



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**BETONARME SANAYİ BACALARINDA DEPREM
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE BU YAPILARIN DEPREM
YÜKLERİNE GÖRE HESABI**

Yüksek Lisans Tezi

Aslı ÇİÇEK

Danışman
Prof. Dr. Zeki KARACA

SAMSUN
2021

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**BETONARME SANAYİ BACALARINDA DEPREM
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE BU YAPILARIN DEPREM
YÜKLERİNE GÖRE HESABI**

Yüksek Lisans Tezi

Aslı ÇİÇEK

Danışman

Prof. Dr. Zeki KARACA

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Aslı ÇİÇEK tarafından, Prof. Dr. Zeki KARACA danışmanlığında hazırlanan “**Betonarme Sanayi Bacalarında Deprem Etkilerinin İncelenmesi ve Bu Yapıların Deprem Yüklerine Göre Hesabı**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.2.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan (Danışman)	Prof. Dr. Zeki KARACA Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Erdem TÜRKELİ Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümü		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza
13 /01 / 2021
Aslı ÇİÇEK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Betonarme Sanayi Bacalarında Deprem Etkilerinin İncelenmesi ve Bu Yapıların Deprem Yüklerine Göre Hesabı

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 13.01.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 25

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

İmza
13 /01 / 2021
Prof. Dr. Zeki KARACA

ÖZET

BETONARME SANAYİ BACALARINDA DEPREM ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE BU YAPILARIN DEPREM YÜKLERİNE GÖRE HESABI

Aslı ÇİÇEK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ocak/2021

Danışman: Prof. Dr. Zeki KARACA

Bacalar, sanayi tesislerinde oluşan atık gazların atmosfere salınımını sağlayan yapılardır. Sanayinin hızla gelişmesine paralel olarak, endüstriyel tesislerin ve dolayısıyla atık gaz salınımı büyüklüklerinde ciddi anlamda artışlar meydana gelmiştir. İlk başlarda orta yükseklikteki bir baca ile bu salınım rahatlıkla sağlanabiliyorken, çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin artması ve insan sağlığı ile ilgili yasal mevzuatların zorlamasıyla, daha yüksek bacaların inşa edilmesi zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde, 300-400 metre arasında yüksekliğe sahip betonarme sanayi bacaları bulunmaktadır. Baca yüksekliklerindeki bu artış ise, bacaların deprem etkileri karşısında daha da narin yapılar hale gelmesine sebep olmuştur. Bu çalışmanın temel amacını, farklı standartlarda sunulan ivme spektrumlarını kullanarak, yükseklikleri birbirinden farklı betonarme sanayi bacaları üzerinde oluşan deprem etkileri sonucunda oluşan tepe yerdeğiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi oluşturmaktadır.

Bu sebeple, çalışmanın birinci bölümünde, Türkiye'nin depremselliği ve betonarme sanayi bacaları ile ilgili genel bilgiler verilmekte ve çalışmanın amacı ve kapsamı üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde, teknik literatür taramasının yanında, deprem kuvvetlerinin hesaplanması ve tezin literatüre katkısı konularına değinilmektedir. Üçüncü bölüm, çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin sunulduğu kısımdır. Dördüncü bölümde, söz konusu bacaların farklı standartlarda sunulan ivme spektrumlarına göre yapısal analizleri gerçekleştirilmekte ve elde edilen sonuçlarla bacaların dinamik karakteristikleri arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmaktadır. Çalışmanın bütününden çıkartılabilecek sonuç ve öneriler, beşinci bölümde özetlenmekte ve bu son bölümü kaynaklar dizini izlemektedir. Elde edilen sonuçlar, bacaların tepe yerdeğiştirmeleri ve taban kesme kuvvetlerinin yüzdesel artış oranlarının, 1. mod yüzdesel artış oranları ile yakından ilişkili olduğunu ve baca tipi yapılarda bile, 1. modun, bacanın deprem davranışını yeterli yaklaşıklıkla temsil edebildiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Betonarme, Sanayi Bacaları, Deprem, Deprem Yönetmelikleri, Spektrum, Yapısal Analiz

ABSTRACT

ANALYZING EARTHQUAKE EFFECTS ON REINFORCED CONCRETE CHIMNEYS AND CALCULATION OF THESE STRUCTURES ACCORDING TO EARTQUAKE LOADS

Aslı ÇİÇEK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Master, January, 2021

Supervisor: Prof. Dr. Zeki KARACA

Chimneys are structures that release the waste gases generated in industrial facilities to the atmosphere. In parallel with the industry's growth development, there has been a significant increase in the size of industrial facilities and therefore waste gas emissions. While this emission could be achieved easily with a medium height chimney at first, it has become necessary to construct higher chimneys with the increase of the negative effects of environmental pollution on human health and the enforcement of the legal regulations on human health. Today, there are reinforced concrete industrial chimneys with a height of 300-400 meters. This increase in chimney heights caused the chimneys to become more delicate structures in the face of earthquake effects. The main purpose of this study is to determine the earthquake effects on reinforced concrete industrial chimneys with different heights by using the acceleration spectra presented in different standards and to evaluate the dynamic characteristics of the chimneys on the top point displacements and base shear forces caused by earthquake.

Therefore the first part of the study, Turkey's general overview about seismicity and concrete industrial chimneys and focuses on the purpose and scope of the study. In the second part, besides the technical literature review, the subjects of the calculation of earthquake forces and the contribution of the thesis to the literature are discussed. The third part is the section where the materials and methods used in the study are presented. In the fourth part, structural analyzes of the said chimneys are carried out according to the acceleration spectra presented in different standards, and the relationship between the results obtained and the dynamic characteristics of the chimneys is tried to be determined. The conclusions and suggestions that can be derived from the whole study are summarized in the fifth part, and this last part is followed by the index of resources. The results show that the percentage increase in the top point displacements and the base shear forces of the chimneys are closely correlated to the 1st mode percent increase rates, and even in the chimney type structures, the 1st mode can represent the earthquake behavior of the chimney with sufficient approximation.

Keywords: Concrete, Reinforced Concrete, Earthquake, Industrial Chimneys, Structural Analysis

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamda, tez konusu belirlenmesinden bitimine kadar geçen tüm süreçte her türlü yardım, destek ve ilgisini benden esirgemeyen birikimleriyle çalışmama yön veren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zeki KARACA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez Savunma Jürisinde yer alarak tezimi değerlendiren ve değerli bilgi birikimleriyle bana ışık tutan değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Erdem TÜRKELİ ve Sayın Dr. Öğretim Üyesi Sertaç TUHTA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca üzerimde emeği geçen tüm Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte bana gösterdiği anlayış, sabır ve destekleri için Beltaş Yapı Elemanları Genel Müdürü Sayın Gökhan GÖK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, her zaman destek ve dualarını hissettiğim sevgili annem Sevcan ÇİÇEK'e sevgili babam Hasan ÇİÇEK'e ve bu süreçte hep yanımda olup motivasyon kaynağım olan biricik abim Ali ÇİÇEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Aslı ÇİÇEK

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı.....	7
2. GENEL BİLGİLER	8
2.1. Betonarme Sanayi Bacalarına Etkiyen Deprem Kuvvetlerinin Hesaplanması ..	8
2.2. Kaynak Özetleri	10
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	14
3.1. Çalışmada Kullanılan Betonarme Baca Modelleri Hakkında Bilgiler	14
3.2. Tezde Kullanılan Yönetmelikler	16
3.2.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (BİB, 2007).....	16
3.2.1.1. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı...16	
3.2.1.1.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı.....16	
3.2.1.1.2. Bina Önem Katsayısı.....17	
3.2.1.1.3. Spektrum Katsayısı.....18	
3.2.1.1.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları.....18	
3.2.1.2. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....19	
3.2.2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (AFAD, 2018).....19	
3.2.2.1. Deprem Tehlike Haritaları.....19	
3.2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....19	
3.2.2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi - 1 (DD-1).....19	
3.2.2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi - 2 (DD-2).....19	
3.2.2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi - 3 (DD-3).....20	
3.2.2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi - 4 (DD-4).....20	
3.2.2.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....20	
3.2.2.3.1. Tanım	20
3.2.2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....20	
3.2.2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları.....21	
3.2.2.3.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....22	
3.2.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları.....23	
3.2.4. CICIND 2001 Yönetmeliğı (CICIND, 2001).....25	
3.2.5. Eurocode 8 Yönetmeliğı (CEN TC 250, 2004).....27	
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Baca Modellerinin Yapısal Analizleri Hakkında Bilgiler.....	30
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42

KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

a	Bacanın inşa edildiği yerdeki maksimum yer ivmesi
a_g	Boyutlama yer ivmesi
$a_s(T)$	Boyutsuzlaştırılmış ivme davranış spektrumu
A_0	Etkin yer ivme katsayısı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
B	Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan bir katsayı
C_{ij}	Modal ilgileşim matrisi
$F_S F_1$	Yerel zemin etki katsayıları
g	Yerçekimi ivmesi
I	Yapı önem katsayısı
$k_1 k_2$	Spektrum değerlerini etkileyen katsayılar
R	Yapı davranış katsayısı
R_{ij}	Etkileşimi incelenen modalara ait frekansların oranı
S	Zemin türüne bağlı olarak zemin katsayısı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	Elastik spektral ivme
$S_e(T)$	Elastik davranış spektrumu
$S_S S_1$	Harita spektral ivme katsayıları
$S_{DS} S_{D1}$	Tasarım spektral ivme katsayıları
T	Doğal titreşim periyodu
$T_A T_B$	Spektrum karakteristik periyotları
$T_B T_C$	Spektral ivmenin sabit değerinin sınırları
T_D	Sabit yer değiştirme spektrumunun başlangıcı
T_L	Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
V_S	Kayma dalga hızı
V_{tB}	Mod birleştirilmesinden elde edilen deprem yükü
V_{tB}	Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan deprem yükü
β	Zemine bağlı üs parametresi
β_b	Mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
β_0	%5 sönüm için spektral büyütme katsayısı
η	Sönüm düzeltme katsayısı
ξ	Sönüm oranı

KISALTMALAR

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BİB	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
CICIND	Comité International des Cheminées Industrielles
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
KOERİ	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
QCQ	Tam Karesel Birleştirme Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

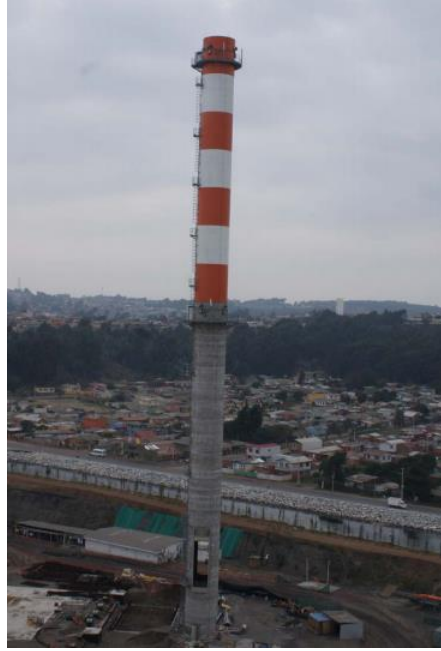
Şekil 1.1. Campiche Güç İstasyonu'nun 95 metrelik betonarme bacası	1
Şekil 1.2. Belchatov (Polonya) Güç İstasyonu'nun 295 metrelik betonarme bacası....	2
Şekil 1.3. Jiangsu'da (Çin) bulunan güç istasyonunun 240 metrelik betonarme bacası.2	
Şekil 1.4. Tüpraş rafinerisinin 115 metrelik betonarme bacası.....	3
Şekil 1.5. 1976'daki Tangshan depreminin yarattığı hasardan bir görüntü.....	3
Şekil 1.6. Tüpraş Rafinerisinin 115 metrelik yıkılan betonarme bacası.....	4
Şekil 3.1. 75 metrelik betonarme sanayi bacasının matematik modelinin SAP2000 paket programında oluşturulması.....	15
Şekil 3.2. Elastik İvme Spektrumu.....	18
Şekil 3.3. Yatay elastik tasarım ivme spektrumu.....	22
Şekil 3.4. Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeleri $S_{de}(T)$	23
Şekil 3.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması.....	24
Şekil 3.6. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması Özet Rapor.....	24
Şekil 3.7. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	25
Şekil 3.8. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu.....	25
Şekil 3.9. CICIND 2001'e göre zemin sınıfları için boyutsuzlaştırılmış ivme davranış spektrumları.....	26
Şekil 3.10. Eurocede 8' e göre zemin sınıfları için boyutsuzlaştırılmış boyutlama spektrumları.....	28
Şekil 4.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'e (2007) göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu.....	33
Şekil 4.2. CICIND 2001'e göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu.....	33
Şekil 4.3. Eurocode'a göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu.....	34
Şekil 4.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (2018) göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu.....	34
Şekil 4.5. Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılması.....	35
Şekil 4.6. Tepe yerdeğiştirmelerinin birbirini izleyen bacalar için yüzdesel artışını gösteren grafik.....	40
Şekil 4.7. Taban kesme kuvvetlerinin birbirini izleyen bacalar için yüzdesel artışını gösteren grafik.....	40

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye’de meydana gelen bazı depremler.....	6
Tablo 3.1. Yapısal çözümlemesi yapılan bacaların geometrik özellikleri.....	16
Tablo 3.2. Etkin yer ivmesi Katsayısı (A_0).....	17
Tablo 3.3. Bina önem katsayısı (I).....	17
Tablo 3.4. Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	18
Tablo 3.5. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	21
Tablo 3.6. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	21
Tablo 3.7. CICIND 2001’e göre zemin durumu ve zemin derinliğine bağlı olarak zemin türünün belirlenmesi.....	26
Tablo 3.8. CICIND 2001’e göre zemin özellikleri için zemin sınıfları.....	27
Tablo 3.9. CICIND 2001’e göre zemin türleri için S ve β katsayıları.....	27
Tablo 3.10. Değiştirilmiş Mercalli Ölçeğine (IMM) göre maksimum yer ivmeleri....	27
Tablo 3.11. Eurocode 8’e göre zemin grupları için bazı parametreler.....	29
Tablo 4.1. Bacaların 1. mod doğal periyot ve frekansları.....	30
Tablo 4.2. 75 metrelik baca için X ve Y yönlerinde toplam kütle katılım oranları....	31
Tablo 4.3. Tüm bacalar için X ve Y yönlerinde toplam kütle katılım oranları.....	31
Tablo 4.4. TBDY 2018’e göre elde edilen spektrum raporu değerleri.....	35
Tablo 4.5. Bacaların farklı spektrumlar ve zemin sınıflarına göre elde edilen tepe yerdeğiştirmeleri.....	36
Tablo 4.6. Bacaların farklı spektrumlar ve zemin sınıflarına göre elde edilen taban kesme kuvvetleri.....	37
Tablo 4.7. Bacaların tepe yerdeğiştirmelerinin ve modal periyotlarının birbirini takip eden baca yükseklikleri için yüzdesel artış oranları.....	38
Tablo 4.8. Bacaların taban kesme kuvvetlerinin ve modal periyotlarının birbirini takip eden baca yükseklikleri için yüzdesel artış oranları.....	39

1.GİRİŞ

Betonarme sanayi bacaları, endüstriyel fabrikaların en önemli elemanlarından birisi olup, duman ve atık gazların atmosfere taşınmasına olanak sağlarlar. Sanayinin hızla gelişmesi daha büyük fabrikaları ve bunun sonucu olarak da daha büyük endüstriyel tesisleri beraberinde getirmiştir. Söz konusu bu büyüme, atık gaz salınımını arttırmış ve çevre kirliliği, insan sağlığını tehdit edecek düzeyde artmıştır. Sebep olunan hava kirliliğini engellemek ve atık gazların insan üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için daha yüksek sanayi bacaları inşa edilmiştir. Ayrıca, çevre ve insan sağlığı ile ilgili yasal mevzuatlar da daha yüksek bacaların inşa edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu aşamada, sanayi bacalarının da boyut ve yükseklikleri artmıştır. Önceleri boyut ve yükseklikle ilgili olarak sınırlı bacalar inşa edilebiliyorken, gelişen teknoloji ile bu sınır ortadan kalkmış ve yüksekliği 300-400 metreye ulaşan bacalar inşa edilmiştir. Şekil 1.1-1.4'te, Türkiye'de ve dünyada inşa edilmiş çeşitli yüksekliklerdeki betonarme sanayi bacaları gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Campiche Güç İstasyonu'nun 95 metrelik betonarme bacası (Wilson, 2010)



Şekil 1.2. Belchatov (Polonya) Güç İstasyonu'nun 295 metrelik betonarme bacası (Gorski, 2015)



Şekil 1.3. Jiangsu'da (Çin) bulunan güç istasyonunun 240 metrelik betonarme bacası (Zhou vd., 2015)



Şekil 1.4. Tüpraş rafinerisinin 115 metrelik betonarme bacası (Huang vd., 2004)

Yükseklüğün artması ile beraber, betonarme sanayi bacalarının narinlikleri de artmış, deprem ve rüzgâr gibi doğanın yıkıcı yükleri karşısında daha da savunmasız hale gelmiştir. Geçmişte oluşan şiddetli rüzgâr veya depremlerde, birçok betonarme sanayi bacası ağır hasar görmüş veya yıkılarak kullanılamaz hale gelmiştir. Burada, yalnızca depremlerde hasar gören betonarme sanayi bacalarına birkaç örnek verilmiştir. 1976'da oluşan 7.8 büyüklüğündeki deprem sonrasında, Tangshan'daki (Çin) bir santralde bulunan 180 metre yüksekliğindeki betonarme bacada 20-30 mm genişlikteki çatlaklar ortaya çıkmış ve baca aynı günün öğleden sonraki 7.1 büyüklüğünde artçı şok nedeniyle, 130.5 m seviyesinden yıkılmıştır (Wang vd., 2019).



