1, Z2, Z3, ve Z4 deprem tasarım spektrumlarına; S_A, S_B, S_C, S_D ve S_E'ye göre yapılan tasarımlar sırasıyla S_A, S_B, S_C, S_D ve S_E deprem tasarım spektrumlarına ve A, B, C, D ve E'ye göre yapılan tasarımlar sırasıyla A, B, C, D ve E deprem tasarım spektrumlarına maruz bırakılmıştır. Şekil (4.8), (4.9), (4.10), (4.11) ve (4.12) arasındaki grafikler buna göre değerlendirilmelidir.

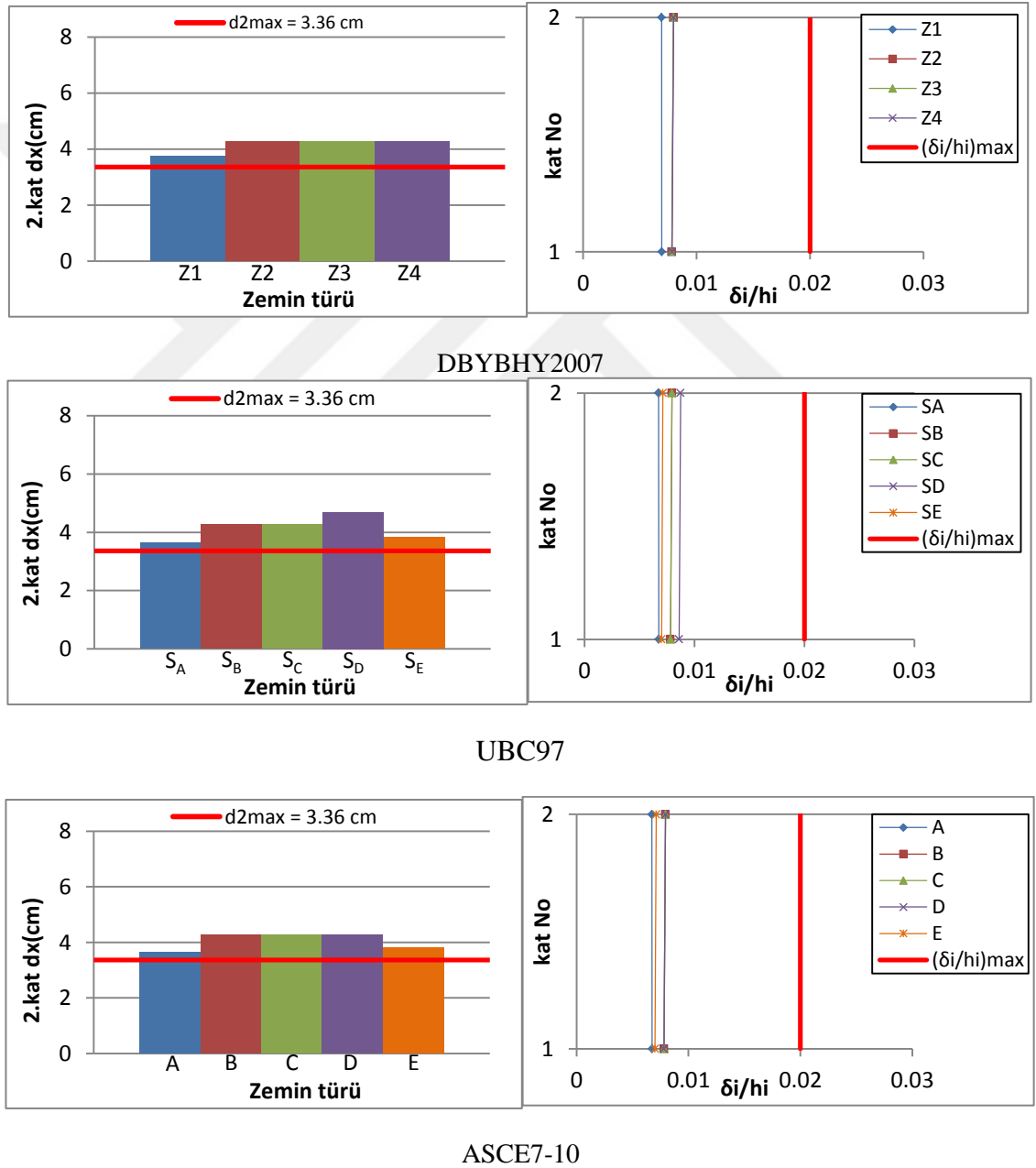
STA-4CAD analizlerinde elde edilen görelî kat ötelemeleri, deprem yükünün R katsayısına bölünmesiyle yapılan yüklemelerden elde edilen her i.nci kat için $\Delta_{x_{max,i}}$ değerleri olup, etkin görelî kat ötelemeleri bu değerleri R ile çarpılmasıyla elde edilir:

$\delta_i = R \times \Delta_{x_{max,i}}$. Benzer şekilde, etkin en üst kat deplasmanı (N. kat deplasmanı) olan d_N , R'ye bölünerek yapılan yükleme altında STA-4CAD'den elde edilen d_{Ne} değerinin R ile çarpılmasıyla elde edilir $d_N = R \times d_{Ne}$. Karşılaştırmalar, etkin görelî kat ötelemeleri oranları (δ_i/h_i) ve en üst kat deplasmanı (d_N) baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

Üst sınır, etkin görelî kat ötelemelerin kat yüksekliğine olan oranına göre verilmektedir ve DBYBHY2007 tarafından belirlenen üst sınır $\left(\frac{\delta_i}{h_i}\right)_{max} = 0.02$ 'dir. En üst kat deplasmanı için üst sınır (d_N) Tezcan'ın çalışmasında (Tezcan, 1995) pratik ve teorik araştırmalar sonucunda tanımlanmıştır. Tezcan (1995) tarafından en üst kat deplasmanı sınırı $d_{N_{max}} = 0.0007 \times R \times H$ olarak önerilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan yüksek süneklikli betonarme çerçeveler için $R = 8$ olduğundan $d_{N_{max}} = 0.0056 \times H$ 'dir. 2, 5, 10 ve 15 katlı binalar için sırasıyla, $H = 6, 15, 30$ ve 45 m olduğundan sırasıyla $d_{2_{max}} = 3.36$ cm, $d_{5_{max}} = 8.4$ cm, $d_{10_{max}} = 16.8$ cm ve $d_{15_{max}} = 25.2$ cm olarak hesaplanmıştır (perdeli-çerçevesel sistem için $R=7$ alınarak hesaplar yapılmıştır; yani $d_{Np,max} = 0.0049 \times H \rightarrow d_{15p,max} = 22.05$ cm).

