

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İSTİNAT YAPILARININ DEPREME DAYANIKLI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYŞE TUBA TUĞRUL**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

AYŞE TUBA TUĞRUL tarafından hazırlanan “İSTİNAT YAPILARININ DEPREME DAYANIKLI TASARIMI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.08.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Devrim ALKAYA

Pamukkale Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Ali Haydar KAYHAN

Pamukkale Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üy. Mehmet KURUOĞLU

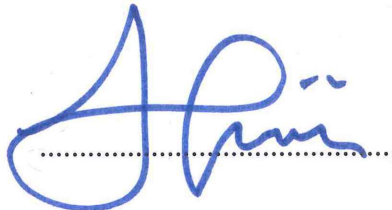
Dokuz Eylül Üniversitesi







Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
04/09/2019 tarih ve 35/27..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

AYŞE TUBA TUĞRUL



## ÖZET

**İSTİNAT YAPILARININ DEPREME DAYANIKLI TASARIMI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**AYŞE TUBA TUĞRUL**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. DEVRİM ALKAYA)**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019**

Zeminlerin tutulması probleminin geoteknik mühendisliğinde en eski konulardan olduğu bilinmektedir. İstinat yapıları eğimli arazilerde, binaların bodrum duvarlarını, derin kazıların yan duvarlarını tutmak ve köprü kenar ayakları teşkil etmek gibi önemli amaçlarla kullanılmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 18 Mart 2018 tarihli 30364 mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmesiyle 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik yürürlükten kalkmıştır. Yeni yönetmelikle AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası da hesaplara girmiştir. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımında geçerli olan yeni yönetmeliğin eski yönetmelikten ve diğer ülke yönetmeliklerinden farklarının ve yeni eklenen hususların irdelenmesi gerektiği açıktır. Bu tezde, eski ve yeni deprem yönetmeliği ile elde edilen aktif dinamik itki değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçlarda elde edilen dinamik itkilerin, statik itkiler yanında göz ardı edilemeyecek değerlere ulaştığı, bazı durumlarda statik itkilerden daha büyük değerlere ulaştığı görülmüştür. Yeni yönetmelik ile elde edilen dinamik itki değerleri eski yönetmeliğe göre genel olarak yüksek değerlerdedir. Yerel zemin sınıflarının hesaplara dâhil olmasının etkisi de elde edilen dinamik itki değerlerini önemli seviyelerde etkilemiştir. Yapılan çalışmanın istinat duvarlarının ve dayanma yapılarının tasarımıyla ilgilenen geoteknik mühendislerinin çalışmalarına ışık tutması amaçlanmaktadır.

**ANAHTAR KELİMELEER: İSTİNAT DUVARLARI, ZEMİN DAYANMA YAPILARI, TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ, DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI**

## **ABSTRACT**

### **EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN OF EARTH RETAINING STRUCTURES**

**MSC THESIS**

**AYŞE TUBA TUĞRUL**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. DEVRİM ALKAYA)**

**DENİZLİ, AUGUST 2019**

The problem of holding slopes is one the oldest issues of geotechnical engineering. Retaining structures are used on sloping lands for important purposes such as forming bridge abutment and holding basement walls of buildings and side walls of deep excavations. Turkish Earthquake Code for Buildings was published on Official Gazette of TR, No. 30364 on March 18th, 2018. With the enactment of this regulation on January 1st 2019, the Regulation on Buildings to be Constructed in Earthquake Zones 2007 was repealed. Earthquake Hazard Map of Turkey prepared by AFAD has entered into the account with the new regulation. The differences of the new regulation which is valid in earthquake resistant structure design in our country from the previous regulation and the regulations in other countries and the newly added issues should be examined. In this thesis, the comparison of the dynamic impulse values with the previous and new earthquake regulations is made. The results showed that the dynamic impulses reached to the values that cannot be ignored besides the static impulses and in some cases it reached to greater values than the static impulses. The dynamic impulse values obtained by the new regulation are generally higher than the previous regulation. The effect of the inclusion of the local soil classes in the analyzes has also significantly affected the dynamic impulse values obtained. The aim of the study is to shed light on the work of geotechnical engineers who are interested in the design of retaining walls and structures.

**KEYWORDS: RETAINING WALLS, EARTH RETAINING  
STRUCTURES, TURKISH EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING  
DESIGN CODE, EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURAL DESIGN**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Amaç .....	2
1.2 Önceki Çalışmalar .....	3
1.3 Türkiye’de Deprem Tehlike Haritalarının Gelişimi .....	10
1.4 Kapsam .....	15
<b>2. İSTİNAT YAPISI TÜRLERİ</b> .....	<b>17</b>
2.1 Rijit İstinat Yapıları .....	17
2.1.1 Ağırlık Duvarlar .....	19
2.1.2 Yarı Ağırlık Duvarlar .....	19
2.1.3 Konsol Duvarlar .....	20
2.2 Esnek İstinat Yapıları .....	20
2.2.1 Palplanş Perdeleri .....	21
2.2.2 Mekanik Stabilizasyon Teknolojisi ile Üretilen Duvarlar .....	21
2.2.3 Kaya Dolgu Duvarlar .....	21
2.2.4 Tel Örgü Duvarlar .....	22
2.2.5 Kafes Tipi Duvarlar .....	22
<b>3. İSTİNAT YAPILARININ PROJELENDİRİLMESİ</b> .....	<b>23</b>
3.1 Ön Boyutlandırma .....	23
3.2 Yanal Zemin Basınçları .....	24
3.2.1 Statik Zemin Basınçları .....	26
3.2.1.1 Rankine Yöntemi ile Statik Aktif Zemin Basınçlarının Hesaplanması .....	26
3.2.1.2 Coulomb Yöntemi ile Statik Aktif Zemin Basınçlarının Hesaplanması .....	28
3.2.2 Dinamik Zemin Basınçları .....	29
3.2.2.1 Mononobe-Okabe Yöntemi .....	30
3.2.2.2 Steedman ve Zeng Yöntemi .....	32
3.2.2.3 Prakash ve Saran Yöntemi .....	34
3.2.2.4 Duvar Basınçlarında Suyun Etkisi .....	36
3.2.2.5 İstinat Yapılarında Deprem İtkisinin Belirlenmesinde Ülkemiz Standartlarında Yer Alan Yöntemler .....	36
3.2.2.5.1 DBYBHY’deki İstinat Yapıları Hesap Yöntemi .....	37
3.2.2.5.2 TBDY’deki İstinat Yapıları Hesap Yöntemi .....	41
3.2.2.5.3 TBDY ile İstinat Duvarı Hesabına Gelen Yeni Hususlar .....	45
3.2.2.6 Dinamik Basıncın Etkime Noktası .....	48
3.2.3 İstinat Yapılarının Stabilitesi .....	49
3.2.3.1 Ötelenmeye Karşı Güvenlik .....	49

3.2.3.2	Dönmeye Karşı Güvenlik.....	50
3.2.3.3	Taşıma Gücü Yönünden Güvenlik.....	50
<b>4.</b>	<b>YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR.....</b>	<b>52</b>
4.1	Sayısal Uygulama 1 .....	53
4.1.1	Konum 1’de (Ayvacık) Elde Edilen Bulgular .....	55
4.1.2	Konum 2’de (Bigadiç) Elde Edilen Bulgular .....	58
4.1.3	Konum 3’te (Kütahya Merkez) Elde Edilen Bulgular .....	62
4.1.4	Konum 4’te (Polatlı) Elde Edilen Bulgular .....	65
4.1.5	Konum 5’te (Akpınar) Elde Edilen Bulgular.....	68
4.1.6	Konum 6’da (Şarkışla) Elde Edilen Bulgular .....	71
4.1.7	Konum 7’de (Divriği) Elde Edilen Bulgular .....	74
4.1.8	Konum 8’de (Pülümür) Elde Edilen Bulgular .....	77
4.1.9	Konum 9’da (Karayazı) Elde Edilen Bulgular .....	80
4.1.10	Konum 10’da (Doğubayazıt) Elde Edilen Bulgular .....	83
4.1.11	Diğer Bulgular .....	87
4.2	Sayısal Uygulama 2 .....	96
4.2.1	Zemin 1’de ( $\phi=45^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular.....	100
4.2.2	Zemin 2’de ( $\phi=35^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular.....	105
4.2.3	Zemin 3’te ( $\phi=30^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular.....	111
4.2.4	Zemin 4’te ( $\phi=23^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular.....	116
4.2.5	Zemin 5’te ( $\phi=16^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular.....	121
4.2.6	Diğer Bulgular .....	127
4.3	Sayısal Uygulama 3 .....	140
4.3.1	Örnek Duvar İçin Maliyet Analizi .....	166
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>172</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>176</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>181</b>
	EK A S <sub>DS</sub> Grafikleri .....	181
<b>8.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>184</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> 1945-Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 12.7.1945 gün ve 3/2854 sayılı kararı).....	11
<b>Şekil 1.2:</b> 1947-Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 20.12.1947 gün ve 3/6739 sayılı kararı).....	12
<b>Şekil 1.3:</b> 1963-Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 5.4.1963 gün ve 6/1613 sayılı kararı) .....	13
<b>Şekil 1.4:</b> 1972 tarihi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 23.12.1972 gün ve 7/5551 sayılı kararı). .....	13
<b>Şekil 1.5:</b> 1996 tarihi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı). .....	14
<b>Şekil 1.6:</b> AFAD, 2018 -Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 22.1.2018 gün ve 2018/11275 sayılı kararı). .....	15
<b>Şekil 2.1:</b> İstinat duvarlarının sınıflandırılması (Uzuner 2007). .....	18
<b>Şekil 2.2:</b> Rijit dayanma yapılarının en genel türleri a) Ağırılık duvar , b) Yarı ağırılık duvar, c) Konsol duvar. ....	18
<b>Şekil 2.3:</b> Ağırılık duvarı en kesitleri. ....	19
<b>Şekil 2.4:</b> Payandalı konsol duvar modeli. ....	20
<b>Şekil 2.5:</b> Kaya dolgu duvarlar (Hunt 1986) .....	22
<b>Şekil 2.6:</b> Kafes tipi duvarlar (Hunt 1986) .....	22
<b>Şekil 3.1:</b> İstinat duvarlarının ön boyutlandırılması. ....	24
<b>Şekil 3.2:</b> Aktif durum için Coulomb yöntemi. ....	28
<b>Şekil 3.3:</b> Steedman-Zeng yöntemine ilişkin hesap modeli. ....	33
<b>Şekil 3.4:</b> İstinat duvarlarının Steedman-Zeng'e göre tasarımının hesap algoritması (Gürsoy 2006). ....	34
<b>Şekil 3.5:</b> Şekil 2.8. Prakash-Saran yöntemine ilişkin hesap modeli. ....	35
<b>Şekil 3.6:</b> İstinat duvarlarının Prakash ve Saran'a göre tasarımının hesap algoritması (Gürsoy 2006). ....	35
<b>Şekil 3.7:</b> TDBH'ye göre deprem bölgelerinin TDTH'de gösterildiği harita.....	46
<b>Şekil 4.1:</b> 10 konumun harita üzerinde işaretlenmesi. ....	53
<b>Şekil 4.2:</b> Karşılaştırmada kullanılan duvar modeli.....	54
<b>Şekil 4.3:</b> Konum 1 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri..	56
<b>Şekil 4.4:</b> Konum 1 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri....	57
<b>Şekil 4.5:</b> Konum 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	57
<b>Şekil 4.6:</b> Konum 2 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri..	59
<b>Şekil 4.7:</b> Konum 2 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri....	60
<b>Şekil 4.8:</b> Konum 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	60
<b>Şekil 4.9:</b> Konum 3 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri..	63
<b>Şekil 4.10:</b> Konum 3 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	63
<b>Şekil 4.11:</b> Konum 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	64
<b>Şekil 4.12:</b> Konum 4 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	66
<b>Şekil 4.13:</b> Konum 4 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	66
<b>Şekil 4.14:</b> Konum 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	67



<b>Şekil 4.15:</b> Konum 5 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	69
<b>Şekil 4.16:</b> Konum 5 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	69
<b>Şekil 4.17:</b> Konum 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	70
<b>Şekil 4.18:</b> Konum 6 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	72
<b>Şekil 4.19:</b> Konum 6 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	72
<b>Şekil 4.20:</b> Konum 6 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	73
<b>Şekil 4.21:</b> Konum 7 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	75
<b>Şekil 4.22:</b> Konum 7 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	75
<b>Şekil 4.23:</b> Konum 7 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	76
<b>Şekil 4.24:</b> Konum 8 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	78
<b>Şekil 4.25:</b> Konum 8 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	78
<b>Şekil 4.26:</b> Konum 8 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	79
<b>Şekil 4.27:</b> Konum 9 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	81
<b>Şekil 4.28:</b> Konum 9 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri...	81
<b>Şekil 4.29:</b> Konum 9 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	82
<b>Şekil 4.30:</b> Konum 10 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$ ve $k_v$ ) değerleri.....	84
<b>Şekil 4.31:</b> Konum 10 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$ ve $K_{ad}$ ) değerleri.....	84
<b>Şekil 4.32:</b> Konum 10 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	85
<b>Şekil 4.33:</b> Tüm konumlar için dinamik aktif zemin itkisi $P_{ad}$ değerleri.....	87
<b>Şekil 4.34:</b> Konum 4 ve 5 için elde edilen dinamik aktif zemin itkisi ( $P_{ad}$ ) değerleri.....	89
<b>Şekil 4.35:</b> TDBH'ye göre deprem bölgelerinin TDTH'de gösterildiği haritada Konum 4 ve Konum 5.....	89
<b>Şekil 4.36:</b> 1. derece deprem bölgesinde bulunan konum 1-2-5-8'e ait $P_{ad}$ değerlerinin karşılaştırılması.....	90
<b>Şekil 4.37:</b> 2. derece deprem bölgesinde olan konum 3-9-10'a ait $P_{ad}$ değerlerinin karşılaştırılması (yığılmış çizgi grafiği).....	91
<b>Şekil 4.38:</b> 3. derece deprem bölgesinde olan konum 6 ve 7'ye ait $P_{ad}$ değerlerinin karşılaştırılması.....	92
<b>Şekil 4.39:</b> Konsol duvar modeli.....	97
<b>Şekil 4.40:</b> Konumların haritada gösterimleri.....	98
<b>Şekil 4.41:</b> Konum 1'de zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	101
<b>Şekil 4.42:</b> Konum 2'de zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	102
<b>Şekil 4.43:</b> Konum 3'te zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	103
<b>Şekil 4.44:</b> Konum 4'te zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	104
<b>Şekil 4.45:</b> Zemin 1'de DBYBHY ve TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	105
<b>Şekil 4.46:</b> Konum 1'de zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	106

<b>Şekil 4.47:</b> Konum 2’de zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	107
<b>Şekil 4.48:</b> Konum 3’te zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	108
<b>Şekil 4.49:</b> Konum 4’te zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	109
<b>Şekil 4.50:</b> Zemin 2’de DBYBHY ve TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	110
<b>Şekil 4.51:</b> Konum 1’de zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	111
<b>Şekil 4.52:</b> Konum 2’de zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	112
<b>Şekil 4.53:</b> Konum 3’te zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	113
<b>Şekil 4.54:</b> Konum 4’te zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	114
<b>Şekil 4.55:</b> Zemin 3’te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	115
<b>Şekil 4.56:</b> Konum 1’de zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	117
<b>Şekil 4.57:</b> Konum 2’de zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	118
<b>Şekil 4.58:</b> Konum 3’te zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	119
<b>Şekil 4.59:</b> Konum 4’te zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	120
<b>Şekil 4.60:</b> Zemin 4’te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	121
<b>Şekil 4.61:</b> Konum 1’de zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	122
<b>Şekil 4.62:</b> Konum 2’de zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	123
<b>Şekil 4.63:</b> Konum 3’te zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	124
<b>Şekil 4.64:</b> Konum 4’te zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$ ve $P_{ad}$ ) değerleri.....	125
<b>Şekil 4.65:</b> Zemin 5’te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	126
<b>Şekil 4.66:</b> DBYBHY ile elde edilen $K_{at}$ değerleri.....	128
<b>Şekil 4.67:</b> DBYBHY ile elde edilen $K_{ad}$ değerleri.....	129
<b>Şekil 4.68:</b> DBYBHY ile elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	129
<b>Şekil 4.69:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen $K_{at}$ değerleri.....	130
<b>Şekil 4.70:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen $K_{ad}$ değerleri.....	131
<b>Şekil 4.71:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	131
<b>Şekil 4.72:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen $K_{at}$ değerleri.....	132
<b>Şekil 4.73:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen $K_{ad}$ değerleri.....	133
<b>Şekil 4.74:</b> Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	133

<b>Şekil 4.75:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen $K_{at}$ değerleri.....	134
<b>Şekil 4.76:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen $K_{ad}$ değerleri.....	135
<b>Şekil 4.77:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	136
<b>Şekil 4.78:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen $K_{at}$ değerleri.....	136
<b>Şekil 4.79:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen $K_{ad}$ değerleri.....	137
<b>Şekil 4.80:</b> Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen $P_{ad}$ değerleri.....	138
<b>Şekil 4.81:</b> Karşılaştırmada kullanılan konsol duvar modeli.....	141
<b>Şekil 4.82:</b> Karşılaştırmalarda Gölcük'te kullanılan konum (AFAD, 2018).....	143
<b>Şekil 4.83:</b> 3 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	144
<b>Şekil 4.84:</b> 3.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	145
<b>Şekil 4.85:</b> 4 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	146
<b>Şekil 4.86:</b> 4.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	147
<b>Şekil 4.87:</b> 5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	148
<b>Şekil 4.88:</b> 5.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	149
<b>Şekil 4.89:</b> 6 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	150
<b>Şekil 4.90:</b> 6.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	151
<b>Şekil 4.91:</b> 7 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	152
<b>Şekil 4.92:</b> 7.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	153
<b>Şekil 4.93:</b> 8 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	154
<b>Şekil 4.94:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen $P_{ad}$ değerlerinin $P_{as}$ değerleri ile karşılaştırılması.....	155
<b>Şekil 4.95:</b> DBYBHY ve TBDY ile tüm duvar yüksekliklerinde $P_{ad}$ değerlerinin karşılaştırılması.....	156
<b>Şekil 4.96:</b> DBYBHY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	157
<b>Şekil 4.97:</b> DBYBHY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	158
<b>Şekil 4.98:</b> ZA zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	159
<b>Şekil 4.99:</b> ZB zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	160
<b>Şekil 4.100:</b> ZC zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	161
<b>Şekil 4.101:</b> ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	162
<b>Şekil 4.102:</b> ZE zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.....	163
<b>Şekil 4.103:</b> Betonarme dizaynda kullanılan hesap kesitleri.....	168

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1:</b> DBYBHY’de yer alan bina önem katsayısı tablosu.....	38
<b>Tablo 3.2:</b> DBYBHY’de yer alan etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ) tablosu.....	39
<b>Tablo 3.3:</b> Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	42
<b>Tablo 3.4:</b> 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	43
<b>Tablo 3.5:</b> Dayanma Yapıları için r katsayıları.....	43
<b>Tablo 3.6:</b> TBDY’de bulunan yerel zemin sınıfları tablosu.....	47
<b>Tablo 4.1:</b> Karşılaştırmada kullanılan 10 konumun koordinatları (WGS84/Coğrafik (Long/Lat)).....	53
<b>Tablo 4.2:</b> 10 konumun deprem bölgeleri haritasına göre deprem bölgesi bilgisi..	54
<b>Tablo 4.3:</b> Zemine ve duvara ait diğer özellikler.....	55
<b>Tablo 4.4:</b> Konum 1 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	55
<b>Tablo 4.5:</b> Konum 1 için elde edilen sonuçlar (TDBH’ye göre 1. derece deprem bölgesi).....	56
<b>Tablo 4.6:</b> Konum 2 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	56
<b>Tablo 4.7:</b> Konum 2 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).....	62
<b>Tablo 4.8:</b> Konum 3 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	62
<b>Tablo 4.9:</b> Konum 3 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).....	62
<b>Tablo 4.10:</b> Konum 4 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	65
<b>Tablo 4.11:</b> Konum 4 için elde edilen sonuçlar (4. derece deprem bölgesi).....	65
<b>Tablo 4.12:</b> Konum 5 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	68
<b>Tablo 4.13:</b> Konum 5 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).....	68
<b>Tablo 4.14:</b> Konum 6 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	71
<b>Tablo 4.15:</b> Konum 6 için elde edilen sonuçlar (3. derece deprem bölgesi).....	71
<b>Tablo 4.16:</b> Konum 7 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	74
<b>Tablo 4.17:</b> Konum 7 için elde edilen sonuçlar (3. derece deprem bölgesi).....	74
<b>Tablo 4.18:</b> Konum 8 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	77
<b>Tablo 4.19:</b> Konum 8 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).....	77
<b>Tablo 4.20:</b> Konum 9 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	80
<b>Tablo 4.21:</b> Konum 9 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).....	80
<b>Tablo 4.22:</b> Konum 10 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	83
<b>Tablo 4.23:</b> Konum 10 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).....	83
<b>Tablo 4.24:</b> En düşük $P_{ad}$ değerlerinin elde edildiği yöntem.....	93
<b>Tablo 4.25:</b> En yüksek $P_{ad}$ değerlerinin elde edildiği yöntem.....	93
<b>Tablo 4.26:</b> Sayısal Uygulama 1’de elde edilen tüm $P_{ad}$ değerlerinin çizelgesi.....	93
<b>Tablo 4.27:</b> Yerel zemin sınıflarına göre TDTH’den alınan $S_{DS}$ değerleri.....	94
<b>Tablo 4.28:</b> Karşılaştırmada kullanılacak zeminler.....	96
<b>Tablo 4.29:</b> Karşılaştırmada kullanılacak konumların koordinatları (WGS84/Coğrafik (Long/Lat)).....	97
<b>Tablo 4.30:</b> Zemine ve duvara ait diğer özellikler.....	98
<b>Tablo 4.31:</b> Konum 1 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	99
<b>Tablo 4.32:</b> Konum 2 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	99
<b>Tablo 4.33:</b> Konum 3 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	99
<b>Tablo 4.34:</b> Konum 4 için $S_{DI}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	100

<b>Tablo 4.35:</b> Zemin 1 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.....	100
<b>Tablo 4.36:</b> Zemin 1 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.....	101
<b>Tablo 4.37:</b> Zemin 1 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.....	102
<b>Tablo 4.38:</b> Zemin 1 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.....	103
<b>Tablo 4.39:</b> Zemin 2 ile konum 1’de elde edilen sonuçla.....	106
<b>Tablo 4.40:</b> Zemin 2 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.....	107
<b>Tablo 4.41:</b> Zemin 2 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.....	108
<b>Tablo 4.42:</b> Zemin 2 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.....	109
<b>Tablo 4.43:</b> Zemin 3 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.....	111
<b>Tablo 4.44:</b> Zemin 3 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.....	112
<b>Tablo 4.45:</b> Zemin 3 ile Konum 3’te elde edilen sonuçlar.....	113
<b>Tablo 4.46:</b> Zemin 3 ile Konum 4’te elde edilen sonuçlar.....	114
<b>Tablo 4.47:</b> Zemin 4 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.....	116
<b>Tablo 4.48:</b> Zemin 4 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.....	117
<b>Tablo 4.49:</b> Zemin 4 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.....	118
<b>Tablo 4.50:</b> Zemin 4 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.....	119
<b>Tablo 4.51:</b> Zemin 5 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.....	122
<b>Tablo 4.52:</b> Zemin 5 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.....	123
<b>Tablo 4.53:</b> Zemin 5 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.....	124
<b>Tablo 4.54:</b> Zemin 5 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.....	125
<b>Tablo 4.55:</b> En yüksek $P_{ad}$ değerlerinin elde edildiği yöntem.....	127
<b>Tablo 4.56:</b> Sayısal Uygulama 2’de DBYBHY ile elde edilen $P_{ad}$ değerlerinin çizelgesi (kN/m).....	139
<b>Tablo 4.57:</b> Sayısal Uygulama 2’de TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerlerinin çizelgesi (kN/m).....	139
<b>Tablo 4.58:</b> 4 konuma ait TDTH’den alınan $S_{DS}$ değerleri.....	139
<b>Tablo 4.59:</b> Zemine ve duvara ait diğer özellikler.....	141
<b>Tablo 4.60:</b> $S_{D1}$ ve $S_{DS}$ değerlerinin hesaplanması.....	142
<b>Tablo 4.61:</b> Tüm duvar yükseklikleri için elde edilen $k_h$ , $k_v$ , $K_{at}$ ve $K_{ad}$ değerleri..	143
<b>Tablo 4.62:</b> 3 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	144
<b>Tablo 4.63:</b> 3.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	145
<b>Tablo 4.64:</b> 4 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	146
<b>Tablo 4.65:</b> 4.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	147
<b>Tablo 4.66:</b> 5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	148
<b>Tablo 4.67:</b> 5.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	149
<b>Tablo 4.68:</b> 6 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	150
<b>Tablo 4.69:</b> 6.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	151
<b>Tablo 4.70:</b> 7 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	152
<b>Tablo 4.71:</b> 7.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	153
<b>Tablo 4.72:</b> 8 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.....	154
<b>Tablo 4.73:</b> Her duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen $P_{ad}$ değerlerinin oranlanması.....	164
<b>Tablo 4.74:</b> Her yöntemde elde edilen $P_{ad}$ değerlerinin duvar yüksekliği artışıyla ilişkisinin incelenmesi.....	164
<b>Tablo 4.75:</b> Sayısal Uygulama 3’te elde edilen tüm $P_{ad}$ değerlerinin çizelgesi (kN/m).....	165
<b>Tablo 4.76:</b> TDTH’den zemin sınıflarına göre alınan $S_{DS}$ değerleri.....	165
<b>Tablo 4.77:</b> DBYBHY’ye göre devrilme güvenliği kontrolü sonuçları (kNm/m)	167
<b>Tablo 4.78:</b> DBYBHY’ye göre kayma güvenliği kontrolü sonuçları (kN/m).....	167

<b>Tablo 4.79:</b> DBYBHY'ye göre zemin taşıma kapasitesi kontrolleri sonuçları (kN/m <sup>2</sup> ).....	167
<b>Tablo 4.80:</b> Duvarda kullanılacak malzeme bilgileri.....	167
<b>Tablo 4.81:</b> DBYBHY'ye göre duvarda yapılan moment kapasitesi kontrolleri..	168
<b>Tablo 4.82:</b> Duvarda yapılan kesme kapasitesi kontrolleri.....	169
<b>Tablo 4.83:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfı için devrilme güvenliği kontrolü sonuçları (kNm/m).....	169
<b>Tablo 4.84:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfı için kayma güvenliği kontrolü sonuçları (kN/m).....	169
<b>Tablo 4.85:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfı için zemin taşıma kapasitesi kontrolleri sonuçları.....	170
<b>Tablo 4.86:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfı için duvarda yapılan moment kapasitesi kontrolleri.....	170
<b>Tablo 4.87:</b> TBDY ile ZC zemin sınıfı için duvarda yapılan kesme kapasitesi kontrolleri.....	170
<b>Tablo 4.88:</b> İki yöntemle göre (DBYBHY ve TBDY-ZC) yaklaşık maliyet hesaplanması (1 m duvar uzunluğu için).....	171