Şekil 1.5. 1976'daki Tangshan depreminin yarattığı hasardan bir görüntü (Jin, 2015)

7.4 büyüklüğündeki 1999 Kocaeli Depremi'nde, Tüpraş Rafinerisi'nin 115 metrelik betonarme bacası (Şekil 1.4), boşluk bölgesinden kırılarak yıkılmış ve kullanılamaz hale gelmiştir. Bu durum, Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Tüpraş Rafinerisi'nin 115 metrelik yıkılan betonarme bacası (Huang vd., 2004)

Buradan da anlaşılacağı üzere, büyük depremler sonrasında betonarme sanayi bacalarının yıkılması veya çalışamayacak düzeyde hasar görmesi, hem can güvenliği hem de endüstriyel fabrikaların üretim süreçlerinin durması açısından son derece önemlidir. Tüm bu sebeplerden dolayı, betonarme sanayi bacalarının dinamik deprem davranışlarının belirlenmesi, hayati önemi arz etmektedir. Burada, depremler hakkında genel bilgiler sunmak da yerinde olacaktır.

Depremler kökeni yerin içinde olan yer kabuğu hareketleridir. Ani oluşlarından ve çoğu kez büyük ölçüde can ve mal kaybına sebep olduklarından insanları çok korkutan doğal afetlerden biridir. Depremler “çökme” , “volkanik” ve “tektonik” depremler olmak üzere sınıflandırılırlar. Bunlardan çökme ve volkanik depremler yereldir. Çökme depremleri, yer kabuğu yapısının kalker ve jips gibi eriyebilen kayalardan oluştuğu yerlerde, yer içindeki mağaraların zamanla tavanlarının incelerek çökmeleri sonucu meydana gelirler. Yerleşim yerlerine rastladığı takdirde can ve mal kaybına sebep olurlar. Volkanik depremler, çoğu zaman yanardağlar

faaliyete geçeceği zaman, adeta volkanik aktivitenin habercisi olarak meydana gelirler ve yakın çevrelerinde zararlı olurlar. Tektonik depremler ise, yer kabuğunun hareketli kısımlarında meydana gelirler. Çeşitli sebeplerle yerin derinliğinde dengenin bozulmaya hazır hale gelmesi ya da yer kabuğundaki gerilmeler gibi olaylarla oluşan potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesiyle “tektonik depremler” hasıl olur ve büyük felaketler meydana gelir (Özdoğan, 1993).

Ayrıca, sismik aktivite ile kastedilen meydana geldiği alandaki depremin frekansı, türü ve büyüklüğüdür. Depremi ölçen aletler sismograf olarak adlandırılmaktadır. Bilinen ilk sismoskop Çinli bir filozof olan Chang Heng tarafından M.S.132 yılında icat edilmiştir. Bu alet ayaklı bir vazo üzerine eşit aralıklarla olacak şekilde yerleştirilmiş 8 adet ejderha başı ile vazunun ayaklarına yerleştirilmiş 8 adet kurbağadan oluşmaktadır. Kurbağaların ağzı açık ve ejderhalara doğru dönüktür. Deprem meydana geldiğinde ejderlerden bazıları ağızlarında bulunan bilyeyi kurbağaların ağzına düşürür. İşte düşen bu bilye hangi ejdere aitse sarsıntının doğrultusu o yöndedir (Koeri, 2018).

Deprem oluşum mekanizmasının ve yayılım ortamının sunduğu şartlarla şekillenen yer hareketi hem yatayda hem de düşeyde önemli kuvvetlerle mühendislik yapılarını etkilerler. Depremin yatay bileşeni etkisinde yapı ve elemanlarının üzerine çalışmalar daha yoğun olup, düşey bileşen etkisinde çalışmalar daha sınırlı kalmıştır. Bunun sebebi olarak iki madde sıralanabilir. Birincisi, kaydedilmiş mevcut kayıtlara bakıldığında genelde yatay bileşenin düşey bileşenden daha yüksek ivme değerleri üretmesi, ikincisi ise, yapı tasarımında düşey yükler altında büyük bir emniyet katsayısı uygulanmasının yeterli olduğunun düşünülmesidir (Eren vd., 2015).

Depremler hakkında genel bilgiler verildikten sonra, Türkiye'nin depremselliğine değinmekte de fayda bulunmaktadır. Türkiye, deprem riski ve tehlikelerinin fazla görülmeye müsait olduğu bir ülkedir. Bunun başlıca nedeni, Türkiye'nin genç bir ülke oluşudur. Genç olduğu için arazi oturmamıştır ve hareket halindedir. Bilindiği gibi Türkiye aktif deprem kuşağı olan Akdeniz ve Alp-Himalaya kuşakları üzerindedir. Batıda Tekirdağ'dan, doğuda Bingöl'e uzanan Kuzey Anadolu fayı ve güneyde Hatay'dan başlayarak Erzincan çevrelerinde Kuzey Anadolu fayı ile kesişen Doğu Anadolu fay hatlarının varlığı deprem risklerini artırmaktadır. Bunların yanında Türkiye, batıda pek çok faydan oluşan Ege Graben Sistemi'ne de ev sahipliği

yapmaktadır. Bu ana fay hatlarının dışında farklı bölgelerimizde; Niksar-Erbaa fayı, Sultandağı fayı, Ecemiş fayı gibi aktif fay hatları da mevcuttur (Küçük, 2020).

Türkiye arazilerinin neredeyse tamamı, deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu tehlikenin can ve mal güvenliği bakımından önemli riskler taşıdığı bilinmektedir. İnsanlar yaşamları boyunca kullanıma elverişli olması açısından bol alüvyonlu, su kaynaklarına ve termal kaynaklara yakın bölgeleri yerleşimlerine uygun olarak seçmişlerdir. Nüfus yoğunluğu bu bölgelerde artmıştır. Ancak bu bölgeler fay hatlarının varlığı dolayısıyla riskli alanları oluşturmuşlardır. Türkiye için de bu durum geçerli olup nüfusun yaklaşık %98'i deprem tehlikesi olan bölgelerde yaşamaktadır. Nüfus buralarda yoğunlaştığı için yaşamı ve ekonomik faaliyetleri oluşturan sanayi tesisleri, enerji santralleri, köprüler, tüneller, okullar, hastaneler, petrol rafinerileri ve toplu konutlar buralarda inşa edilmiştir. Başta İstanbul, Kocaeli, Bursa, İzmir gibi büyükşehirlerde olmak üzere yoğun yapılaşma ve kentleşmenin olduğu bu alanlar depremin yıkıcı etkilerinin kırsallardaki dağınık ve basit yerleşimlere kıyasla çok daha fazla olacağı bilinmektedir (Küçük, 2020).

Tablo 1.1'de, Türkiye'de yıllar içerisinde oluşan büyük depremler gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye'de meydana gelen bazı depremler (Tuna, 2000)

Tarih	Yer	Büyükklük	Can Kaybı
7.05.1930	Hakkari	7.2	2.514
26.12.1939	Erzincan	7.4	39.000
10.09.1941	Van-Erciş	192	6
20.12.1942	Erbaa	7	3.000
20.06.1943	Adapazarı-Hendek	6.6	336
26.11.1943	Ladik	7.6	2.300
1.02.1944	Bolu-Gerede	7.3	3.959
17.08.1949	Karlıova	6.7	450
18.03.1953	Yenice-Gönen	7.2	265
19.08.1966	Varto	6.9	2.400
28.03.1970	Gediz	7.2	800
22.05.1971	Bingöl	6.8	878
6.09.1975	Diyarbakır-Lice	6.6	2.385
24.11.1976	Çaldıran	7.5	3.840
5.06.1905	Erzurum	6.9	1.155
13.03.1992	Erzincan	6.8	653

Tablo 1.1. Türkiye’de meydana gelen bazı depremler (Tuna, 2000) (devamı)

Tarih	Yer	Büyükölük	Can Kaybı
27.06.1998	Adana-Ceyhan	6.7	145
17.08.1999	Marmara	7.4	45.000
12.11.1999	Düzce	7.2	845
3.02.2002	Afyon-Sultandağı	5.8-6.5	44
1.05.2003	Bingöl	6.4	176
2.07.2004	Ağrı-Doğubeyazıt	5.2	18
8.03.2010	Elazığ	6.1	41
23.10.2011	Van-Tabanlı	7.2	601
9.11.2011	Van-Edremit	5.6	40
24.01.2020	Elazığ	6.7	44
30.10.2020	İzmir	6.6	114

Tablo 1’den de anlaşılabilceğı üzere, yıkıcılığı fazla olan depremlere, Türkiye’de sıkça rastlanılmaktadır. Ayrıca, Tablo 1’den görülebileceğı üzere, Türkiye’nin yalnızca bir bölgesinde değıil, çeşitli bölgelerinde, şiddeti 7 veya daha büyük olan depremler görülebilmektedir. Bu sebepten dolayı, Türkiye’nin tüm bölgelerinde, betonarme sanayi bacalarının tasarım ve yapımında, çok dikkatli olunması gerekmektedir.

1.1.Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacını, betonarme sanayi bacaları üzerinde oluşan deprem etkilerinin farklı standartlarda sunulan ivme spektrumları kullanılarak belirlenmesi ve bacaların dinamik karakteristiklerinin söz konusu deprem etkileri sonucunda oluşan içsel kuvvetler üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi oluşturmaktadır.

Bu amaçla, birinci bölümde, betonarme sanayi bacaları ve depremlerle ilgili genel bilgiler verilmekte, Türkiye’nin depremselliğı üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde, konu ile ilgili olarak, teknik literatürde bulunan çalışmalar irdelenmekte ve bu çalışmanın teknik literatüre sunacağı katkı üzerinde durulmaktadır. Üçüncü bölüm içerisinde kullanılan materyal ve yöntemler üzerinde durulmakta, dördüncü bölümde ise betonarme sanayi bacalarının farklı standartlarda sunulan ivme spektrumlarına göre yapısal analizleri gerçekleştirilmekte ve gerekli karşılaştırılmalar yapılmaktadır. Sonuç bölümünde ise, çalışmanın tümünden çıkartılabilecek genel hükümler üzerinde durulmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Betonarme Sanayi Bacalarına Etkiyen Deprem Kuvvetlerinin Hesaplanması

Depremler yer kabuğunda bulunan kaynaklardan ani çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak yeryüzünü sarsmasıdır. Bu sarsılmalar ile zeminde oluşan titreşimlerin yapıya aktarılması yapılarda deprem etkilerini meydana getirmektedir. Bu etkiler zemindeki harekete göre farklılıklar göstermektedir. Çünkü yapının kendi kütlelerinin depreme tepki olarak koyduğu eylemsizlik kuvveti mevcuttur. Zemin hareketleri de farklı değişkenlere bağlıdır. Yapının depremde oluşturduğu tepkiyi etkileyen en önemli faktörler ise yapıların kütlesi, sönüm özellikleri ve rijitliğidir. Deprem yüklerinin belirlenebilmesi ve yapılara etkilerinin irdelenebilmesi için bilinen tüm zamanlarda dünyadaki aktif deprem kuşaklarında oluşan depremlere ait bilgilerden faydalanılmaktadır. Bu bilgiler ile gerçekleştirilen yapısal çözümler, yürürlüğünü sürdüren deprem yönetmeliklerinde öngörülen deprem yüklerine göre tasarlanmış olan betonarme yapıların elastik ötesi davranışa itilerek hasar görmeye mecbur edilmiş olduklarını ortaya koymaktadır. Deprem yönetmelikleri, deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkelerde inşası yapılacak tüm yapıların hesap, yapım ve kullanım kurallarının belirlenmesinde kullanılır. Deprem etkisinde kalan bir betonarme sanayi bacasının yatay yüklere göre hesabı için genelde kullanılan yöntemler (Öz, 2007);

- 1) Eşdeğer deprem yükü yöntemi
- 2) Mod birleştirme yöntemi
- 3) Zaman tanım alanında hesap yöntemleridir.