4.4.1. 2 Katlı Binalara Ait Bulgular

Bu binalar için tipik kat yüksekliği $h = 3$ m, toplam bina yüksekliği $H = 6$ m olup en üst kat deplasman sınırı $d_{2\max} = 3.36$ cm olarak hesap edilmiştir. DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 yönetmeliklerine ait farklı zeminlerin tasarım spektrumları altında iki katlı binalar için gerçekleştirilen spektral analizler neticesinde elde edilen etkin göreceli kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları, karşılaştırmalı olarak Şekil (4.8)'de verilmiştir.



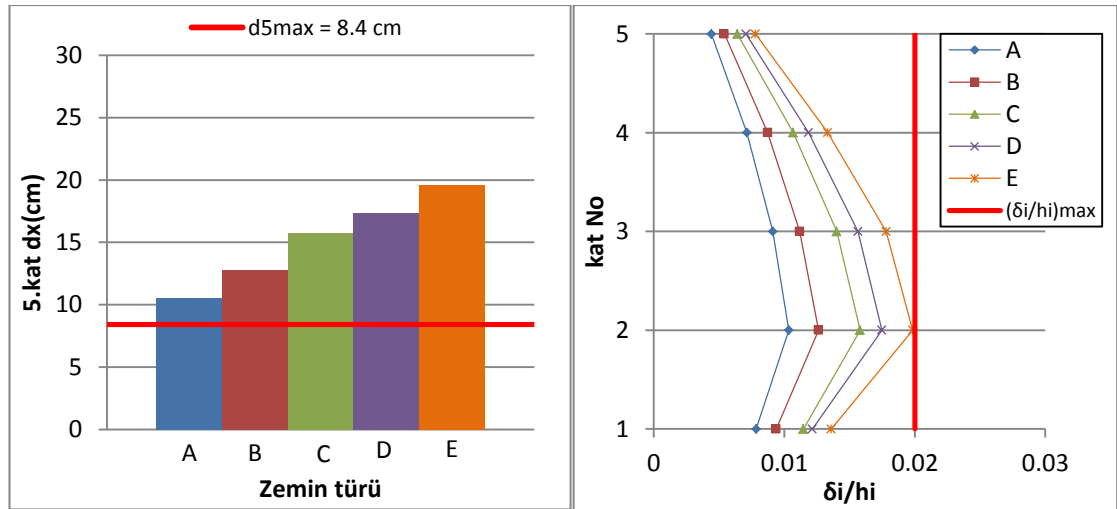
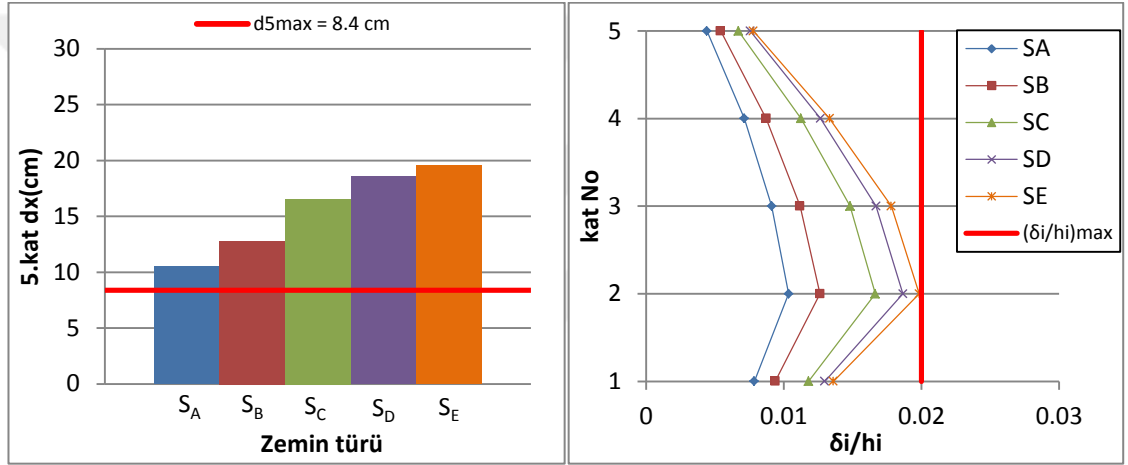
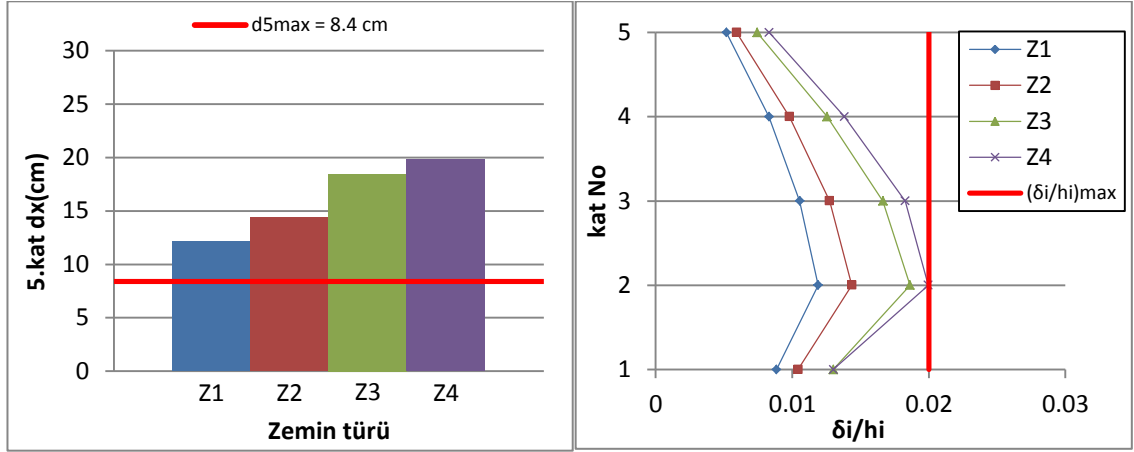
Şekil 4.8: Spektral analiz için 2 katlı binalarda etkin göreceli kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları.

Şekil (4.8)'den görüleceği üzere, farklı tasarım spektrumları için elde edilen değerler yaklaşık aynı olup elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları hiçbir durumda DBYBHY2007 yönetmeliğinde verilen 0.02 sınırını geçmemiştir. Halbuki en üst kat deplasmanları Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{2max} = 3.36$ cm sınırını az da olsa geçerek yaklaşık 4 cm civarına ulaşmıştır. Bu durumda, DBYBHY2007 yönetmeliği sınırlarına göre yeterli olan yapılar, Tezcan (1995) tarafından önerilmiş olan en üst kat deplasmanı sınırlarına göre yeterli olmamaktadır.

4.4.2. 5 Katlı Binalara Ait Bulgular

Bu binalar için tipik kat yüksekliği $h = 3$ m, toplam bina yüksekliği $H = 15$ m olup en üst kat deplasman sınırı $d_{5max}=8.4$ cm olarak hesap edilmiştir. DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 yönetmeliklerine ait farklı zeminlerin tasarım spektrumları altında 5 katlı binalar için gerçekleştirilen spektral analizler neticesinde elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları, karşılaştırmalı olarak Şekil (4.9)'da verilmiştir.