## SEMBOL LİSTESİ

$A_0$	:	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$a_h$	:	Yatay Yer İvmesi
$a_v$	:	Düşey Yer İvmesi
$c$	:	Kohezyon
$d_{su}$	:	Su Altındaki Duvar Yüksekliği
$g$	:	Yerçekimi İvmesi
$F_1$	:	1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
$F_a$	:	Kaymaya Karşı Koyan Aktif Basınçlar
$F_w$	:	Kaymaya Karşı Koyan Ağırlıklar
$F_s$	:	Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
$G_{s\text{ kayma}}$	:	Kaymaya Karşı Güvenlik Sayısı
$G_{s\text{ devrilme}}$	:	Devrilmeye Karşı Güvenlik Sayısı
$H$	:	İstinat Duvarı Toplam Yüksekliği
$I$	:	Bina Önem Katsayısı
$i$	:	Aktif ya da Pasif Basınç Tarafındaki Zemin Yüzeyinin Yatayla Yukarı Doğru Yaptığı Şev Açısı
$K$	:	Tipik Toplam Zemin Basıncı Katsayısı
$K_o$	:	Sükûnette Zemin Basıncı Katsayısı
$K_{at}$	:	Toplam Aktif Zemin Basıncı Katsayısı
$(K_{at})_c$	:	Kohezyondan Doğan Toplam Aktif Basınç Katsayısı
$(K_{at})_q$	:	Ek Yükten Doğan Toplam Aktif Basınç Katsayısı
$(K_{at})_y$	:	Birim Ağırlıktan Doğan Toplam Aktif Basınç Katsayısı
$K_{ad}$	:	Dinamik Aktif Zemin Basıncı Katsayısı
$K_{as}$	:	Statik Aktif Zemin Basıncı Katsayısı
$k_h$	:	Statik-Eşdeğer Yatay Deprem Katsayısı
$K_{pt}$	:	Toplam Pasif Zemin Basıncı Katsayısı
$K_{pd}$	:	Dinamik Pasif Zemin Basıncı Katsayısı
$K_{ps}$	:	Statik Pasif Zemin Basıncı Katsayısı
$k_v$	:	Statik-Eşdeğer Düşey Deprem Katsayısı
$M_{direnen}$	:	Dönmeye Direnen Momentler Toplamı
$M_{deviren}$	:	Döndürmeye Çalışan Momentler Toplamı
$P_{as}$	:	Statik Aktif Zemin İtkisi
$P_{ad}$	:	Dinamik Aktif Zemin İtkisi
$P_{at}$	:	Toplam (Statik + Dinamik) Aktif Zemin İtkisi
$P_{ps}$	:	Statik Pasif Zemin İtkisi
$P_{pd}$	:	Dinamik Pasif Zemin İtkisi
$P_{pt}$	:	Toplam (Statik + Dinamik) Pasif Zemin İtkisi
$P_{su}$	:	Hidrostatik Su İtkisi
$P_w$	:	Hidrodinamik Su İtkisi
$q$	:	Ek Yük (Sürşarj Yüğü)
$Q_h$	:	Duvara Etkiyen Toplam Eylemsizlik Momenti
$R$	:	Göçme Yüzeyinde Doğan Sürtünme ve Normal Kuvvetlerin Bileşkesi (Dış Yük Vektörü)
$r$	:	Statik-Eşdeğer Deprem Azaltma Katsayısı
$S_1$	:	1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı
$S_s$	:	Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı
$S_{D1}$	:	1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı

$S_{DS}$	:	Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
$t$	:	Zaman
$u$	:	Hidrostatik Su İtkisi
$V$	:	Kayma Tahkikinde Tabana Etkiyen Düşey Kuvvet
$V_{s(30)}$	:	Üst 30 Metrede Kayma Dalgası Hızı
$W$	:	Zemin Kamasının Ağırlığı
$z$	:	Zemin Yüzeyinden İtibaren Derinlik
$\alpha$	:	Duvar-Zemin Arakesitinin Düşeyle Aktif ya da Pasif Basınç Tarafına Doğru Yaptığı Açrı
$\gamma$	:	Zeminin Doğal Birim Hacim Ağırlığı
$\gamma_b$	:	Zeminin Su Seviyesi Altında Birim Hacim Ağırlığı
$\gamma_d$	:	Zeminin Suya Doymun Birim Hacim Ağırlığı
$\gamma_w$	:	Suyun Birim Hacim Ağırlığı
$\gamma^*$	:	Tipik Birim Hacim Ağırlığı
$\delta$	:	Zeminle Duvar Arka Yüzeyi Arasındaki Sürtünme Açısı
$\Delta P_{su}$	:	Bileşke Dinamik Su Basıncı
$\theta$	:	Statik-Eşdeğer Deprem Katsayısına Bağlı Açrı (TBDY)
$\theta_h$	:	Zemin Kamasının Yatayla Yaptığı Açrı
$\theta_v$	:	Zemin Kamasının Düşeyle Yaptığı Açrı
$\lambda$	:	Statik-Eşdeğer Deprem Katsayısına Bağlı Açrı (DBYBHY, M-O)
$\sigma_v$	:	Düşey Gerilme
$\sigma_h$	:	Yanal Gerilme
$\phi$	:	Zeminin Kayma Direnci Açısı
$\phi'$	:	Zeminin Efektif Kayma Direnci Açısı
$\phi'_d$	:	Zeminin Tasarım Kayma Direnci Açısı



## KISALTMA LİSTESİ

<b>ABYYHY</b>	:	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998
<b>AFAD</b>	:	İçişleri Bakanlığı-Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
<b>DBYBHY</b>	:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007
<b>TBDY</b>	:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
<b>TDBH</b>	:	Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası-1996
<b>TDTH</b>	:	Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (AFAD)-2018
<b>EC8</b>	:	Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance–Part 5
<b>MSE</b>	:	Mekanik Stabilizasyon Teknolojisi ile İnşa Edilmiş
<b>M-O</b>	:	Mononobe-Okabe

## ÖNSÖZ

Geoteknik mühendisliğinin en önemli konularından biri olan istinat yapılarının sismik olarak aktif alanlarda depremlerle durum göz önüne alınarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda yürürlükte olan 2018-Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile birlikte yürürlüğe girmiş olup, eski mevzuata göre birçok yeniliği de hesaplara getirmiştir.

Bu çalışmanın Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile istinat yapıları hesabının daha iyi anlaşılması konusunda mühendislere yardımcı olması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sırasında desteğini hiç bir zaman esirgemeyen hocam sayın Doç. Dr. Devrim Alkaya'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazılması sırasında desteklerinden ötürü abim Jeoloji Yüksek Mühendisi Tufan Tuğrul'a ve eğitim hayatım boyunca yanımda olan aileme teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

İstinat yapıları şevleri tutmaya yarayan yapılardır. Sismik olarak aktif alanların her yerinde kullanılan istinat yapıları ömürlerine göre kalıcı ve geçici olarak ayrıldıkları gibi, inşa edilmiş şekillerine göre ağırlık, yarı ağırlık, betonarme konsol gibi türlere ayrılırlar.

İstinat yapılarının dizaynı, geoteknik mühendisliğinin en eski konularından biridir. Zemin mekaniğinin en erken ve en önemli bazı ilkeleri, istinat duvarlarının akılcı bir şekilde tasarımı sırasında geliştirilmiştir (Kramer 1996).

İhtiyaca göre çeşitli malzemelerden ve farklı tekniklerle inşa edilebilen istinat yapıları, uygun tasarlanmadığında oldukça maliyetli sonuçlar doğurabilmektedir. İstinat duvarları fazla göz önünde olmazken eksikliği, devrilmesi veya hasar görmesi durumunda kendi değerinden kat kat fazla maddi zarara ve daha önemlisi can kayıplarına neden olan mühendislik yapılarıdır (Alkaya 2008). Ankrajlı palplanş duvarlar, rıhtım duvarları ve diğer istinat yapıları, depremler sırasında sıkça hasara uğrarlar. Oluşan hasarlar genellikle iskele ve liman gibi kıyı yapılarında yoğunlaşmaktadır. Böyle yapılar yerel ekonomi için çoğu zaman hayati öneme sahip olduğundan, bu yapıların yıkılmasıyla oluşacak iş kayıplarından doğan zararlar, bunların tamir veya yeniden inşa maliyetlerinin çok üzerinde olabilmektedir (Kramer 1996).

Statik durumda dahi oldukça hassas hesaplar gerektirmelerinin yanında, oluşan hasarlar göstermiştir ki, kalıcı istinat yapıları deprem bölgelerinde depreme dayanıklı olarak dizayn edilmelidir. Geçici istinat yapılarında deprem riski çok düşük olduğundan, bu yapıların dizaynı genellikle sadece depremsiz duruma göre yapılır.

Ülkemiz Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alan, hemen hemen tamamı deprem riskiyle karşı karşıya bir alandır. Türkiye’de, bilinen tarihsel dönem deprem kayıtlarına göre M.Ö. 2000 yılından beri devamlı olarak, hasar yapan ve yüzey faylanmasıya neden olan büyük depremler yaşanmıştır. Ülkemizde etkili olan başlıca

fay sistemleri, Kuzey Anadolu fay zonu, Ege graben sistemi, Doğu Anadolu fay zonu, Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Helenik Kıbrıs yayı ve Orta Anadolu ova bölgesidir.

Ülkemizde istinat yapılarıyla ilgili bir hesap yöntemi, deprem yönetmeliğinde ilk olarak 1998’de önerilmiş (ABYYHY), 2007’de yayımlanan deprem yönetmeliğinde (DBYBHY) istinat yapıları hesap yönteminde bir değişiklik yapılmamıştır. Yürürlükteki deprem yönetmeliği olan TBDY’deki istinat yapıları hesap yöntemi, DBYBHY’den oldukça farklı olup mühendislerce irdelenmeyi bekleyen birçok yeni husus içermektedir.

## 1.1 Amaç

Bu çalışmada ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğindeki istinat yapıları hesap yöntemi ile elde edilen dinamik itki  $P_{ad}$  değerleri, bir önceki yönetmelik olan DBYBHY’deki yöntemle elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Yeni deprem yönetmeliği (TBDY) ve deprem tehlike haritasının (TDTH) dinamik itki değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Deprem tehlike haritasının güncellenmesiyle, eski haritada aynı deprem bölgesinde olan noktalarda deprem tehlikesi açısından büyük çeşitlilik oluşmuştur. Ayrıca haritanın güncel verilerle yenilenmesiyle, bazı bölgelerde eski haritaya göre deprem riski oldukça düşmüş, bazı noktalarda da yükselmiştir.

TBDY’de önerilen istinat yapıları hesabında eşdeğer deprem katsayıları, deprem tehlike haritasından (TDTH) o nokta için alınan  $S_{DS}$  değerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu değer yerel zemin sınıfına göre değişmektedir. Eski yönetmelik olan DBYBHY’de ise yatay eşdeğer deprem katsayıları, deprem bölgesine göre farklı değerler alan etkin yer ivmesi  $A_0$  değerine göre hesaplanmakta idi. Zemin sınıfının eşdeğer deprem katsayıları hesabına etkisi yoktu.

Bu tezde, tüm bu hususların aktif zemin itkilerine ek olarak hesaplara girecek olan dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerlerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 1.2 Önceki Çalışmalar

Okabe (1926), Mononobe ve Matsuo (1929), ağırlık istinat duvarlarına depremden dolayı etkiyecek zemin basınçlarını belirlemeye yönelik ilk çalışmaları yapmışlardır. Mononobe ve Matsuo, Japonya’da 1923’te meydana gelen büyük Kanto depreminin ( $M_w: 7.9$ ) ardından, bir sarsma tablası kullanarak bir dizi özgün deney yapmışlardır. Bu deneylerin ve analitik çalışmaların sonucunda bugün Mononobe-Okabe (M-O) metodu olarak bilinen, duvara depremden dolayı gelecek dinamik itkiyi eşdeğer statik bir kuvvete çeviren yöntem ortaya çıkmıştır. Bu yarı-statik metot ilk olarak kohezyonsuz duvar arkası dolgusuna sahip ağırlık duvarlar için geliştirilmiş olsa da daha sonra çeşitli zemin özelliklerine yönelik olarak geliştirilmiştir (Mikola ve Sitar 2013). Depremde zemin basıncının parabolik olarak yayıldığını kabul eden M-O yöntemi, birçok ülkenin deprem yönetmeliğinde yer alan istinat yapısı tasarım yönteminin esasını teşkil etmektedir.

Westergard (1933), duvar arkasında su varlığının olması durumunda, duvara etkiyecek dinamik su basıncı dağılımı ve bileşkesi için formülasyon önermiştir.

Newmark (1965), herhangi bir yer hareketi nedeniyle şevlerde oluşacak yer değiştirme miktarını hesaplayan yeni bir yöntem geliştirmiştir. Yatay ivmelere bağlı olarak bir düzlem üzerindeki bloğun kayma yer değiştirmesinin, düzlem ve bloğun göreceli hızının tanımlanmasıyla hesaplanabileceğini belirterek istinat duvarı tasarımında kullanılabilir bir yaklaşım önermiştir. Bu çalışmalar sonucunda, zemin kütlelerine etkiyen statik ve dinamik kuvvetlerin toplamının, kayma yüzeyi boyunca dayanımı aşması durumunda kalıcı yer değiştirmelere neden olduğu sonucuna varılmıştır (Gürsoy 2006).

Prakash ve Saran (1966), Steedman-Zeng ve Seed-Whitman yöntemlerinin aksine zemindeki kohezyonu da dikkate alarak bir çözüm modeli geliştirmişlerdir. Dinamik aktif itkinin etkime noktasının duvar tabanından  $0.5 H$  yükseklikte olduğunu göstermişlerdir.

Prakash ve Basavanna (1969), kayma ve devrilme durumları için aktif zemin etkisini kuvvet dengesi ve momente göre araştırmışlardır (Gürsoy 2006). Dinamik itkinin etkime noktası ile ilgili teorik bir değerlendirme yapmışlardır. Steedman ve

Whitman yaklaşımına ilaveler yaparak, dinamik aktif zemin itkisinin etkime noktasının duvar üstünden H/3 kadar altta alınması gerektiğini göstermiştir (Das ve Zhuo 2016).

Seed ve Whitman (1970), istinat duvarlarının tasarımı için basit bir yöntem önermişlerdir. Kohezyonsuz, eğimsiz yüzeyle dolgular için geçerli olan bu yöntem, düşey eşdeğer deprem etkisi katsayısı  $k_v$ 'yi sıfır kabul etmektedir. Maksimum yer ivmesinin depremler sırasında bir an oluşacağını, dolayısıyla bunun 0.85 katının etkili yer ivmesi olarak kullanılmasının yeterli olacağını söyleyerek, statik durum için tasarlanan duvarların çoğu kez depreme göre de emniyetli olduğunu belirtmişlerdir (Gürsoy 2007).

Richards ve Elms (1979), ilk kez kalıcı yer değiştirmelere göre tasarım yöntemini önermişlerdir. Newmark'ın kayma bloğu yöntemini kullanarak ağırlık istinat duvarlarının deprem yüklerine göre hesabında duvar eylemsizliğinin dikkate alınması gerektiğini belirterek, izin verilebilir bir deplasman değeri için bir formül içeren bir tasarım yöntemi önermişlerdir. Bu yöntemin kullanılmasıyla bulunan dinamik itkiler, M-O yönteminden elde edilenlerden oldukça büyüktür. Richard ve Elms'in önerdiği sismik eşdeğer katsayı formülü EC8'de önerilen yöntemdeki gibi izin verilen deplasman değerini içermektedir.

Nadim ve Whitman (1983), ağırlık istinat duvarlarının deprem davranışını sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiş, Mononobe-Okabe teorisiyle elde edilen sonuçların sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilenlerle pek çok durumda örtüştüğünü göstermişlerdir (Ertuğrul ve diğ. 2008). Dolgudaki ivme büyümesi etkisinin önemine işaret ederek, belirlenen gerçek yer değiştirmelerin Richard-Elms yöntemiyle elde edilenlerden önemli ölçüde büyük olduğunu belirtmişler ve revizyon önermişlerdir.

Whitman-Liao (1985), deprem etkisi nedeniyle oluşacak yer değiştirmeleri hesaplamaya çalışmışlardır. Ayrıca Richards ve Elms'in önerdiği yöntemdeki istinat duvarı arkasındaki dolgunun dinamik tepkilerinin, kinematik etkilerinin ve düşey ivme bileşenlerinin ihmal edilmesi gibi basitleştirme adına yapılan kabuller sonucunda bazı belirsizlikler ve hatalar olduğunu söylemişlerdir. Bu yöntemdeki kalıcı yer değiştirmeler hesabının da aşırı derecede emniyetli olduğunu ve sonuçların ekonomik olmadığını ileri sürmüşlerdir (Yıldız 2015, Gürsoy 2006).

Whitman (1990), Mononobe-Okabe yöntemini incelemiştir. Yöntemin doğru zemin parametreleri, deprem parametreleri ve emniyet katsayılarının seçilmesiyle emniyetli sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ayrıca dinamik aktif itkinin etkime noktasının tabandan  $0.6H$  yukarıda olduğunu göstermiştir.

Steedman ve Zeng (1996), Newmark'ın kayma bloğu yönteminin devamı olarak, eşdeğer statik bir model için geliştirmiş oldukları bir yöntemi, istinat duvarlarının kalıcı yer değiştirmelerini tahmin etmek için sunarak yöntem ortaya koymuşlardır. Bu yöntemin ile elde edilen sonuçları ağırlık istinat duvarı deney sonuçlarıyla karşılaştırarak örtüştüğünü göstermişlerdir.

Zeng ve Steedman (2000), Newmark'ın kayma bloğu yöntemine benzer olarak, sınır bir ivme değeri aşıldığında açısız hız sıfıra ininceye kadar rijit duvar dönmesinin başlayacağı kabul eden, rijit temeller üzerinde inşa edilmiş ağırlık istinat duvarlarının dönmeye ilişkin yer değiştirmelerini hesaplamak için bir dönme bloğu yöntemi geliştirmişlerdir (Gürsoy 2006). Bu yöntemle deprem etkisindeki istinat duvarının şekil değiştirmesinin belirlenebileceğini, ayrıca istinat duvarı kayma ve dönmesinin birlikte dikkate alınması için de uygulanabileceği belirtmişlerdir.

Gürsoy ve diğ. (2007), istinat duvarlarının depreme göre tasarımında duvar tipinin önemini incelemiştir. Bu amaçla örnek olarak seçilen betonarme konsol ve payandalı istinat duvarlarının yapısal çözümlenmeleri, Erzincan (1992) depremi Kuzey-Güney bileşenine göre, dolgu zemin etkileşimi de dikkate alınarak, sonlu elemanlar yöntemini kullanan LUSAS yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca duvarların hesabı DBYBHY'deki yöntemle de yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, payandaların duvar rijitliğini arttırdığı, betonarme istinat duvarlarının hesaplarında eylemsizlik etkilerinin de hesaba katılması gerektiği, betonarme konsol ve payandalı istinat duvarlarının zaman tanım alanında depreme göre yapısal çözümlenmesinden elde edilen toplam zemin basıncının deprem süresince değişimi yer hareket ivme değişimine benzemediği ve konsol istinat duvarının yapısal çözümlenmeden elde edilenin payandalı istinat duvarından daha büyük olduğu, konsol istinat duvarının sonlu elemanlar yöntemiyle yapısal çözümlenmesinden elde edilen duvar tepe düğüm noktası yer değiştirme miktarı bu yöntemle payandalı istinat duvarının yapısal çözümlenmeden elde edilenden daha büyük olduğu sonuçlarına varılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, deprem bölgelerinde inşa edilecek istinat duvarlarına ilişkin

tasarımların daha emniyetli olmaları bakımından istinat duvarı tipini de dikkate alan yapısal çözümlere göre yapılmasını önermişlerdir.

Özcan (2007), yayılı yük etkisindeki istinat duvarlarına etkiyen dinamik zemin etkilerinin hesabında, M-O, geliştirilmiş Cullman, Prakash-Saran ve Steedman-Zeng yöntemlerinin arasındaki farklarını ve uygulanabilme koşullarını incelemiştir. Çalışmada ayrıca, Amerikan ve Japon yönetmeliklerine, ABYYHY ve EC8'e de yer verilmiş, ABYYHY diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Mevcut yöntem ve yönetmeliklerin doğrudan çözülmesinde zorluklar olan bir yükleme durumu ve şev geometrisine sahip bir istinat duvarı modeli üzerinde analizler yapılmıştır. Hesaplamalarda Geliştirilmiş Cullman yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde ABYYHY'de yapılanlara benzer kabuller yapılarak analizlerin ABYYHY ile uyumlu hale gelmesi sağlanmıştır. Grafik yöntem olan Geliştirilmiş Cullman matematiksel olarak ifade edilmiş ve zemin etkileri Excel'de Visual Basic kodları ile yazılan bir bilgisayar programı yardımı ile iterasyonla hesaplanmıştır. Yapılan analizlerde yayılı yük uzaklığına bağlı olarak duvar yüksekliği ( $H$ ), kayma mukavemeti açısı ( $\phi$ ), yayılı yük ( $q$ ), yayılı yük uzaklığı ( $L$ ) ve şev açısı ( $i$ ) değişkenlerinin etkileri incelenmiştir. Analizler sonucunda, her türlü yükleme durumuna sahip istinat duvarının çözümünde kullanılabilen Geliştirilmiş Cullman grafik yönteminin matematiksel ifadesi çıkartılmıştır. Geliştirilmiş Cullman yöntemi uygulanırken ABYYHY'deki hesaplama aşamaları ve kabuller dikkate alınarak analizlerin ABYYHY ile uyumlu olması sağlanmıştır. Matematiksel ifadesi çıkarılan yöntem Visual Basic kodlarıyla bilgisayar programına dönüştürülmüştür. Yayılı yük etkisindeki istinat duvarlarına etkiyen dinamik zemin etkilerini bulmak için geliştirilen bu bilgisayar programının bu tür problemlerin çözümünde yeterli olduğu görülmüştür. Yayılı yükün etkisinin kalmadığı mesafenin, kayma mukavemeti açısı ile ters, duvar yüksekliği, yayılı yük ve şev açısı ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. Analizlerde, şev açısının sıfırdan büyük olduğu durumlarda, yayılı yük istinat duvarından uzaklaşmasına rağmen toplam zemin etkilerinde artış olabilmektedir. Toprak kütesinden kaynaklanan zemin etkilerinin toplam bileşke kuvvetteki oranının yüksek olması bu durumu ortaya çıkarmaktadır.

Alkaya (2008), istinat duvarlarının projelendirilmesiyle ilgili Excel programını kullanarak bir yazılım hazırlamıştır. Tabakalı zeminlerde, kohezyonlu durumlar için



de hesap yapabilen program, depremlı ve depremsiz durumlar için stabilite tahkiklerini gerçekleştirebilmektedir.

Ertuğrul ve diğ. (2008), istinat duvarlarının dinamik yükler altındaki davranışının sonlu elemanlar metodu kullanılarak modellenmesiyle elde edilen sonuçların gerçekçiliğinin irdelenmesi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu amaçla ağırlık tipi istinat duvarlarının dinamik davranışlarının modellenmesi ile ilgili örnek bir sonlu elemanlar analizi alışması, PLAXIS Dinamik programı kullanılarak yapılmış ve sonuçları ODTÜ İnşaat Mühendisliğı Bölümü Zemin Mekaniğı Laboratuvarı'nda bulunan sarsma tablası sistemi kullanılarak gerçekleştirilen bir fiziksel modelleme çalışması ile karşılaştırılmıştır. Sonlu elemanlar metodu ile elde edilen tahminlerin, düşük ivme genlikleri için, deneysel ve analitik sonuçlardan daha yüksek olduğu ancak yüksek bir ivme değerinde deneysel sonuçlarla daha yüksek tutarlılıkta olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Mononobe-Okabe ve deneysel bulgular, dinamik itkinin duvar kökünden yaklaşık H/3 kadar yukarıda etki etmekte olduğunu gösterirken, sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen analizlerde 0.4H-0.5H aralığında tahmin edilmektedir. Modelleme alışmaları ışığında, PLAXIS programı kullanılarak dinamik sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde elde edilen dinamik itki değerleri deneysel çalışmalar ve analitik çözümlerle tutarlı gözükmele birlikte, dinamik itki kuvvetinin etki noktaları, diğ. metotlarla tayin edilen değerlere göre bir miktar yüksek olmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen çözümlerin, istinat yapıları üzerinde deprem etkisi sebebiyle oluşacak yanal yüklerin tahmininde kullanılabileceğı anlaşılmıştır. Ancak doğrusal olmayan zemin davranışı modelleri kullanılması zorunludur.