Bu çalışmada, modların birleştirilmesi yani süperpozisyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre, bacanın davranışı dinamik serbestlik derecesi sayısı kadar birbirinden bağımsız tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışının lineer birleşimi ile belirlenir. Yapının herhangi bir yüksekliğindeki kesme kuvveti, yapının o yükseklikteki kütlelerine, yükseklik boyunca doğrusal olduğu kabul edilen titreşim genliğine ve yapıdaki deformasyonuna bağlıdır. Bu yöntemde yer değiştirmeler ve maksimum iç kuvvetler yapıdaki yeterli sayıda doğal titreşim modlarının hepsi için hesaplanan, maksimum değerlerin istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmiş

olur. Eğer yatay kuvvetler elastik olmayan deformasyonlar oluşturmayorsa her modun sonucunda meydana gelen kuvvetlerin sũperpozisyonu ile bulunur. Modların Sũperpozisyonu Yöntemi yönetmeliklerde yerini almış olup yapıların deprem kuvvetlerine karşı göstermiş oldukları davranışı oldukça gerçeği bir biçimde yansıttığı kabul edilebilir. Yapıların dinamik etkiler altında gösterdiği davranışı, dinamik serbestlik derecesi ile aynı sayıda ya da daha az sayıdaki birbirinden bağımsız tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışlarının, doğrusal kombinezonu ile belirlenir. Burada ikinci mertebe etkileri ve sũnũm kuvvetleri hesaba katılabilirse de malzemenin lineer elastik olması zorunludur. Bu yöntem doğrusal elastik hesapta geçerli bir yöntemdir. Kule tipi yapılar ve bunların bir kolu olan bacalarda kullanılan modların sũperpozisyonu yöntemine göre hesap sırasında 3 mod kullanılırsa etkin kũtle katılım oranının sağlanamadığı gũrũlmũřtũr. Bundan dolayı etkin kũtle katılım oranının sağlanabilmesi için en çok mod kullanılan yapıların kule tipi yapılar ve bacalar olduğu gũrũlmũřtũr. Ayrıca bu yapılar içinde toplam kũtle katılım oranının %95'den daha bũyũk olması şartı, mod sayısının belirlenmesine esas oluşturan koşul olarak ortaya çıkmaktadır. İlk 3 modun kullanılarak elde edildiği kesme kuvvetlerinde, bazen %15'e ulaşan hatalı sonuçlar gũrũlmũřtũr. Bu sebeple baca ve kule tipi yapılarda daha fazla sayıda mod kullanılmalıdır. Bu çalışmada da sũz konusu bacaların ilk 12 modu dikkate alınmıştır. Ayrıca, bu çalışmada tam karesel birleştirme yöntemi (QCQ) de tercih edilmiştir. Bu yöntemle göre, mod katkılarının birleştirilmesi için karelerin toplamının karekũkũ kuralı uygulanır. Bu kuralı uygularken kullanılacak çapraz iliğeşim katsayılarının hesabında, modal sũnũm oranları bũtũn titreşim modları için %5 olarak alınacaktır. β_b mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir bũyũklũk, B ise mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan bũyũklũklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan bir katsayı olsun. Dikkate alınan deprem yũnũnde mod birleştirilmesinden elde edilen deprem yũkũ V_{tB} 'nin Eşdeğer deprem yũkũ yöntemi ile hesaplanan deprem yũkũ V_t 'ye oranı β değerinden kũũk olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), mod birleştirme yöntemine göre bulunan iç kuvvetler ve yer değiştirmeler;

$$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B \quad (2.1)$$

denkleminde göre bũyũtũlecektir. Yönetmeliklerde verilen A1, B2, B3 tũrũ dũzensizlikler den en az birinin yapıda bulunması durumunda $\beta=1$, bu dũzensizliklerin hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0,9$ değerini alınacaktır. Modalar arası

etkileşimleri de dikkate alan bu yöntem, birleştirmeyi modal ilgileşim katsayıları bazında yapar. Modal ilgileşim matrisi [C] aşağıdaki ilgileşim katsayılarından oluşur;

$$C_{ij} = 8\beta^2(1+R_{ij}) R_{ij}^{3/2} / [(1-R_{ij}^2) + 4R_{ij}\beta^2(1+R_{ij})] \quad (2.2)$$

elde edilir. Burada β yapısal sönüm oranını, R_{ij} etkileşimi incelenen modalara ait frekansların oranıdır. $R_{ij} = w_i / w_j$, bu katsayıların hesaplanması ile toplam tesir;

$$T = (\{T\}^T [I] \{T\})^{1/2} = (T_i C_{ij} T_j)^{1/2} \quad (2.3)$$

olarak yazılır. CQC yöntemi dinamik açıdan etkin olan modlarına ait periyotları birbirine çok yakın olan yapılarda önemlidir (Öz, 2007).

2.2. Kaynak Özetleri

İnce (1997), betonarme bacalar ve bacayı oluşturan yapısal elemanlar hakkında genel bilgiler vererek, örnek bir bacanın tasarımını, DIN 4705'e göre gerçekleştirmiştir.

Gürgen (1997), betonarme sanayi bacasının, elastik hesabı ile taşıma gücü yöntemine göre statik ve dinamik hesabı baca gövdesinden başlayarak temel dahil olmak üzere hesap esaslarını belirlemiş ve bilgisayar programları geliştirmiştir. Çalışmasında ACI 1979 ve ACI 1995 standartlarını esas almıştır.

Wilson (2002), 115 m ve 300 m arasında değişen yüksekliğe sahip bacalar için deprem analizi yapmıştır.

Wilson (2003), deneysel bir programdan elde edilen sonuçları, uzun betonarme baca yapılarının elastik olmayan tepkisini değerlendirmek için, doğrusal olmayan bir dinamik analiz yöntemi geliştirmek için kullanmıştır.

Aliyazıcıoğlu (2004), çalışmasında betonarme bacaların gelişimi, yapım amaçları, diğer baca türlerine göre üstünlükleri gibi genel bilgilerden bahsetmiş ve bir baca modeli üzerinde, rüzgar ve deprem gibi dinamik yükleri hesaplayarak, yapısal çözümler gerçekleştirmiştir.

Nuhoğlu ve Şahin (2005), yaptıkları çalışmalarında sanayi bacaları ve minarelerin deprem ve rüzgâr tesirindeki dinamik davranışlarını incelemişlerdir.

Huang ve Gould (2007), 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde, Tüpraş Rafinerisi'nde bulunan ve gövde boşluğu bölgesinden yıkılan 115m yüksekliğindeki betonarme bacayı incelemişlerdir.

Öz (2007), betonarme bacalar hakkında genel bilgiler vermiş, betonarme bacalarda deprem ve rüzgâr yüklerini incelemiş, ayrıca betonarme bacaların yapısal analizi için doğrusal ve doğrusal olmayan çözümlene yöntemlerinden de bahsetmiştir.

Wilson (2009), cidarlarında açıklık bulunan tipik betonarme sanayi bacası kesitleri üzerinde çevrimsel yük deneyleri gerçekleştirmiş ve elde ettiği sonuçları, cidarlarında açıklık bulunmayan betonarme sanayi bacası kesitleri ile karşılaştırmıştır.

Türkeli (2009), yaptığı çalışmasında narin betonarme sanayi bacaları hakkında genel bilgiler vermiş, farklı standartlara göre narin betonarme sanayi bacaları üzerinde, rüzgâr yüklerini analiz ederek bu sonuçları karşılaştırmalı olarak sunmuştur.

Akıncı (2009), 17 Ağustos 1999 depreminde yıkılan 115 m yüksekliğindeki betonarme bacanın yıkılmasının nedenleri üzerinde durmuştur.

Şengün (2010), betonarme sanayi bacalarının bilgisayar destekli tasarımını yapmıştır.

Karaca ve Türkeli (2010), çalışmalarında 10 adet betonarme sanayi bacası hakkında genel bilgiler sunmuş, rüzgâr yüklerinin hesaplanması için kullandıkları ACI 307/98, CICIND 2001, DIN 1056, Eurocode 1 ve TSE 498 standartları hakkında genel bilgiler vermiş ve bu standartlara göre hesapladıkları rüzgâr yüklerini karşılaştırmışlardır.

Karaca ve Türkeli (2014), ACI 307/98, CICIND 2001, DIN 1056, TS 498 ve Eurocode 1 standartlarını kullanarak, 10 adet betonarme sanayi bacasının narinliklerinin rüzgâr kuvvetleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu tezde de, söz konusu çalışmada kullanılan 10 adet betonarme sanayi bacasının, farklı tepki spektrumları kullanılarak deprem davranışı belirlenmeye çalışılmıştır.

Karaca vd. (2015), fiber polimer takviyeli güçlendirmenin betonarme sanayi bacalarının dinamik tepkileri üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirlemiştir.

Zhou vd. (2015) mevcut betonarme sanayi bacasının kırılma davranışını incelemiştir. Bunun için, 240 metrelik bir baca modellenmiş ve lineer olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, yapılmış olan kırılma analizinin, betonarme baca yapısının önemli bir süneklik kapasitesine sahip olduğunu ve bazı yapısal hasarlarla güçlü bir depreme dayanabildiğini ortaya koymuştur.

Elias vd. (2016), çalışmalarında, dağıtımli ayarlanmış kütle sönümleyicilerin betonarme sanayi bacalarının depremler altındaki çok modlu kontrolü için etkilerini incelemişlerdir. Bunun için, geometrik olarak düzenli ve düzensiz olan betonarme bacaları, çatlak oluşmuş ve oluşmamış durumlar için seçilmiştir.

Türkeli vd. (2017), uluslararası standart olan CICIND 2001 ve gerçek kaydedilmiş deprem ivmelerini kullanarak betonarme sanayi bacalarının yapısal rüzgâr ve deprem analizlerini yapmıştır. Çalışmada, baca gövdesinde bulunan boşlukların, çekme ve kesme gerilmelerinin artışında büyük etkisi olduğu ortaya konulmuştur.

Kılıç (2017), betonarme baca kesitinin tekrarlı yükleme altındaki davranışını, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmada, tekrarlı yüklere maruz kalan ve gövdesinde geniş hava boşluklarına sahip bacaların, deprem yükleri altındaki performansları sunulmuştur.

Zhou vd (2019), yüksek betonarme sanayi bacalarının en narin bölgelerini ortaya çıkarmak için bölünmüş kırılabilirlik analizi yöntemini uygulamışlardır. Bunun için, 240 metrelik bir betonarme sanayi bacası modellenmiş ve ABAQUS bilgisayar programında analizleri gerçekleştirilmiştir.

Patel ve Rao (2019), çalışmalarında farklı konik bacaların sismik davranışını, değişen yükseklik/alt çap oranı ve değişen alt çap/alt kabuk kalınlık oranlarını kullanarak, parametrik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir.

Türkeli (2019), çalışmasında bir model bacanın dinamik sismik davranışını, açıklıklar, temel ve zemini ayrı ayrı dikkate alarak belirlemiştir.

Guo ve Zhang (2019), korozyona maruz kalmış farklı yükseklikteki 2 betonarme sanayi bacasının sismik kırılabilirlik analizini gerçekleştirmiştir.

Jiang vd. (2020), uzun betonarme sanayi bacalarının çoklu serbestlik çubuk modellerine dayalı deprem tepkisini analiz etmek için, sayısal bir algoritma sunmuşlardır.

Teknik literatür taramasından açık bir şekilde görülmektedir ki betonarme sanayi bacalarının, farklı yönetmeliklerde sunulan spektrumları kullanılarak, karşılaştırmalı analizi yapılmamıştır. Ayrıca, hiçbir çalışmada, bacanın dinamik özellikleri ile dinamik deprem analizleri sonucu elde edilen tepe yer değiştirmeleri ve taban kesme

kuvvetleri arasındaki ilişkiye değinilmemiştir. Bu yönleriyle bakıldığında, bu çalışmada teknik literatürün bu kısımdaki boşluğu kapatacağı ve teknik literatüre katkı sunacağı düşünölmektedir.

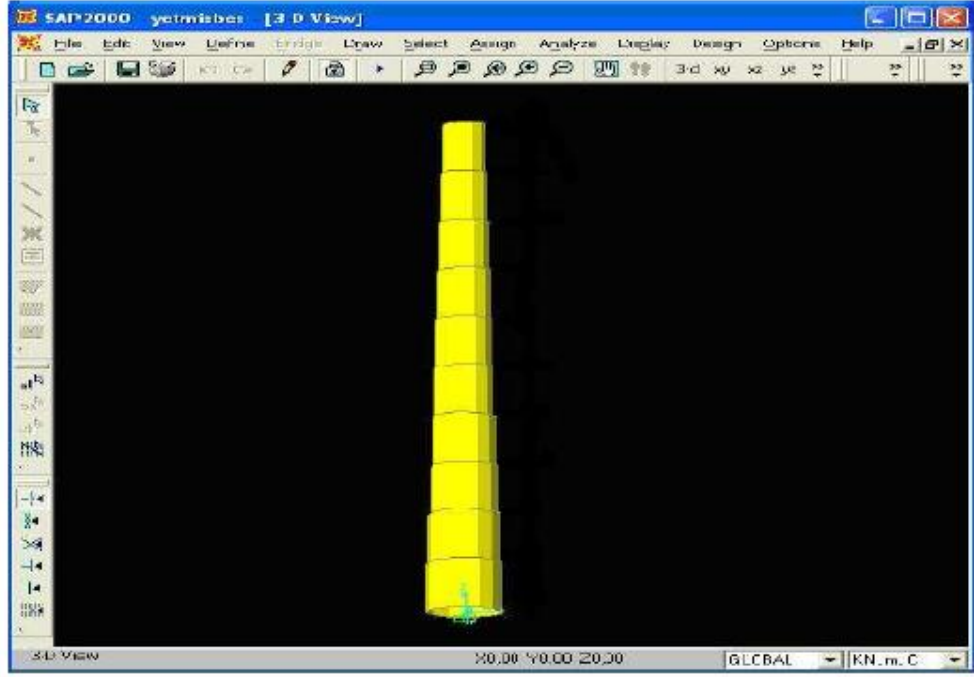
3.MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Çalışmada Kullanılan Betonarme Baca Modelleri Hakkında Bilgiler

Deprem yüklerine göre yapısal çözümlerlerde genellikle; Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında hesap yöntemi olmak üzere başlıca üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, yüksek modların etkilerinin önemsiz olduğu, özellikle düzenli ve yüksek olmayan binalar için güvenilir sonuç vermektedir. Bu yöntemde göre Mod Birleştirme Yönteminin daha doğru sonuçlar verdiği öngörülmektedir. Ancak, spektrumlarda ve modların birleştirilmesinde kullanılan kurallardaki belirsizlikler bu yöntemin de kesin olmadığını göstermektedir. Bununla beraber Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanındaki Hesap Yöntemi'nin her çeşit yapıya uygulanabilir olması, bu iki yöntemin diğer yöntemlere göre daha yaygın olarak uygulanmasını sağlamaktadır. Zaman Tanım Alanında Hesap Yönteminin, yapıların deprem davranışını en doğru olarak belirleyebilecek yöntem olması, kesin yöntem olarak adlandırılmasına neden olmuştur (Durmuş ve Türkeli, 2015).

Bu çalışmada, teknik literatürden (Türkeli, 2009) seçilen 10 tane sanayi bacasına, 4 ayrı elastik ivme spektrumu uygulanmış ve böylece her bir spektrum için ayrı ayrı yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bacaların söz konusu spektrumlar kullanılarak gerçekleştirilen yapısal çözümlemesi, sonlu elemanlar yöntemini kullanan Sap2000 Yapısal Analiz Programı (Computers and Structures Incorporation, 1995) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak, Şekil 3.1'de, 75 metrelik sanayi bacasına ait SAP2000 paket programında oluşturulan matematiksel model gösterilmektedir.

Teknik literatürden seçilen söz konusu sanayi bacalarına etkiyen elastik ivme spektrumları, 2007 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (BİB, 2007), 2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (AFAD, 2018), CICIND 2001 (CICIND, 2001) ve Eurocode (CEN TC 250, 2004; Handa, 2006) standartlarına göre hesaplanmıştır. Bu amaçla, adı geçen yönetmeliklerde verilen tasarım spektrumları, yükseklikleri 75 metreden başlayarak 5'er metre artışlarla en son 120 metreye ulaşan on adet bacanın yapısal çözümlemesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.1. 75 metrelik betonarme sanayi bacasının matematik modelinin SAP2000 paket programında oluşturulması (Computer and Structures Incorporation, 1995)

Yapısal çözümlemede dikkate alınan bacaların taban ve tepe dış ve iç çapları, cidar kalınlıkları ve yükseklikleri Tablo 3.1’de verilmektedir. Bunların birim ağırlık, elastisite modülü, beton karakteristik basınç dayanımı ve Poisson oranlarının sırasıyla 25 kN/m^3 , $3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, 25 MPa ve 0.2 olduğu varsayılmıştır. Tablo 3.1’den de görüldüğü gibi çözümü yapılan on adet baca, yükseklikleri 75 m ’den başlayarak 5 ’er metre artışlarla en son 120 m ’ye varmaktadır. Bu bacaların tümü on eşit parçaya bölünerek dairesel kesitli çubuklarla modellenmiştir. Örneğin yüksekliği 75 m olan baca modeli, 7.5 m yükseklikli on adet halka kesitli çubukla oluşturulmuştur. Yapısal çözümleri basitleştirmek için taban hariç model çubuklarının birbirine bağlandığı düğüm noktalarında bir dönme ve iki ötelenme olmak üzere üç serbestlik derecesinin bulunduğu, baca tabanlarının zemine ankastre olduğu ve cidarlarında boşluk bulunmadığı kabul edilmiştir (Türkeli, 2009; Karaca ve Türkeli, 2012).