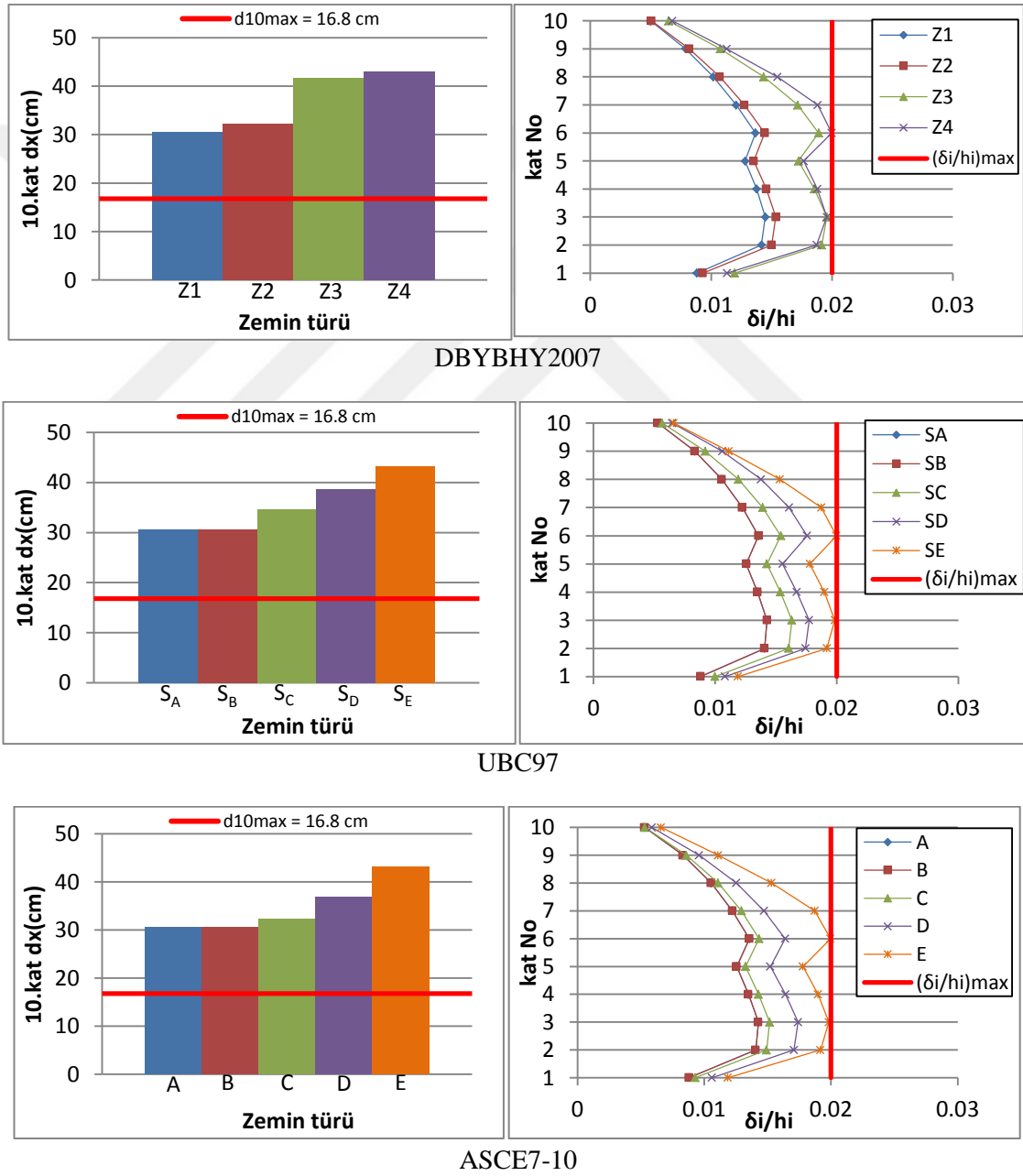
Şekil (4.9)'dan görüleceği üzere, farklı tasarım spektrumları için elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları hiçbir durumda DBYBHY2007 yönetmeliğinde verilen 0.02 sınırını geçmemiştir. Ancak, zayıf (Z_4 , S_E ve E) zeminlerde, bu zeminler için yapılmış olan tasarımlar 0.02 sınırındadır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa sınırın aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir. Ayrıca, Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{5max} = 8.4$ cm sınırı da tüm binalar tarafından geçilmiştir. Şöyle ki, en zayıf zemine doğru gittikçe, daha rijit yapılar söz konusu olmasına rağmen $d_{5max} = 8.4$ cm sınırının yaklaşık iki buçuk katına kadar çıkılmıştır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa en üst kat deplasmanı sınırının çok daha fazla aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir.



Şekil 4.9: Spektral analiz için 5 katlı binalarda etkin göreceli kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları.

4.4.3. 10 Katlı Binalara Ait Bulgular

Bu binalar için tipik kat yüksekliği $h = 3$ m, toplam bina yüksekliği $H = 30$ m olup en üst kat deplasmanı sınırı $d_{10\max} = 16.8$ cm olarak hesap edilmiştir. DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 yönetmeliklerine ait farklı zeminlerin tasarım spektrumları altında 10 katlı binalar için gerçekleştirilen spektral analizler neticesinde elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları, karşılaştırmalı olarak Şekil (4.10)'da verilmiştir.



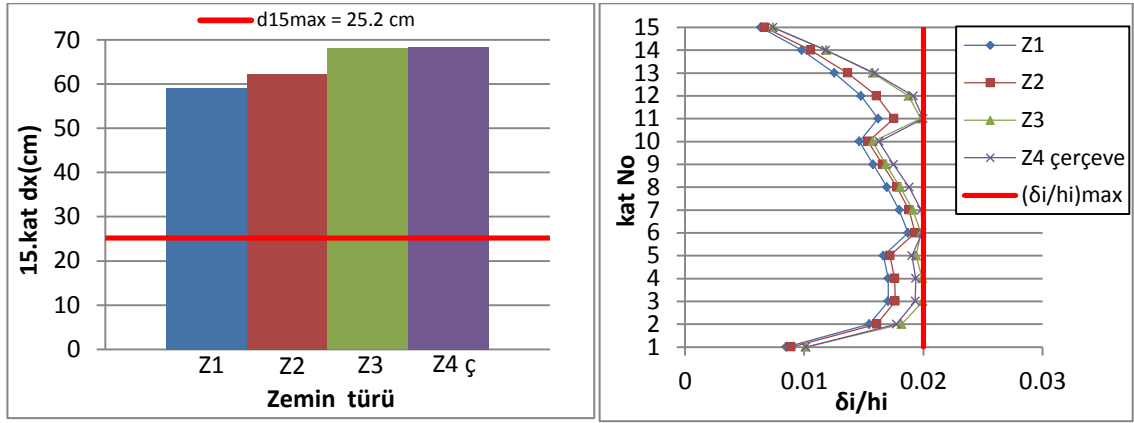
Şekil 4.10: Spektral analiz için 10 katlı binalarda etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları.