Yıldız (2015), istinat duvarlarına etkileyen dinamik zemin itkileri farklı yöntemlere göre belirlemiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Bu kapsamda M-O, Seed-Whitman ve Wood olmak üzere 3 yarı statik yöntem ve DBYBHY, Amerika Deprem Yönetmeliğı, Japonya Deprem Yönetmeliğı, Hindistan Deprem Yönetmeliğı ve EC8 olmak üzere 5 temel yönetmelik ele alınmıştır. Bu hesaplama yöntemleri arasındaki farkların görülebilmesi amacıyla ölkemizde yürürlükte olan yönetmelik hükümleri gereğince değişik yükleme durumları için parametrik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda dinamik zemin itkisi teorileri ek dinamik itkilerin tahminine dayanan yöntemler ve izin verilebilir yer değiştirmeye dayanan yöntemler başlığı altında

sınıflandırılarak hesaplamalara yer verilmiştir. Ayrıca, çeşitli yönetmeliklerin dinamik zemin basıncı hesaplama yöntemleri ve etki eden faktörler incelenerek aralarındaki farklılıklar ortaya konmuştur. Sonuç olarak seçilen istinat duvarı modeli, depremsiz ve depremlı durum için DBYBHY ile belirlenen güvenlik katsayılarını sağlamış olup konsol betonarme istinat duvarlarının ön boyutlandırılması ile ilgili kriterlerde olduğu gibi boyutlandırılmıştır. Analiz sonuçları duvar yüksekliği ( $H$ ), kayma mukavemeti açısı ( $\phi$ ), yayılı yük ( $q$ ) ve şev eğimi açısına ( $i$ ) bağlı olarak tablolştırılmıştır. Bu tablolardan depremsiz ve depremlı durumdaki itkiler ve devirici momentler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yarı statik yöntemler ile hesaplanan zemin itkileri duvar yüksekliğinin artması ile beraber duvarın üzerine etkiyen yük artacağı için stabilite şartlarının sağlanması için duvar boyutlarının arttırılması gerekmektedir. Kayma mukavemeti açısı dinamik ve toplam zemin itkisi ile ters orantılı olarak değişmektedir. Şev eğimi açısı büyüdükçe dinamik ve toplam zemin itkisi değeri artmakta ve sınır açuya geçişte zemin itkileri büyük bir sıçrama göstermektedir. Etkin yayılı yük değişimi topraktan gelen dinamik itkileri değıştirmezken, toplam zemin itkisinde ciddi bir artış meydana gelmektedir. Yöntemler arasındaki yorum farklılıklarından dolayı en çok itkiyi EC8 verirken, en düşük itkiyi Hindistan Deprem Yönetmeliğı vermiştir. EC8 deprem yönetmeliğinde istinat duvarlarının türüne bağlı olarak yer değıştirmesi ile ilgili hükümler bulunmasına karşın DBYBHY kapsamında herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalar dikkate alındığında toprakları aktif deprem kuşağında bulunan Türkiye'nin deprem bölgelerinde inşa edilecek istinat duvarlarının tasarımında daha güvenli sonuçlar alınabilmesi için DBYBHY'de önerilen tasarım yönteminin istinat duvarı tipine ve çeşitli zemin gruplarına göre iyileştirilmesi gerektiğı önerisinde bulunulmuştur.

Öztürk (2018), TBDY ve TDTH'nin getirdiğı değışikliklerin İç Anadolu Bölgesi bazında değıerlendirmesini yapmıştır. Kırşehir-Merkez, Eskişehir-Merkez, Kayseri-Merkez ve Konya-Selçuk Üniversitesi Kampüs bölgelerinde tasarım depremi için 2 farklı zemin cinsi altında ve 2 farklı periyot değeri için eski ve yeni yönetmeliklerin karşılaştırması yapılmıştır. Kırşehir ve çevresinde öngörülen zemin ivmesinin büyük ölçüde azaltıldığı, Konya'da ise arttığı görülmüştür. Tasarım spektrumları incelendiğinde ise Konya, Kayseri ve Eskişehir'de ZB zemin sınıfı için genel olarak TDTH'nin deprem bölgeleri haritasından daha düşük ivmeler verdiği, ancak zemin dayanımındaki azalmanın sonuçları büyük ölçüde etkilediğı görülmüştür.

Konya bölgesinde olduğu gibi, ZE zemin sınıfı için belirli periyot aralıklarında, TDTH ve TBDY büyük ivmeler ve taban kesme kuvvetleri öngörmektedir.

Keskin ve Bozdoğan (2018), DBYBHY ve TBDY'yi Kırklareli için incelemiştir. Çalışmada TBDY kullanılarak Kırklareli merkezinde bulunan iki farklı zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumları elde edilmiştir. Bu spektrumlar DBYBHY'de yer alan elastik tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Bulgaristan, Yunanistan ve ülkemiz sınırlarında meydana gelen geçmiş depremler derlenerek sunulmuştur. Kırklareli ili için 4 katlı bir binanın deprem analizi farklı zemin sınıfları seçilerek ETABS programı yardımıyla yapılmıştır. TBDY ve DBYBHY ile analizler ayrı ayrı yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarından özellikle Z4 ve ZE zemin sınıfları dikkate alındığında kuvvet ve yer değiştirmelerde TBDY'de önemli artışlar olduğu görülmüştür. TBDY'nin deprem tehlikesini daha gerçekçi olarak ortaya koyduğu belirlenmiş, uygulanması ile beraber Kırklareli'nde bina kalitesinin artması beklendiği belirtilmiştir.

Elçi ve Göker (2018), betonarme kolonların sismik performansı açısından DBYBHY ve TBDY'yi karşılaştırmışlardır. Bunun için 4 tane kolon numunesi hazırlanmış, XTRACT programı ile deplasman esaslı yükleme profili oluşturulmuştur. Elde edilen deplasman profiline uygun olarak, bu numuneler sabit aksenal yükler ve artan tersinir tekrarlı yatay yükler altında deneye tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarından numunelerin, yatay kuvvet-deplasman ve moment-eğrilik grafikleri elde edilmiştir. Yönetmeliklerde belirtilen; plastik dönme kapasitesine, beton ve çelik şekil değiştirmesine bağlı olarak hasar sınırları ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Buna göre TBDY, DBYBHY'den daha güvenli tarafta kalan deformasyon limitleri vermektedir. Sonuç olarak TBDY'nin daha güvenli ve sünek çözümler önerdiği görülmüştür.

Başaran (2018), TBDY ve DBYBHY ile hesaplanan eşdeğer deprem yüklerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada 5 ve 10 katlı referans betonarme çerçeve modelleri ile, Afyonkarahisar Merkez ilçesi için TBDY ve DBYBHY ile eşdeğer deprem yükleri elde edilmiştir. Her iki çerçeve modeli için de TBDY'ye göre elde edilen eşdeğer deprem yüklerinin DBYBHY ile elde edilenlere göre daha az olduğu görülmüştür.

Kayhan ve Demir (2018), betonarme konsol istinat duvarlarının minimum maliyetle tasarımında diferansiyel gelişim algoritması tekniğine dayalı bir yöntem kullanmışlardır. Yöntemin uygulanmasında, tek ve çift tabakalı zemin durumu bulunan örneklerin tasarımı TS-7994, TS-500 ve DBYBHY'ye göre yapılmıştır. Düşey yüklerin yanında hem statik hem de depremleri durumdaki dinamik zemin etkileri göz önüne alınmıştır. TS-500'de tanımlanan betonarme tasarım kriterleri ve TS-7994'te tanımlanan devrilme, kayma ve zeminin taşıma gücü ile ilgili kriterler, optimum tasarım probleminin kısıtları olarak ele alınmıştır. Farklı zemin özellikleri için, istinat duvarının kesit ölçüleri ve betonarme donatı düzeni, dikkate alınan tüm kriterler sağlanacak biçimde elde edilmiştir. Duyarlılık analizi sonuçları, optimum tasarımın diferansiyel gelişim algoritması parametrelerinin seçiminden etkilenmediğini göstermiştir. Dolayısıyla, diferansiyel gelişim algoritmasının, betonarme konsol istinat duvarlarının tasarımının optimum şekilde yapılabilmesi için etkin şekilde kullanılabilmesi söylenebilir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre, deprem düzeyini ifade eden etkin yer ivmesi katsayısı ve zemin içsel sürtünme açısındaki değişimin, istinat duvarlarının optimum maliyetini dikkate değer şekilde değiştirdiği söylenebilir. Sonuçlar, değişik mühendislik optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan diferansiyel gelişim algoritmasının, betonarme istinat duvarlarının optimum tasarımı amacıyla etkin olarak kullanılabilmesini göstermiştir.

### **1.3 Türkiye'de Deprem Tehlike Haritalarının Gelişimi**

1940'lı yıllara kadar, deprem afeti ile karşı karşıya kalındığında sadece yıkılan yapının yenilenmesi fikri düşünülürken, 1939-1944 yılları arasında meydana gelen yıkıcı depremler, yeni önlemler alınması gereğini ortaya koymuştur. 1939 Erzincan depremi ile başlayıp, kısa aralıklarla meydana gelen 1942 Niksar-Erbaa, 1943 Adapazarı-Hendek, 1943 Tosya-Ladik ve 1944 Bolu-Gerede depremlerinde 43319 kişinin ölmesi, 75000 kişinin yaralanması ve 200 bin civarında yapının yıkılması veya kullanılamaz hale gelmesi üzerine, deprem zararlarının azaltılması için bazı çalışmalar yapılması kararına varılmıştır. 1944 yılında 4623 sayılı 'Yersarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun' yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunda, deprem tehlikesi bulunan bölgelerinin tespiti, belediyelerin jeolojik etütler yapılmadan yeni kentsel gelişme alanlarına izin vermemesi, deprem tehlikesi bulunan

bölgelerde yapılacak yapılar ile ilgili kısıtlamaların resmî düzenlemelerle zorunlu hale getirilmesi, acil durumlarda uygulanmak üzere yardım ve kurtarma programlarının hazırlanması gibi bazı önlemler zorunlu hale getirilmiştir. Bu kanun gereğince, Türkiye'nin ilk deprem bölgeleri haritası, 1945 yılında “Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası” adı altında hazırlanmıştır. Bu haritada ülkemiz,

- Büyük hasara uğramış bölgeler,
- Tehlikeli yersarsıntısı bölgeleri ve
- Tehlikesiz bölgeler olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1.1) (Özmen 2012).



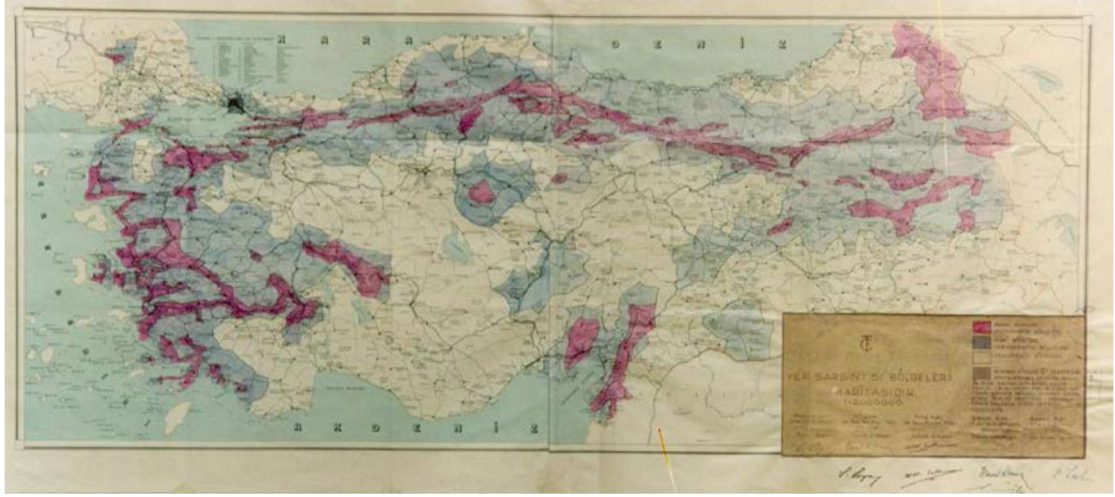
**Şekil 1.1:** 1945-Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 12.7.1945 gün ve 3/2854 sayılı kararı).

Bu haritadan sonra bilimsel gelişmelere bağlı olarak 1947, 1963, 1972, 1996 ve 2018 yıllarında deprem tehlike haritaları yayımlanmıştır.

1947 yılında, bir önceki yersarsıntısı bölgeleri haritasında çok şiddetli yersarsıntısı bölgelerini gösteren sınırların genişliğinin azaltılması yönünde bir rapor hazırlandığı için yeni bir yersarsıntısı bölgeleri haritası hazırlanmıştır.

Bu haritada ülkemiz,

- Birinci derece yersarsıntısı bölgeleri,
- İkinci derece yersarsıntısı bölgeleri ve
- Tehlikesiz bölgeler olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1.2).



**Şekil 1.2:** 1947-Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 20.12.1947 gün ve 3/6739 sayılı kararı).

1959 yılında sadece depremi değil tüm doğal afetleri kapsayan ve halen yürürlükte olan 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” yayımlanmıştır. Bu tarihten sonra İmar ve İskân Bakanlığı kurulmuştur. İmar ve İskân Bakanlığı tarafından yayımlanan ilk deprem tehlike haritası, 1963 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'dır. Bu haritada ülkemiz,

- Birinci derece deprem bölgeleri,
- İkinci derece deprem bölgeleri
- Üçüncü derece deprem bölgeleri ve
- Tehlikesiz bölgeler olmak üzere dört bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1.3).





Şekil 1.3: 1963-Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 5.4.1963 gün ve 6/1613 sayılı kararı).

1972'de yayımlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ile deprem bölgelerine dördüncü derece deprem bölgesi de eklenmiştir ve ülkemiz,

- Birinci derece deprem bölgesi,
- İkinci derece deprem bölgesi,
- Üçüncü derece deprem bölgesi,
- Dördüncü derece deprem bölgesi ve
- Tehlikesiz bölgeler olmak üzere beş bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: 1972 tarihi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 23.12.1972 gün ve 7/5551 sayılı kararı).

1996 yılında yayımlanan, yakın zamana kadar yürürlükte olan deprem tehlike haritası, ülkemizi 5 derece deprem bölgesine ayırır (Şekil 1.5). 475 yıl tekrarlanma periyodu için en büyük yer ivmesi cinsinden deprem tehlikesini göstermektedir.

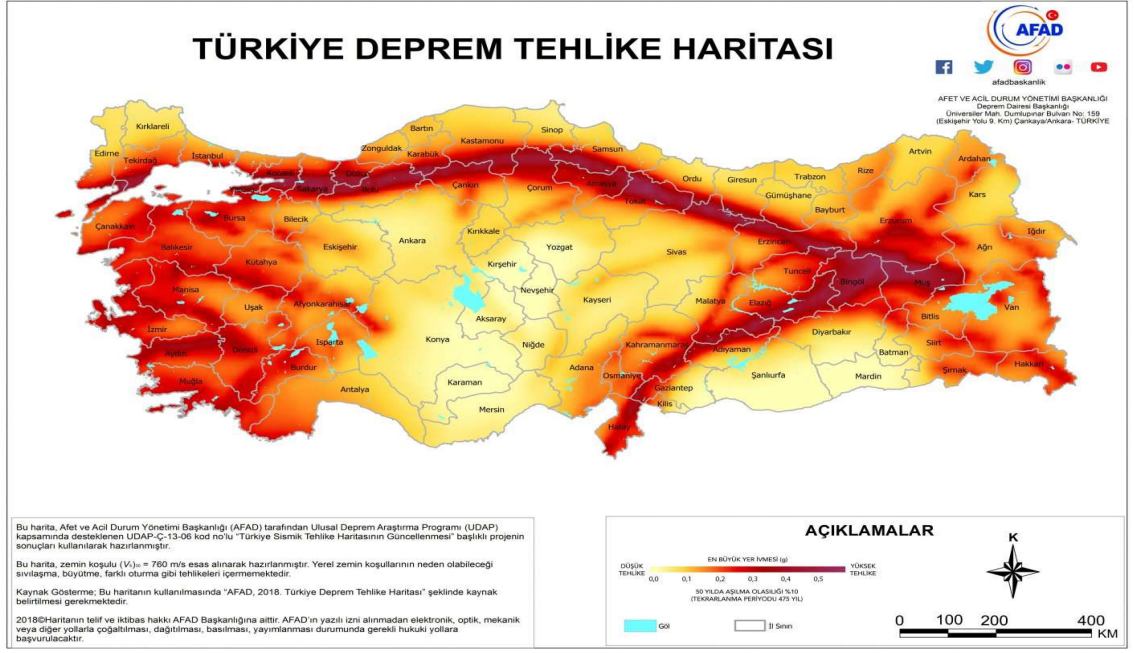
Yer ivmesinin 0.40 g ve üzeri olacağı bölgeler birinci derece deprem bölgesini, 0.30 - 0.40 g arasında olması beklenen bölgeler ikinci derece deprem bölgesini, 0.20 - 0.30 g arasında olması beklenen bölgeler üçüncü derece deprem bölgesini, 0.10 - 0.20 g arasında olması beklenen bölgeler dördüncü derece deprem bölgesini ve 0.10 g den küçük olması muhtemel bölgeler beşinci derece deprem bölgesini ifade eder (Özmen ve Pampal 2017).



**Şekil 1.5:** 1996 tarihi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı)

2018'de yayımlanarak 1 Ocak 2019'da yürürlüğe giren TDTH'de 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50 ve %68 (tekrarlanma periyotları 2475, 475, 72 ve 43 yıl) olan en büyük yer ivmesi (PGA), kısa periyot (0.2 sn) için spektral ivme ( $S_S$ ), 1.0 sn periyot için spektral ivme ( $S_I$ ) ve en büyük yer hızı (PGV) değerleri verilmiştir (Şekil 1.6).





**Şekil 1.6:** AFAD, 2018 -Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Bakanlar Kurulu'nun 22.1.2018 gün ve 2018/11275 sayılı kararı) .

TDTH, <https://turkiye.gov.tr> internet adresinde interaktif web uygulaması olarak erişime açıktır.

#### 1.4 Kapsam

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, rijit ve esnek istinat yapıları açıklanmış, genel özellikleri verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, istinat yapılarının projelendirilmesi konusuna yer verilmiştir. Yüksekliğe bağlı yapılan ön boyutlandırma anlatılmış, stabilite tahkiklerine esas teşkil eden yanal zemin basınçları konusu açıklanmıştır. Statik ve dinamik zemin basınçları hesapları ayrı ayrı açıklanmış, DBYBHY ve TBDY'de önerilen istinat yapıları hesap yöntemleri ile farklı yönleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde yapılan çalışmalar ve elde edilen bulgular anlatılmıştır. TBDY'de önerilen yöntem ile daha önceki DBYBHY'teki yöntem karşılaştırılmıştır. Bu bölümde 3 adet sayısal uygulamaya yer verilmiştir. DBYBHY ile ve TBDY ile elde edilen dinamik zemin etkileri arasındaki farkların daha iyi irdelenebilmesi için bazı parametreler çeşitli aralıklarda incelenmiştir.

Sayısal uygulama 1’de ülkemize ait aynı enlemde eşit aralıktaki bulunan 10 farklı konumda, 5 farklı yerel zemin sınıfında DBYBHY ve TBDY ile hesap yapılmıştır. Tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmasıyla, önceki yönetmelikten farklı olarak yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin önemini görölmesi amaçlanmıştır.

Sayısal uygulama 2’de gerçek zemin durumlarını yansıtmak açısından kayma mukavemeti parametreleri farklı olan 5 farklı zemin kullanılmıştır. Kullanılan zemin modellerinin içsel sürtünme açısı değerleri 16 ile 45° arasında değişmektedir. Hesaplar DBYBHY ve TBDY ile 4 farklı deprem bölgesinde bulunan 4 farklı konumda yapılmıştır. Her zeminin cinsine göre uygun olabilecek ikişer yerel zemin sınıfında analizleri yapıp elde edilen  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırılmıştır.

Sayısal uygulama 3’te  $H$  duvar yüksekliği değeri değişken olarak alınmıştır. Duvar yükseklikleri 3.5 ile 8 metre arasında değişen 11 duvar modeli irdelenmiştir. Konum olarak 1999-Gölcük depreminin merkez üssü olan konum kullanılmış, hesaplar 5 yerel zemin sınıfı için DBYBHY ve TBDY ile yapılmıştır. Yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin önemini görölmesi amacıyla tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmıştır. Uygulamanın sonunda iCad Konsol yazılımı kullanılarak bir adet örnek duvar için maliyet analizi yapılmıştır.

## 2. İSTİNAT YAPISI TÜRLERİ

Yanal zemin basıncını karşılamak için fore kazık, ankraj, palplanş perdesi, kazı kaplaması, istinat duvarları gibi yapılar yapılmaktadır. Bunların en yaygınları istinat duvarlarıdır (Alkaya 2008).

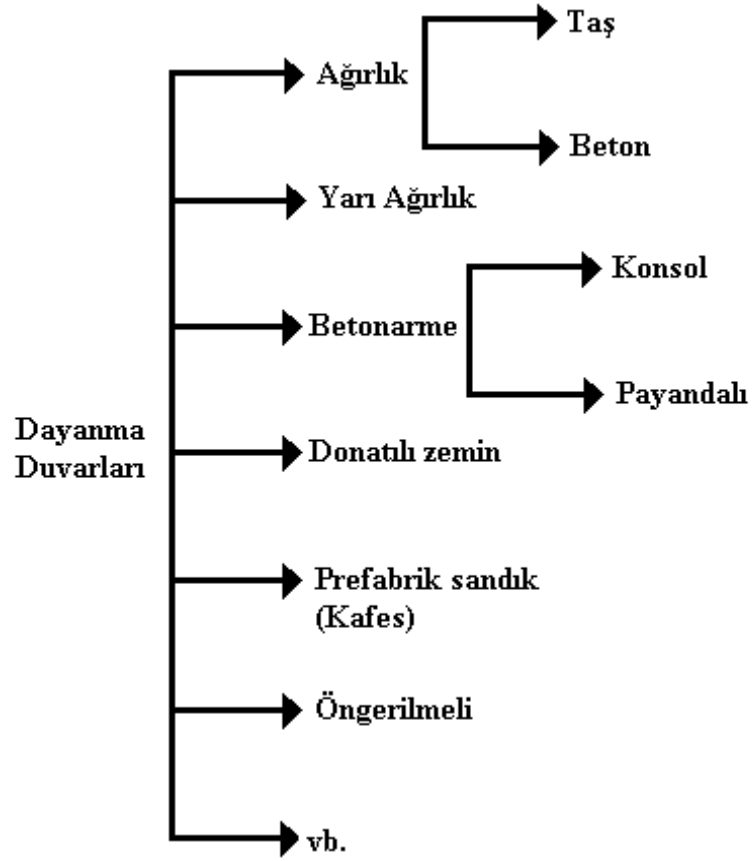
İstinat duvarları, yarma ya da dolgu gerektiren yollarda, akarsu yatağı ıslahında ve kanallarda, köprü kenar ayağı olarak, kıyıların erozyondan korunması, taşkın duvarları, rıhtım duvarlarında ve pek çok alanda eğimli zemini tutmak için kullanılmaktadır (Uzuner 2007).

İstinat duvarının türü, öncelikle ihtiyaç duyulan yüksekliğe bağlı olmakla birlikte tercih edilecek malzeme, inşaat alanının ve zeminin özellikleri, kullanma amacı, mimarî gerekçeler gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir (TS-7994, Şubat 1990).

İstinat yapıları, rijit ve esnek istinat yapıları olarak ayrılır.

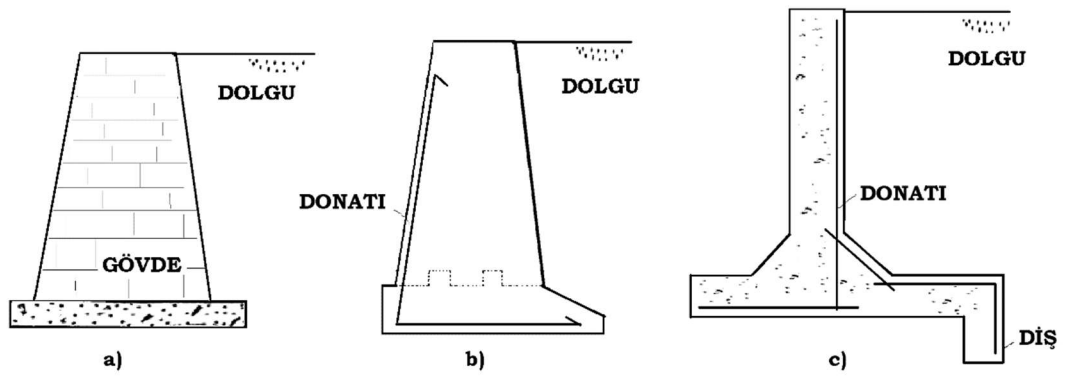
### 2.1 Rijit İstinat Yapıları

Eğilme rijitlikleri büyük olan rijit istinat yapıları, çok az deformasyona uğrarlar. Rijit istinat yapılarının en önemli örneği, istinat duvarlarıdır. İstinat duvarları Şekil 2.1'de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.1: İstinat duvarlarının sınıflandırılması (Uzuner 2007).

En genel türleri konsol duvarlar, ağırlık duvarlar ve yarı ağırlık duvarlardır. Rijit dayanma yapılarının genel türleri Şekil 2.2’de verilmiştir.



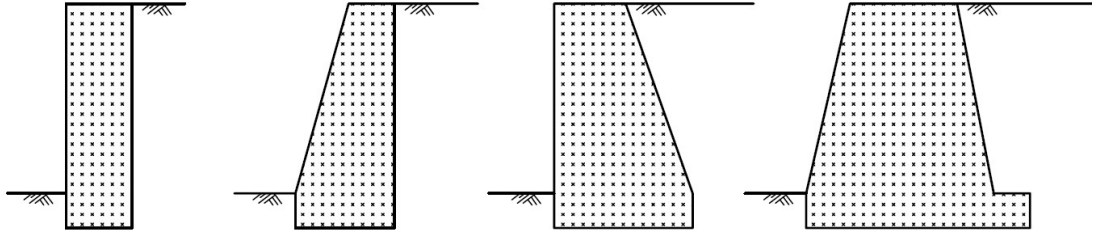
Şekil 2.2: Rijit dayanma yapılarının en genel türleri a) Ağırlık duvar , b) Yarı ağırlık duvar, c) Konsol duvar.

### 2.1.1 Ağırlık Duvarlar

Tarihi en eski olan istinat yapıları, ağırlık duvarlarıdır. Kaya molozlarından veya beton malzemesinden, harçlı ya da harçsız olarak inşa edilirler. Duvar arkası dolgu zemininin ağırlığı, duvarın kendi ağırlığı ile karşılanır. Çekme kuvvetlerine karşı dayanımlarının düşük olması nedeniyle 3-4 metreden daha yüksek yapılması ekonomik olmaz ya da güvenlik açısından önerilmez.

Ağırlık duvarlar, harçlı ya da harçsız, taş örgü şeklinde, beton, tuğla, briket malzemeleriyle yapılabilmektedir. Ağırlık duvarlar minimum 50 santimetre olarak inşa edilir (TS-7994, Şubat 1990).

Ağırlık duvarları eğilemeyecek kadar kalın ve rijittir. Bunlardaki hareket, rijit gövde kayması ve/veya dönmesi şeklinde olmaktadır (Kramer 1996). Ağırlık duvarları çeşitli en kesitlerde olabilirler (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Ağırlık duvarı en kesitleri.