Ayrıca çalışmamıza konu olan bacaların eğilme rijitliği SAP2000 programına her bir halka kesitli çubuğun iç ve dış çaplarını vererek daha önce belirtilmiş olan elastisite modülü de kullanılarak program tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 3.1.Yapısal çözümlenmesi yapılan bacaların geometrik özellikleri (Türkeli, 2009)

Baca No	Zeminden itibaren yükseklik (m)	Taban dış çapı (m)	Taban iç çapı (m)	Taban cidar kalınlığı (m)	Tepe dış çapı (m)	Tepe iç çapı (m)	Tepe cidar kalınlığı (m)
1	75	7.5	6.5	0.5	4	3.6	0.2
2	80	8	7	0.5	4.5	4.1	0.2
3	85	8.5	7.5	0.5	5	4.6	0.2
4	90	9	8	0.5	5.5	5.1	0.2
5	95	9.5	8.5	0.5	6	5.6	0.2
6	100	10	9	0.5	6.5	6.1	0.2
7	105	10.5	9.5	0.5	7	6.6	0.2
8	110	11	9.9	0.55	7.5	7.06	0.22
9	115	11.5	10.4	0.55	8	7.56	0.22
10	120	12	10.8	0.6	8.5	7.98	0.26

3.2. Tezde Kullanılan Yönetmelikler

3.2.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (BİB, 2007)

3.2.1.1. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, (3.1) bağıntısı ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g \quad (3.2)$$

3.2.1.1.1. Etkin Yer İvmesi Katsayısı

(3.1) bağıntısında yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 , Tablo 3.2'de tanımlanmıştır.

Tablo 3.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

3.2.1.1.2. Bina Önem Katsayısı

(3.1) bağıntısında yer alan *Bina Önem Katsayısı, I*, Tablo 3.3'te tanımlanmıştır.

Tablo 3.3 Bina Önem Katsayısı (I)

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı(I)
1. Deprem sonrası kullanım gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri PTT ve diğer haberleşme tesisleri , ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri: vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonlar vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

3.2.1.1.3. Spektrum Katsayısı

(3.1) bağıntısında yer alan Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak (3.3)-(3.5) bağıntıları ile hesaplanacaktır (Şekil 3.2).

$$S(T)=1+1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3)$$

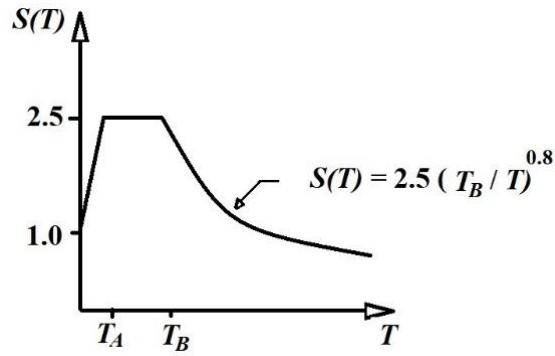
$$S(T)= 2.5 \quad (T_A < T < T_B) \quad (3.4)$$

$$S(T)=2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (3.5)$$

(3.3)-(3.5) bağıntılarındaki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B ilgili yönetmelikte Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A	T_B
Z1	0.1	0.3
Z2	0.15	0.4
Z3	0.15	0.6
Z4	0.2	0.9



Şekil 3.2. Elastik İvme Spektrumu

3.2.1.1.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları

tüm periyotlar için Tablo 3.4'teki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak (3.1) ve (3.2) bağıntılarından bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

3.2.1.2. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısına bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R'ye ve doğal titreşim periyodu T'ye bağlı olarak (3.3) ve (3.4) bağıntıları ile belirlenecektir.

$$R_a(T)=1,5+(R-1,5)\frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.6)$$

$$R_a(T)=R \quad (T_A < T) \quad (3.7)$$

3.2.2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (AFAD, 2018)

3.2.2.1. Deprem Tehlike Haritaları

a) Binaların deprem etkisi altında tasarımında esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin veriler tanımlanmıştır.

b) 3.2.2.2.'de tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri 22/01/2018 tarih 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. Bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilebilir.

3.2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

3.2.2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer

hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3 (DD-3)

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

3.2.2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.2.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları

3.2.2.3.1. Tanım

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için, 3.2.2.3.2., 3.2.2.3.3., 3.2.2.3.4.'te açıklandığı üzere harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçiminde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanırlar.

3.2.2.3.2. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

1) Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, 3.2.2.2'de belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları kapsamında tanımlanmıştır.

- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s

- 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu $[(V_s)_{30}=760 \text{ m/s}]$ esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

2) 1’de tanımlanan harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 , aşağıdaki şekilde tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ’e dönüştürülür:

$$S_{DS}=S_S F_s \quad (3.8)$$

$$S_{D1}=S_1 F_1 \quad (3.9)$$

Burada F_s ve F_1 3.2.2.3.3.’de tanımlanan yerel zemin etki katsayılarını göstermektedir.

3) Yatay elastik tasarım spektrumları, (3.8)-(3.9) bağıntıları ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarından yararlanılarak 3.2.2.3.4.’te tanımlanmıştır.

3.2.2.3.3. Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1 , sırası ile, Tablo 3.5. ve Tablo 3.6’da verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Tablo 3.5. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

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

Tablo 3.6. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

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

Tablo 3.5 ve/veya Tablo3.6’ya göre ZF yerel zemin sınıfına giren zeminler için sahaya özel zemin davranış analizleri yapılacaktır.

3.2.2.3.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden (3.10)-(3.13) bağıntılarında tanımlanmıştır (Şekil 3.3).

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.10)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.11)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.12)$$

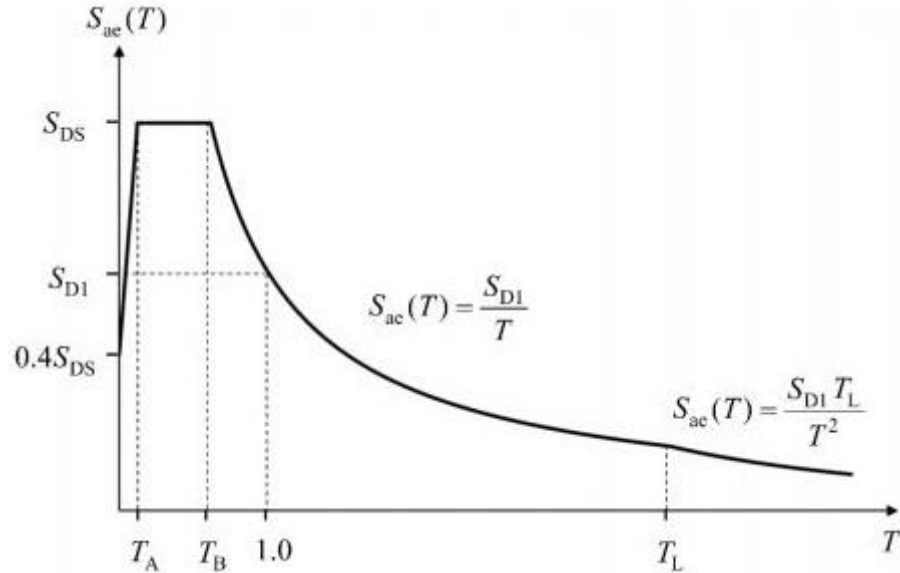
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_1}{T} \quad (T_L \leq T) \quad (3.13)$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarını, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrum köşe periyotları T_A ve T_B (3.14) ve (3.15) bağıntıları ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.14)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.15)$$

Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s alınacaktır.

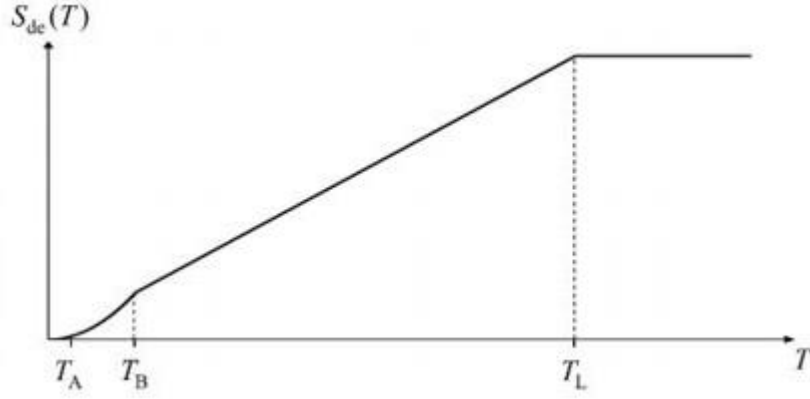


Şekil 3.3. Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral

yerdeşiftirmeleri $S_{de}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden (3.16) ile tanımlanır (şekil 3.4).

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ac}(T) \quad (3.16)$$



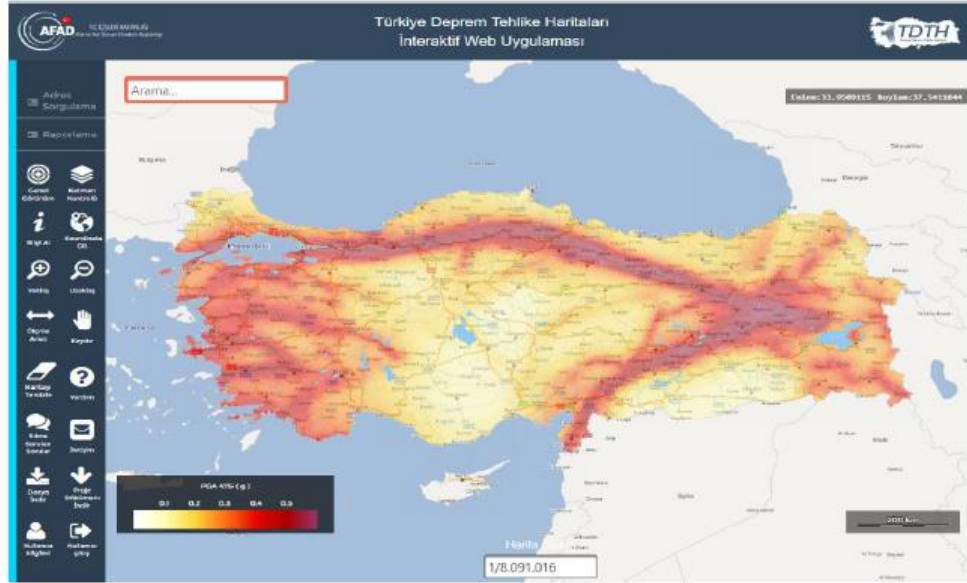
şekil 3.4. Yatay elastik tasarım spektral yerdeşiftirmeleri $S_{de}(T)$

3.2.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları

2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”nde 2007 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren ”Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”te 4 farklı deprem yer hareket düzeyine göre deprem tehlike haritaları kavramı getirilmiştir. Olasılıksal deprem tehlikesi analizine dayanan haritalar oluşturulurken esas alınan temel veriler şunlardır:

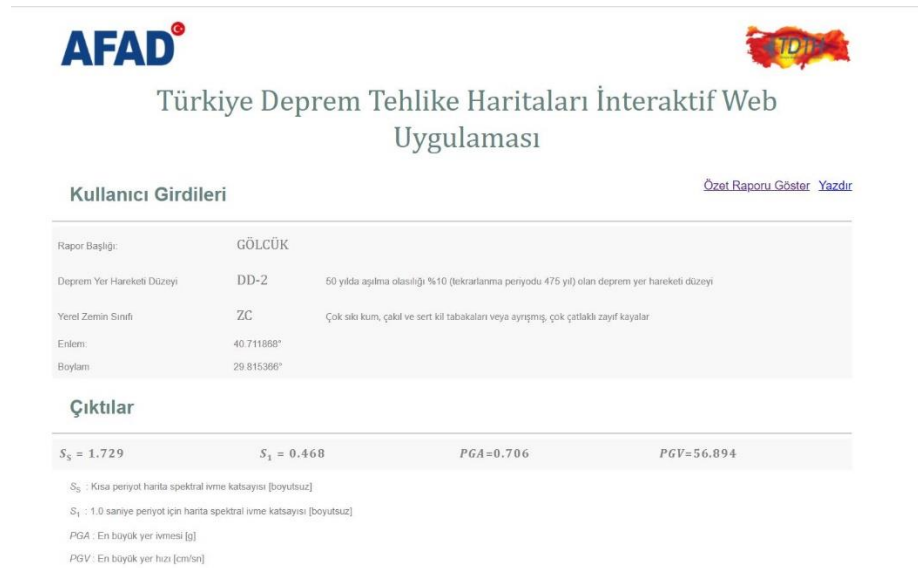
- Diri fay hatları
- Deprem katalogları
- Yer hareketi tahmin denklemleri (Azalım ilişkileri)

AFAD’ın internet üzerinden oluşturduğu interaktif web uygulaması yardımıyla koordinat ve yer hareket düzeylerine göre değerler rapor halinde alınabilmektedir (AFAD, 2018). İnternet sitesinde E-Devlet kullanıcı bilgileri girilerek giriş yapılabilmektedir. İnteraktif web uygulamasının görünümu şekil 3.5’de verilmiştir (Nemutlu Ö. M.,2019).



Şekil 3.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (AFAD, 2018)

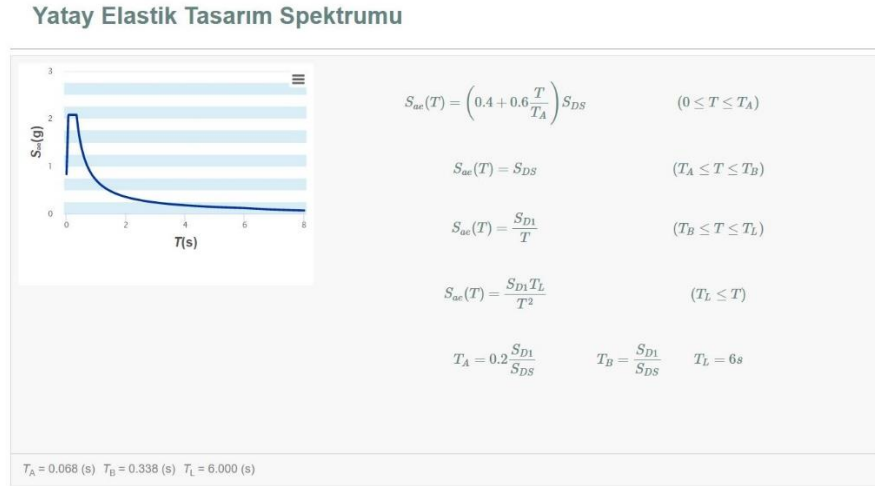
Bundan başka, tasarım ya da değerlendirme için deprem yer hareketi düzeyi belirlendikten sonra interaktif olarak AFAD'ın sitesi üzerinden hizmet veren Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (TDTH)'na erişim sağlanarak yapının yapılacağı yerin koordinatları girilir, yapının oturacağı zemin türü seçilip hangi deprem yer hareketi düzeyine göre tasarım ya da değerlendirme yapılacaksa o düzey seçilip ilgili kriterler için özet ya da detaylı rapor alınır (Bkz. Ör. Şekil 3.6).