Şekil (4.10)'dan görüleceği üzere, farklı tasarım spektrumları için elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları hiçbir durumda DBYBHY2007 yönetmeliğinde verilen 0.02 sınırını geçmemiştir. Ancak, zayıf (Z4, Z3, S_E ve E) zeminlerde, bu zeminler için yapılmış olan tasarımlar 0.02 sınırındadır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa sınırın aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir. Ayrıca, Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{10\max} = 16.8$ cm sınırı da tüm binalar tarafından geçilmiştir. Şöyle ki, en zayıf zemine doğru gittikçe, daha rijit yapılar söz konusu olmasına rağmen $d_{10\max} = 16.8$ cm sınırının yaklaşık iki buçuk katına kadar çıkmıştır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa en üst kat deplasmanı sınırının çok daha fazla aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir.

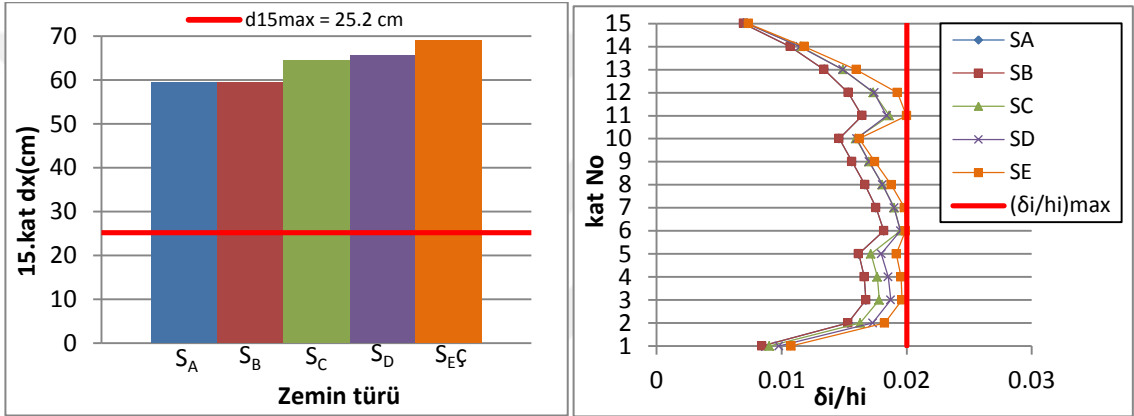
4.4.4. 15 Katlı Binara Ait Bulgular

Bu binalar için tipik kat yüksekliği $h = 3$ m, toplam bina yüksekliği $H = 45$ m olup en üst kat deplasmanı sınırı $d_{15\max} = 25.2$ cm olarak hesap edilmiştir. DBYBHY2007, UBC97 ve ASCE7-10 yönetmeliklerine ait farklı zeminlerin tasarım spektrumları altında 15 katlı binalar için gerçekleştirilen spektral analizler neticesinde elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları, karşılaştırmalı olarak Şekil (4.11)'de verilmiştir.

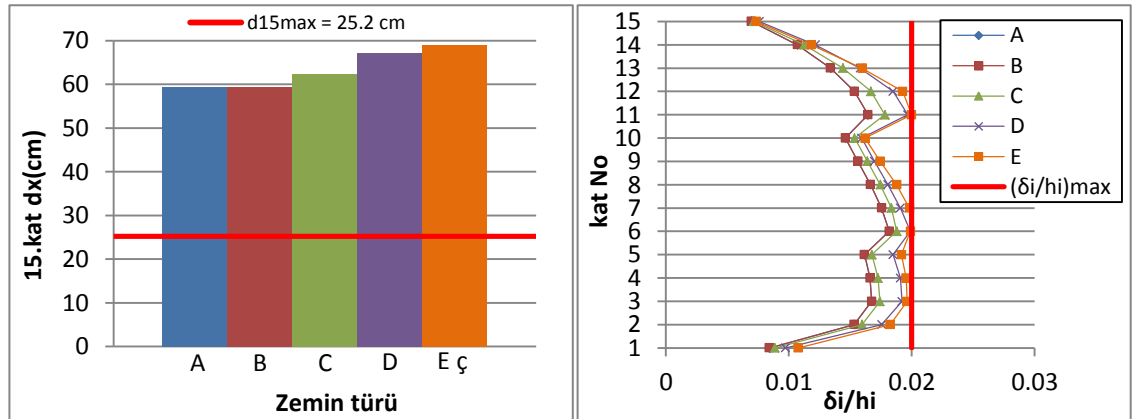
Şekil (4.11)'den görüleceği üzere, farklı tasarım spektrumları için elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları hiçbir durumda DBYBHY2007 yönetmeliğinde verilen 0.02 sınırını geçmemiştir. Ancak, zayıf (Z3, Z4, S_D, S_E, D ve E) zeminlerde, bu zeminler için yapılmış olan tasarımlar 0.02 sınırındadır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa sınırın aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir. Ayrıca, Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{15\max} = 25.2$ cm sınırı da tüm binalar tarafından geçilmiştir. Şöyle ki, en zayıf zemine doğru gittikçe, daha rijit yapılar söz konusu olmasına rağmen $d_{15\max} = 25.2$ cm sınırının iki buçuk katını da aşmıştır. Yani, daha iyi zeminler için yapılan tasarımlar bu spektrumlara maruz kalacak olsa en üst kat deplasmanı sınırının çok daha fazla aşılacağı aşıkardır. Bu durum Şekil (4.13)'te görülmektedir.



DBYBHY2007

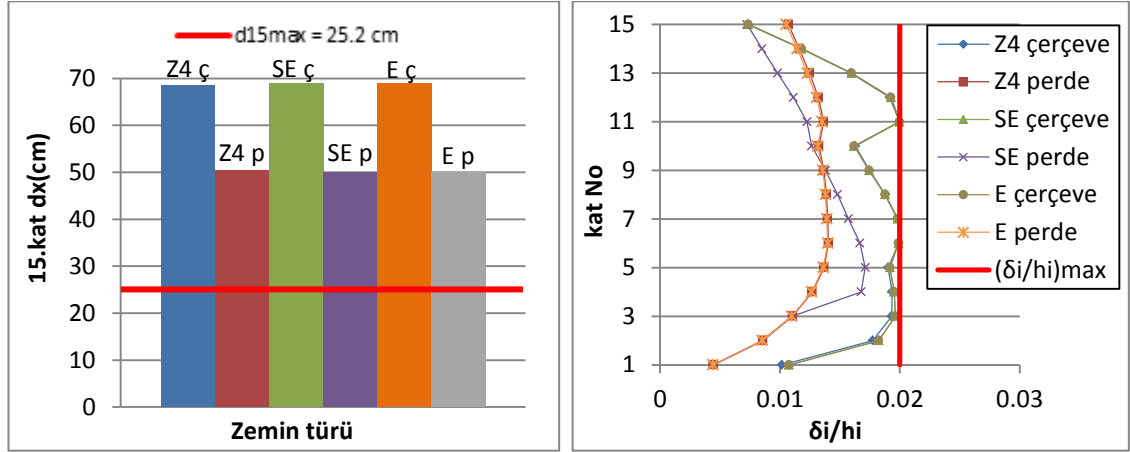


UBC97



ASCE7-10

Şekil 4.11: Spektral analiz için 15 katlı binalarda etkin görece kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları.