### 2.1.2 Yarı Ağırlık Duvarlar

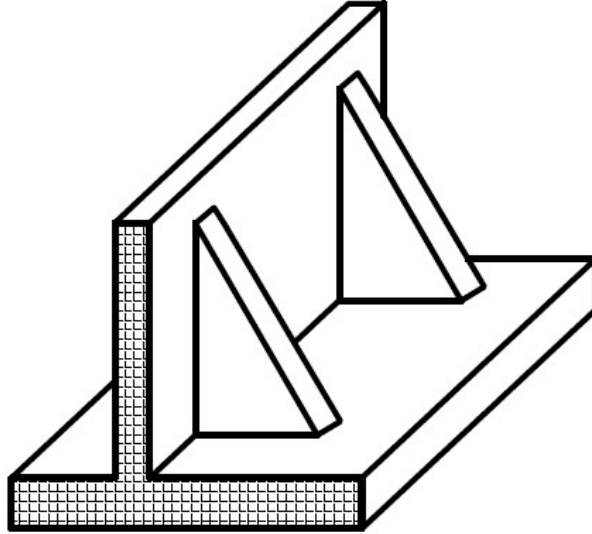
Ağırlık duvar dizaynında temel genişliğinin fazla çıkması durumunda gövde genişliğini ya da kullanılan beton miktarını arttırmamak için betonarme temel yapılmasına karar verilebilir. Aşırı çekme kuvvetlerini karşılamak için temelin gövdeye bağlandığı kısımlar gibi bazı bölgelere donatı yerleştirilebilir. Donatı duvar sırtında da devam edebilir. Bu tür duvarlar yarı ağırlık duvarlar olarak bilinir.

### 2.1.3 Konsol Duvarlar

Kalıcı istinat duvarlarından olan konsol duvarlar, büyük eğilme etkilerini perde duvar içindeki donatı sayesinde karşılayabildikleri için çokça tercih edilirler (Özcan 2007). Eğilebilmesinin yanında kayabilen ve dönebilen konsol duvarlar yanıl zemin basınçlarına esnek dayanımları ile karşı koyarlar (Kramer 1996).

20 metre yüksekliğe kadar inşa edilmelerinin mümkün olmasına karşın, ekonomik yükseklik 7.5 metre civarındadır. Temel topuk tarafında biraz daha uzun tutularak, bu kısmın üzerindeki toprağın ağırlığından yararlanılır. Topuk tarafında yapılabilecek diş de öne doğru kaymaya karşı kullanılabilir.

Bazen duvarın ön ya da arka kısmında payandalar inşa edilir. Böyle duvarlara payandalı konsol duvarlar denir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Payandalı konsol duvar modeli.

## 2.2 Esnek İstinat Yapıları

Eğilme rijitlikleri az olup rijit dayanma yapılarına göre daha yüksek deformasyona uğrarlar.

Esnek istinat yapılarının klasik örnekleri, palplanş perdeleri ve kazı kaplamalarıdır. Yeni ortaya çıkmaya başlayan MSE duvarlar da esnek istinat yapılarındandır.

### **2.2.1 Palplanş Perdeleri**

Palplanş adı verilen elemanların hidrolik çekiçler ile yan yana çakılmasıyla oluşturulur. Derin kazılarda, göçme, kayma, şekil değiştirmelere engel olmak için, yeraltı suyunun gelmesini önlemek ve zemini tutmak amaçlarıyla yapılabilir.

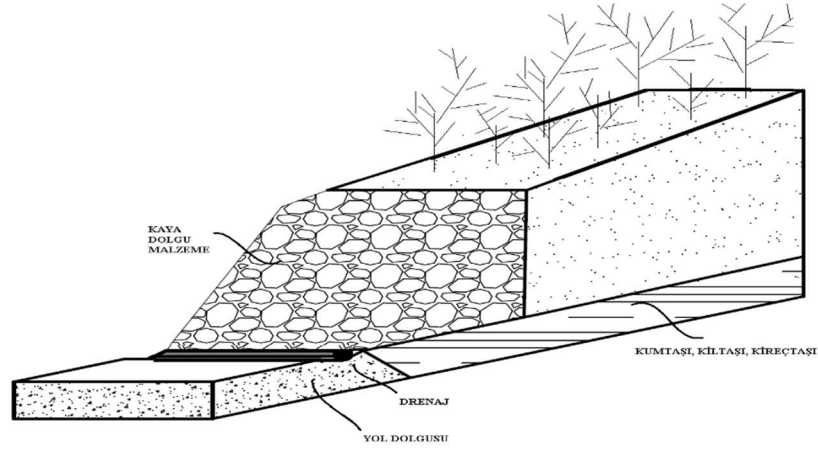
### **2.2.2 Mekanik Stabilizasyon Teknolojisi ile Üretilen Duvarlar**

Son yıllardaki metal, polimer ve jeotekstil türü güçlendirme araçlarının geliştirilmesiyle, zemin tutma sistemlerinin mekanik olarak stabilize edilmesi konusunda çok sayıda yeni yöntem ortaya çıkmıştır (Kramer 1996).

MSE duvarlar, günümüzde betonarme istinat duvarlarının yerini uygulama kolaylığı, ekonomikliği ve uygulama hızı bakımından almaya başlamıştır. MSE duvarlarda, dolgu içinde projesinde belirlenen aralıklarla kullanılan geosentetik donatılar (geotekstil veya geogrid), dolgu malzemesinin duvar kenarlarına yaptığı yatay zemin yüklerini, çekme kuvveti olarak üzerine almaktadır. MSE duvarlar, deprem yükleri altında enerji emebilen yapılarından dolayı zayıf zeminlerde dahi dönmeye ve göçmeye karşı yüksek direnç gösterirler.

### **2.2.3 Kaya Dolgu Duvarlar**

Şevlerin stabilitesinde kullanılan kaya dolgu duvarlar büyük kaya parçaları ile inşa edilirler (Şekil 2.5)



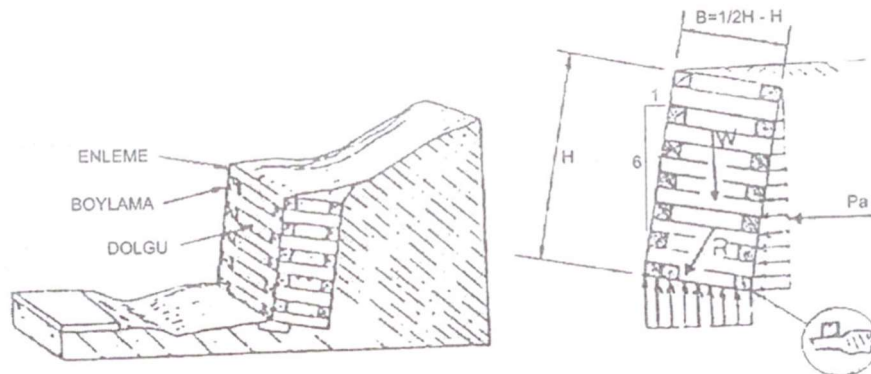
Şekil 2.5: Kaya dolgu duvarlar (Hunt 1986).

### 2.2.4 Tel Örgü Duvarlar

Tel örgü duvarlar, kaya ya da çakıl dolu birbirine bağlı metal bloklardan oluşur. Bu tip duvarlarda tüm yapının stabilitesi hesaplanırken, her bir bloğun stabilitesi de ayrı ayrı kontrol edilmelidir. Maksimum yükseklik 10 m civarındadır. Duvarın ön ve/veya arka yüzü basamaklı olabilmektedir.

### 2.2.5 Kafes Tipi Duvarlar

Kafes elemanlarının birbirlerine bağlanmasıyla oluşturulan kafes tipi duvarlar genellikle yer seviyesindeki sıkıştırılmış yol dolgularında kullanılır (Şekil 2.6) (Yenidoğan 2006).



Şekil 2.6: Kafes tipi duvarlar (Hunt 1986).



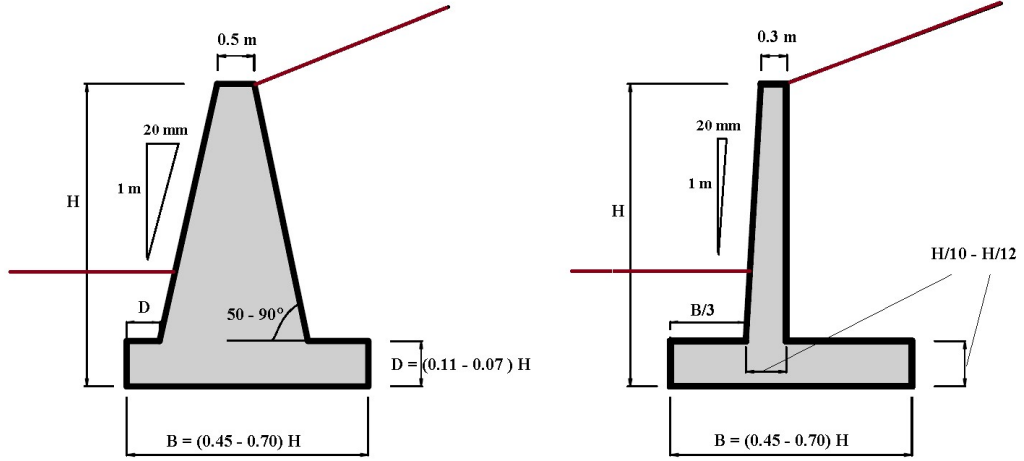
### 3. İSTİNAT YAPILARININ PROJELENDİRİLMESİ

İstinat duvarının dizaynı, depremden sonra işlevine zarar veremeyecek şekilde, duvarın zeminin kayma dayanımına erişen kayma gerilmeleri oluşmasına izin vermeden bu kuvvetlerin dengesini sağlaması esasına dayanır. Dizaynın yapılmasından önce yenilmenin tanımlanması gerekir. Yenilmenin tanımlanabilmesi için de duvara gelen kuvvetler bilinmelidir (Kramer 1996). Deprem kuvvetler dengesini bozabilir. Kayma, eğilme, dönme gibi şekillerde yenilmeler aşırı şekilde geliştiğinde duvar kullanılmaz hale gelebilir. Duvara gelen yanal zemin basınçları, temel tabanındaki kayma direncini aşarsa, kayma yenilmesi meydana gelir. Moment dengesi bozulduğunda dönme yenilmesi meydana gelir, dönme yenilmesi genelde duvar tabanında taşıma yenilmesiyle birlikte oluşur. Konsol duvarlar ayrıca esnek eğilme yenilmeleriyle karşılaşabilirler.

İstinat yapısına gelen yükler, duvar ağırlığı, aktif zemin itkisi, pasif zemin itkisi, duvar önündeki toprağın itkisi, su itkileri, sürşarj yükü etkileri, don etkisi ve deprem kuvvetleridir.

#### 3.1 Ön Boyutlandırma

İstinat yapılarında boyutlandırmalar yüksekliğe bağlı olarak yapılır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, ağırlık duvarlarda temel kalınlığı, temel uzunluğu, ön ayak boyutunun ön boyutlandırması  $H$  değerine bağlı olarak yapılır. Konsol duvarlarda da temel uzunluğu, kalınlığı, ön ayak boyutu ve gövde genişliğinin ön boyutlandırması  $H$  duvar yüksekliği değerine bağlı olarak yapılır.



Şekil 3.1: İstinat duvarlarının ön boyutlandırılması.

Ayrıca duvar ön ve arka yüzeyinin eğimi ile ilgili ön boyutlandırma yapılabilecek eğim değerleri mevcuttur.

Uygulamada temelde gömme derinliği 80 cm, don bölgelerinde gömme derinliği 120 cm'den fazla olmalıdır ( TS 7994, Şubat 1990 ).

Hesaplarda kullanılan ön boyutlar stabilite tahkiklerine bağlı olarak değiştirilecektir.

### 3.2 Yanal Zemin Basınçları

İstinat duvarları genel olarak yanal zemin basınçlarının etkisi altındadır ve yanal zemin basınçlarını karşılamak için inşa edilirler.

Düşey veya düşeye yakın bir eğimle zeminlerin desteklenmesi ve tutulması için yapılan ve yanal zemin basınçlarının etkisinde olan istinat yapılarının projelendirilmeleri için etkiyen yanal zemin basınçlarının belirlenmesi gerekmektedir.

İstinat duvarlarının sismik davranışı, deprem sarsıntısı sırasında gelişen toplam yanal zemin basınçlarına bağlıdır. Bu toplam basınçlar, depremden önce mevcut olan statik gravite basınçları ve depremin neden olduğu geçici dinamik basınçların ikisini de kapsar (Kramer 1996).

Zeminde, zeminin kendi ağırlığından ve üzerine uygulanan yüklerden dolayı gerilmeler oluşur. Zeminde oluşan düşey gerilmeler, derinliğe bağlı olarak hesaplanır. Yanal gerilmeler de düşey gerilmelere bağlı olarak (3.1) ve (3.2) eşitlikleri ile hesaplanır.

$$\sigma_v = q + \gamma z \quad (3.1)$$

$$\sigma_h = \sigma_v K_o + u \quad (3.2)$$

Oluşan bu yanıl gerilmeler yardımıyla da istinat yapılarını kaydırmaya ya da devirmeye çalışın yanıl zemin basınçları bulunabilmektedir.

Yanal zemin basınçları, zeminin ve duvarın hareketinden çok fazla etkilenir. Yanal zemin basıncı, istinat duvarı tipi ve duvarın hareketinin miktarı, zeminin kayma mukavemeti parametreleri, zeminin birim hacim ağırlığı, zeminin drenaj koşulları faktörlerine bağıdır (Yenidoğan 2006).

Duvarın hiçbir şekilde hareket etmemesi durumunda, sükûnetteki zemin basıncı durumu oluşur. İstinat duvarlarının maruz kalabileceği yanıl zemin basınçlarının aktif ve pasif zemin basıncı olmak üzere iki sınır değeri vardır.

Sükûnetteki durumda duvar dolgudan dışarı doğru hareket ettiğinde duvarın herhangi bir noktasındaki yanıl zemin basıncında bir düşüş meydana gelecektir. Bu durumda en düşük yanıl zemin basıncına aktif zemin basıncı denilmektedir. Aktif basınç, zemin basıncının alabileceği minimum değer olup göçme (duvarın ileri doğru hareketi ile oluşan kırılma) anında meydana gelir.

Pasif basınç, zeminde oluşan en büyük gerilme olup, duvarın dolguya doğru yeterli miktarda yer değiştirmesinden doğur ve zeminin kabarmasıyla göçme meydana gelmesinden evvel duvarın maruz kaldığı basınçtır.

Aktif basınçlar zeminde uzama şeklinde yanıl şekil değiştirme oluştururken, pasif basınçlar sıkışma şeklinde yanıl şekil değiştirmeye sebep olurlar.

Serbest duruşlu çoğu istinat duvarlarının stabilitesi duvarın bir tarafında etkiyen aktif basınçlar ile diğer tarafında etkiyen pasif basınçların arasındaki dengeye bağıdır. Minimum aktif zemin basınçlarının gelişimi için duvarın çok az miktarda

hareket etmesi gerektiğinden (kohezyonsuz arka dolgu malzemelerindeki genel durum), serbest duruşlu istinat duvarları genellikle minimum aktif zemin basınçlarına göre tasarlanmaktadır (Kramer 1996).

İstinat duvarlarının üzerine etki eden statik ve dinamik zemin basınçlarının üzerinde iki yüz yıldan beri çalışmalar mevcuttur. Statik yanal zemin basıncı teorilerinden Coulomb(1776) ve Rankine(1857) istinat duvarı tasarımlarının temelini oluşturmaktadır.

Etkiyen aktif ve pasif zemin basınçları statik ve dinamik olmak üzere iki durum için ayrı ayrı hesaplanabilir. Statik zemin basınçlarının belirlenmesinde genellikle Rankine, Coulomb ve Cullman yöntemleri kullanılmaktadır.

Dinamik zemin basınçları genellikle eşdeğer bir statik kuvvete çevrilerek hesaplara katılır. Dinamik zemin basınçları hesabı konusunda, Mononobe-Okabe, Steedman-Zeng ve Prakash-Saran, Geliştirilmiş Cullman yöntemleri en temel yöntemler olarak bilinmektedir.

### **3.2.1 Statik Zemin Basınçları**

İstinat yapılarına gelen statik basınçları hesaplamada birçok basitleştirilmiş yöntem bulunmaktadır. Bunların en önemlileri Rankine ve Coulomb yöntemleridir.

Aktif ve pasif zemin basıncıyla ilgili ilk çalışmalar olan Coulomb (1776) ve Rankine (1857) teorileri, zeminin yatay yönde zemin dolgusunun içinde kırılma yüzeyleri meydana gelinceye kadar yer değiştirmesine dayanır.

#### **3.2.1.1 Rankine Yöntemi ile Statik Aktif Zemin Basınçlarının Hesaplanması**

Rankine (1857), çeşitli kabuller yaparak, aktif ve pasif zemin basınçlarını hesaplamak üzere bir yöntem geliştirmiştir. Rankine yöntemi ilk olarak ortaya çıkardığında zeminin kohezyonunu dikkate almamışsa da, 1915 yılında Bell tarafından değiştirilerek kohezyon yönteme dâhil edilmiştir (Bowles, 1996).

Kohezyonlu zeminlerin krip, gerilme rahatlama ve düşük permeabilite özellikleri gibi problemleri yüzünden dolgu malzemesi olarak kullanılmasından kaçınılır (Kramer 1996).

Rankine yönteminde yapılan gerilme şartları ve zemin davranışları ile ilgili bir takım kabuller aşağıda verilmiştir:

- Kohezyon, kayma mukavemeti açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri zemin kütesinin her noktasında aynıdır (Zemin kütesi homojen ve izotropdur).
- İstinat duvarı pürüzsüz ve rijittir, duvar arkası düzdür ve düşeydir (Yöntem sadece düşey duvarlarda uygulanabilir).
- Zemin yüzeyi yataydır.
- Yatay ve düşey doğrultularda kayma gerilmeleri oluşmamaktadır (Yıldız 2015).

Rankine yönteminde  $K_{as}$  statik aktif zemin basıncı katsayısı 3.3 eşitliği ile elde edilir.

$$K_{as} = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (3.3)$$

Rankine yöntemine göre kohezyonun olmadığı durumda, istinat duvarına etkiyen aktif zemin itkisi 3.4 eşitliği ile elde edilir.

$$P_{as} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_{as} - 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_{as}} \quad (3.4)$$

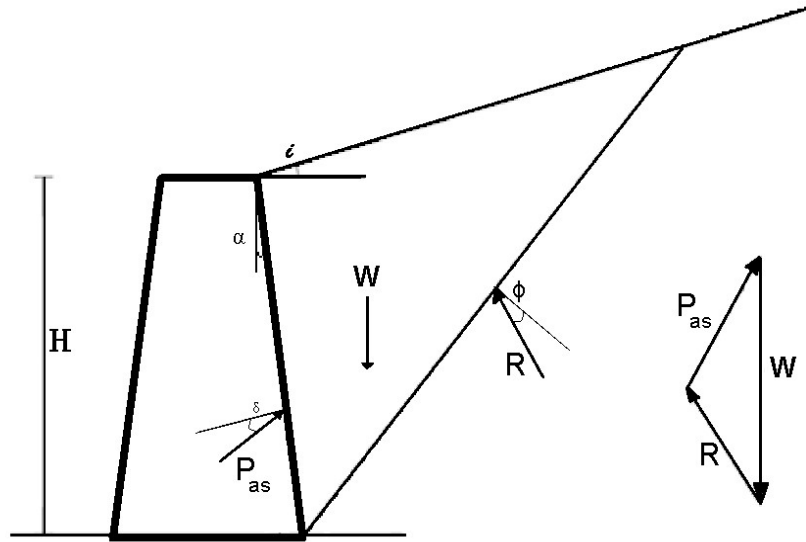
Aktif zemin itkisinin etkidiği nokta, yüksekliği  $H$  olan istinat duvarının tabanından  $H/3$  kadar yukarıdadır ve zemin basıncının dağılımı üçgen şeklindedir.

Yataya göre  $i$  açısı yapan dolgular için aktif zemin basıncı katsayısı  $K_{as}$  3.5 eşitliği ile hesaplanır.

$$K_{as} = \cos i \cdot \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}} \quad (3.5)$$

### 3.2.1.2 Coulomb Yöntemi ile Statik Aktif Zemin Basınçlarının Hesaplanması

İstinat duvarlarına etkiyen yanal zemin basınçları üzerinde ilk çalışmaları Coulomb 1776'da yapmıştır. Coulomb yönteminde, Rankine yönteminin aksine duvarın sürtünmeli olduğunu ve dolgu malzemesi olarak granüler zemin kullanılması kabul edilmiştir. Kama teorisi olarak bilinen Coulomb zemin basıncı teorisi, istinat duvarı öne veya arkaya doğru hareket ederken duvar arkasında oluşan ve kayan zemin kütesinin dengesini dikkate alarak minimum aktif ve maksimum pasif zemin basınçlarını belirlemede kuvvet dengesini kullanmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Aktif durum için Coulomb yöntemi.

Duvar arkasındaki zeminin eğimli olması, duvar yüzeyinin eğimli olması ve duvar ile zemin arasında ise sürtünme durumları Coulomb yönteminde hesaba katılmaktadır. Coulomb yöntemi aşağıdaki kabullere dayanmaktadır:

- Duvar arkası zemini homojen ve izotropdur.
- İstinat duvarının bir miktar yer değiştirmesiyle dolguda düzlemsel kabul edilen bir kayma yüzeyi oluşur. Göçme kaması rijit bir kütedir ve duvar arkası boyunca hareket ederek duvar sınırı boyunca sürtünme oluşturur.

Coulomb yönteminde statik aktif zemin basıncı zemin kamasına etkiyen kuvvetlerin dengesinden bulunduğu için zemin basıncı dağılımı kesin olarak elde edilemez, ancak genel olarak zemin basıncı dağılımı 3.6 eşitliği ile elde edilir.

$$p_{as} = \gamma \cdot z \cdot K_{as} \quad (3.6)$$

Statik aktif zemin basıncı katsayısı 3.7 eşitliği ile elde edilir.

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i)}{\cos^2(\delta + \alpha) \cdot \cos(i - \alpha)}} \right]^2} \quad (3.7)$$

Kuvvet poligonunda yer alan kuvvetlerin yatay ve düşeyde dengede olması şartı ile, maksimum statik aktif zemin itkisi 3.8 eşitliği ile elde edilir.

$$P_{as} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_{as} \quad (3.8)$$

Rankine yöntemi Coulomb yönteminin aksine zemini kuru ve kohezyonsuz kabul etmez, kohezyonu da dikkate alarak statik durumda statik zemin basınçlarını hesaplayabilmektedir. Ancak Coulomb yönteminin avantajı da, duvar ile arka zemin arasındaki sürtünme açısını da hesaplara katabilmesidir.

### 3.2.2 Dinamik Zemin Basınçları

Depremler yatay ve düşey doğrultularda ivme oluşturarak, statik zemin basınçlarına ek dinamik zemin basınçları oluştururlar. Deprem bölgelerinde inşa edilen istinat duvarlarının tasarımında statik zemin basınçlarının yanı sıra dinamik zemin basınçları da dikkate alınmalıdır.

Duvar basınçları ve hareketleri, temel altı zemininin, arka dolgunun ve duvarın kendi tepkilerine ve sismik hareketin özelliklerine bağlıdır.

Dinamik basınçlarla ilgili duvar tepkisinin arazide ölçülmesi çok kolay olmadığından araştırmalar daha çok deneylerle yapılmıştır. Deney ve sayısal analizlerden elde edilen bazı bulgular aşağıdadır:

- Duvar kayma ve/veya dönme yenilmesi gösterebilir.

- Dinamik duvar basınçlarının büyüklüğü, duvarın yaptığı hareketin türünden etkilenebilir (Sherif vd. 1982, Sherif ve Fang, 1984a,b).
- Duvarın arkasındaki zemin basıncı dağılımının şekli, duvar hareket ettikçe değişir. Uygulama noktası, duvar dolguya doğru hareket ettikçe yükseğe çıkar, dolgu duvara doğru ilerlediğinde en alçak noktadadır (Kramer 1996).

İstinat duvarlarına etkiyecek dinamik zemin basınçlarının belirlenmesinde aşağıdaki analitik yöntemler kullanılır:

- Mononobe-Okabe yöntemi,
- Steedman-Zeng yöntemi,
- Seed-Whitman yöntemi,
- Prakash-Saran yöntemi,
- Richard-Elms yöntemi,
- Whitman-Liao yöntemi,
- TBDY, Eurocode 8 (EC8) – 2003 (Part 5) gibi standartlardaki istinat yapıları hesap yöntemleri.

Bu yöntemlerin dışında, sonlu elemanlar yöntemini kullanan yazılımlarla da günümüzde istinat yapısı hesabı yapılmaktadır.

### **3.2.2.1 Mononobe-Okabe Yöntemi**

İstinat yapılarına depremden dolayı etkiyecek zemin basınçlarını belirlemeye yönelik ilk yöntem Mononobe-Okabe tarafından önerilmiştir.

Mononobe-Okabe metodu olarak bilinen bu yöntem, eşdeğer statik basınç yöntemi adıyla da anılır. Bu yöntemin uygun olup olmadığı Seed ve Whitman (1970), Richard ve Elms (1979), Whitman ve Liao(1984), Steedman ve Zeng(1990) tarafından daha sonra da incelenmiştir.

Dinamik zemin basınçlarının psödo-statik analiz hesabına yönelik ilk çalışmaları yapan Okabe (1926) ve Mononobe ve Matsuo (1929); statik Coulomb



kayma kama teorisinin genişletilmiş halini sunmuşlardır. Coulomb aktif basınç teorisinin depremler durumunda deprem etkisi de göz önüne alınarak geliştirilmesiyle, toplam aktif zemin basıncı katsayısını ve toplam kuvveti veren formüller önermişlerdir. Günümüzde ise bu tür problemler sayısal yöntemleri kullanan bilgisayar programları yardımıyla kolaylıkla çözülmektedir.

Bu yöntemde dolgu malzemesinin yatay ve düşey ivmelerini hesaba katıp, kuvvet dengesi yeniden yazılır ve buna göre deprem etkisi bulunur (Das, 2013).

M-O yöntemi, deprem etkisindeki aktif ya da pasif zemin kamasına, düşey ve yatay ivme katsayısı  $k_v$  ve  $k_h$ 'nin zemin kamasının ağırlığı ile çarpılmasıyla elde edilen psödo-statik kuvvetlerin etkimesine dayanan basit bir yöntemdir.

Mononobe-Okabe yöntemi aşağıda yer alan kabullere dayanmaktadır.

I. Dolguda oluşan kayma yüzeyi, topuğun uç kısmından belli bir açıyla gelen bir düzlemdir.

II. Dolgu kohezyonsuz, kuru ve üniform içsel sürtünme açısına sahip bir malzemedir.

III. Rijit bir kütle gibi davranan istinat duvarında, yatay ve düşey ivmeler sabit ve duvar tabanındaki ivmeyle aynı büyüklüktedir.

IV. Minimum aktif zemin basınçları, duvar arkasındaki zeminde oluşur. Duvar yeterince hareket ederek minimum basınçlar oluştuğunda, duvar arkasındaki zemin göçmeye başlar ve maksimum kayma mukavemeti kırılma yüzeyi boyunca oluşur.