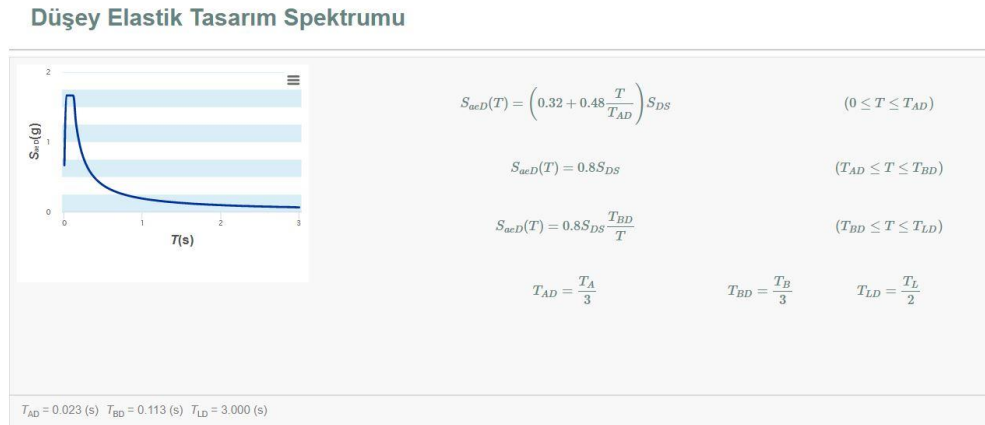
Şekil 3.6. Türkiye Deprem Tehlikeleri Haritaları İnteraktif Web Uygulaması Özet Rapor (AFAD, 2018)

Alınan raporda ilgili koordinatların bulunduğu yer, zemin türü ve deprem yer hareketi düzeyine göre tasarım ivme spektral kat sayılarının (S_{DS} , S_{D1}), yerel zemin etki katsayıları (F_S , F_1) ile çarpımından elde edilen boyutsuz spektral ivme katsayıları (S_s ,

S₁) otomatik olarak hesaplanır. Aynı zamanda bu veriler ışığında tasarım ve değerlendirme aşamasında ihtiyaç duyulan Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (Şekil 3.7) bazı durumlar için kullanılması şart koşulan Düşey Elastik Tasarım Spektrumu (Şekil 3.8) hem görsel olarak hem de indirilebilir sayısal veri olarak elde edilmektedir. (Soycan, 2019)



Şekil 3.7. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018)

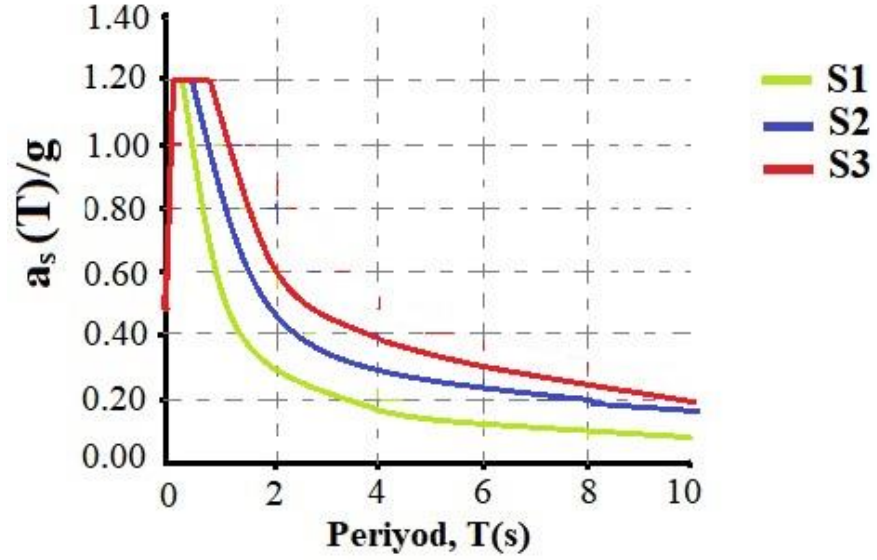


Şekil 3.8. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018)

3.2.4. CICIND 2001 Yönetmeliği (CICIND, 2001)

CICIND 2001 Yönetmeliği, bacanın elastik davranışının, deprem temel tasarımı kullanılarak mod birleştirme yöntemine göre hesaplanacağını belirtmektedir. Sismik hareket farklı zemin türleri için boyutsuzlaştırılmış ivme davranış spektrumları vasıtasıyla yapı periyodunun bir fonksiyonu olarak aşağıdaki depremlerle tanımlanmakta ve Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Buna göre, T yapının periyodunu (s), a bacanın inşa edildiği yerdeki maksimum yer ivmesini (burada maksimum yer ivmesi a = 0.4g alınmıştır), S zemin türüne bağlı olarak zemin katsayısını ve β zemine bağlı

üs parametresini göstermek üzere, g yerçekimi ivmesine boyutsuzlaştırılmış ivme davranış spektrumu $a_s(T)$;



Şekil 3.9. CICIND 2001'e göre zemin sınıfları için boyutsuzlaştırılmış ivme davranış spektrumları

$$T \leq 0.1 \text{ için; } a_s(T) = a_s(1 + 20T) \quad (3.17)$$

$$0.1 < T \leq 0.4 \text{ için; } a_s(T) = 3 \cdot a_s \quad (3.18)$$

$$0.4 < T \text{ için; } a_s(T) = 3 \cdot a_s \cdot \left(\frac{T}{0.4}\right)^\beta \leq 3 \cdot a_s \quad (3.19)$$

şeklinde hesap edilir. Spektrum değerlerini belirlemede zemin durumu ve zemin derinliğine bağlı olarak zemin türünün belirlenmesi, zemin özelliklerine göre zemin durumlarının sınıflandırılması sırasıyla, Tablo 3.7 ve 3.8'de, zemin türüne bağlı olarak ilgili zemin katsayıları ve maksimum yer ivmesi de, sırasıyla, Tablo 3.9 ve 3.10'de verilmektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Tablo 3.7. CICIND 2001'e göre zemin durumu ve zemin derinliğine bağlı olarak zemin türünün belirlenmesi

Ana kayadan itibaren zemin derinliği (m)	Zemin durumu	
	Rijit	Yumuşak veya orta rijitlikte
0-10	S1	S1
10-60	S1	S2
>60	S1	S3

Tablo 3.8. CICIND 2001'e göre zemin özellikleri için zemin sınıfları

Zemin Özelliği		Zemin Durumu
Kohezyonsuz Zemin	Kohezyonlu Zemin	
Bağıl Öz Kütle	Hassasiyet Değeri	
<0.30	<8	Rijit
0.30-0.80	8-30	Orta
>0.80	>30	Yumuşak

Tablo 3.9. CICIND 2001'e göre zemin türleri için S ve β katsayıları

Zemin Türü	S Katsayısı	β Katsayısı
S1	1.0	-0.80
S2	1.2	-0.67
S3	1.5	-0.67

Tablo 3.10. Değiştirilmiş Mercalli Ölçeğine (I_{MM}) göre maksimum yer ivmeleri (a)

I_{MM}	a
VI	0.07g
VII	0.15g
VIII	0.30g
IX	0.50g
X	0.70g

g yerçekimi ivmesidir

Sismik Tasarım Etkileri: CICIND 2001 Yönetmeliğinde sismik tasarım etkileri, önem katsayısı (I) ile çarpılıp yapı davranış katsayısına (R) bölünerek elde edilmektedir. Önem katsayısı bacanın önem derecesine dayanmaktadır. Önem derecesi 1 ise $I=1.0$ önem derecesi 2 ise $I=1.4$ alınır. Bunlara ilave olarak yapı davranış katsayısı sismik detay ilkesine dayanarak; sismik detay yoksa $R=1.0$ sismik detay var ise $R=2.0$ (bu da kapasite tasarımının kullanımı anlamına gelmektedir) alınır (Aliyazıcıoğlu, 2004).

3.2.5. Eurocode 8 Yönetmeliği (CEN TC 250, 2004)

Bu yönetmeliğe göre yapılan hesapta, sadece modal analize dayanan tepki spektrumunun elde edilmesi üzerinde durulmaktadır. Burada zemin koşullarının deprem etkileri aşağıda tanımları yapılan A, B ve C zemin grupları göz önünde bulundurulurken yapılmaktadır. Bu zemin grupları;

Zemin Grubu A: Bu grupta üst kısımdaki zayıf zemin tabakası 5 m'yi geçmez. Kayma dalga hızı V_s en az 800 m/s olan kaya veya benzeri jeolojik yapılardır. Mekanik özellikleri derinlikle artar.

Zemin Grubu B: Orta sıklıkta kum, çakıl veya orta sert kil tabakasından meydana gelmiştir. Minimum kayma dalga hızı V_s , 10 m derinlikte 200 m/s 50m derinliğinde 350 m/s değerine artar.

Zemin Grubu C: Üst 20 m’de kayma dalga hızı V_s , 200 m/s den daha küçük olan ve bazı yumuşak koheziv tabakalar da içerebilen gevşek kohezyonsuz zemin tabakalarıdır.

Elastik davranış spektrumu $S_e(T)$ olarak aşağıdaki ifade kullanılacaktır.

$$0 \leq T \leq T_B \quad \text{ise} \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot \beta_0 - 1) \right] \quad (3.20)$$

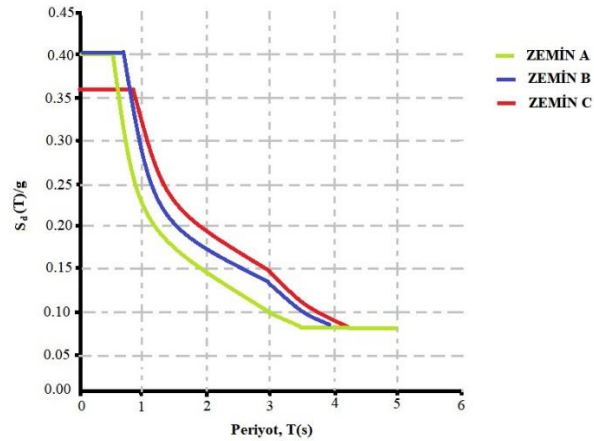
$$T_B \leq T \leq T_C \quad \text{ise} \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 \quad (3.21)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad \text{ise} \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right]^{k_1} \quad (3.22)$$

$$T_D \leq T \quad \text{ise} \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 \cdot \left[\frac{T_C}{T_D} \right]^{k_1} \cdot \left[\frac{T_D}{T} \right]^{k_1} \quad (3.23)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\xi}} \geq 0,7 \quad (3.24)$$

T : doğrusal tek serbestlik dereceli sistemin periyodu, a_g : boyutlama yer ivmesi, β_0 : %5 sönüm için spektral büyütme katsayısı, T_B, T_C : spektral ivmenin sabit değerinin sınırları, T_D : sabit yer değiştirme spektrumunun başlangıcı, k_1, k_2 : periyodun T_C ve T_D den büyük olması durumunda spektrum değerlerini etkileyen katsayılar, S : zemin durumunu yansıtan parametre, η : Sönüm düzeltme katsayısı (ξ =%5 viskoz sönüm için $\eta=1$ olmak üzere) dır.



Şekil 3.10. Eurocede 8’e göre zemin sınıfları için boyutsuzlaştırılmış boyutlama spektrumları

Doğrusal olmayan çözümlenmeden kaçınmak ve yapının sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini hesaba katmak için, deprem spektrumu azaltılarak doğrusal çözümlenme yapılır. Bu azaltma davranış katsayısı (R) tanımlanarak ve k_{d1} ve k_{d2} katsayıları da Tablo 3.11’de yerel zemin grubuna bağlı olarak verilmektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Tablo 3.11. Eurocode 8’e göre zemin grupları için bazı parametreler

Zemin grubu	S	β_0	k_1	k_2	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)	k_{d1}	k_{d2}
A	1	2.5	1	2	0.1	0.4	3	2/3	5/3
B	1	2.5	1	2	0.15	0.6	3	2/3	5/3
C	0.9	2.5	1	2	0.2	0.8	3	2/3	5/3

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R: Yapının sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini göz önüne alarak $S_e(T)$ elastik davranış spektrumu, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı ile azaltılarak boyutsuzlaştırılmış boyutlama spektrumu $S_d(T)$ elde edilir. Burada R_0 beton bacalar için 3 ve k_r kütle, rijitlik veya dayanımın düzenli bir dağılımından meydana gelen hareket azaltma katsayısını göstermek üzere, yapı davranış katsayısı R ;

$$R=R_0 \cdot k_r \geq 1.0 \quad (3.25)$$

ifadesi ile belirlenmektedir.

Önem Katsayısı (I): Yapı önem katsayısı ise ilgili yönetmelikte belirtilen katsayılar göre alınıp, lineer tepki spektrumundan elde edilen deprem etkisinin tasarım değeriyle çarpılmasıyla hesaba dahil edilmektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Baca Modellerinin Yapısal Analizleri Hakkında Bilgiler

SAP2000 Yapısal Analiz Programı (Computers and Structures Incorporation, 1995) kullanılarak, 75 metreden başlayarak, 5'er metre yükseklik artışıyla, 120 metre yüksekliğe kadar çıkan betonarme sanayi bacaları modellenmiş ve yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen yapısal analiz sonuçlarına göre, bacaların 1. mod doğal periyot ve frekansları, Tablo 4.1'de sunulmaktadır.

Tablo 4.1. Bacaların 1. mod doğal periyot ve frekansları

Baca No	Toplam Baca Yüksekliği (m)	1. Mod. Periyot (s)	1. Mod. Frekans (Hz.)
1	75	0.777	1.288
2	80	0.830	1.205
3	85	0.882	1.134
4	90	0.935	1.070
5	95	0.987	1.013
6	100	1.039	0.962
7	105	1.091	0.917
8	110	1.166	0.858
9	115	1.219	0.820
10	120	1.320	0.758

Ayrıca, 2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde, göz önüne alınacak yeterli titreşim modu sayısı için, aşağıdaki ifadeler bulunmaktadır (AFAD, 2018).

– Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, YM,

(X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan *taban kesme kuvveti modal etkin kütleleri*'nin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0,95 m_t \quad (4.1)$$

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} \geq 0,95 m_t \quad (4.2)$$

Buna göre, etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerine oranının 0.95 değerinden büyük olması gerekmektedir. Örnek olarak, bu oran, 75 metrelik baca için, Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Tablo 4.2'den de görülebileceği üzere, 11. moddan sonra,

X ve Y yönleri için, toplam kütle katılım oranı 0.95 değerini geçmiştir. Bu sebepten dolayı, söz konusu betonarme bacaların yapısal analizi için, ilk 12 modun analizlere dahil edilmesi yeterli görülmüştür.

Tablo 4.2. 75 metrelik baca için X ve Y yönlerinde toplam kütle katılım oranları

Mod Numarası	Toplam X Yönünde	Toplam Y Yönünde
Mod 1	0.45728	0.00482
Mod 2	0.46210	0.46210
Mod 3	0.51894	0.66362
Mod 4	0.72045	0.72045
Mod 5	0.72825	0.84038
Mod 6	0.84818	0.84818
Mod 7	0.84818	0.84818
Mod 8	0.89397	0.87048
Mod 9	0.91628	0.91628
Mod 10	0.95285	0.91834
Mod 11	0.95492	0.95492
Mod 12	0.95492	0.95492

Tablo 4.2’de 75 metrelik baca için gösterilen kütle katılım oranları, ilk 12 mod sayısı için, tüm bacaları kapsayacak şekilde, Tablo 4.3’te verilmektedir.