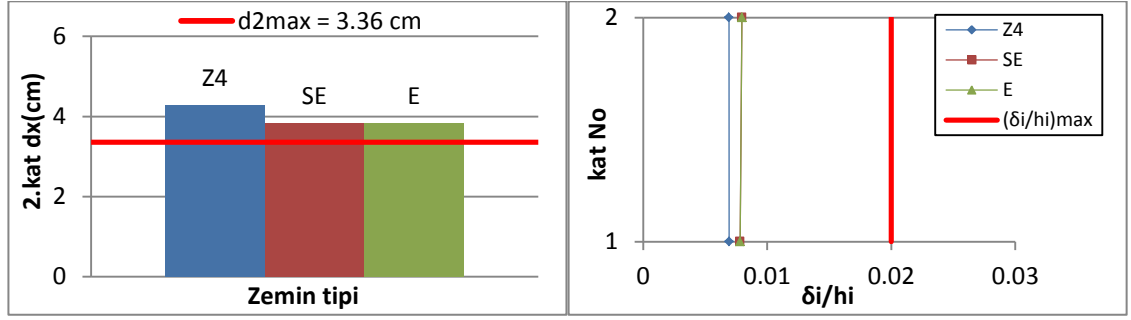


Şekil 4.12: Spektral analize göre 15 katlı binalarda Z4 zeminler için çerçeve ve çerçeve-perdeli sistemler arasında etkin görece kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.

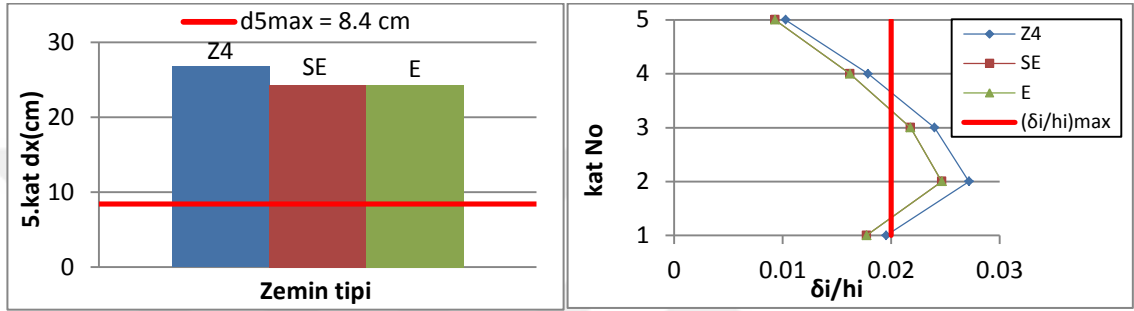
Ayrıca, her üç yönetmeliğe ait en zayıf (Z4, S_E ve E) zeminler için 2, 5 ve 10 katlı binarlardan farklı olarak sadece 15 katlı binalar için çerçeve sistemin kenarında perdeli-çerçeve sistem kullanarak tasarımlar gerçekleştirilip, bu iki sistem arasında etkin görece kat ötelemesi oranı ve en üst kat deplasmanı karşılaştırmaları Şekil (4.12)'de yapılmıştır. Şekil (4.12)'den anlaşılacağı gibi, Z4, S_E ve E tasarım spektrumları için elde edilen etkin görece kat ötelemesi oranları çerçeve sistemler için 0.02 sınırını zorlamış olup, perdeli-çerçeve sistem için ise elde edilen değerler çerçeve sisteme göre daha küçüktür. Ayrıca, çerçeve sistemler için Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{15max} = 25.2$ cm en üst kat deplasmanı sınırı Z4, S_E ve E tasarım spektrumları altında tasarlanan binalar tarafından yaklaşık 70 cm'ye ulaşmıştır (Şekil 4.12). Halbuki perdeli-çerçeve sistemler için $d_{15p,max} = 22.05$ cm olan sınır aşılmasıyla birlikte Z4, S_E ve E tasarım spektrumları altında tasarlanan binalar için 50 cm'yi bulmuştur (Şekil 4.12).

4.4.5. Z2 Tasarımlarının Z4, S_E ve E Spektrumlarına Maruz Bırakılması

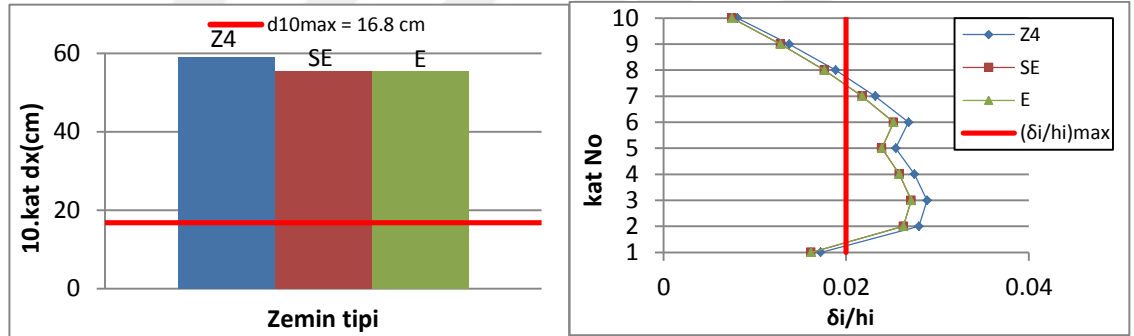
Zemin büyütme etkilerini öne çıkarmak amacıyla 2, 5, 10 ve 15 katlı binalar için Z2 tasarımı baz alınarak Z4, S_E ve E spektrumlarına maruz bırakılmıştır. Böylece Şekil (4.13)'ten görüldüğü gibi 2 katlı binalar hariç, diğer binalar için etkin görece kat öteleme oranları, 0.02 sınırını her üç spektrum tarafından geçmiş olup, Z4 spektrumuna maruz bırakılması durumunda S_E ve E spektrumlarına göre daha büyük rakamlara ulaşmıştır. Ayrıca, Tezcan (1995)'in önerdiği d_{Nmax} en üst kat deplasman sınırları her 4 bina tarafından aşılmış olup, bina kat sayısı artarak 15 katlı binalarda 5 kat farka ulaşmıştır.