V. İstinat duvarının eylemsizlik kuvveti ihmal edilebilecek seviyededir (Yıldız 2015).

M-O yöntemine göre, toplam aktif basınç katsayısı  $K_{at}$ , (3.9) eşitliği ile hesaplanır.

$$K_{at} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \lambda)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - i - \lambda)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(i + \alpha)}} \right]^{-2} \quad (3.9)$$

(3.9) eşitliğindeki  $\lambda$  katsayısı (3.10) eşitliği ile hesaplanır.

$$\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{(1-k_v)} \right] \quad (3.10)$$

Eşdeğer deprem katsayıları  $k_h$  ve  $k_v$ , (3.11) eşitliği ile hesaplanır.

$$k_h = a_h/g \quad (3.11 a)$$

$$k_v = a_v/g \quad (3.11 b)$$

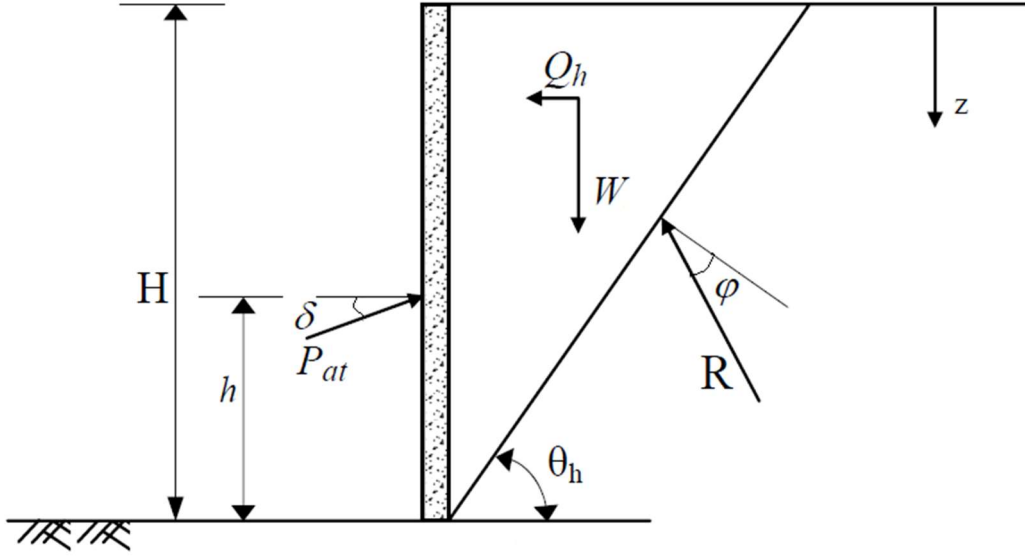
$(1-k_v)$  ifadesinin yerine  $(1+k_v)$  çarpanının kullanılmasıyla ilgili Fang ve Chen 1995'te öneride bulunmuşlardır. 3.2.2.5 başlığında görüldüğü üzere, yönetmelik yöntemlerinde, toplam basınçların kritik durumlarına göre artı ya da eksi değerinin seçilmesi yolu izlenmektedir.

M-O yönteminde, uygulamadaki amaçlar için toplam aktif gerilmenin duvar yüksekliği boyunca üniform dağıldığını ve bileşkenin duvarın yarı yüksekliğinde etkidiği varsayılabilir (Kramer 1996).

M-O yönteminin kullanımındaki dezavantajlar matematiksel işlemlerin karmaşık ve formüllerin doğrulamasının zor olması, doğruluk ve emniyetin pasif basınçlar etkidiğinde azalması ve  $k_h$ ,  $k_v$  katsayılarının seçilme zorluğudur (Yıldız 2015).

### 3.2.2.2 Steedman ve Zeng Yöntemi

Steedman ve Zeng istinat duvarlarına etkileyen dinamik basınçları hesaplamak için dolgu zeminindeki ivme büyütmesi ve faz farklarını dikkate alarak şekildeki modeli kullanarak bir yöntem önermişlerdir (Şekil 3.3). Yöntemin geliştirilmesinde duvarın tabandan harmonik yatay bir ivmeyle hareket ettiği kabul edilmiştir. (Gürsoy 2006). Bu yöntem sadece aktif zemin basıncını hesaplamak için kullanılır.



Şekil 3.3: Steedman-Zeng yöntemine ilişkin hesap modeli.

Steedman-Zeng yönteminin hesap algoritması Şekil 3.4'te verilmiştir. Burada,

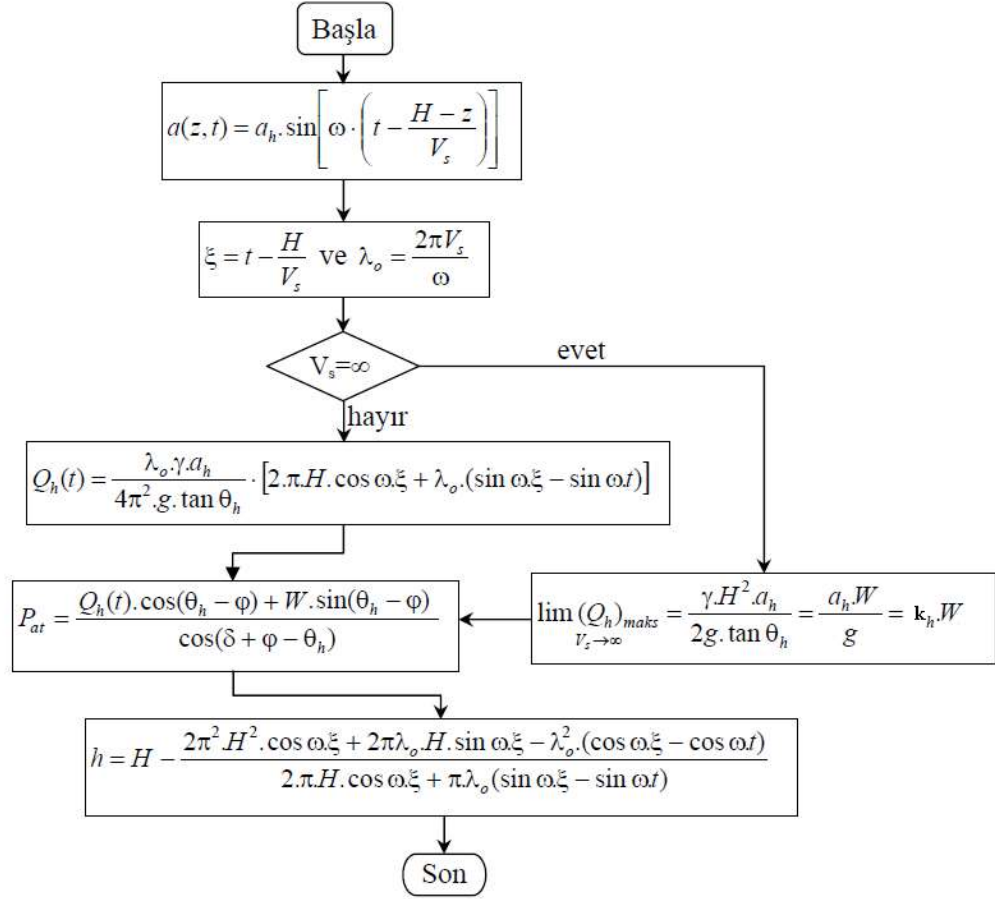
$a(z,t)$ : z derinlikteki ivme

$\omega$  : Açısal frekans

$Q_h(t)$  : Duvara etkiyen toplam eylemsizlik kuvveti

$\lambda_o$  :Kayma dalgasının dalga boyu

$\zeta$  : Steedman- Zeng yönteminde kullanılan bir değer



Şekil 3.4: İstinat duvarlarının Steedman-Zeng'e göre tasarımının hesap algoritması (Gürsoy 2006).

### 3.2.2.3 Prakash ve Saran Yöntemi

Mononobe-Okabe ve Steedman-Zeng yöntemlerinin aksine Prakash ve Saran'ın Şekil 3.5'teki modeli kullanarak geliştirdikleri yöntemde kohezyon varlığı hesaba katılmaktadır.



#### 3.2.2.4 Duvar Basınçlarında Suyun Etkisi

Depremlerde duvar göçmelerinin en çok görüldüğü kıyı bölgelerinde, dolgu zemininin drenajının sağlanması söz konusu olmayacağından, su varlığının deprem sırasında etkisi incelenmelidir. Suyun sürekli varlığından kaynaklanan basınç hidrostatik basınç olarak adlandırılırken, suyun dinamik etkisine hidrodinamik basınç denir.

Suyun hidrodinamik etkisi genellikle Westergaard-1931 yöntemiyle hesaplanmaktadır. Westergaard yöntemine göre hidrodinamik su itkisi 3.12 eşitliği ile hesaplanır.

$$P_w = \frac{7}{12} \frac{a_n}{g} \gamma_w H^2 \quad (3.12)$$

#### 3.2.2.5 İstinat Yapılarında Deprem İtkisinin Belirlenmesinde Ülkemiz Standartlarında Yer Alan Yöntemler

Özellikle yirminci yüzyıl içinde depreme dayanıklı yapı tasarımına dair kurallar oluşturulmaya çalışılmış ve afet yönetmelikleri ortaya çıkmaya başlamıştır

Yönetmelik yöntemlerinde istinat duvarlarının hesabı için önerilen yöntemlerin genelini temelinin Mononobe-Okabe metodu oluşturur.

Zarrabi'nin 1973 yılında yaptığı çalışmaya göre düşey ivmenin hesaplamalara katılmamasıyla bulunan toplam itki oluşabilecek itkiden çok daha büyüktür (Whitman, 1990).

1939 Erzincan depreminden sonra 1940 yılında, ilk deprem şartnamemiz yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde 1940 yılından bu yana afete dayanıklı yapı dizaynı ile ilgili 10 tane yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Bunlar,

- Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi (1940)
- Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (1944)
- Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1949)

- Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1953)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1962)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1968)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2019)

### 3.2.2.5.1 DBYBHY'deki İstinat Yapıları Hesap Yöntemi

Aktif deprem kuşağında yer alan ülkemizin 1940 yılından beri depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliği bulunmaktadır. Deprem yönetmeliklerinin yetersiz olduğu, yaşanan depremlerden sonra görüldükçe revizyona uğramıştır.

1975 deprem yönetmeliğinde istinat duvarları ile ilgili, sadece zemin basınçlarının hesabında zemin kayma mukavemeti açısının deprem bölgelerine göre azaltılması önerisi var olmuştur. Özel mühendislik yapıları olan istinat duvarlarıyla ilgili bir hesap yöntemi, ilk olarak 1998 deprem yönetmeliğinde önerilmiştir. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te istinat duvarlarıyla ilgili önerilen yöntemde bir değişiklik yapılmamıştır.

Ocak 2019 tarihine kadar yürürlükte olan DBYBHY, ülkemizi deprem tehlikesi açısından beş bölgeye ayıran 1996 yılından beri yürürlükte olan deprem bölgeleri haritasına göre (TDBH) hesap önermektedir.

DBYBHY' de yatay eşdeğer deprem katsayısı  $k_h$  formülü ikiye ayrılır. Düşeyde serbest konsol olarak çalışan istinat yapılarında (3.13 a) eşitliği ile yatay doğrultuda bina döşemeleri veya ankrajlarla mesnetlenmiş istinat yapılarında (3.13 b) eşitliği ile hesaplanır.

$$k_h = 0.2 (I + 1) A_0 \quad (3.13 a)$$

$$k_h = 0.3 (I + 1) A_0 \quad (3.13 b)$$

Eşitliklerdeki  $I$  bina önem katsayısı kavramı, DBYBHY’de Tablo 3.1 ile açıklanmıştır.  $I$  bina önem katsayısı değeri, istinat yapılarının hesabında 1 alınmaktadır.

**Tablo 3.1:** DBYBHY’de yer alan bina önem katsayısı tablosu.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<p><u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u></p> <p>Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken 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). Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
<p><u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyaların saklandığı binalar</u></p> <p>Okullar, eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, Müzeler.</p>	1.4
<p><u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u></p> <p>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1.2
<p><u>4. Diğer binalar</u></p> <p>Yukarıdaki tanımlamalara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0



$A_0$  etkin yer ivmesi katsayısı değeri, deprem bölgelerine göre Tablo 3.2’de görüldüğü gibi değişmektedir:

**Tablo 3.2:** DBYBHY’de yer alan etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ) tablosu.

Deprem Bölgesi	Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ )
1.	0.4
2.	0.3
3.	0.2
4.	0.1

Düşey eşdeğer deprem katsayısı  $k_v$  (3.14) eşitliği ile hesaplanır. Ancak, yatay doğrultuda bina döşemeleri ile mesnetlenmiş bodrum duvarlarında  $k_v = 0$  alınacaktır.

$$k_v = \frac{2 k_h}{3} \quad (3.14)$$

Basınç katsayılarının hesabında kullanılan  $\lambda$  açısı kuru zeminlerde (3.15 a) eşitliği ile; su seviyesinin altındaki zeminlerde (3.15 b) eşitliği ile hesaplanır.

$$\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} \right] \quad (3.15 a)$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{y_d}{y_b} \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} \right] \quad (3.15 b)$$

Toplam (statik + dinamik) aktif zemin basıncını hesaplamak için kullanılacak toplam aktif basınç katsayısı  $K_{at}$  (3.16 a) eşitliği ile hesaplanacaktır. Toplam (statik + dinamik) pasif zemin itkisini hesaplamak için kullanılacak toplam aktif basınç katsayısı  $K_{pt}$  (3.16 b) eşitliği ile hesaplanacaktır.  $K_{at}$  ve  $K_{pt}$  eşitlikleri emniyetli yönde kalmak üzere zeminin kohezyonu ihmal edilerek verilmiştir.

$$K_{at} = \frac{(1 \pm k_v) \cos^2(\phi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \lambda - i)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (3.16 a)$$

$$K_{pt} = \frac{(1 \pm k_v) \cos^2(\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha + \lambda)} \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \lambda + i)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2} \quad (3.16 b)$$

Eşitlik 3.16'da zeminin su altında veya suya doygun olması durumunda  $\delta$  yerine  $\delta/2$  göz önüne alınacaktır.

$K_{at}$  denkleminde,  $\lambda$  denklemi ile uyumlu olarak, yatay zemin basıncı bakımından daha elverişsiz sonuç verecek şekilde,  $+k_v$  veya  $-k_v$  durumları göz önüne alınacaktır.

Statik aktif basınç katsayısı  $K_{as}$  ve statik pasif basınç katsayısı  $K_{ps}$ , 3.16 eşitliğinde  $\lambda$  açısı sıfır ve düşey eşdeğer deprem katsayısı  $k_v$  sıfır alınarak elde edilebilir.

Depremden oluşan dinamik aktif basınç katsayısı  $K_{ad}$  ve dinamik pasif basınç katsayısı  $K_{pd}$ , (3.17) eşitliği ile belirlenir.

$$K_{ad} = K_a - K_{as} \quad (3.17 \text{ a})$$

$$K_{pd} = K_p - K_{ps} \quad (3.17 \text{ b})$$

Statik zemin basıncına ek olarak deprem durumunda zemin kütlelerinden ötürü oluşan ek dinamik aktif ve pasif zemin basıncının zemin yüksekliği boyunca değişimi (3.18) eşitliği ile tanımlanmıştır.

$$p_{ad}(z) = 3 K_{ad} (1 - z/H) p_v(z) \quad (3.18 \text{ a})$$

$$p_{pd}(z) = 3 K_{pd} (1 - z/H) p_v(z) \quad (3.18 \text{ b})$$

Yukarıda eşitlik 3.18 ile verilen bağıntılar, zeminin tabakalı olması durumunda da uygulanabilir. Bu durumda, her bir tabaka için o tabakaya ait  $K_{ad}$  veya  $K_{pd}$  katsayıları kullanılacak ve  $z$  derinliği daima serbest zemin yüzeyinden aşağıya doğru göz önüne alınacaktır. Her bir tabakaya ait ek dinamik aktif veya pasif basınç kuvvetinin bileşkesi ve tabaka içindeki derinliği, eşitlik 3.18'in ilgili tabaka boyunca entegre edilmesi ile bulunabilir.

Zeminin kuruda ve üniform olması özel durumunda  $p_v(z)$ ,  $y.z$  alınarak eşitlik 3.18'in zemin yüksekliği boyunca entegre edilmesi ile, statik basınca ek olarak

depremden oluşan dinamik aktif zemin basıncının pozitif değerli bileşkesi  $P_{ad}$  ve dinamik pasif zemin basıncının negatif değerli bileşkesi  $P_{pd}$  ile bu bileşkelerin zemin üst yüzeyinden itibaren derinliğini gösteren  $z_{cd}$ , eşitlik (3.19) ile verildiği şekilde elde edilir: Zeminin su altında olması durumunda  $p_v(z)$ 'nin hesabında  $\gamma$  yerine  $\gamma_b$  göz önüne alınacak ve suyun hidrodinamik basıncı ayrıca hesaplanmayacaktır. Zeminin suya doygun olması durumunda ise  $\gamma$  yerine  $\gamma_s$  kullanılacaktır.

$$P_{ad} = 0.5 \gamma K_{ad} H^2 \quad (3.19 \text{ a})$$

$$P_{pd} = 0.5 \gamma K_{pd} H^2 \quad (3.19 \text{ b})$$

$$z_{cd} = H / 2 \quad (3.19 \text{ c})$$

Bütün deprem bölgelerinde, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda, ZD grubuna giren zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin bulunup bulunmadığının, saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi ve sonuçların belgelenmesi zorunludur.

### 3.2.2.5.2 TBDY'deki İstinat Yapıları Hesap Yöntemi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 18 Mart 2018 tarihli 30364 mükerrer sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanarak, 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Aynı zamanda AFAD'ın hazırladığı Türkiye Deprem Tehlike Haritası da yürürlüğe girmiştir. 17 ana bölümden oluşan yönetmelik ile eski yönetmelikteki konuların revize edilmesinin yanı sıra, yüksek yapıların tasarımı, yalıtımlı taşıyıcı sistem tasarımı gibi yeni bölümler eklenmiştir.

Yatay eşdeğer deprem katsayısı  $k_h$  ile düşey eşdeğer deprem katsayısı  $k_v$  (3.20) eşitliği ile hesaplanır.

$$k_h = \frac{0.4 S_{DS}}{r} \quad (3.20 \text{ a})$$

$$k_v = 0.5 k_h \quad (3.20 \text{ b})$$

$S_{DS}$  değeri TDTH'den alınacak  $S_S$  ve  $S_I$  değerlerine göre hesaplanacak olup, zemin sınıfına göre değişmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarım ivme spektrumunun ana parametreleri  $S_{DS}$  (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı) ve  $S_{D1}$  (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)'dir. Tasarım spektral ivme katsayıları 3.21 eşitliği ile elde edilir.

$$S_{DS} = S_S * F_S \quad (3.21 \text{ a})$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 \quad (3.21 \text{ b})$$

Burada  $S_S$  ve  $S_I$  katsayıları TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayılarıdır.  $S_S$  ve  $S_I$  referans zemin koşulu için  $(V_S)_{30}$ : 760 m/s olan zeminler olduğundan  $F_S$  ve  $F_I$  ile çarpılır.  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları olup TBDY'de Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 ile verilmiştir.

**Tablo 3.3:** 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 3.4:** 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

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

(3.20) eşitliğinde yer alan  $r$  katsayısı, değişik dayanma yapısı tipleri için Tablo 3.5'te verilmiştir.

**Tablo 3.5:** Dayanma Yapıları için  $r$  katsayıları

Dayanma Yapısının Tipi	$r$
En fazla $S_{DS}.120$ (mm) yer değiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar	2.0
En fazla $S_{DS}.80$ (mm) yer değiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar	1.5
Ankrajlı duvarlar, yer değiştirmesine izin verilmeyen ağırlık tipi duvarlar	1.0

Basınç katsayılarının hesabında kullanılan  $\theta$  açısı kuru zeminlerde (3.22 a) eşitliği ile, su seviyesinin temel tabanı seviyesi üstünde olduğu ve dinamik olarak geçirimsiz zeminlerde (3.22 b) eşitliği ile ve su seviyesinin temel tabanı seviyesi üstünde olduğu ve dinamik olarak geçirimli zeminlerde (3.22 c) eşitliği ile hesaplanır.

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} \right] \quad (3.22 \text{ a})$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\gamma_d}{\gamma_d - \gamma_w} \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} \right] \quad (3.221 \text{ b})$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\gamma}{\gamma_d - \gamma_w} \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} \right] \quad (3.22 \text{ c})$$

$\gamma^*$  kuru zeminlerde (3.23 a) eşitliği ile, su seviyesinin temel tabanı seviyesi üstünde olduğu ve dinamik olarak geçirimsiz zeminlerde ve su seviyesinin temel tabanı seviyesi üstünde olduğu ve dinamik olarak geçirimli zeminlerde (3.23 b) eşitliği ile hesaplanır.

$$\gamma = \gamma^* \quad (3.23 \text{ a})$$

$$\gamma = \gamma_d - \gamma_{su} \quad (3.23 \text{ b})$$

Toplam (statik + dinamik) aktif zemin basıncını hesaplamak için kullanılacak toplam aktif basınç katsayısı  $K_{at}$ , eşitlik (3.24)'te görüldüğü üzere ikiye ayrılır.

$i \leq \phi'_d - \theta$  olması durumunda,

$$K_{at} = \frac{\sin^2((90-\alpha) + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2(90-\alpha) \sin((90-\alpha) - \theta - \delta)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta) \sin(\phi'_d - \theta - i)}{\sin((90-\alpha) - \theta - \delta) \sin((90-\alpha) + i)}} \right]^{-2} \quad (3.24 \text{ a})$$

$i > \phi'_d - \theta$  olması durumunda,

$$K_a = \frac{\sin^2((90-\alpha) + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2(90-\alpha) \sin((90-\alpha) - \theta - \delta)} \quad (3.24 \text{ b})$$

Toplam (statik + dinamik) pasif zemin basıncını hesaplamak için kullanılacak toplam aktif basınç katsayısı  $K_{pt}$ , zemin ile duvar arasında sürtünme olmadığı varsayılarak, (3.25) eşitliği ile hesaplanacaktır.

$$K_{pt} = \frac{\sin^2((90-\alpha) + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2(90-\alpha) \sin((90-\alpha) + \theta)} \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d) \sin(\phi'_d - \theta + i)}{\sin((90-\alpha) + \theta) \sin((90-\alpha) + i)}} \right]^{-2} \quad (3.25)$$

Statik durumda  $K_{at}$  ve  $K_{pt}$  bağıntılarında  $\theta$  açısı sıfır alınacaktır. Dinamik zemin basınç katsayısı, toplam basınç katsayısından statik basınç katsayısının çıkarılması ile elde edilecektir.

Dayanma yapısına etkiyen toplam (statik ve dinamik) zemin basıncının bileşkesi (3.26) eşitliği ile hesaplanacaktır:

$$P_t = K(1 \pm k_v) \left( \frac{1}{2} \gamma H^2 + qH \right) + P_{su} + \Delta P_{su} \quad (3.26)$$

Bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti ve bileşkenin su yüzeyinden itibaren derinliği eşitlik (3.27) ile elde edilir:

$$\Delta P_{su} = \frac{7}{12} (0.4 S_{DS}) \gamma_{su} d_{su}^2 \quad (3.27 a)$$

$$\bar{z} = 0.6 d_{su} \quad (3.27 b)$$

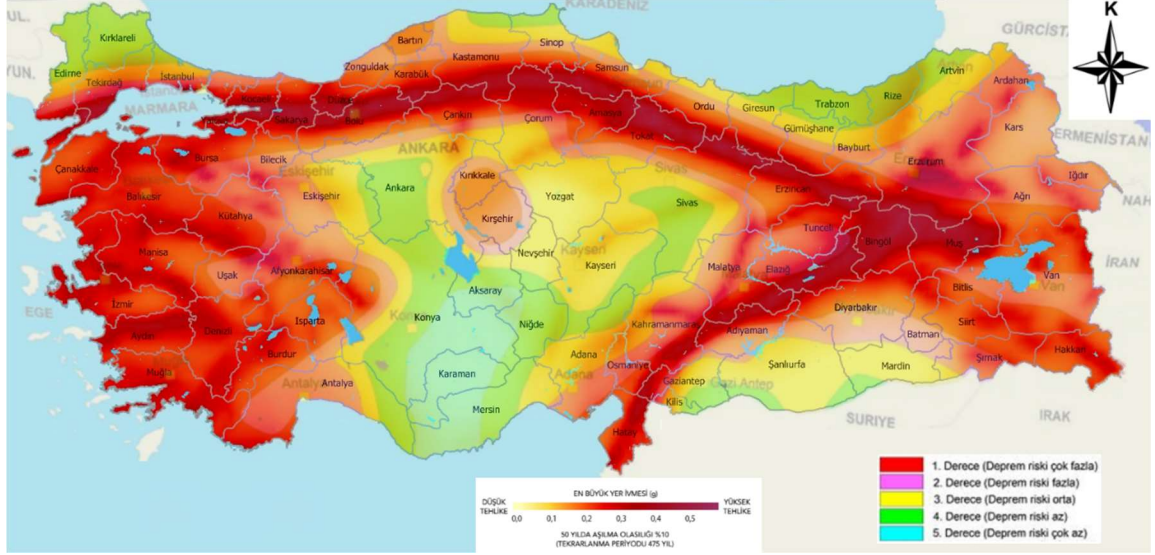
Dayanma yapısı ile tutulan zemin kütesinin drenaj önlemleri ile su tablası altında kalmamasının sağlanması esastır. Bu bağlamda, drenaj sistemi, depremin yol açacağı geçici ve kalıcı yer değiştirmelere, işlevine zarar vermeyecek şekilde uyum sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

### 3.2.2.5.3 TBDY ile İstinat Duvarı Hesabına Gelen Yeni Hususlar

18 Mart 2018 tarihli ve 30364 sayılı Resmî Gazete'nin mükerrer sayısında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve 2018/11275 sayılı Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve Parametre Değerleri Hakkında Karar (Bakanlar Kurulu Kararı), 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmek üzere yayımlanmıştır. Yürürlüğe giren Türkiye deprem tehlike haritası (TDTH) ile 1996 yılından beri yürürlükte olan Türkiye deprem bölgeleri haritası, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile 2007 yılından beri yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik yürürlükten kalkmıştır (bkz. Şekil 1.6).

Yeni deprem tehlike haritasıyla deprem bölgesi kavramı yok olmuş, yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine en büyük yer

ivmesi değerleri gsterilmiştir (şekil 3.7). Deprem, diri fayların da dikkate alınmasıyla her konum için ayrı spektrum değerleri ve ivme değerleri olarak hesaplara girmeye başlamıştır.



şekil 3.7: TDBH'ye gbre deprem bglgelerinin TDTH'de gsterildiği harita.