Tablo 4.3. Tüm bacalar için X ve Y yönlerinde toplam kütle katılım oranları

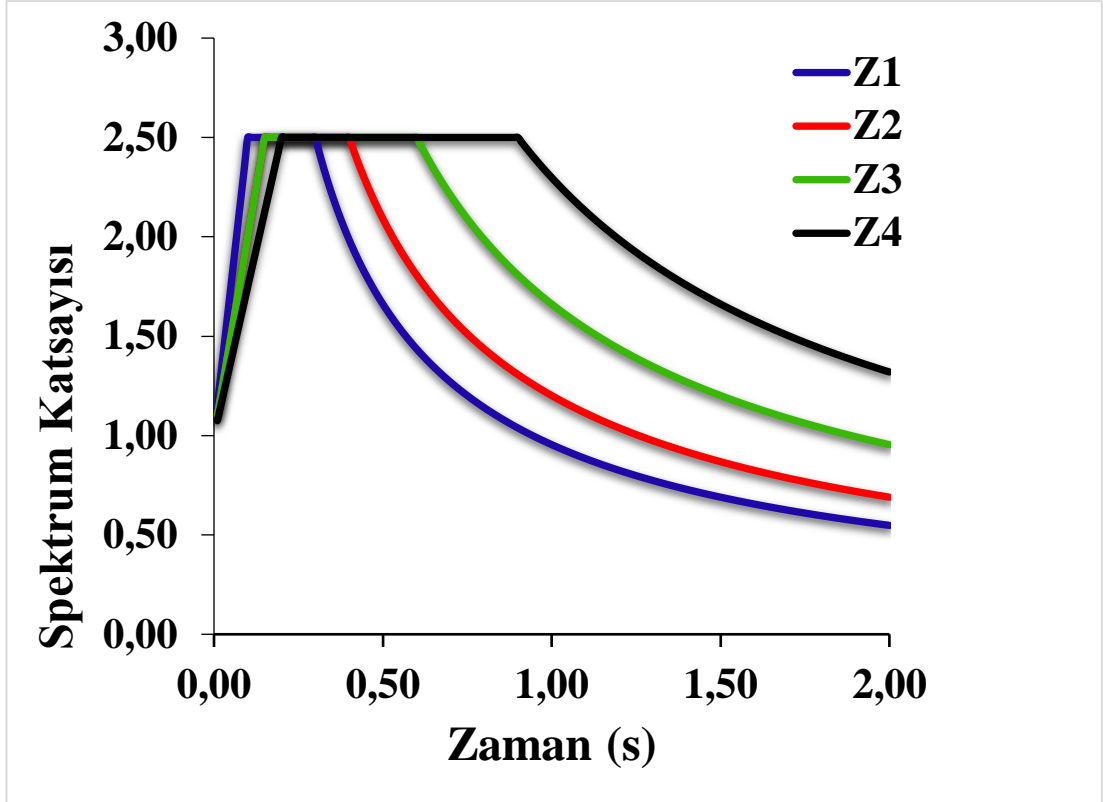
Baca No	Toplam Baca Yüksekliği (m)	Kütle Katılım Oranı (X)	Kütle Katılım Oranı (Y)
1	75	0.95492	0.95492
2	80	0.95691	0.95691
3	85	0.95854	0.95854
4	90	0.95990	0.95990
5	95	0.96105	0.96105
6	100	0.96204	0.96204
7	105	0.96289	0.96289
8	110	0.96498	0.96498
9	115	0.96564	0.96564
10	120	0.96701	0.96701

Tablo 4.3'den de görülebileceği üzere, ilk 12 modda, tüm bacalarda X ve Y yönleri için, toplam kütle katılım oranı 0.95 değerini geçmiş ve söz konusu betonarme bacaların yapısal analizi için, ilk 12 modun analizlere dahil edilmesi yeterli görülmüştür.

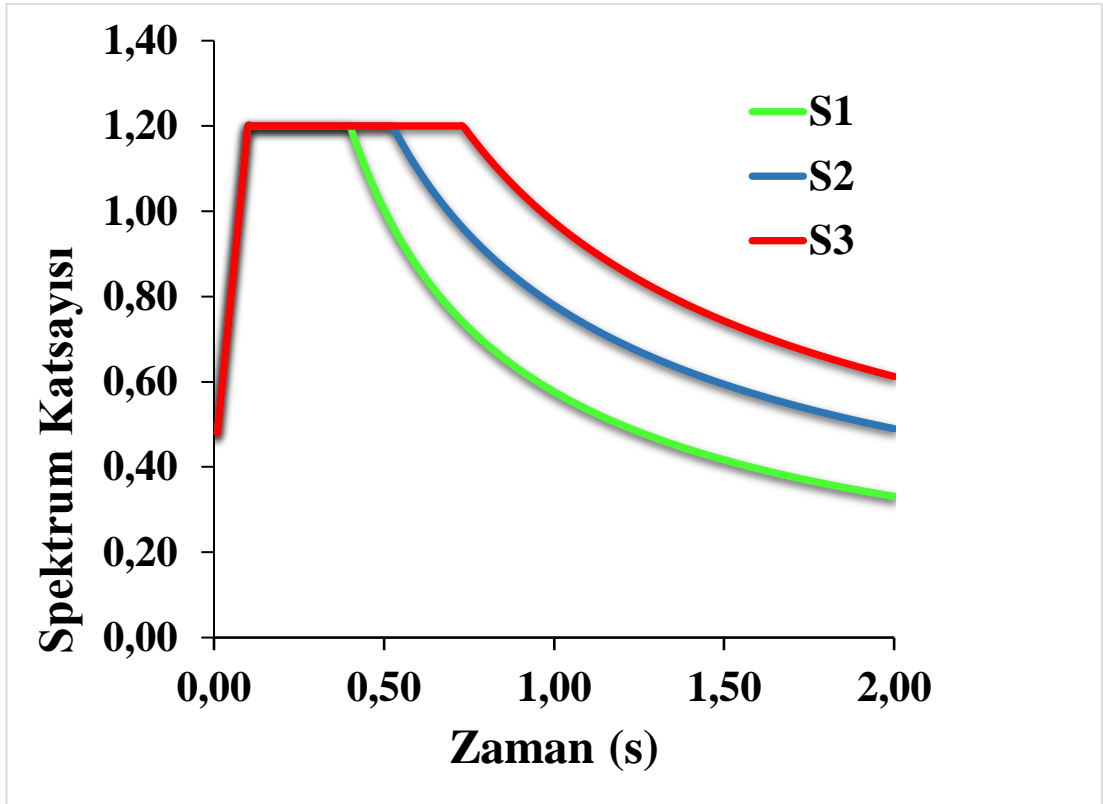
Bacaların üzerinde herhangi bir yapısal boşluk veya süreksizlik olmadığı kabulü yapıldığından ve bacaların simetrik olmasından dolayı, yüklemeler yalnızca tek yönlü (X yönünde) gerçekleştirilmiştir. Modal tepkilerin birleştirilmesi, tam karesel birleştirme kuralına (QCQ kuralı) göre yapılmıştır.

Önceden de belirtildiği üzere, bu çalışmada, 2007 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (BİB, 2007), 2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (AFAD, 2018), CICIND 2001 (CICIND, 2001) ve Eurocode (CEN TC 250, 2004) standartlarına göre hesaplanan ivme spektrumları kullanılmıştır. Bu tasarım spektrumları oluşturulurken, Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0), Sönüm Oranı (ξ), Yapı Önem Katsayısı (I) ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) sırasıyla, 0.4, 0.05, 1.0 ve 2.5 alınmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) yönetmeliklerde, formülasyonlara bağlı olarak değişken olarak öngörülmesine rağmen, bu çalışmada çok sayıda baca modeli üzerinde çalışılması, analizlerde çok sayıda yönetmeliğin göz önünde bulundurulması ve teknik literatürde (Bashir, 2019) bu konuda yapılan çalışmalarda da sabit alınmasında sakınca görülmemesinden dolayı, sabit bir değer alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada, baca üzerine etkiyen rüzgar kuvvetleri, baca üzerinde bulunan boşluklar, zemin-yapı etkileşimi, doğrusal olmayan davranış, kaplama malzemeleri ve 2. mertebe etkileri dikkate alınmamıştır. Tüm bacaların yapısal analizleri, malzemenin lineer elastik olduğu kabulü ile gerçekleştirilmiştir.

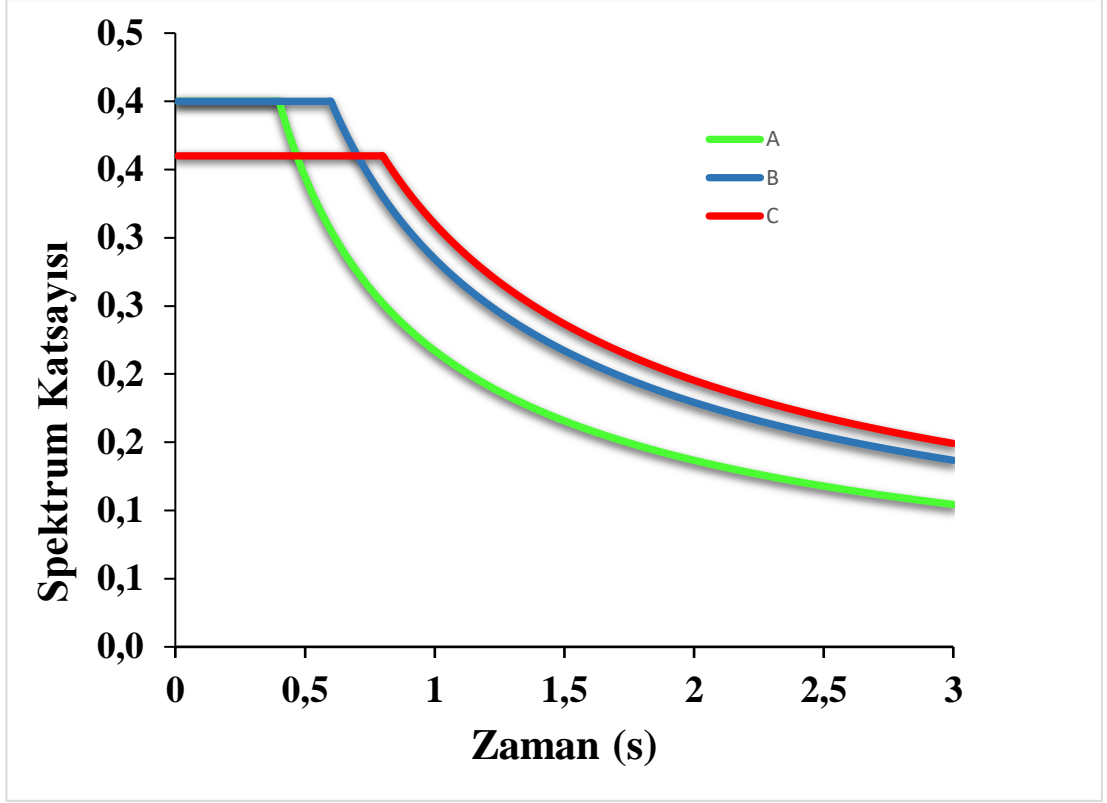
Bu çalışmada kullanılan söz konusu bu ivme spektrumları, farklı zemin grupları için Şekil 4.1-4.4'te gösterilmektedir.



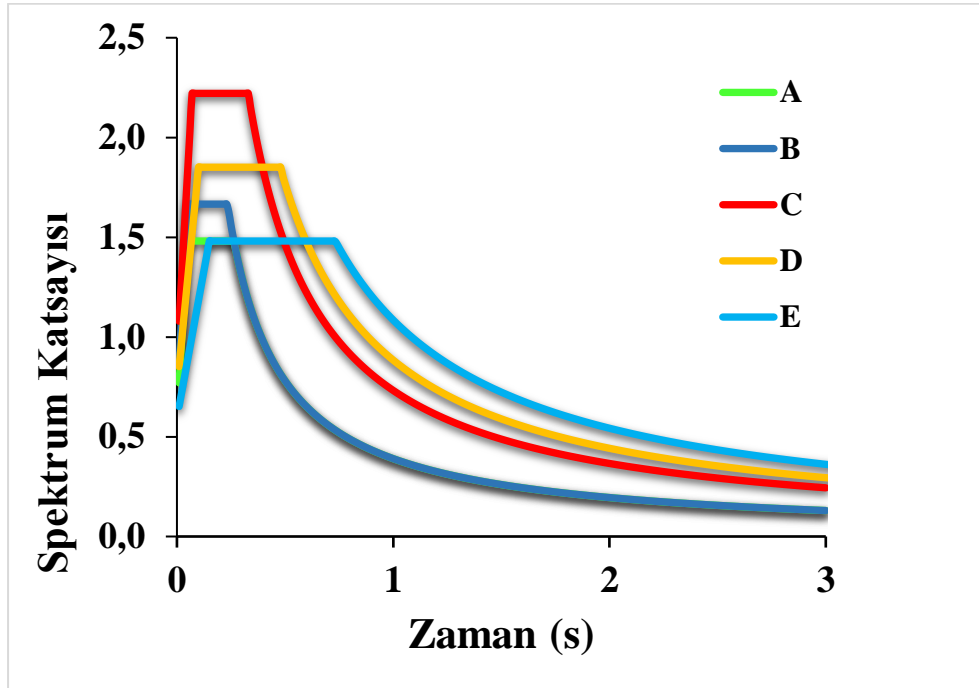
Şekil 4.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'e (2007) göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu



Şekil 4.2. CICIND 2001'e göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu



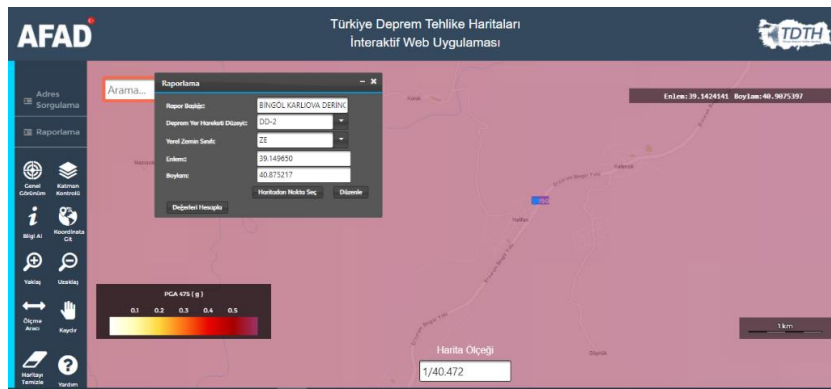
Şekil 4.3. Eurocode'a göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu



Şekil 4.4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (2018) göre farklı zemin grupları için ivme spektrumu

Burada şu hususu belirtmekte fayda bulunmaktadır: 2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren TBDY'e göre, öncelikle, ivme spektrumu belirlenmek istenen yerin koordinatının veya harita üzerinden yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sebepten

dolayı, gerçeğe yakın olması bakımından, bu çalışmada, termik santral yapılması düşünülen (Fırat Kalkınma Ajansı, 2010; BingölOnline, 2008) Derinçay/Karlıova/Bingöl bölgesi seçilmiştir. Daha sonra, E-Devlet üzerinden giriş yapılarak, “Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması” (AFAD, 2018) üzerinde, ilgili bölge için rapor alınması sağlanmıştır. Rapor oluşturulma esnasında, DD-2 “Deprem Yer Hareketi Düzeyi” seçilmiş olup, ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olmak üzere 5 farklı zemin tipi için ayrı ayrı raporlar oluşturulmuştur. Örnek olması bakımından, ZE zemin tipi için ilgili bölgeye ait raporun oluşturulması, Şekil 4.5’te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılması (AFAD, 2018)

5 farklı zemin tipi için ayrı ayrı raporlar alındıktan sonra, Tablo 4.4’teki değerler elde edilmiştir. Tablo 4.4’teki değerler, TBDY 2018’e göre oluşturulan ivme spektrumlarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Tablo 4.4. TBDY 2018’e göre elde edilen spektrum raporu değerleri

Zemin Sınıfı	S_s	S_1	F_s	F_1	S_{DS}	S_{D1}	T_L	T_A	T_B
ZA	1.851	0.488	0.800	0.800	1.481	0.390	6.000	0.053	0.264
ZB	1.851	0.488	0.900	0.800	1.666	0.390	6.000	0.047	0.234
ZC	1.851	0.488	1.200	1.500	2.221	0.732	6.000	0.066	0.33
ZD	1.851	0.488	1.000	1.812	1.851	0.884	6.000	0.096	0.478
ZE	1.851	0.488	0.800	2.224	1.481	1.085	6.000	0.147	0.733

Şekil 4.1 - 4.4’teki ivme spektrumları, söz konusu sanayi bacalarına uygulanmış ve yapısal analiz sonuçları elde edilmiştir. Bu analiz sonuçlarından en önemlileri, bacaların tepesinde oluşan yerdeğiştirmeler ve tabanda oluşan kesme kuvvetleridir. Bu

çalışmada dikkate alınan ivme spektrumları altında, bacaların tepesinde oluşan yerdeğiştirmeler, Tablo 4.5'te, taban kesme kuvvetleri ise Tablo 4.6'da verilmektedir.