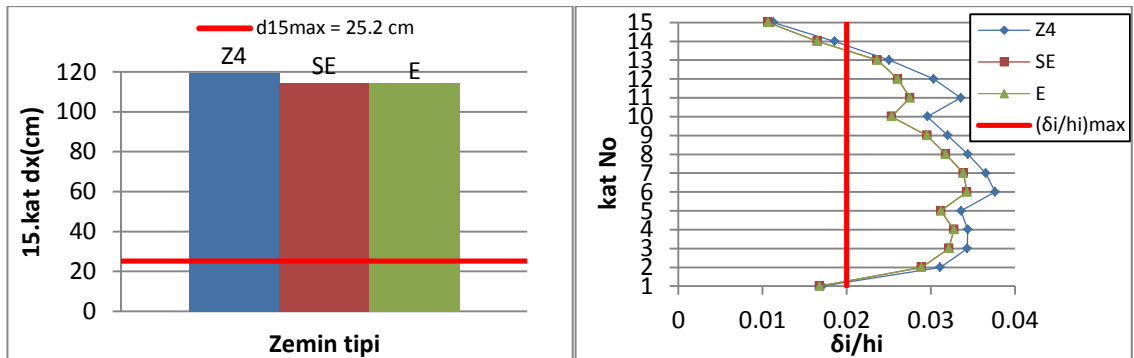
2 katlı



5 katlı



10 katlı

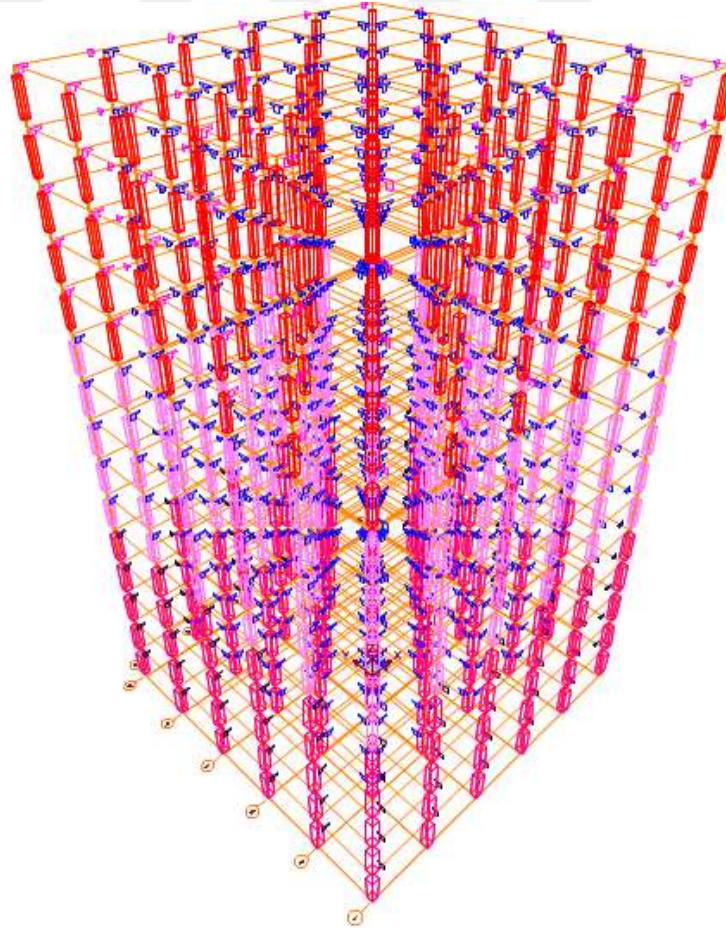


15 katlı

Şekil 4.13: Spektral analize göre Z2 spektrumu altında tasarlanan binaların Z₄, S_E ve E spektrumlarına maruz bırakılması durumu için etkin görel kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.

4.5. ZAMAN TANIM ALANI ANALİZLERİNE GÖRE SİSMİK PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

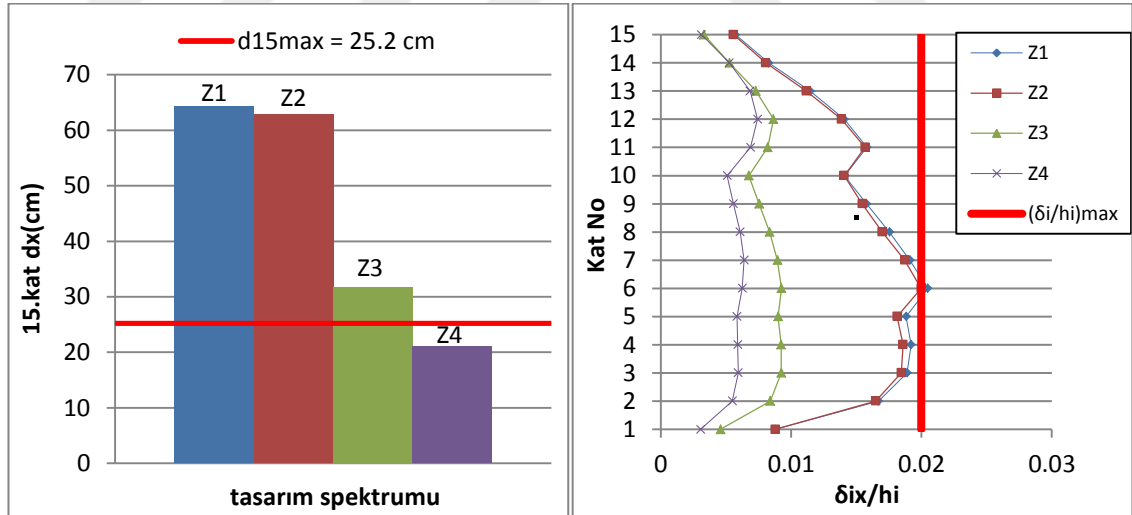
STA-4CAD'de yapılmış olan modal spektral analizler neticesinde Z1, Z2, Z3 ve Z4 için tasarımı yapılan 15 katlı binaların zaman tanım alanı analizleri SAP2000 ortamında gerçekleştirilmiştir. 15 katlı binaların modeli STA-4CAD'de tamamlanan Z1, Z2, Z3 ve Z4 tasarımlarına ait malzeme, eleman boyutları, sismik yüke esas zati ve hareketli yükler aynen kullanılarak SAP2000'de hazırlanmıştır. Sismik yüklemeye esas toplam kat kütleleri binanın ağırlık merkezinde tanımlanmış; master joint ve rijit diyafram oluşturularak modeller tamamlanmıştır. Modal spektral ve zaman tanım alanı analizlerinde kullanılmak üzere, öncelikle binaların modal analizleri gerçekleştirilmiştir. 15 katlı binaların üç boyutlu SAP2000 görünüşü Şekil (4.14)'te verilmiştir.



Şekil 4.14: 15 katlı binanın üç boyutlu görünüşü.