DBYBHY ile yatay eřdeęer deprem katsayısı  $k_h$ 'nin hesabı istinat yapısının tdrüne gbre ikiye ayrılmaktadır. İstinat yapısının dűseyde serbest konsol olarak çalıřıyor olması ya da yatay doęrultuda bina dűřemeleri veya ankrajlarla mesnetlenmiř olmasına gbre deęiřirken TBDY ile  $k_h$  formdlu teke dűřműřtűr.

TBDY'de tanımlanmış olan tasarım ivme spektrumu, DBYBHY'de yer alan tasarım ivme spektrumuna gbre önemli farklara sahiptir. DBYBHY'de yer alan  $A_0$  parametresi deprem tehlikesini gstermekte iken, TBDY'de  $S_I$  ve  $S_S$  olarak iki parametre ile tanımlanmaktadır. Zemin koşulları DBYBHY'de sadece  $T_A$  ve  $T_B$  değerlerini ve spektrumunun sabit spektral hız bglgesini değiştirmekte iken, TBDY'de spektrumun tdm bglgeleri değişmektedir.

DBYBHY'de yatay eşdeğer deprem katsayısı  $k_h$  formdlu,  $A_0$  değerine bağlı iken, TBDY'de  $k_h$  formdlu,  $S_{DS}$  değerine bağlıdır.  $A_0$  da yatay zemin basıncı bakımından daha elverişsiz sonuç verecek şekilde deprem bglgesine bağlı 4 farklı değer alırken,  $S_{DS}$  değeri haritadaki her konuma gbre ve zemin sınıflarına gbre değişmektedir.  $S_{DS}$  değeri zemin sınıflarına gbre 5 değer almakta olup bu değerler deprem tehlike haritasından interaktif olarak alınacaktır. Dolayısıyla  $k_h$  değerleri TBDY'de her zemin sınıfına gbre değişmektedir.



Yerel zemin sınıflarının sayısı 4'ten 6'ya çıkmış bazı zemin cinsi tanımları değişmiştir (Tablo 3.6).

**Tablo 3.6:** TBDY'de bulunan yerel zemin sınıfları tablosu.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$60_{30}(N)$ [darbe /30 cm]	$u_{30}(c)$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Düşey eşdeğer deprem katsayısı  $k_v$ 'nin  $k_h$ 'ye bağlı formülünde katsayı 0.5'ten 0.667'ye yükselmiştir.

Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem katsayılarına bağlı hesaplanan açı değeri (DBYBHY'de  $\lambda$ , TBDY'de  $\theta$ ), zemindeki su varlığına göre değişmektedir. DBYBHY'de zemindeki su seviyesi altında olması için tek açı değeri verilmişken, TBDY'de su seviyesi altındaki zeminlerin dinamik olarak geçirimli ya da geçirimsiz olmasına göre iki farklı açı değeri verilmiştir.

DBYBHY’de  $K_{at}$  ve  $K_{pt}$  eşitliklerinde kohezyonun emniyetli yönde kalmak üzere ihmal edileceği belirtilmiştir. TBDY’de kohezyonun ihmal edilip edilemeyeceği ile ilgili bir ifade bulunmamaktadır.

DBYBHY’de  $K_{at}$  ve  $K_{pt}$  formüllerinde zeminin su altında veya suya doymun olması durumunda  $\delta$  yerine  $\delta/2$  olarak göz önüne alınacağı belirtilmiştir. TBDY’de su bulunması durumunda  $\delta$  ile ilgili bir ifade bulunmamaktadır.

DBYBHY’de  $K_{at}$  denkleminde  $k_v$  ile ilgili olarak  $\pm$  ifadesinin yatay zemin basıncı bakımından daha elverişsiz sonuç verecek şekilde kullanılacağı açıklanmıştır. TBDY’de  $\pm$  işareti ile ilgili bir ifade bulunmamaktadır.

Sismik katsayılar  $k_h$  ve  $k_v$ ’nin hesaplanmasında kullanılan açı (DBYBHY’de  $\lambda$ , TBDY’de  $\theta$ ), suyun var ya da yok olmasına göre iki şekilde hesaplanmakta idi. Yeni deprem yönetmeliğinde  $\theta$  hesabı, su seviyesinin temel tabanının altında olması, su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimsiz olması ve su seviyesinin temel taban seviyesi üstünde olması ve zeminin dinamik olarak geçirimli olması şeklinde üçe ayrılmaktadır.

$P_t$  formülünde yer alan  $\gamma^*$  tipik birim hacim ağırlığı değeri TBDYde yer almakta olup, su varlığına göre değişmektedir.

TBDY’de önerilen yöntemde bileşke statik-eşdeğer ek dinamik su kuvveti  $\Delta P_{su}$  bulunmaktadır.  $\Delta P_{su}$  değeri  $S_{DS}$  değerine bağlıdır. Dolayısıyla bu değer, konuma ve zemin sınıfına bağlı olacaktır.

### 3.2.2.6 Dinamik Basıncın Etkime Noktası

Dinamik basıncın etkime noktası ile ilgili birçok teori mevcuttur. Prakash ve Basavanna (1969) kuramsal olarak aktif itkinin sismik bileşeninin duvar üstünden  $H/3$  kadar altta etkimesi gerektiğini göstermiştir. Whitman (1990) dinamik aktif basınç değerinin tabandan  $0.6 H$  yukarıda etkidiğini belirtmiştir. Lam ve Martin (1997)’ a göre toplam aktif basınç, duvar yüksekliği boyunca uniform dağılmaktadır ve bileşke  $H/2$  yüksekliğinde etkimektedir.

### 3.2.3 İstinat Yapılarının Stabilitesi

İstinat yapılarının stabilitesinin sağlanması için,

- Ötelenmenin kontrolü
- Devrilme (dönme) kontrolü
- Taşıma gücü kapasitesinin göçmeye karşı kontrolü
- Oturmanın kontrolü

gibi irdelemeler yapılmalıdır.

#### 3.2.3.1 Ötelenmeye Karşı Güvenlik

İstinat yapılarında kayma (ötelenme) kontrolü, duvarın kaymasına neden olan kuvvetlerin, duvarın kaymasına karşı koyan kuvvetlere bölünmesi şeklinde hesaplanmaktadır.

Kaymaya karşı koyan kuvvetler;

- Duvar ağırlığı
- Duvar önünde taban üzerinde bulunan zemin kütlelerinin ağırlığı
- Toplam aktif zemin itkisinin düşey bileşeni
- Taban zeminiyle duvar arasındaki adhezyondan doğan mukavemet
- Pasif itki (genelde ihmal edilir)

Kohezyonlu zeminler için güvenlik sayısı depremler durumunda 1.3 alınabilir.

Duvar ağırlığı, duvar önünde taban üzerinde bulunan zemin kütlelerinin ağırlığı ve toplam aktif zemin basıncının düşey bileşeni duvar zemin arası sürtünme açısı değeri ile çarpılır. Kaymaya karşı koyan kuvvetlerden ilk üçü duvar zemin sürtünme açısı ile çarpılır. Bu açı değeri genellikle  $\phi/2$  ile  $2\phi/3$  arasında kabul edilir.

Ötelenmeye karşı güvenlik sayısı 3.28 eşitliği ile hesaplanır.

$$G_{s \text{ kayma}} = \frac{\sum V \cdot \tan}{\sum F_a + F_w} \quad (3.28)$$

### 3.2.3.2 Dönmeye Karşı Güvenlik

İstinat yapılarında dönme kontrolü, ön ampatman alt ucuna göre alınan moment alınarak, dönmeye karşı direnen momentlerin toplamının, döndürmeye çalışan momentlere bölünmesiyle yapılır. Granüler zeminlerde bu değer en az 2 olması yeterlidir. Fakat depremlü yükler altında bu değer 1.3 alınması uygundur. Dönme tahkikinde kullanılan momentlere yol açan kuvvetler aşağıda sıralanmıştır. Dönmeye direnen kuvvetler, duvar ağırlığı ve topuk üzerindeki zeminin ağırlığıdır.

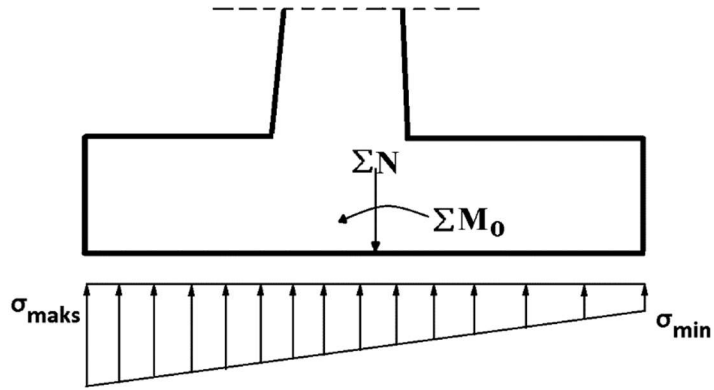
- Toplam aktif zemin basıncının yatay bileşeni
- Duvar ağırlığı
- Topuk üzerindeki zeminin ağırlığı
- Pasif basınç (genelde ihmal edilir)

Dönmeye karşı güvenlik sayısı 3.29 eşitliği ile hesaplanır.

$$G_{s \text{ devrilme}} = \frac{\sum M_{\text{direnen}}}{\sum M_{\text{deviren}}} \quad (3.29)$$

### 3.2.3.3 Taşıma Gücü Yönünden Güvenlik

İstinat duvarı tabanında zemine iletilen basıncın zeminin taşıma gücü kapasitesiyle kontrolü yapılır. Duvar tabanında en büyük basınç değeri ön ampatmanda oluşur. Arkaya doğru trapez dağılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: En büyük ve en küçük zemin gerilmelerinin dağılımı.

Taşıma gücü kontrolü 3.30 eşitliği ile yapılır. Burada,  $\Sigma M_{deviren}$  dönmeye çalışan momentler toplamı,  $\Sigma M_{direnen}$  dönmeye direnen momentlerin toplamı ve  $\Sigma V$  düşey yüklerin toplamıdır.

$$x = \frac{\Sigma M_{direnen} - \Sigma M_{deviren}}{\Sigma V} \quad (3.30)$$

## 4. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

İstinat yapılarının hesapları ve boyutlandırılması yapılırken sismik olarak aktif alanlarda, statik zemin basınçlarının yanında dinamik zemin basınçlarının da hesaba katılması zorunludur.

Bu bölümde farklı duvar modelleri kullanılarak DBYBHY ve TBDY’de yer alan istinat yapıları hesap yöntemleri karşılaştırılmıştır. 3 farklı sayısal uygulamaya yer verilmiştir. DBYBHY ile ve TBDY ile elde edilen dinamik zemin basınçları arasındaki farkların daha iyi irdelenebilmesi için bazı parametreler çeşitli aralıklarda incelenmiştir.

Sayısal uygulama 1’de ülkemize ait aynı enlemde eşit aralıkta bulunan 10 farklı konumda, 5 farklı yerel zemin sınıfında DBYBHY ve TBDY ile hesap yapılmıştır. Tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmasıyla, önceki yönetmelikten farklı olarak yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin öneminin görülmesi amaçlanmıştır (bkz. Tablo 3.3, 3.4).

Sayısal uygulama 2’de gerçek zemin durumlarını yansıtmak açısından kayma mukavemeti parametreleri farklı olan 5 farklı zemin kullanılmıştır. Hesaplar DBYBHY ve TBDY ile 4 farklı deprem bölgesinde bulunan 4 farklı konumda yapılmıştır. Her zeminin cinsine göre uygun olabilecek ikişer yerel zemin sınıfında analizleri yapıp elde edilen  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırılmıştır.

Sayısal uygulama 3’te H duvar yüksekliği değeri değişken olarak alınmıştır. Konum olarak 1999-Gölcük depreminin merkez üssü olan konum kullanılmış, hesaplar 5 yerel zemin sınıfı için DBYBHY ve TBDY ile yapılmıştır. Yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin öneminin görülmesi amacıyla tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmıştır. Örnek bir duvarın maliyet analizi iCad Konsol yazılımı ile yapılmıştır.

Statik aktif itkinin hesaplanmasında Coulomb toprak basıncı teorisi kullanılmıştır.

#### 4.1 Sayısal Uygulama 1

Bu sayısal uygulamada, istinat yapılarına depremden dolayı etkiyecek aktif dinamik basınç  $P_{ad}$  değerleri, aynı yatay doğrultuda bulunan, Şekil 4.1’de haritadaki konumları görülen, eşit uzaklıktaki 10 adet konumda DBYBHY ve TBDY ile hesaplanmıştır. DBYBHY ile tüm yerel zemin sınıfları için tek hesap yapılırken, TBDY ile tüm yerel zemin sınıflarında ayrı hesaplama yapılmıştır. 10 konuma ait koordinatlar Tablo 4.1’de verilmektedir.

**Tablo 4.1:** Karşılaştırmada kullanılan 10 konumun koordinatları (WGS84/Coğrafik (Long/Lat)).

Konumlar ve Yerleri	Enlem (Y)	Boylam (X)
Konum 1 (Ayvacık)	39.48° K	26.07° D
Konum 2 (Bigadiç)	39.48° K	28.07° D
Konum 3 (Kütahya)	39.48° K	30.07° D
Konum 4 (Polatlı)	39.48° K	32.07° D
Konum 5 (Akpınar)	39.48° K	34.07° D
Konum 6 (Şarkışla)	39.48° K	36.07° D
Konum 7 (Divriği)	39.48° K	38.07° D
Konum 8 (Pülümür)	39.48° K	40.07° D
Konum 9 (Karayazı)	39.48° K	42.07° D
Konum 10 (Doğubayazıt)	39.48° K	44.07° D



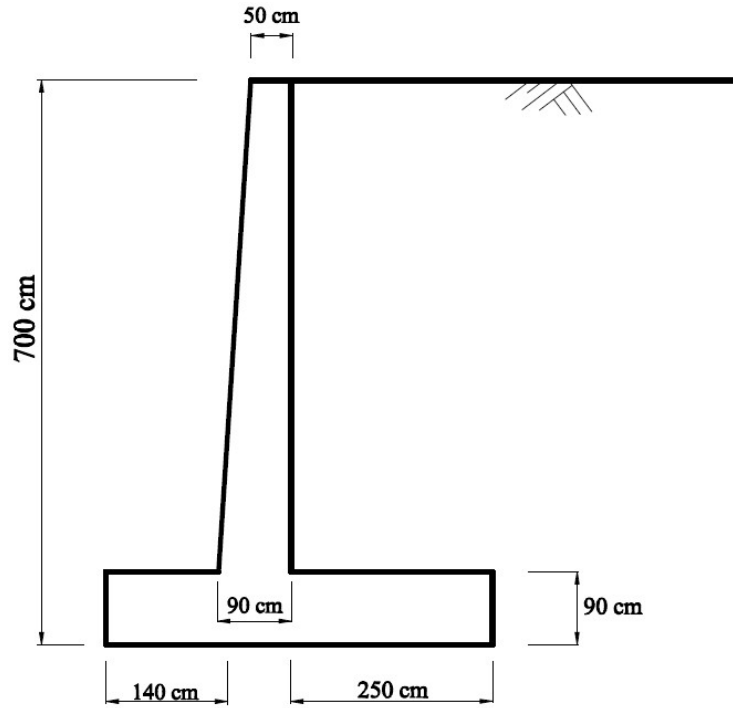
Şekil 4.1: 10 konumun harita üzerinde işaretlenmesi.

10 konum deprem bölgeleri haritasına (TDBH) göre, 4 farklı derece deprem bölgesinde bulunan konumlardır (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2:** 10 konumun deprem bölgeleri haritasına göre deprem bölgesi bilgisi.

Konum	Deprem Bölgesi	Konum	Deprem Bölgesi
Konum 1	1. derece	Konum 6	3. derece
Konum 2	1. derece	Konum 7	3. derece
Konum 3	2. derece	Konum 8	1. derece
Konum 4	4. derece	Konum 9	2. derece
Konum 5	1.derece	Konum 10	2. derece

Tüm karşılaştırmalarda 7 metre yüksekliğindeki tek konsol duvar modeli kullanılmıştır (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2:** Karşılaştırmada kullanılan duvar modeli.

Zemine ve duvar modeline ait hesaplarda kullanılacak diğer parametreler Tablo 4.4'te verilmiştir.



**Tablo 4.3:** Zemine ve duvara ait diğer özellikler.

$r$	1.5	$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>
$\beta$	0°	$\gamma_d$	21 kN/m <sup>3</sup>
$\alpha$	0°	$\phi$	30°
$c$	0		

Kullanılan zemin modeline ait, istinat yapılarında dinamik itkinin hesaplanmasında kullanılan içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı parametrelerinin tek değer aldığı kabul edilmiştir. Diğer zemin parametreleri ( $(V_S)_{30}$ : ortalama kayma dalgası hızı,  $(c_u)_{30}$ : ortalama drenajsız kayma dayanımı,  $(N_{60})_{30}$ : ortalama standart penetrasyon darbe sayısı) açısından 5 farklı yerel zemin sınıfında yer aldıkları kabul edilmiştir. Tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmasıyla, önceki yönetmelikten farklı olarak yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin öneminin görülmesi amaçlanmıştır (bkz. Tablo 3.3, 3.4).

#### 4.1.1 Konum 1’de (Ayvacık) Elde Edilen Bulgular

Konum 1 için TDTH’den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY’den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpılması ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.4’te verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.4:** Konum 1 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

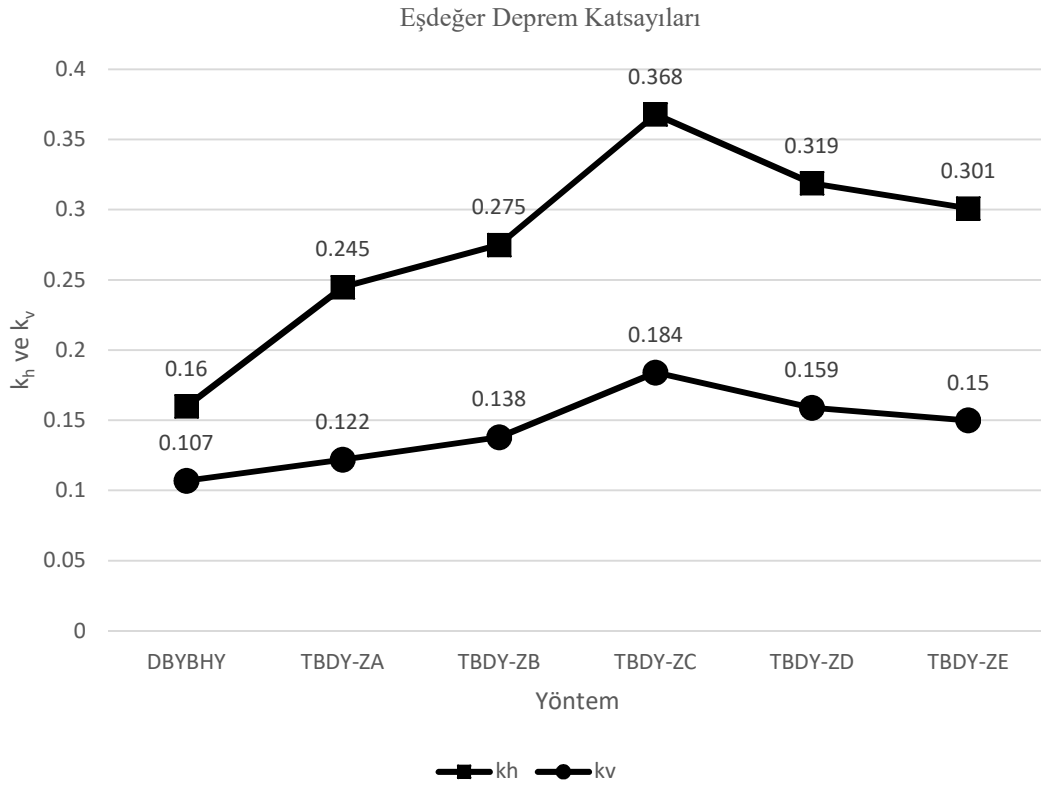
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.288	1.148	0.80	0.80	0.230	0.918
ZB	0.288	1.148	0.80	0.90	0.230	1.033
ZC	0.288	1.148	1.50	1.20	0.432	1.378
ZD	0.288	1.148	2.02	1.04	0.583	1.195
ZE	0.288	1.148	2.86	0.98	0.824	1.127

1. derece deprem bölgesinde bulunan konum 1 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.5’te verilmiştir.

**Tablo 4.5:** Konum 1 için elde edilen sonuçlar (TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesi).

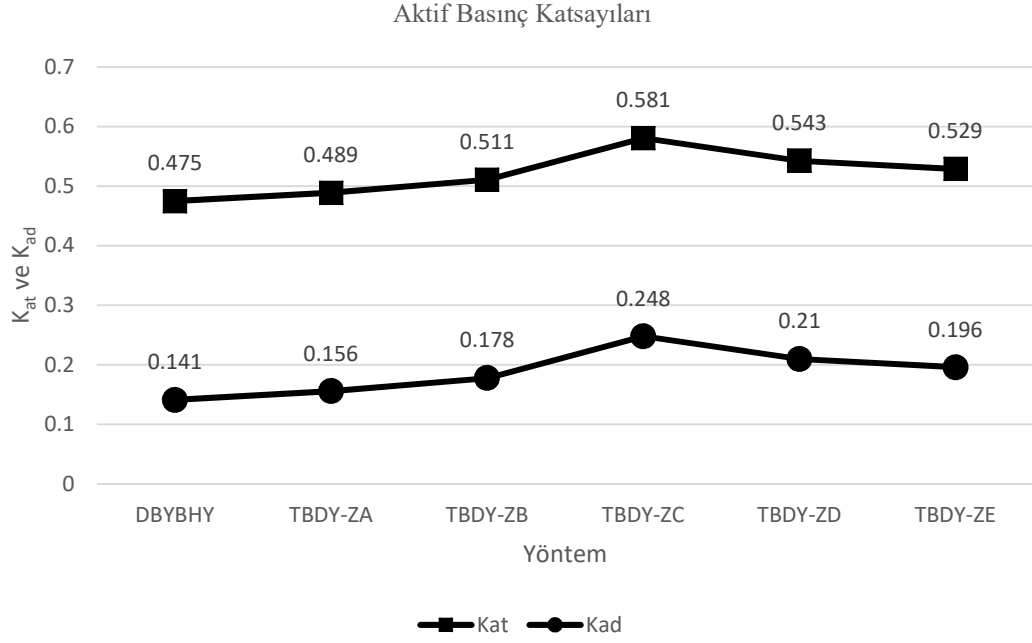
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.475	0.141	131.05	62.28
TBDY-ZA	0.245	0.122	0.489	0.156	131.05	95.04
TBDY-ZB	0.275	0.138	0.511	0.178	131.05	109.33
TBDY-ZC	0.368	0.184	0.581	0.248	131.05	156.22
TBDY-ZD	0.319	0.159	0.543	0.21	131.05	130.56
TBDY-ZE	0.301	0.15	0.529	0.196	131.05	121.49

Konum 1'e ait eşdeğer deprem katsayıları grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir.



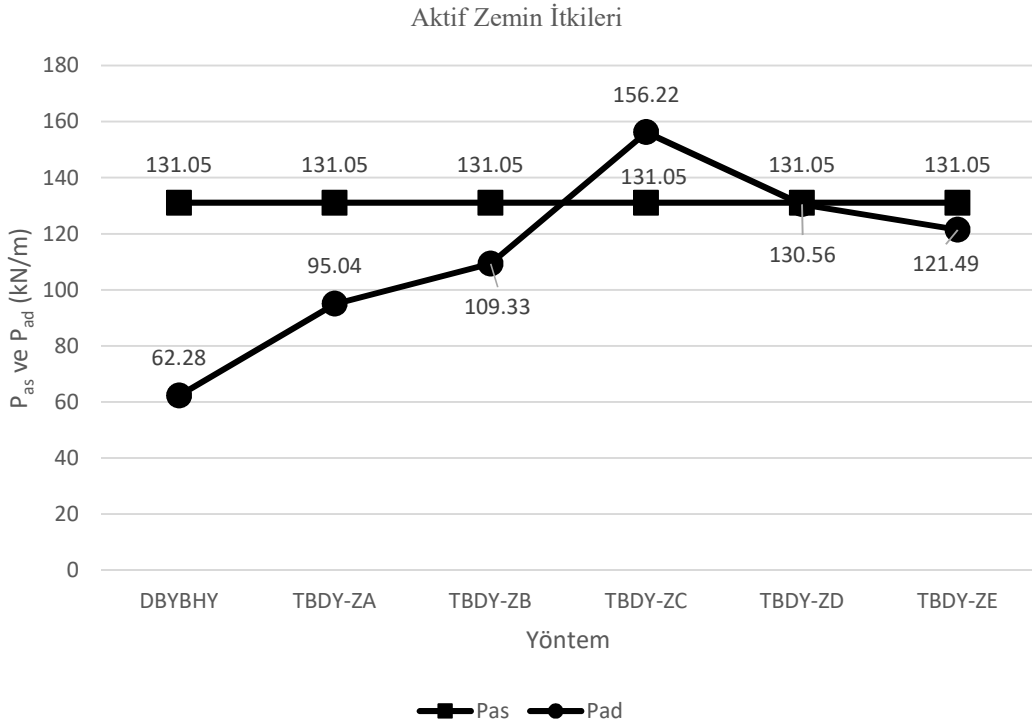
**Şekil 4.3:** Konum 1 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 1'e ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4: Konum 1 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 1'e ait aktif zemin basınçları grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: Konum 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'te görüldüğü üzere, DBYBHY ile elde edilen  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, tüm yerel zemin sınıfları için TBDY ile elde edilenlerden daha düşük çıkmıştır.

TBDY ile elde edilen  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, en yüksek ZC zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür. Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansdığı unutulmamalıdır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir (bkz. Tablo 4.4).

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.3,  $k_v$  değeri 1.72,  $K_{at}$  değeri 1.22,  $K_{ad}$  değeri 1.76,  $P_{ad}$  değeri 2.51 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremleri durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin 1.19 katı büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin 0.48'i büyüklüktedir.