Tablo 4.5. Bacaların farklı spektrumlar ve zemin sınıflarına göre elde edilen tepe yerdeğiştirmeleri

Baca Yükseklği	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
Spektrum/Tepe Yerdeğiştirmesi	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2007-Z1	8.48	9.10	9.73	10.37	11.01	11.67	12.33	13.30	13.98	15.12
2007-Z2	10.64	11.42	12.20	13.00	13.81	14.63	15.46	16.67	17.54	18.98
2007-Z3	14.68	15.75	16.83	17.94	19.05	20.18	21.32	22.99	24.18	26.17
2007-Z4	18.03	20.38	22.88	24.77	26.31	27.87	29.44	31.75	33.38	36.14
CICINDS1	8.51	9.13	9.76	10.40	11.05	11.71	12.37	13.34	14.03	15.18
CICINDS2	11.11	12.02	12.95	13.90	14.87	15.86	16.86	18.34	19.39	21.21
CICINDS3	13.87	15.01	16.17	17.36	18.57	19.80	21.05	22.89	24.21	26.48
EUROA	7.73	8.38	9.02	9.69	10.38	11.09	11.77	12.82	13.52	14.77
EUROB	10.14	10.96	11.82	12.70	13.54	14.46	15.40	16.73	17.69	19.33
EUROC	10.82	11.93	12.87	13.82	14.76	15.75	16.76	18.21	19.30	21.11
2018-ZA	6.18	6.53	6.94	7.31	7.63	8.02	8.41	8.91	9.26	9.89
2018-ZB	6.21	6.56	6.97	7.33	7.65	8.03	8.42	8.92	9.27	9.90
2018-ZC	11.52	12.18	12.94	13.62	14.21	14.93	15.68	16.63	17.31	18.50
2018-ZD	13.86	14.64	15.55	16.36	17.06	17.93	18.81	19.96	20.75	22.19
2018-ZE	17.03	18.19	19.23	20.14	20.88	21.90	22.99	24.38	25.34	27.10

Tablo 4.6. Bacaların farklı spektrumlar ve zemin sınıflarına göre elde edilen taban kesme kuvvetleri

Baca Yüksekliği	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
Spektrum/ Taban Kesme Kuvveti	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
2007-Z1	2431.5	2784.3	3151.0	3536.2	3941.8	4368.1	4815.2	5870.6	6329.1	7440.3
2007-Z2	2614.2	2975.0	3356.1	3757.8	4180.4	4624.4	5090.2	6227.1	6794.4	8163.9
2007-Z3	3135.0	3545.4	3974.9	4424.0	4892.9	5382.0	5891.6	7215.4	7382.2	9397.0
2007-Z4	3593.1	4205.1	4864.1	5447.1	5989.2	6549.4	7128.0	8738.8	9432.8	11297.5
CICINDS1	2132.3	2431.6	2741.5	3065.6	3405.7	3761.9	4134.3	5046.0	5496.9	6589.7
CICINDS2	2457.6	2800.6	3156.0	3526.7	3914.0	4318.0	4738.7	5818.8	6328.0	7619.4
CICINDS3	2838.7	3224.0	3622.4	4036.5	4467.3	4914.9	5379.2	6618.8	7179.5	8649.1
EUROA	1880.0	2143.5	2417.1	2707.4	3012.4	3330.7	3658.6	4485.1	4879.6	5865.3
EUROB	2188.7	2482.9	2794.7	3119.8	3451.7	3804.6	4173.5	5122.8	5562.4	6690.8
EUROC	2206.8	2533.4	2845.1	3167.9	3499.9	3848.4	4211.0	5178.5	5618.4	6766.7
2018-ZA	2236.0	2553.3	2894.9	3253.1	3627.8	3957.4	4287.1	5108.2	5472.6	6386.8
2018-ZB	2459.2	2813.3	3166.2	3496.6	3828.5	4169.6	4512.3	5366.2	5743.3	6691.9
2018-ZC	3536.2	4024.6	4552.3	5102.6	5674.7	6285.3	6927.1	8405.5	9173.9	10974.2
2018-ZD	3389.1	3824.1	4293.5	4773.3	5262.1	5794.7	6353.6	7708.0	8367.6	9991.6
2018-ZE	3453.0	3882.9	4310.2	4731.5	5143.7	5615.8	6114.2	7419.0	7993.4	9525.1

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'dan da görülebileceği üzere, bacaların tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvvetleri için en büyük değerler, 2007 yılı Deprem Yönetmeliği Z4 zemini için elde edilen spektrum için oluşmuştur. Bu değere en yakın sonuçlar, 2018 yılı Deprem Yönetmeliği ZC zemini için elde edilmiştir. Tablo 4.5 incelendiğinde, çalışmamıza konu olan betonarme bacaların tepe deplasmanlarının, 2007 Deprem Yönetmeliği için Z1'den Z4'e doğru, CICIND 2001 için S1'den S3'e doğru, Eurocode 8 için, A'dan C'ye doğru ve 2018 Deprem Yönetmeliği için ise ZA'dan ZE'ye doğru arttığı gözlenmiştir. Bundan başka, birbirleri ile olan ilişkilerini belirleyebilmek amacı ile, Tablo 4.1, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6 kullanılarak, baca periyotlarının, taban kesme kuvvetlerinin ve tepe yerdeğiştirmelerinin, birbirini takip eden baca yükseklikleri için, yüzdesel artış oranları hesaplanmıştır. Bu hesaplama, örnek olması bakımından, Denklem 4.2'de, 75-80 metrelik bacalar ve 2007-Z1 zemin

tipi tepe yerdeşistirmeleri için gösterilmiştir (Tablo 4.5'te koyu gri ile gösterilen tepe yerdeşistirme değerlerinde).

$$\text{Yüzdesel Artış} = \left(\frac{9.10-8.48}{8.48} \right) * 100 = \% 7.31 \quad (4.3)$$

Bu şekilde, Tablo 4.5'te verilen tepe yerdeşistirmeleri ve Tablo 4.6'da verilen taban kesme kuvvetleri için hesaplanan yüzdesel artış değerleri, sırasıyla, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'de verilmektedir.

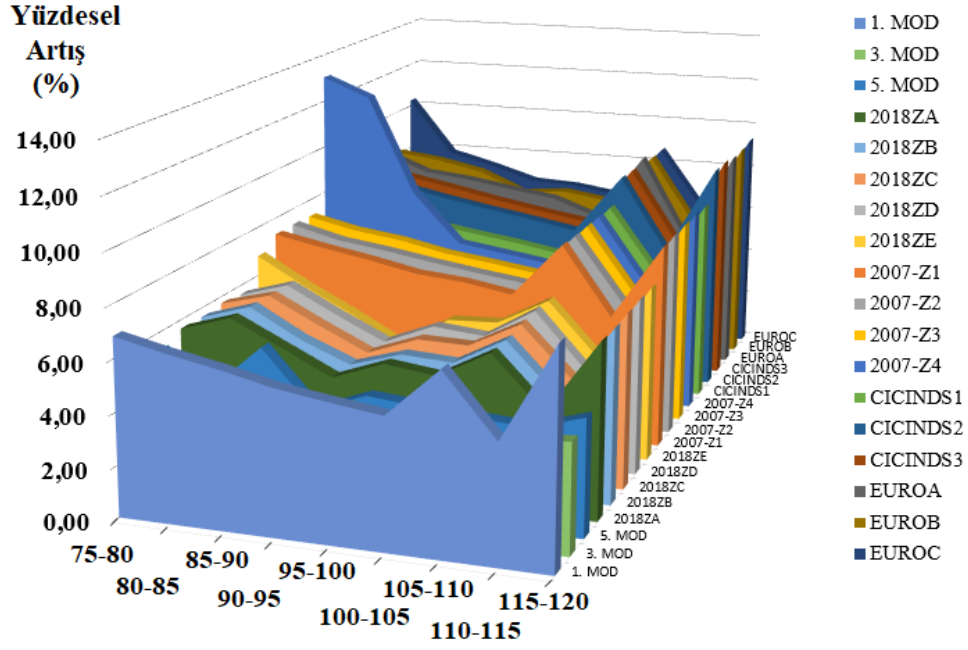
Tablo 4.7. Bacaların tepe yerdeşistirmelerinin ve modal periyotlarının birbirini takip eden baca yükseklikleri için yüzdesel artış oranları

Baca Yüksekliği	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	110-115	115-120
Spektrum/Tepe Yerdeğistirmesi	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2007-Z1	7.31	6.92	6.58	6.17	5.99	5.66	7.87	5.11	8.15
2007-Z2	7.33	6.83	6.56	6.23	5.94	5.67	7.83	5.22	8.21
2007-Z3	7.29	6.86	6.60	6.19	5.93	5.65	7.83	5.18	8.23
2007-Z4	13.03	12.27	8.26	6.22	5.93	5.63	7.85	5.13	8.27
CICINDS1	7.29	6.90	6.56	6.25	5.97	5.64	7.84	5.17	8.20
CICINDS2	8.19	7.74	7.34	6.98	6.66	6.31	8.78	5.73	9.39
CICINDS3	8.22	7.73	7.36	6.97	6.62	6.31	8.74	5.77	9.38
EUROA	8.41	7.64	7.43	7.12	6.84	6.13	8.92	5.46	9.25
EUROB	8.09	7.85	7.45	6.61	6.79	6.50	8.64	5.74	9.27
EUROC	10.26	7.88	7.38	6.80	6.71	6.41	8.65	5.99	9.38
2018-ZA	5.66	6.28	5.33	4.38	5.11	4.86	5.95	3.93	6.80
2018-ZB	5.64	6.25	5.16	4.37	4.97	4.86	5.94	3.92	6.80
2018-ZC	5.73	6.24	5.26	4.33	5.07	5.02	6.06	4.09	6.87
2018-ZD	5.63	6.22	5.21	4.28	5.10	4.91	6.11	3.96	6.94
2018-ZE	6.81	5.72	4.73	3.67	4.89	4.98	6.05	3.94	6.95
1. MOD	6.83	6.39	6.01	5.56	5.27	5.00	6.87	4.55	8.20
3. MOD	5.07	4.82	5.02	4.78	4.56	4.00	3.85	4.04	4.21
5. MOD	5.32	4.04	5.83	3.67	4.42	4.24	4.07	3.91	4.51

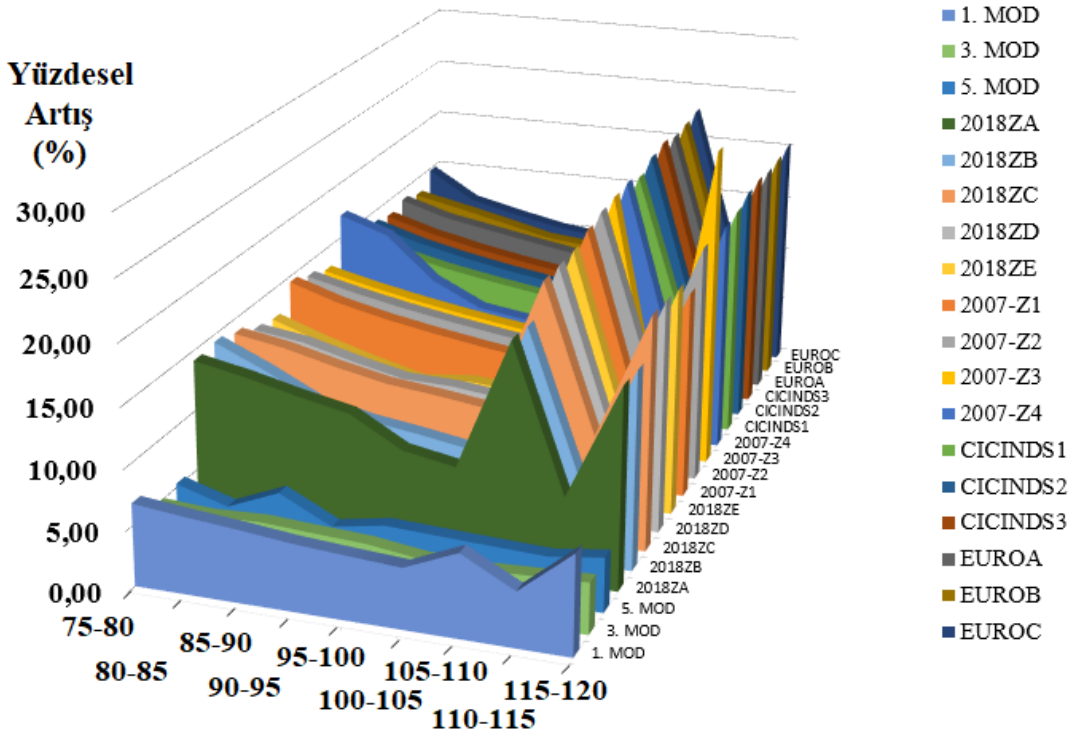
Tablo 4.8. Bacaların taban kesme kuvvetlerinin ve modal periyotlarının birbirini takip eden baca yükseklikleri için yüzdesel artış oranları

Baca Yüksekliği	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	110-115	115-120
Spektrum/Taban Kesme Kuvveti	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2007-Z1	14.51	13.17	12.22	11.47	10.81	10.24	21.92	7.81	17.56
2007-Z2	13.80	12.81	11.97	11.25	10.62	10.07	22.34	9.11	20.16
2007-Z3	13.09	12.12	11.30	10.60	10.00	9.47	22.47	2.31	27.29
2007-Z4	17.03	15.67	11.99	9.95	9.35	8.83	22.60	7.94	19.77
CICINDS1	14.04	12.74	11.82	11.09	10.46	9.90	22.05	8.94	19.88
CICINDS2	13.96	12.69	11.75	10.98	10.32	9.74	22.79	8.75	20.41
CICINDS3	13.57	12.36	11.43	10.67	10.02	9.45	23.05	8.47	20.47
EUROA	14.02	12.76	12.01	11.27	10.57	9.84	22.59	8.80	20.20
EUROB	13.44	12.56	11.63	10.64	10.22	9.70	22.74	8.58	20.29
EUROC	14.80	12.30	11.34	10.48	9.96	9.42	22.98	8.49	20.44
2018-ZA	14.19	13.38	12.38	11.52	9.09	8.33	19.15	7.13	16.70
2018-ZB	14.40	12.54	10.44	9.49	8.91	8.22	18.92	7.03	16.52
2018-ZC	13.81	13.11	12.09	11.21	10.76	10.21	21.34	9.14	19.62
2018-ZD	12.84	12.27	11.18	10.24	10.12	9.65	21.32	8.56	19.41
2018-ZE	12.45	11.01	9.77	8.71	9.18	8.87	21.34	7.74	19.16
1. MOD	6.83	6.39	6.01	5.56	5.27	5.00	6.87	4.55	8.20
3. MOD	5.07	4.82	5.02	4.78	4.56	4.00	3.85	4.04	4.21
5. MOD	5.32	4.04	5.83	3.67	4.42	4.24	4.07	3.91	4.51

Bu bulgulardan Tablo 4.7'dekilerin grafiksel gösterimi Şekil 4.6'da, Tablo 4.8'dekilerin gösterimi ise Şekil 4.7'de verilmektedir.