Bu kapsamda, UBC97'deki S_D zemininde kayıt edilen 0.408 g pik yer ivmesine sahip El Mayor-Cucapah Mexico depremi altında (0.4 g'ye ölçeklendirilmiştir) gerçekleştirilen zaman tanım alanı analizleri neticesinde elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları, DBYBHY2007'de tanımlanan farklı zemin sınıfları, Z1, Z2, Z3 ve Z4 spektrumları altında tasarlanan 15 katlı binalar için, Şekil (4.15)'te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Şekil (4.15)'ten görüleceği üzere, El Mayor-Cucapah depremine maruz bırakılan Z1 ve Z2 tasarımları için elde edilen değerler yaklaşık aynı olup elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları Z1 tasarımında DBYBHY2007 yönetmeliğinde verilen 0.02 sınırını geçmiştir. Halbuki Z3 ve Z4 tasarımları için elde edilen etkin görelî kat ötelemesi oranları 0.02 sınırının çok altında kalmıştır. Öte yandan, en üst kat deplasmanları Z1 ve Z2 tasarımı için Tezcan (1995) tarafından önerilen $d_{15max} = 25.2$ cm sınırının iki buçuk katını aşarak sırasıyla 64.3 cm ve 62.8 cm'ye ulaşmıştır. Buna karşın, Z4 tasarımına göre de $d_{15max} = 25.2$ cm sınırı aşılmamıştır, Z3 tasarımı için ise 31 cm'ye ulaşarak sınır bir miktar aşılmıştır.



Şekil 4.15: Zaman tanım alanı analizini kullanarak El Mayor-Cucapah depremine maruz bırakılan farklı spektrumlar altında tasarlanan 15 katlı binaların etkin görelî kat ötelemesi oranları ve en üst kat deplasmanları karşılaştırması.

Ayrıca, daha agresif deprem kayıtları için, Z1 ve Z2 tasarımlarının 0.02 görelî kat ötelemesi sınırını daha ciddi şekilde aşabileceklerine dikkat çekmek uygun olacaktır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

DBYBHY2007’de gizli olarak yer alan ancak UBC97 ve ASCE7-10’da açıkça tarif edilen zemin büyütme katsayılarının, çerçeve türü taşıyıcı sisteme sahip betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının maliyeti ve yapıların sismik performansları üzerindeki etkilerinin araştırılması amacıyla 2, 5, 10 ve 15 katlı betonarme çerçeve türü prototip binalar, farklı spektrumlar kullanılarak (DBYBHY2007’de Z1, Z2, Z3, Z4 ve UBC97’de S_A, S_B, S_C, S_D, S_E ve ASCE7-10’da A, B, C, D, E) DBYBHY2007 kurallarına göre tasarlanmıştır. Ayrıca, en kötü zeminler söz konusu olduğunda, 15 katlı bina perdeli-çerçeve sistem olarak da ele alınmış ve 3 ek tasarım daha yapılmıştır. Binalar, maliyet minimum olacak şekilde, yani DBYBHY2007’deki verilen etkin görelî kat öteleme oranı sınırlarını zorlayacak ancak geçmeyecek şekilde STA-4CAD programı yardımıyla tasarlanmış ve taşıyıcı sistem elemanlarının maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. Tasarlanan tüm binalar tüm spektrumlara maruz bırakılarak gerçekleştirilen spektral analizlerle sismik performans karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, 15 katlı binaların zaman tanım alanı analizleri, temsili bir tarihi deprem kaydı altında ve SAP2000 programında gerçekleştirilerek bu gerçek deprem kaydı altında sismik performans karşılaştırması da yapılmıştır. Yapıların sismik performans karşılaştırmaları için sismik performans kriterleri olarak DBYBHY2007’de tanımlanan görelî kat öteleme oranı sınırı ile Tezcan (1995) tarafından pratik gözlemler ve pek çok farklı ulusal deprem yönetmeliğinin incelenmesi neticesinde önerilen en üst kat deplasmanı sınırları dikkate alınmıştır. Yapılan analizlere göre elde edilen sonuçlar şöyledir:

- DBYBHY2007-Z2 spektrumuna göre tasarlanmış binalar ile Z2’den daha iyi olan Z1, S_A veya A türü zeminlere ait spektrumlara göre tasarlanmış binalar karşılaştırıldığında maliyette bir miktar azalma görülmektedir. Ancak maliyetteki azalma sadece 2 ve 5 katlı binalarda anlamlı mertebelerde olup 10 ve 15 katlı binalarda önemsenmeyecek kadar azdır. Z2’ye göre daha zayıf zeminler olan Z3 ve Z4 (S_C, S_D, S_E veya C, D, E) için az katlı (2 katlı) bina hariç, orta ve yüksek katlı binalarda (5,10 ve 15 katlı), maliyette artışlar görülmektedir. Bu

maliyet artışları, zemin kötüleştikçe genel olarak daha belirginleşmektedir. Ayrıca, kat sayısı arttıkça, en zayıf zemin olan Z4 (S_D , S_E veya D, E) için maliyet artışı daha da belirginleşmektedir.