#### 4.1.2 Konum 2'de (Bigadiç) Elde Edilen Bulgular

Konum 2 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpılması ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{D1}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.6'da verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.6:** Konum 2 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

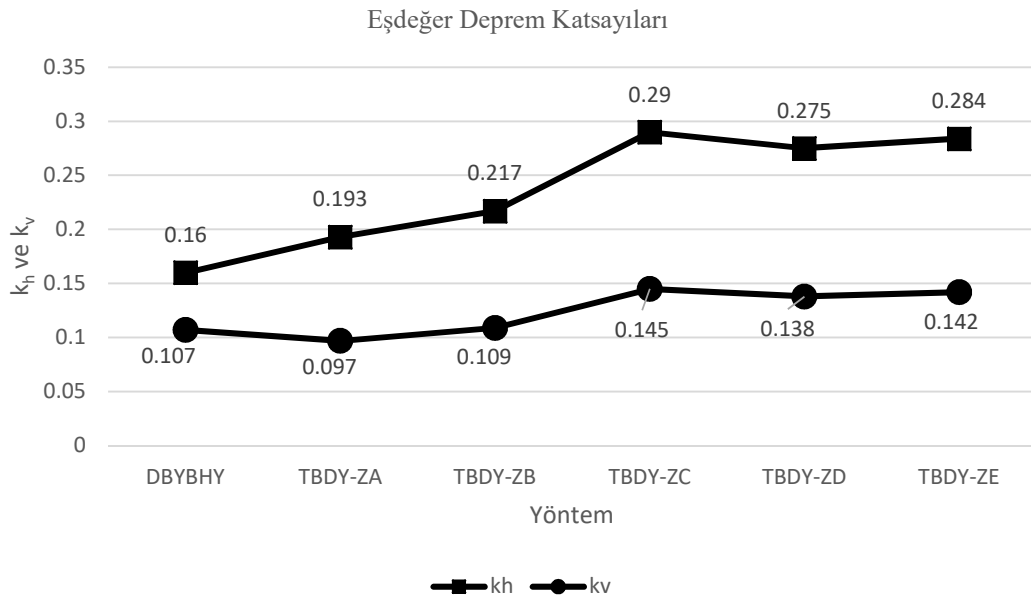
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.216	0.906	0.80	0.80	0.173	0.725
ZB	0.216	0.906	0.80	0.90	0.173	0.815
ZC	0.216	0.906	1.50	1.20	0.324	1.087
ZD	0.216	0.906	2.17	1.14	0.468	1.031
ZE	0.216	0.906	3.22	1.18	0.696	1.065

1. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 2 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de verilmiştir.

**Tablo 4.7:** Konum 2 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).

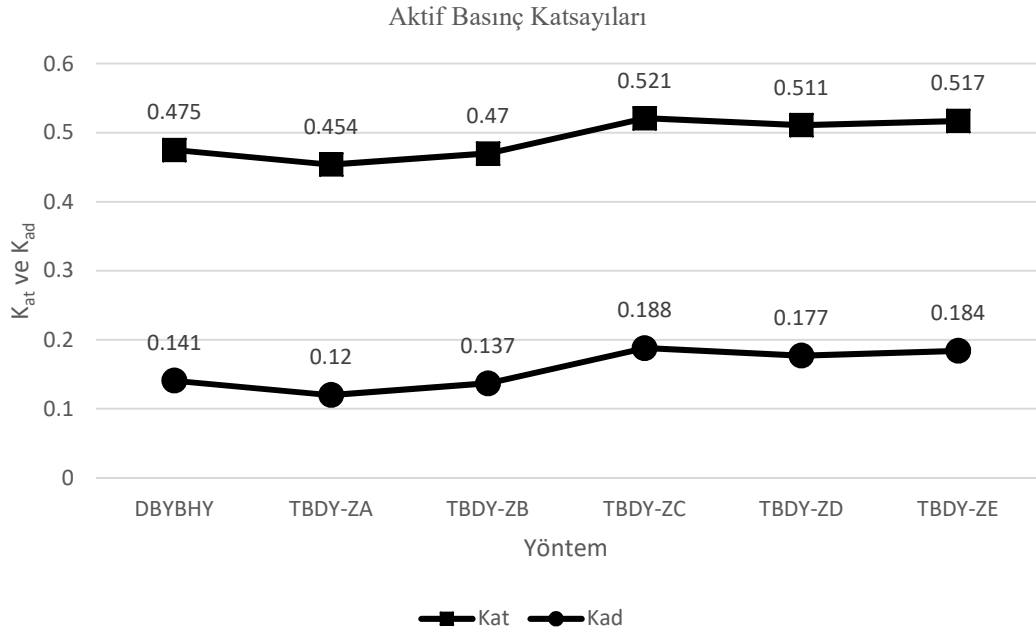
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.475	0.141	131.05	62.28
TBDY-ZA	0.193	0.097	0.454	0.12	131.05	72.38
TBDY-ZB	0.217	0.109	0.47	0.137	131.05	82.75
TBDY-ZC	0.29	0.145	0.521	0.188	131.05	116.26
TBDY-ZD	0.275	0.138	0.511	0.177	131.05	109.08
TBDY-ZE	0.284	0.142	0.517	0.184	131.05	113.42

Konum 2’ye ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.6’da verilmiştir.



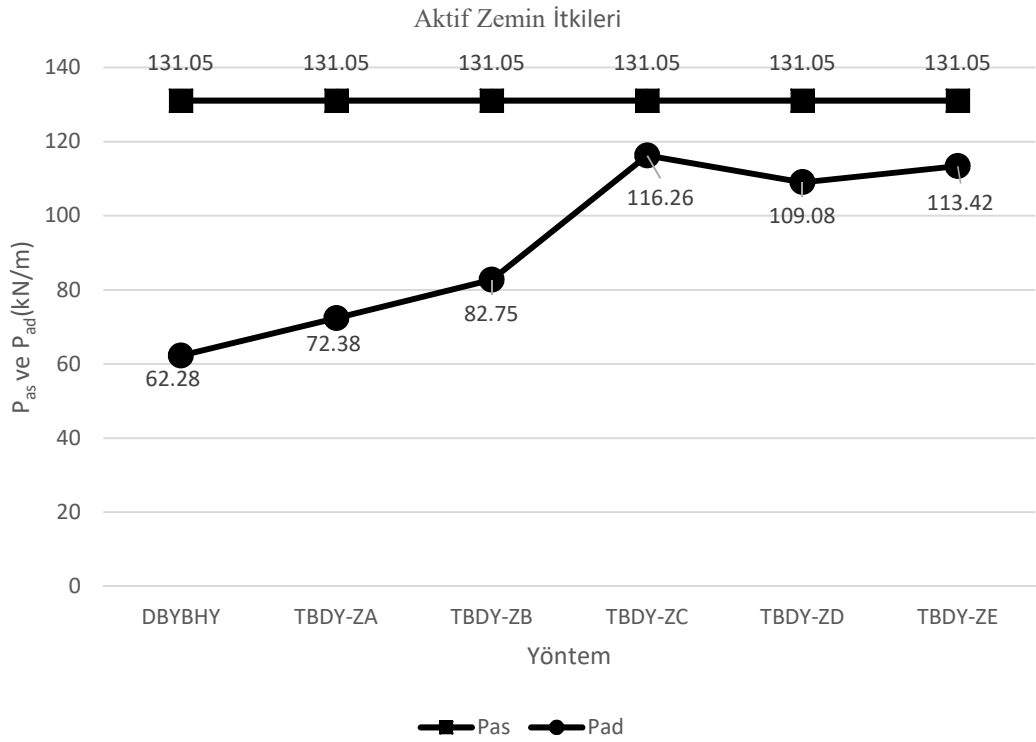
**Şekil 4.6:** Konum 2 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 2'ye ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7: Konum 2 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 2'ye ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8: Konum 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8’de görüldüğü üzere,  $k_h$  ve  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile her durumda DBYBHY’den daha yüksek elde edilmiştir. Ancak, DBYBHY ile elde edilen  $k_v$ ,  $K_{at}$  ve  $K_{ad}$  değerleri, TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilenlerden daha büyüktür.

En yüksek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.  $S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı sürekli dir. Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansıdığı unutulmamalıdır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE’ye doğru gidildikçe, ZC zemin sınıfından sonra  $P_{ad}$  değerleri birbirine nispeten yakındır. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri ZC zemin sınıfında elde edilen değerin 0.96’sı büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenden 1.81 katı,  $k_v$  değeri 1.36 katı,  $K_{at}$  değeri 1.1 katı,  $K_{ad}$  değeri 133 katı,  $P_{ad}$  değeri 1.87 katı büyüklüktedir.

TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $k_h$  değeri ZA zemin sınıfında elde edilenin 1.5 katı,  $k_v$  değeri 1.49 katı,  $K_{at}$  değeri 1.15 katı,  $K_{ad}$  değeri 1.57 katı,  $P_{ad}$  değeri 1.61 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremlı durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin 0.88’i büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin 0.48’i büyüklüktedir.

### 4.1.3 Konum 3'te (Kütahya Merkez) Elde Edilen Bulgular

Konum 3 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.8'de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.8:** Konum 3 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.212	0.838	0.80	0.80	0.170	0.670
ZB	0.212	0.838	0.80	0.90	0.170	0.754
ZC	0.212	0.838	1.50	1.20	0.318	1.006
ZD	0.212	0.838	2.17	1.16	0.461	0.976
ZE	0.212	0.838	3.24	1.23	0.687	1.030

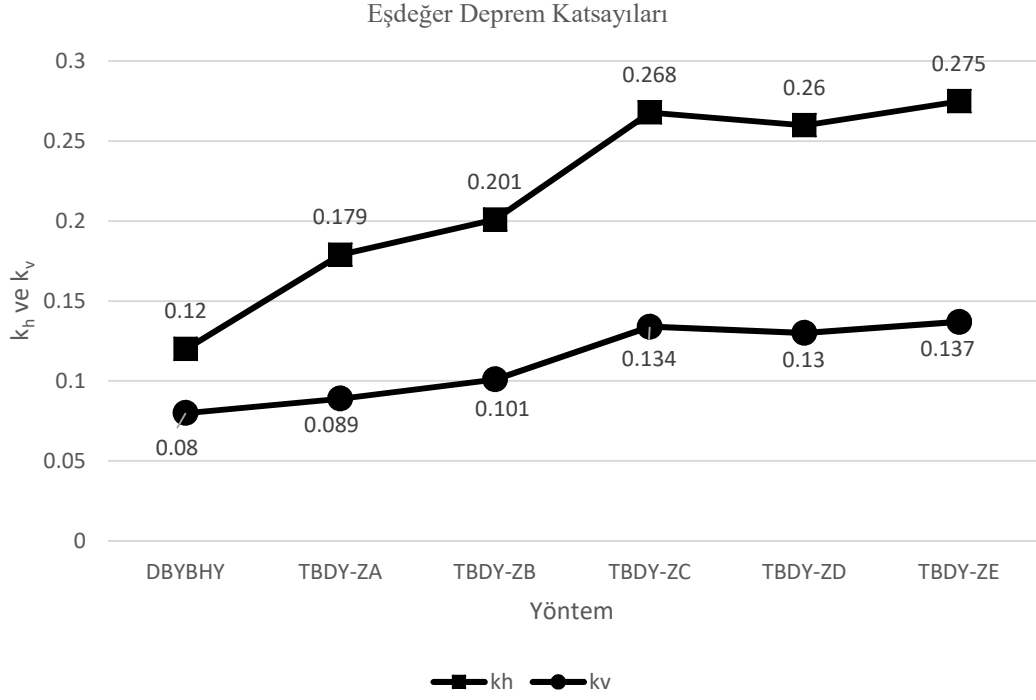
2. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 3 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.9'da verilmiştir.

**Tablo 4.9:** Konum 3 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.437	0.103	131.05	45.57
TBDY-ZA	0.179	0.089	0.444	0.111	131.05	66.21
TBDY-ZB	0.201	0.101	0.459	0.126	131.05	75.68
TBDY-ZC	0.268	0.134	0.508	0.172	131.05	105.92
TBDY-ZD	0.26	0.13	0.5	0.167	131.05	102.17
TBDY-ZE	0.275	0.137	0.51	0.177	131.05	108.95

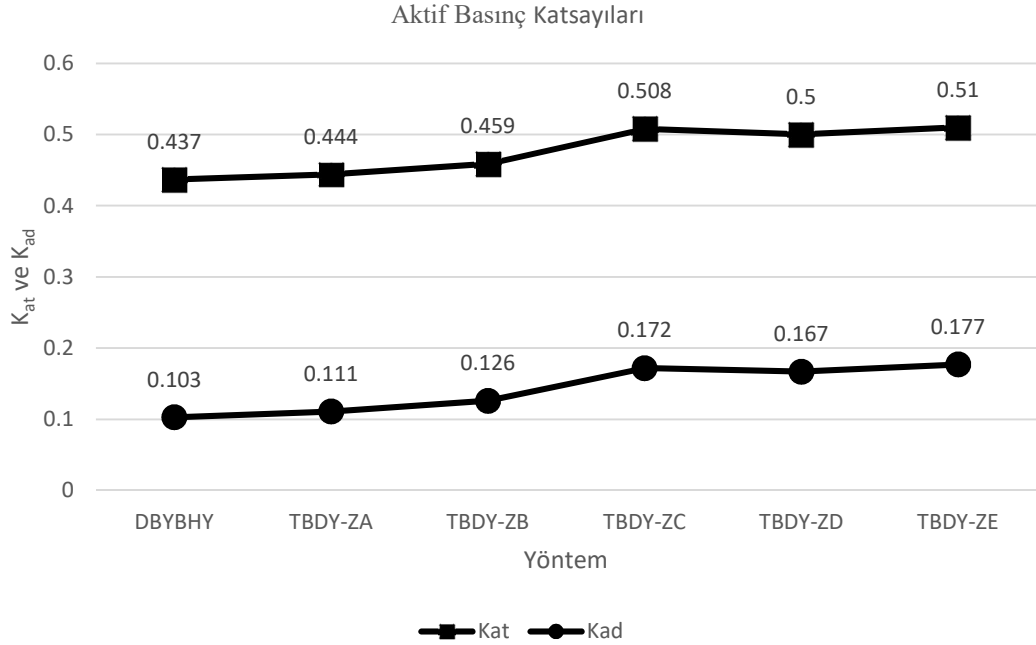
Konum 3'e ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.9'da verilmiştir.





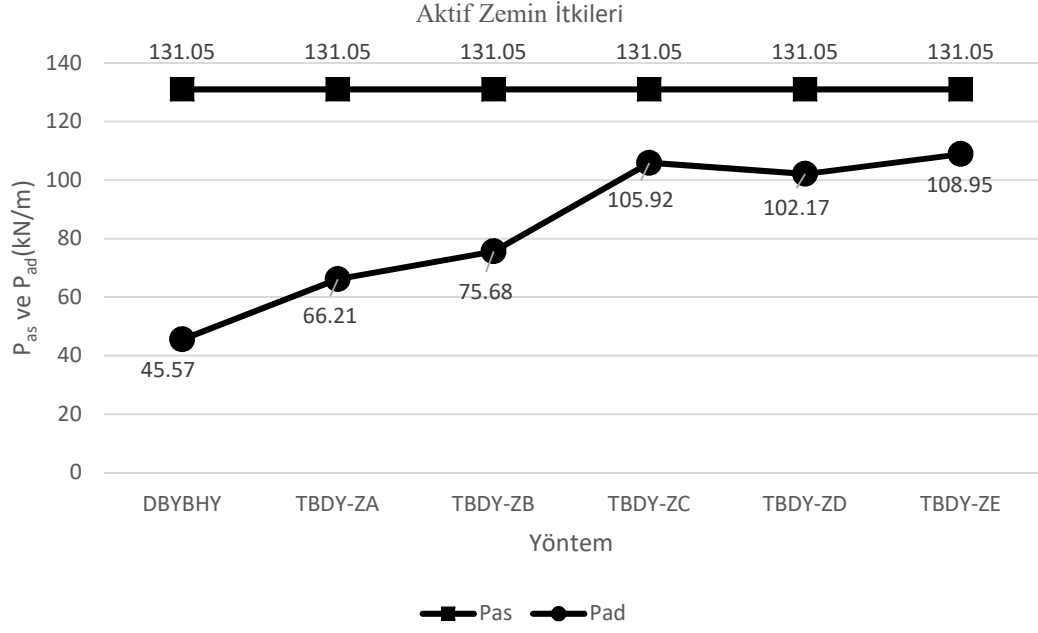
Şekil 4.9: Konum 3 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 3'e ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10: Konum 3 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 3'e ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.11'de verilmiştir.



**Şekil 4.11:** Konum 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.9, 4.10 ve 4.11’de görüldüğü üzere, TBDY ile elde edilecek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden her zemin sınıfı için daha yüksektir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

En yüksek değerler, TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenli değildir. ZC zemin sınıfında elde edilen değerler, ZD zemin sınıfında elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansdığı unutulmamalıdır.

TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE’ye doğru gidildikçe, ZC zemin sınıfından sonra  $P_{ad}$  değerleri birbirine nispeten yakındır. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri ZE zemin sınıfında elde edilen değerinin %94’ü büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.29 katı,  $k_v$  değeri 1.71 katı,  $K_{at}$  değeri 1.17 katı,  $K_{ad}$  değeri 1.72 katı,  $P_{ad}$  değeri 2.39 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremli durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin 0.83'ü büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin 0.35'i büyüklüktedir.

#### 4.1.4 Konum 4'te (Polatlı) Elde Edilen Bulgular

Konum 4 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.10'da verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.10:** Konum 4 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

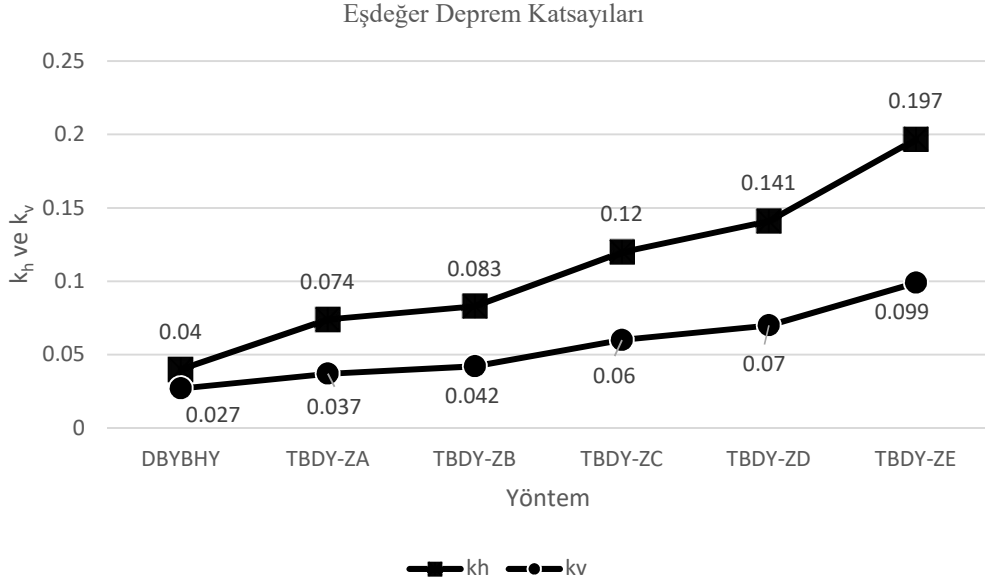
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.109	0.347	0.80	0.80	0.087	0.278
ZB	0.109	0.347	0.80	0.90	0.087	0.312
ZC	0.109	0.347	1.50	1.30	0.163	0.451
ZD	0.109	0.347	2.39	1.52	0.260	0.528
ZE	0.109	0.347	4.12	2.13	0.449	0.739

4. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 4 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.11'de verilmiştir.

**Tablo 4.11:** Konum 4 için elde edilen sonuçlar (4. derece deprem bölgesi).

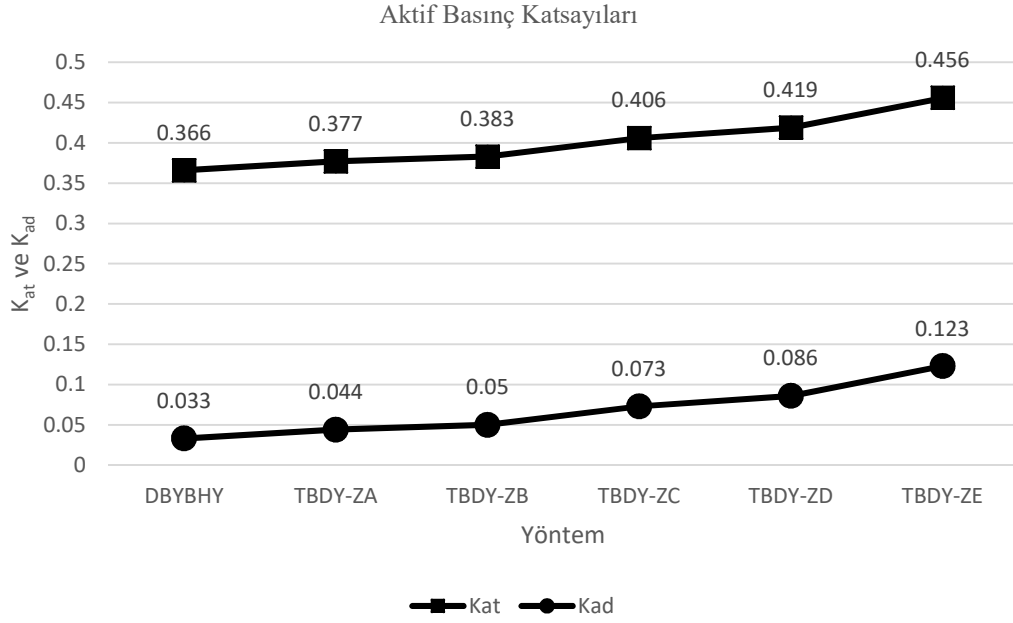
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.366	0.033	131.05	14.46
TBDY-ZA	0.074	0.037	0.377	0.044	131.05	25.57
TBDY-ZB	0.083	0.042	0.383	0.05	131.05	28.88
TBDY-ZC	0.12	0.06	0.406	0.073	131.05	42.81
TBDY-ZD	0.141	0.07	0.419	0.086	131.05	50.83
TBDY-ZE	0.197	0.099	0.456	0.123	131.05	73.97

Konum 4'e ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.12'de verilmiştir.



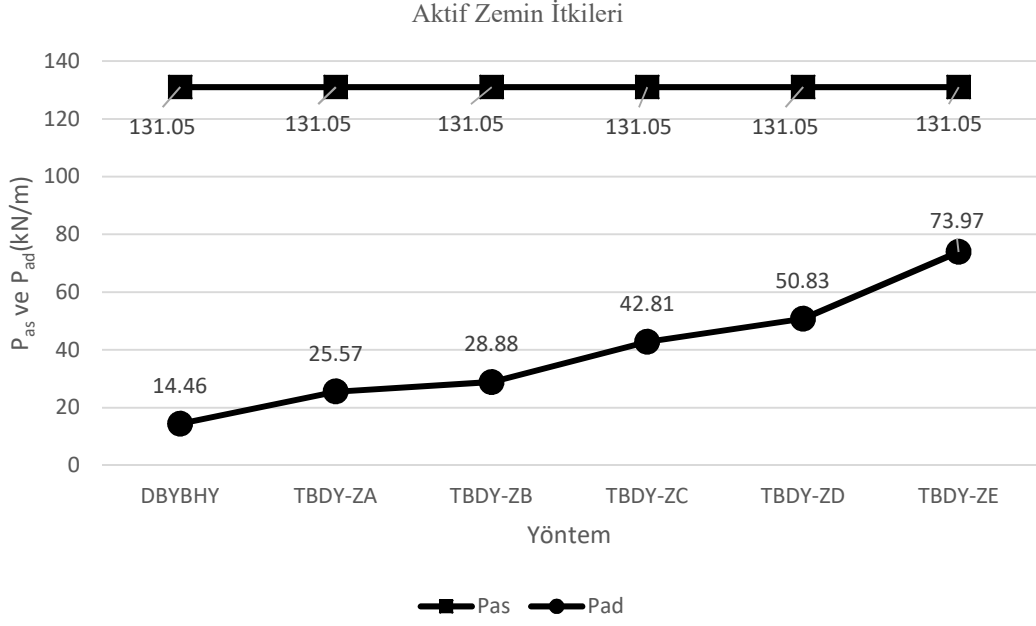
Şekil 4.12: Konum 4 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 4'e ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13: Konum 4 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 4'e ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14: Konum 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14'te görüldüğü üzere, TBDY ile elde edilecek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden her zemin sınıfı için daha yüksektir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

En yüksek değerler, TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenlidir.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 4.93 katı,  $k_v$  değeri 3.67 katı,  $K_{at}$  değeri 1.25 katı,  $K_{ad}$  değeri 3.73 katı,  $P_{ad}$  değeri 5.12 katı büyüklüktedir.

TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremlili durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin 0.56'sı büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, statik kuvvet  $P_{as}$  değerine göre nispeten önemsiz büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 0.11'i büyüklüktedir.

#### 4.1.5 Konum 5'te (Akpınar) Elde Edilen Bulgular

Konum 5 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.12'de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.12:** Konum 5 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

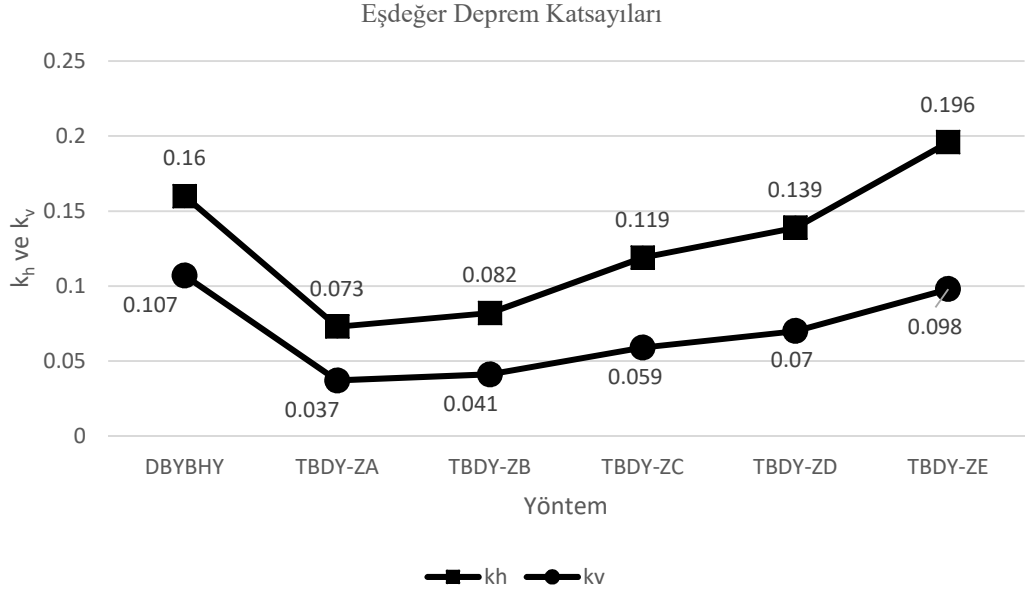
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.107	0.342	0.80	0.80	0.086	0.274
ZB	0.107	0.342	0.80	0.90	0.086	0.308
ZC	0.107	0.342	1.50	1.30	0.161	0.445
ZD	0.107	0.342	2.38	1.53	0.255	0.522
ZE	0.107	0.342	4.14	2.14	0.443	0.733

1. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 5 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.13'te verilmiştir.