Şekil 4.6. Tepe yerdeğiştirmelerinin birbirini izleyen bacalar için yüzdesel artışını gösteren grafik



Şekil 4.7. Taban kesme kuvvetlerinin birbirini izleyen bacalar için yüzdesel artışını gösteren grafik

Şekil 4.6 ve 4.7’den görülebileceği üzere, ilk 5 mod periyotlarının yüzdesel artış oranları, tepe yerdeğiştirmelerinin ve taban kesme kuvvetlerinin yüzdesel artış oranları ile kıyaslanmıştır (birbirini takip eden baca yükseklikleri için). Bu kıyaslama sonucunda, birbirini takip eden baca yükseklikleri için, taban kesme kuvvetleri ve tepe

yerdeşiftirmeleri yüzdesel artışlarının, bacaların birinci mod periyot artışları ile yakın ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun, bacaların 1. mod kütle katılım oranlarının, diğer modlara nazaran daha yüksek olmasından kaynaklandığı dşnlmektedir. Başka bir deyişle, bacaların birinci modlardaki yüzdesel değişim oranları, taban kesme kuvvetleri ve tepe yerdeğiftirmelerinin yüzdesel değişim oranları ile pratik olarak aynı yönde olmaktadır. Söz konusu bu durum, baca ve kule tipi yapılar için sistemin birinci modunun pratik olarak deprem davranışını temsil edebileceğine işaret etmektedir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı, yükseklikleri 75 metreden 120 metreye kadar 5'er metre artışla yükselen on adet betonarme sanayi bacası üzerinde oluşan deprem yüklerinin, TBDY 2018, DBYBHY 2007, CICIND 2001 ve Eurocode 8 2004'de önerilen tasarım ivme spektrumlarına göre hesaplanması ve bacaların karakteristik dinamik özellikleri ile analiz sonuçlarından elde edilen verilerin birbirleri ile karşılaştırılarak, aralarındaki ilişkiyi tespit etmekten ibaretti.

Bu amaçla, birinci bölümde, tezin amacı ve kapsamının yanında, betonarme sanayi bacaları ve dünyada ve Türkiye'de oluşmuş olan yıkıcı depremler ile ilgili genel bilgiler verilmekte, ikinci bölümde deprem kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler ve teknik literatür taraması üzerinde durulmaktadır. Üçüncü bölüm içerisinde, çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerden bahsedilmekte, dördüncü bölümde ise söz konusu betonarme sanayi bacalarının farklı standartlara göre hesaplanan ivme spektrumları kullanılarak yapısal analizler yapılmakta ve yapıların dinamik özellikleri ile karşılaştırmalar sunularak aralarındaki ilişki tespit edilmektedir.

Bu çalışmadan çıkartılabilecek bazı sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir:

-Geleneksel betonarme binaların deprem davranışlarının, modların birleştirilmesi yöntemine göre belirlenmesi için genel olarak ilk üç mod etkilerinin birleştirilmesi yeterli görülmektedir. Bununla birlikte, eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabileceği binalarda ise, birinci modun deprem davranışına katkısı yeterli görülmektedir. Durum böyle olmasına rağmen, bu çalışmada yapılan analizlerden de açık bir şekilde görülebileceği gibi, betonarme sanayi bacalarının deprem davranışlarının belirlenebilmesi için daha fazla mod etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Bundan dolayı, söz konusu bacaların yapısal analizleri, ilk on iki modun etkilerinin birleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, bacaların ilk on iki modunun toplam kütle katılım oranı %95'ten daha fazla olmuştur. Ancak, dikkate alınan bu on iki moddan, ilkinin kütle katılım oranı diğer modlara ait kütle katılım oranlarının hepsinden daha büyüktür.

-Baca yüksekliği arttıkça, taban kesme kuvvetleri artmakta olup, en büyük taban kesme kuvveti DBYBHY 2007 Z4 zemin sınıfı için oluşmaktadır. TBDY 2018 ZC zemin sınıfı ve DBYBHY 2007 Z4 zemin sınıfı için hesaplanan taban kesme kuvvetleri pratik olarak birbiriyle örtüşmektedir.

-Bacaların taban kesme kuvvetleri, CICIND 2001’de S1 zemin sınıfından S3 zemin sınıfına, Eurocode 8 2004’de A zemin sınıfından C zemin sınıfına ve DBYBHY 2007’de Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru artmaktadır. TBDY 2018’de ise, A zemin sınıfından C zemin sınıfına doğru artmakta, C zemin sınıfından E zemin sınıfına doğru azalmaktadır. Bunun sebebi, tezin içeriğinde de belirtildiği üzere, R taşıyıcı sistem davranış katsayısının sabit olarak alınmasıdır. Literatürdeki diğer çalışmalarda da, bu katsayı sabit olarak alındığından dolayı, bu çalışmada da sabit olarak alınmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır. İleride gerçekleştirilecek olan çalışmalarda, bu katsayının değişken olarak alındığı analizler de gerçekleştirilebilecektir.

-Bacaların tepe yerdeğiştirmeleri, CICIND 2001’de S1 zemin sınıfından S3 zemin sınıfına, Eurocode 8 2004’de A zemin sınıfından C zemin sınıfına, DBYBHY 2007’de Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına ve TBDY 2018’de ise, A zemin sınıfından E zemin sınıfına doğru artmaktadır. Bu durum da, zemin faktörünü dikkate almanın, yapısal analizler üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

-Bu çalışmanın literatüre katacağı en büyük yenilik, bacaların ilk modlardaki yüzdesel değişim oranları ile, taban kesme kuvvetleri ve tepe yerdeğiştirmelerinin yüzdesel değişim oranlarının pratik olarak aynı yönde olduğunun gösterilmesidir. Bu durum, baca ve kule tipi yapılar için bile sistemin birinci modunun, pratik olarak deprem davranışını temsil edebileceğine işaret etmektedir. Başka bir deyişle, bir baca yüksekliğinden diğerine (birbirini takip eden baca yükseklikleri) ilk beş modun yüzdesel artış oranlarının, taban kesme kuvvetleri ve tepe yerdeğiştirme yüzdesel artış oranlarıyla karşılaştırılmasından, taban kesme kuvvetleri ve tepe yerdeğiştirmeleri yüzdesel artışlarının, bacaların birinci mod periyot artışları ile yakın ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Böylelikle, yükseklikleri farklı iki bacanın birinci mod periyotları kullanılarak, bunların yüzdesel artış oranlarının belirlenmesiyle, deprem davranış bilinen bir bacanın davranışından deprem davranış bilinmeyeninkinin yeterli yaklaşıklıkla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

-Bu çalışmada, baca üzerine etkiyen rüzgar kuvvetleri, baca üzerinde bulunan boşluklar, zemin-yapı etkileşimi, doğrusal olmayan davranış, kaplama malzemeleri ve 2. mertebe etkiler gibi bacalara etkiyen diğer kuvvetlerin etkileri dikkate alınmamıştır. Bu etkilerin de dikkate alınmasıyla, ileriki tarihlerde çalışmanın devamının sağlanması olanaklı hale gelebilecektir.

Son olarak, elde edilen bu sonuçların, çalışmamıza konu olan bacalar, kullanılan standart önerileri, zemin sınıfları, sonlu elemanlar modeli ve yapılan varsayımlar için geçerli olduğu belirtilmelidir. Zira bu sonuçları genelleymek için, daha farklı yükseklikteki bacaların, daha farklı zemin sınıfları, tasarım spektrumları ve daha farklı analiz yöntemleri kullanılarak, yapısal çözümlerinin yapılmasında yarar bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- AFAD (2018). Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulamasının Kullanılması. <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> adresinden 10 Ocak 2021 tarihinde erişilmiştir.
- AFAD (2018). Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumu. <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/ozetRapor.xhtml> adresinden 10 Ocak 2021 tarihinde erişilmiştir.
- Aliyazıcıoğlu, C. (2004). *Bir sentez çalışması ışığında betonarme sanayi bacalarının farklı yöntemlerle yapısal çözümlenmeleri ve tasarımları* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akıncı, N. Ö. (2009, April). *An investigation on seismic resistance of reinforced concrete industrial chimneys*. Paper presented at the Structures Congress.
- Bashir, I. (2019). *Comparative study of an rc chimney as per different codes* (Unpublished master's thesis). Middle East Technical University, Ankara.
- Bingöl Online (2008). Bingöl-Karlıova termik santrali ihaleye çıktı. <https://www.bingolonline.com/haber/bingol-karlıova-termik-santrali-ihaleye-cikti-18985.html> adresinden 2 Haziran 2020 tarihinde erişilmiştir.
- Fırat Kalkınma Ajansı (2010). Derinçay Havzası'nda (Karlıova/Bingöl) Termik Santral Yatırımı Raporu. [https://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_ARASTIRM_A_RAPORLARI/DER%C4%B0N%C3%87AY%20HAVZASI%E2%80%99NDA%20\(KARLIOVA:B%C4%B0NG%C3%96L\)%20TERM%C4%B0K%20SANTRAL%20YATIRIMI%20RAPORU.pdf](https://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_ARASTIRM_A_RAPORLARI/DER%C4%B0N%C3%87AY%20HAVZASI%E2%80%99NDA%20(KARLIOVA:B%C4%B0NG%C3%96L)%20TERM%C4%B0K%20SANTRAL%20YATIRIMI%20RAPORU.pdf) adresinden 15 Ocak 2021 tarihinde erişilmiştir.
- CICIND (2001). Model Code for Concrete Chimneys, Part A Shell, Second Edition, Comite International des Cheminees Industrielles, Revision 1. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:opnPXn7Y9xYJ:https://cicind.org/publications.html%3Ffile%3Dfiles/content/publications/table-of-contents/conc-chim.pdf%26cid%3D147+%&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr> adresinden 2 Haziran 2019 tarihinde erişilmiştir.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi. <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=389> adresinden 3 Temmuz 2020 tarihinde erişilmiştir.
- Elias, S., Matsagar, V., & Datta, T. K. (2016). Effectiveness of distributed tuned mass dampers for multi-mode control of chimney under earthquakes. *Engineering Structures*, 124, 1-16.
- Eren, G., & Beyen, K. (2015, May). *Düşey deprem etkisinde tipik bir binada gözlenen performansın tartışılması*. Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansında sunulmuş bildiri, İstanbul.
- Eurocode 8 (2004). Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. <https://www.phd.eng.br/wp->

content/uploads/2015/02/en.1998.1.2004.pdf adresinden 30 Ağustos 2019 tarihinde erişilmiştir.

- Guo, X., & Zhang, C. (2019). Seismic fragility analysis of corroded chimney structures. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 33(1), 04018087.
- Gürgen, V. (1997). *Yüksek sanayi bacalarının statik dinamik ve betonarme hesabının bilgisayar destekli tasarımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Górski, P. (2015). Investigation of dynamic characteristics of tall industrial chimney based on GPS measurements using random decrement method. *Engineering Structures*, 83, 30-49.
- Huang, W., Gould, P. L., Martinez, R., & Johnson, G. S. (2004). Non-linear analysis of a collapsed reinforced concrete chimney. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 33(4), 485-498.
- Huang, W., & Gould, P. L. (2007). 3-D pushover analysis of a collapsed reinforced concrete chimney. *Finite Elements in Analysis and Design*, 43(11-12), 879-887.
- İnce, B. (1997). *Bacalar ve sanayi bacası hesabının bilgisayar programlanması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jiang, Y., Liu, T., & Bai, Y. (2020). Earthquake response analysis of tall reinforced concrete chimneys considering eccentricity. *Shock and Vibration*, 1-21
- Jin, H. (2015). Memory of Tangshan earthquake after 39 years. <http://en.people.cn/n/2015/0729/c98649-8928104.html> adresinden 14 Mart 2020 tarihinde erişilmiştir.
- Kılıç, S. A. (2017). Betonarme baca kesitinin tekrarlı yükleme altındaki davranışının sonlu elemanlar metodu ile modellenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 1-8.
- Karaca, Z., & Türkeli, E. (2012). Determination and comparison of wind loads for industrial reinforced concrete chimneys. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 21(2), 133-154.
- Karaca, Z., & Türkeli, E. (2014). The slenderness effect on wind response of industrial reinforced concrete chimneys. *Wind and Structures An International Journal*, 18(3), 281-294.
- Karaca, Z., Türkeli, E., Günaydın, M., & Adanur, S. (2015). Dynamic responses of industrial reinforced concrete chimneys, strengthened with fiber-reinforced polymers. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 24(3), 228-241.
- KOERİ (2018). Deprem Hakkında Genel Bilgiler. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/sss_tr.htm adresinden 9 Ocak 2021 tarihinde erişilmiştir.
- Küçük, M. (2020). *Çok katlı betonarme bir binanın 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmelikleri hükümlerine göre tasarım ve analizinin karşılaştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

- Nuhoğlu, A., & Şahin S. (2005, Mart). *Sanayi bacalarının ve minarelerin dinamik davranışlarının incelenmesi*. Kocaeli Deprem Sempozyumunda sunulmuş bildiri, Kocaeli.
- Nemutlu, Ö. M. (2019). *2007-2018 Türk deprem yönetmeliklerinin ve Amerikan deprem yönetmeliğinin deprem hesapları açısından karşılaştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Öz, E., (2007). *Betonarme Bacaların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yapısal Çözümleme Yöntemleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Özdoğan, S. (1993). Türkiye'nin deprem bölgeleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 2, 53-68.
- Patel, S.I., & Rao, B. C. M. (2019). Effect of geometric parameters on seismic performance of rc chimneys. *i-Manager's Journal on Civil Engineering*, 9(2), 46-54.
- SAP2000, (1995). Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Soycan, C. (2019). *Depremde betonarme bina performansının Türk deprem yönetmelikleri 2007 ve 2018'e göre değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Şengün, İ. (2010). *Betonarme sanayi bacalarının bilgisayar destekli tasarımı*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf> adresinden 9 Ağustos 2019 tarihinde erişilmiştir.
- Tuna, M. E. (2000). *Depreme dayanıklı yapı tasarımı*. Turhan Kitabevi, Ankara.
- Türkeli, E., Karaca, Z., & Öztürk, H.T. (2017). On the wind and earthquake response of reinforced concrete chimneys. *Eartquakes and Structures*, 12(5), 559-567.
- Türkeli, E. (2009). *Narin betonarme sanayi bacalarında rüzgar etkilerinin incelenmesi ve bu yapıların rüzgar yüklerine göre hesabı*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun.
- Türkeli, E. (2019). Effect of soil-structure interaction on the seismic behavior of rc chimneys. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 505-518.
- Türkeli, E., & Durmuş, A. (2015, May). *Betonarme sanayi bacalarının deprem davranışı üzerine bir yaklaşım*. Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansında sunulmuş bildiri.
- Wang, L., & Fan, X. Y. (2019). Failure cases of high chimneys: A review. *Engineering Failure Analysis*, 105, 1107-1117.
- Wilson, J. L. (2002). Aseismic Design of Tall Reinforced Concrete Chimneys. *ACI Structural Journal*, 99(5)-S64.

- Wilson, J. L. (2003). Earthquake response of tall reinforced concrete chimneys. *Engineering Structures*, 25(1), 11-24.
- Wilson, J. L. (2009). The cyclic behavior of reinforced concrete chimney sections with and without openings. *Advances in Structural Engineering*, 12(3), 411-420.
- Wilson, J. L. (2010, May). *Performance of tall reinforced concrete chimney structures in the 2010 Chilean earthquake*. Paper presented at the Australian Earthquake Engineering Society Conference, Perth, Western Australia.
- Zhou, C., Zeng, X., Pan, Q., & Liu, B. (2015). Seismic fragility assessment of a tall reinforced concrete chimney. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 24(6), 440-460.
- Zhou, C., Tian, M., & Guo, K. (2019). Seismic partitioned fragility analysis for high-rise rc chimney considering multidimensional ground motion. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 28(1), e1568.

ÖZ GEÇMİŞ

Fotoğraf

Aslı ÇİÇEK, 15.03.1994 tarihinde Ankara’da doğdu. Samsun Onur Ateş Anadolu Lisesi’ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında mezun oldu. 2018 yılında OMÜ LEE İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana İnşaat Mühendisi olarak görev yapan Aslı ÇİÇEK’in yabancı dili İngilizce’dir.

İletişim Bilgileri

E mail : aslicicek55@gmail.com

Öğrenci No : 17211191

ORCID ID : 0000-0001-8659-0600

Yayınlanmış Çalışmalar:

1. Karaca Z., Türkeli E., & Çiçek A. (2020). Dynamic Seismic Spectrum Analyses of a 120 m High Reinforced Concrete Chimney According to Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBEC-2018), *Journal of Investigations on Engineering and Technology*, 3(1), 1-5.