- Diğer binalardan farklı olarak 15 katlı binalara özel en kötü zemin durumları için çerçeve sisteme ek olarak, perdeli-çerçeve sistemler de kullanılarak tasarımlar yapılmıştır. Perdeli-çerçeve sistem kullanıldığında Z4, S_E ve E zeminlere göre yapılan tasarım ile Z2 zemine göre yapılan tasarım arasındaki maliyet farkı sadece çerçeve sistem kullanıldığında tasarım durumunda ortaya çıkan farka göre daha büyük olmaktadır.
- Z1, Z2, Z3 ve Z4'e göre yapılan tasarımların sırasıyla Z1, Z2, Z3, ve Z4 deprem tasarım spektrumlarına; S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E 'ye göre yapılan tasarımların sırasıyla S_A , S_B , S_C , S_D ve S_E deprem tasarım spektrumlarına ve A, B, C, D ve E'ye göre yapılan tasarımların sırasıyla A, B, C, D ve E deprem tasarım spektrumlarına maruz bırakılması ve görelî kat ötelemesi oranları ile en üst kat deplasmanları dikkate alınarak yapılan performans değerlendirmelerinde, hemen tüm durumlarda Tezcan (1995) tarafından ortaya konan en üst kat deplasmanı sınırlarının aşıldığı belirlenmiştir. Öte yandan, görelî kat ötelemesi oranlarının yönetmelik sınırlarını geçmemekle birlikte, en kötü zemin koşulları için tasarlanan binaların bu zemin koşulları ile uyumlu spektrumlara (Z4, S_E ve E) maruz kalmaları durumunda sınırın zorlandığı belirlenmiştir.
- Temsili tarihi deprem kaydı altında 15 katlı yapılar için yapılan zaman tanım alanı analizleri değerlendirildiğinde, Z3 ve Z4'e göre tasarlanan taşıyıcı sistemlerin daha yüksek sismik performans göstererek Tezcan (1995) tarafından ortaya konan en üst kat deplasman sınırlarını aşmadıkları (ki Z1 ve Z2 tasarımlarında aşılmıştır) ve görelî kat ötelemesi oranlarının 0.01 gibi oldukça makul seviyelerde bulunduğu ortaya konmuştur. Z1 ve Z2 tasarımları için ise bu depremde 0.02 sınırına gelindiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Adhikary, S., Singh, Y., Paul, D.K., 2014, Effect of soil depth on inelastic seismic response of structures, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 61-62, 13–28.
- ASCE Standard, ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ISBN 978-0-7844-1085-1.
- Benmokhtar, N., 2014, Yakın fay katsayılarının betonarme taşıyıcı sistemlerin deprem performansına ve maliyetine etkileri, İnşaat Mühendisliği.
- Bessasona, B., Kaynia, A.M., 2002, Site amplification in lava rock on soft sediments, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 525–540.
- Bouckovalas, G.D., Kouretzis, G.P., 2001, Stiff soil amplification effects in the 7 September 1999 Athens (Greece) earthquake, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 671- 687.
- Choi, Y., Stewart, P.J., 2005, Nonlinear site amplification as function of 30m shear wave velocity, *Earthquake Spectra*, 21, 1–30.
- Damcıa, E., Temura, R., Bekdaşa, G., Sayınb, B., 2015, Damages and causes on the structures during the October 23, 2011 Van earthquake in Turkey, *Case Studies in Construction Materials*, 112–131.
- DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Diren, M., 2013, Titreşme dayalı hasar tespit ve sismik performans belirleme, Yüksek lisans tezi, Deprem Mühendisliği.
- Doğangün, A., Livaoğlu, R., 2006, A comparative study of the design spectra defined by Eurocode 8, UBC, IBC and Turkish Earthquake Code on R/C sample buildings, *Journal of Seismology* 10(3), 335-351.
- Ergin, M., Özalaybey, S., Aktar, M., Yalçın, M.N., 2004, Site amplification at AvcıVlar, Istanbul, *Tectonophysics*, 391, 335– 346.
- Fawzya, E.D., Arslana, G., 2015, Development of building damage functions for big earthquakes in Turkey, *Social and Behavioral Sciences*, 2290 – 2297.
- Finn, L.W.D , Ruz, F., 2015, Amplification Effects of thin soft surface layers: A study for NBCC 2015, *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, 37, 32-42.

- Finn, L.W.D., Wightman, A., 2003, Ground motion amplification factors for the proposed 2005 edition of the National Building Code of Canada, *2005 NRC Canada*, 272-278.
- Kamatchi, P., Rajasankar, J., Iyer, R.N., Lakshmanan, N., Ramana, G.V., Nagpal, A.K., 2010, Effect of depth of soil stratum on performance of buildings for site-specific earthquakes, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30, 647–661.
- Khanbabazadeh, H., 2014, Anakaya eğiminin zemin büyütmesine etkisi, Doktora tezi, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği.
- Kılıç, H., Özener, T.P., Ansal, A., Yıldırım, M., Özaydın, K., Adatepe, Ş., 2006, Microzonation of Zeytinburnu region with respect to soil amplification: A case study, *Engineering Geology*, 86, 238–255.
- Kuruoglu, M., Eskisar, T., 2015, Effect of local soil conditions on dynamic ground response in the southern coast of Izmir Bay, Turkey, *Russian Geology and Geophysics*, 56, 1201–1212.
- Lee, W.V., Trifunac, D.M., 2010, Should average shear-wave velocity in the top 30 m of soil be used to describe seismic amplification?, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30, 1250–1258.
- Özcep, T., Özcep, F., Özel, O., 2013, V_{s30} site amplifications and some comparisons: The Adapazari (Turkey) case, *Physics and Chemistry of the Earth*, 63, 92–101.
- Palermo, M., Silvestri, S., Gasparini, G., Trombetti, T., A statistical study on the peak ground parameters and amplification factors for an updated design displacement spectrum and a criterion for the selection of recorded ground motions, *Engineering Structure*, 79, 163-176.
- Pitilakis, K., Riga, E., Anastasiadis, A., 2012, Design spectra and amplification factors for eurocode 8, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1-24.
- Ruiz, S., Saragoni, G.R., 2009, Free vibration of soils during large earthquakes, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29, 1–16.
- Stewart, J., Choi, Y., Liu, A., 2002, Amplification factors for spectral acceleration in active regions, *PEER Annual Meeting Research Digest*, 14.
- Şafak, E., 2001, Local site effects and dynamic soil behavior, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 453- 458.
- Şişman, F.N., 2013, Zeminlerin dinamik özelliklerinin ve zemin büyütme faktörlerinin alternatif yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Deprem Mühendisliği.
- Tehranizadeh, M., Hamed, F., 2001, Influence of earthquake source parameters and damping on elastic response spectra, *Fourth International Conference On Recent Advances In Geotechnical Earthquake Engineering And Soil Dynamics*.

- Tezcan, S., Kaya, E., Bal, E.I., Özdemir, Z., 2002, Seismic amplification at Avcılar, Istanbul, *Engineering Structures*, 24, 661–667.
- T.C BAADYBDDDB (Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı), 2014, <http://www.deprem.gov.tr> [ziyaret tarihi: 23 Mayıs 2015].
- Trifunac, M., 1990, How to model amplification of strong earthquake motions by local soil and geologic site conditions, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 833-846.
- Tsang, H., Lam, T.K.N., Wilson, L.J., 2013, A design spectrum model featuring resonant-like soil-amplification, *Australian Earthquake Engineering Society Conference*, Kasım 2013, Hobart Tasmania.
- UBC Standard, 1997, UNIFORM BUILDING CODE, International Conference of Building Officials, California 90601-2298, P: 800-284-4406, <http://www.icbo.org>
- Wanga, S., Hao, H., 2002, Effects of random variations of soil properties on site amplification of seismic ground motions, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 551–564.
- Zaslavsky, Y., Shapira, A., Gorstein, M., Perelman, N., Ataev, G., Aksinenko, T., 2012, Questioning the applicability of soil amplification factors as defined by NEHRP (USA) in the Israel building standards, *Natural Science*, 631-639.
- Zembaty, Z., Rutenberg, A., 2002, Spatial response spectra and site amplification effects, *Engineering Structures*, 24, 1485–1496.
- Zhao, J.X., Zhang, J., Irikura, K., 2009, Side effect of using response spectral amplification ratios for soil sites—variability and earthquake-magnitude and source-distance dependent amplification ratios for soil sites, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29, 1262–1273.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Peyman AZİMİ
Uyruğu	İran
Doğum tarihi, Yeri	03-07-1990, MARAND
Telefon	05360681266
E-mail	peyman.azimi90@gmail.com

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı / Programı	Yılı
Lisans	AZARBAIJAN SHAHİD MADANI / İnşaat Mühendisliği	2012
Lise	Abureyhan / Fen lisesi	2008