**Tablo 4.13:** Konum 5 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).

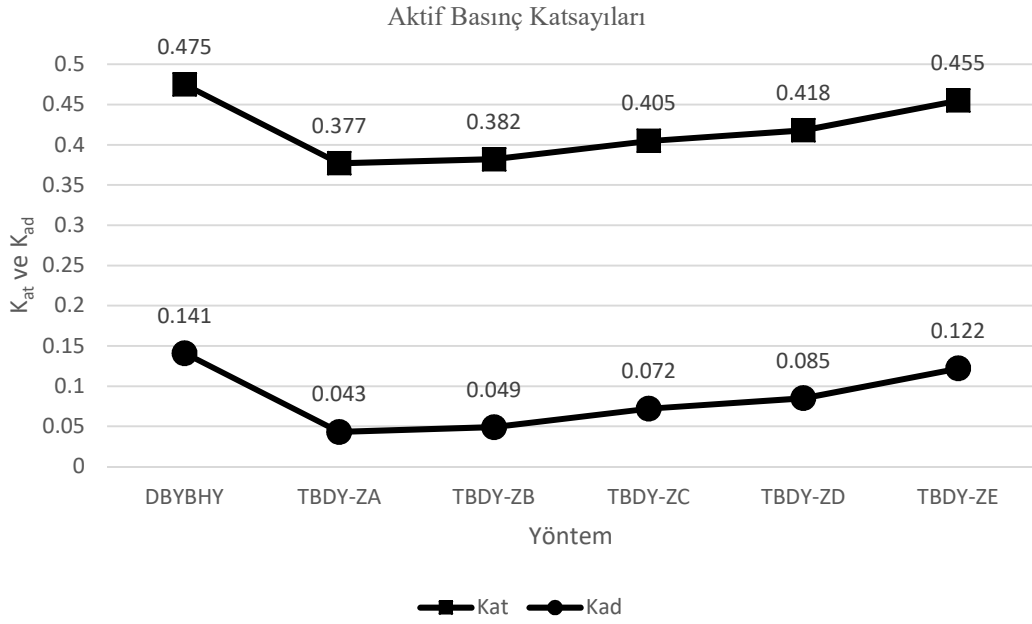
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$	$P_{ad}$
DBYBHY	0.16	0.107	0.475	0.141	131.05	62.28
TBDY-ZA	0.073	0.037	0.377	0.043	131.05	25.19
TBDY-ZB	0.082	0.041	0.382	0.049	131.05	28.49
TBDY-ZC	0.119	0.059	0.405	0.072	131.05	42.19
TBDY-ZD	0.139	0.07	0.418	0.085	131.05	50.19
TBDY-ZE	0.196	0.098	0.455	0.122	131.05	73.29

Konum 5'e ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.15'te verilmiştir.



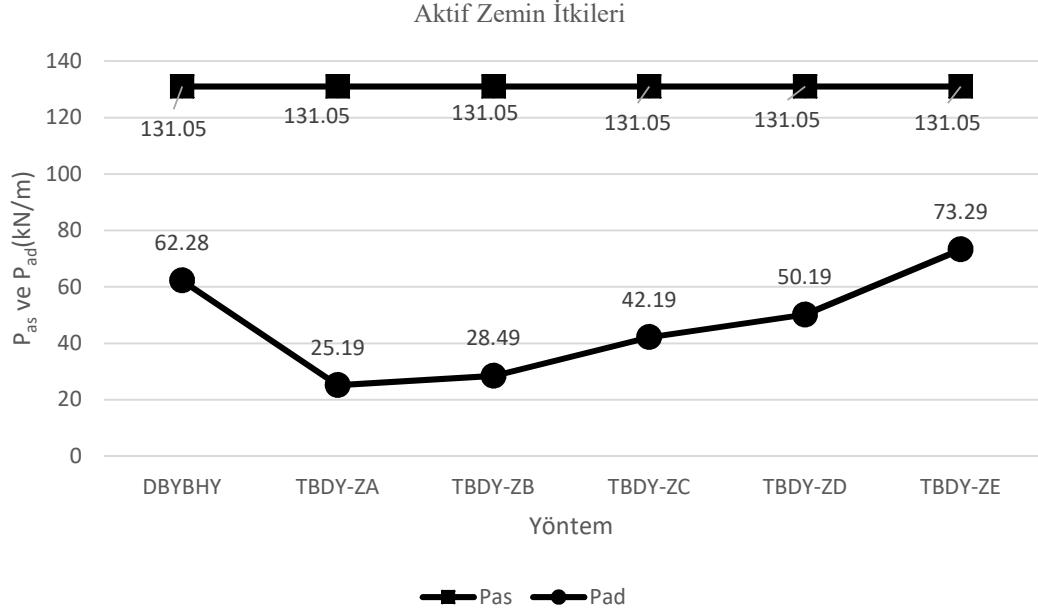
Şekil 4.15: Konum 5 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 6'ya ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16: Konum 5 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 5'e ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17: Konum 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17’de görüldüğü üzere, DBYBHY ile elde edilen  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  değerleri tüm zemin sınıfları için TBDY ile elde edilenlerden daha büyüktür.

TBDY ile ZA, ZB, ZC, ZD zemin sınıflarında elde edilen  $k_h$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden daha düşük çıkmıştır. Ancak en yüksek  $k_h$  ve  $P_{ad}$  değerleri, ZE zemin sınıfı için TBDY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenlidir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerine nispeten yakındır. TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilen değer 1.17 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen, depremli durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin %48’i büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZA),  $P_{as}$  değerinin %19’u büyüklüktedir.



#### 4.1.6 Konum 6'da (Şarkışla) Elde Edilen Bulgular

Konum 6 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.14'te verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.14:** Konum 6 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

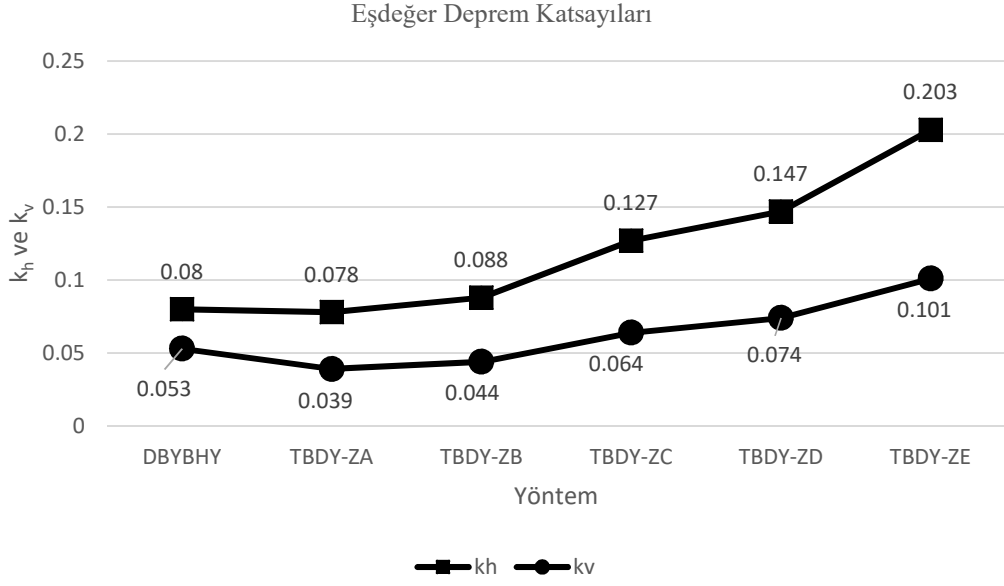
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.129	0.366	0.80	0.80	0.103	0.293
ZB	0.129	0.366	0.80	0.90	0.103	0.329
ZC	0.129	0.366	1.50	1.30	0.193	0.476
ZD	0.129	0.366	2.34	1.51	0.302	0.552
ZE	0.129	0.366	3.94	2.08	0.508	0.760

3. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 6 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.15'te verilmiştir.

**Tablo 4.15:** Konum 6 için elde edilen sonuçlar (3. derece deprem bölgesi).

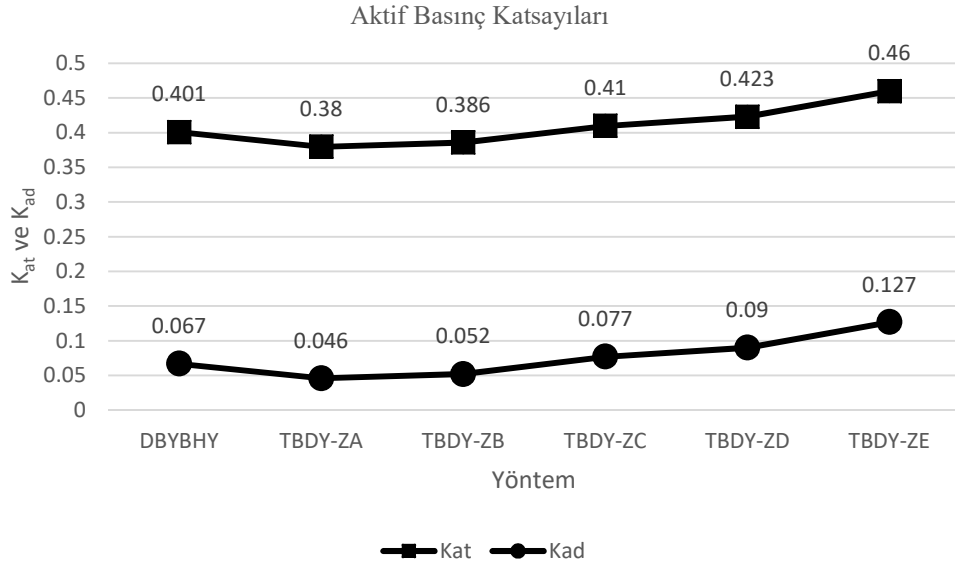
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.401	0.067	131.05	29.64
TBDY-ZA	0.078	0.039	0.38	0.046	131.05	27.02
TBDY-ZB	0.088	0.044	0.386	0.052	131.05	30.54
TBDY-ZC	0.127	0.064	0.41	0.077	131.05	45.39
TBDY-ZD	0.147	0.074	0.423	0.09	131.05	53.37
TBDY-ZE	0.203	0.101	0.46	0.127	131.05	76.37

Konum 6'ya ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.18'de verilmiştir.



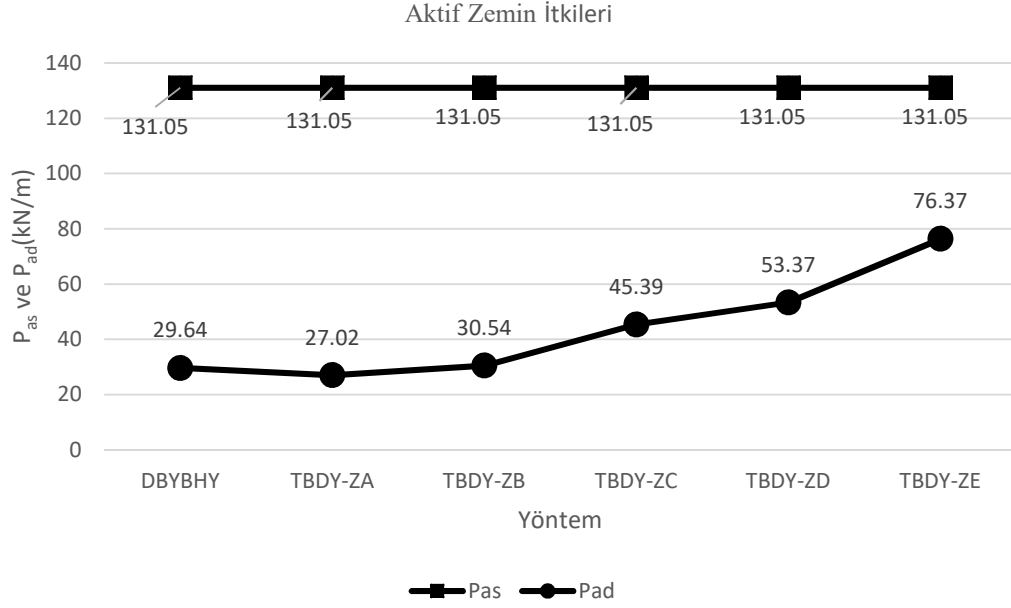
Şekil 4.18: Konum 6 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 7'ye ait aktif basınç katsayılarına ait grafik Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19: Konum 6 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 6'ya ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20: Konum 6 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20'de görüldüğü üzere, en yüksek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, TBDY ile ZE zemin sınıfında, en düşük değerleri ZA zemin sınıfında elde edilmiştir. DBYBHY ile elde edilen  $k_v$ ,  $K_{at}$ , ve  $K_{ad}$  değerleri TBDY ile ZA ve ZB zemin sınıflarında elde edilenlerden yüksek, TBDY ile ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında elde edilenlerden daha düşüktür.

TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenlidir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, ZA sınıfında elde edilenin 2.6 katı,  $k_v$  değeri 2.59 katı,  $K_{at}$  değeri 1.21 katı,  $K_{ad}$  değeri 2.76 katı,  $P_{ad}$  değeri 2.82 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen ek dinamik itki değeri  $P_{ad}$ , TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilenin 1.1 katı büyüklüktedir.

ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.54 katı,  $k_v$  değeri 1.9 katı,  $K_{at}$  değeri 1.15 katı,  $K_{ad}$  değeri 1.9 katı,  $P_{ad}$  değeri 2.58 katı büyüklüktedir.

ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremlili durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değeri nin %58'i büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZA)  $P_{as}$  değeri nin %20'si büyüklüktedir.

#### 4.1.7 Konum 7'de (Divriği) Elde Edilen Bulgular

Konum 7 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.16'da verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.16:** Konum 7 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

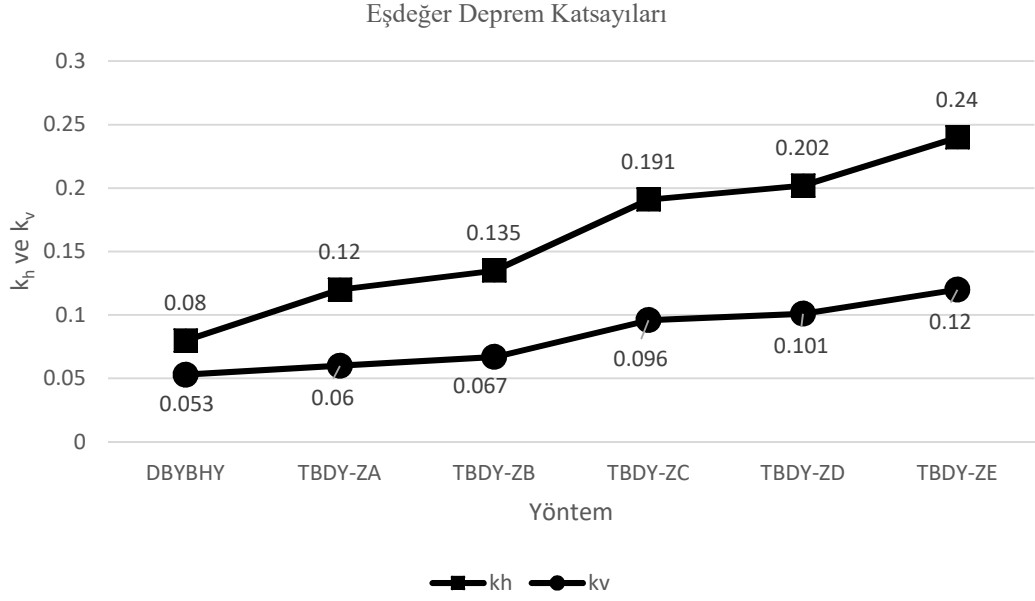
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.186	0.561	0.80	0.80	0.149	0.449
ZB	0.186	0.561	0.80	0.90	0.149	0.505
ZC	0.186	0.561	1.50	1.28	0.279	0.716
ZD	0.186	0.561	2.23	1.35	0.414	0.758
ZE	0.186	0.561	3.42	1.60	0.637	0.899

3. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 7 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.17'de verilmiştir.

**Tablo 4.17:** Konum 7 için elde edilen sonuçlar (3. derece deprem bölgesi).

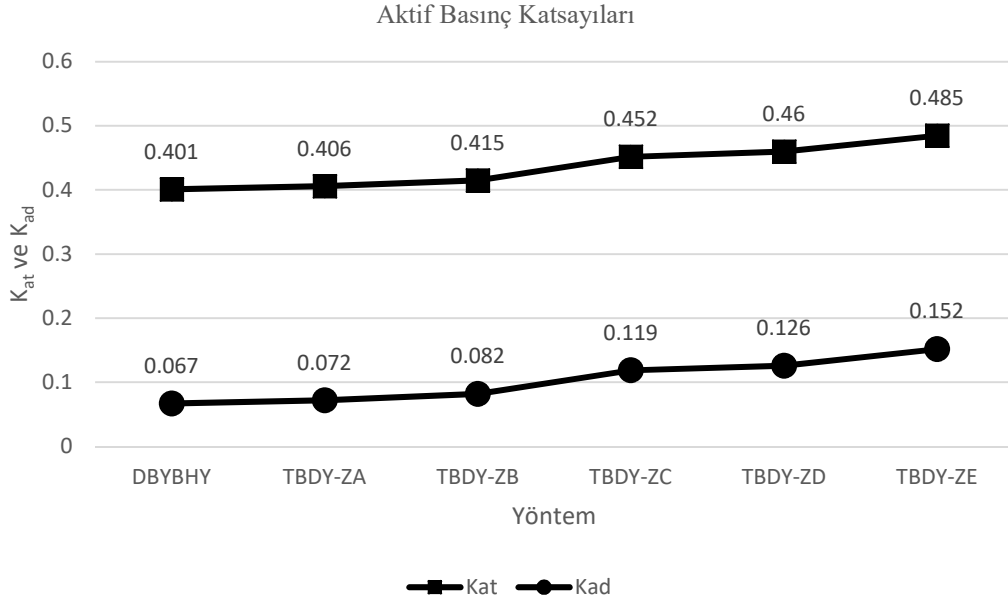
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}(\text{kN/m})$	$P_{ad}(\text{kN/m})$
DBYBHY	0.08	0.053	0.401	0.067	131.05	29.65
TBDY-ZA	0.12	0.06	0.406	0.072	131.05	42.6
TBDY-ZB	0.135	0.067	0.415	0.082	131.05	48.41
TBDY-ZC	0.191	0.096	0.452	0.119	131.05	71.36
TBDY-ZD	0.202	0.101	0.46	0.126	131.05	76.14
TBDY-ZE	0.24	0.12	0.485	0.152	131.05	92.74

Konum 5'e ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.21'de verilmiştir.



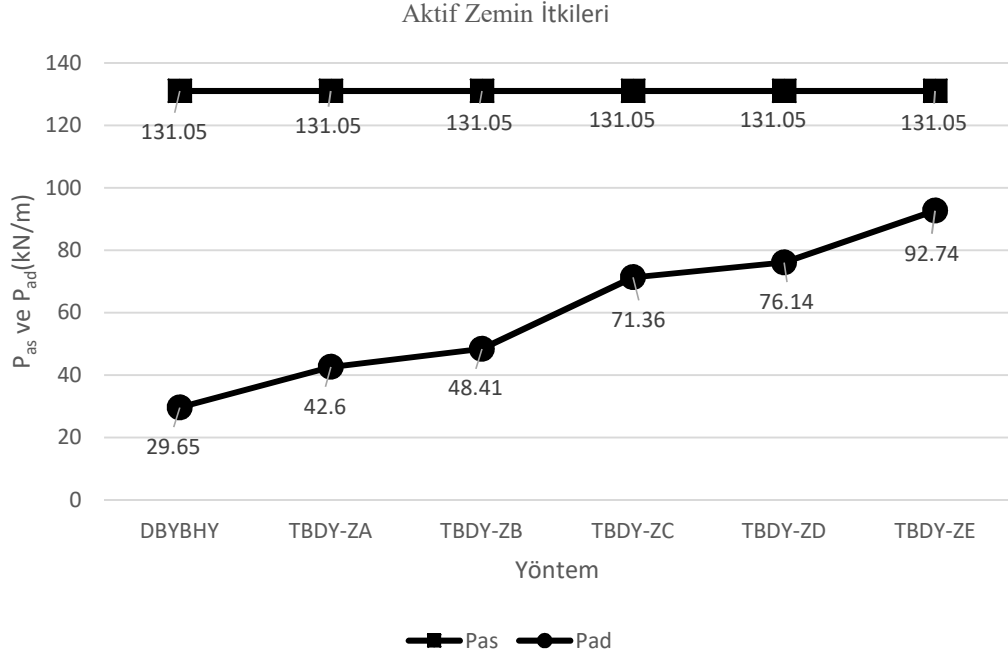
Şekil 4.21: Konum 7 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 7'ye ait aktif basınç katsayıları grafiği Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22: Konum 7 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 7'ye ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.23'te verilmiştir.



**Şekil 4.23:** Konum 7 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.21, 4.22 ve 4.23'te görüldüğü üzere, TBDY ile elde edilecek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden her zemin sınıfı için daha yüksektir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

En yüksek değerler, TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenlidir.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 3.0 katı,  $k_v$  değeri 2.26 katı,  $K_{at}$  değeri 1.2 katı,  $K_{ad}$  değeri 2.27 katı,  $P_{ad}$  değeri 3.13 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremli durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin %70'i büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin %22'si büyüklüktedir.

#### 4.1.8 Konum 8’de (Pülümür) Elde Edilen Bulgular

Konum 8 için TDTH’den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY’den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.18’de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.18:** Konum 8 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

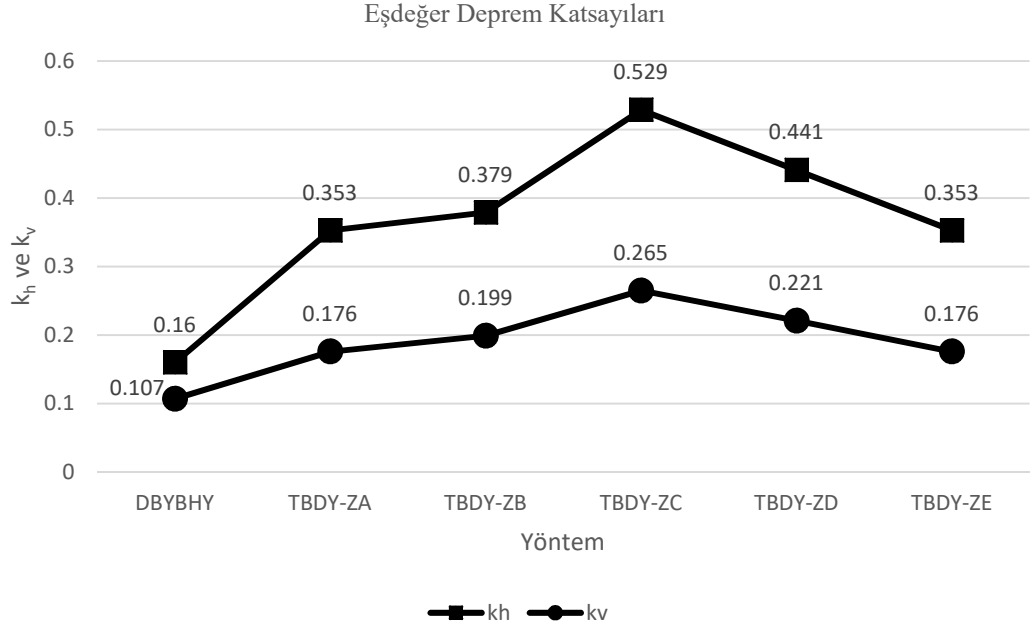
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.452	1.654	0.80	0.80	0.362	1.323
ZB	0.452	1.654	0.80	0.90	0.362	1.489
ZC	0.452	1.654	1.50	1.20	0.678	1.985
ZD	0.452	1.654	1.85	1.00	0.836	1.654
ZE	0.452	1.654	2.30	0.80	1.038	1.323

1. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 8 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.19’da verilmiştir.

**Tablo 4.19:** Konum 8 için elde edilen sonuçlar (1. derece deprem bölgesi).

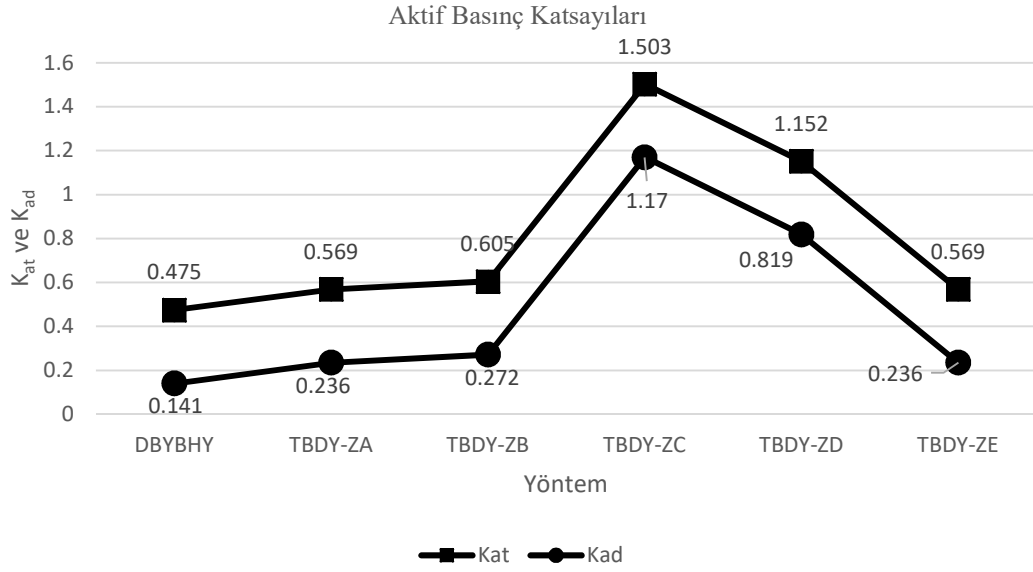
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.475	0.141	131.05	62.28
TBDY-ZA	0.353	0.176	0.569	0.236	131.05	148.31
TBDY-ZB	0.379	0.199	0.605	0.272	131.05	172.75
TBDY-ZC	0.529	0.265	1.503	0.17	131.05	340.38
TBDY-ZD	0.441	0.221	1.518	0.819	131.05	248.94
TBDY-ZE	0.353	0.176	0.569	0.236	131.05	148.31

Konum 8’e ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.24’te verilmiştir.



Şekil 4.24: Konum 8 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

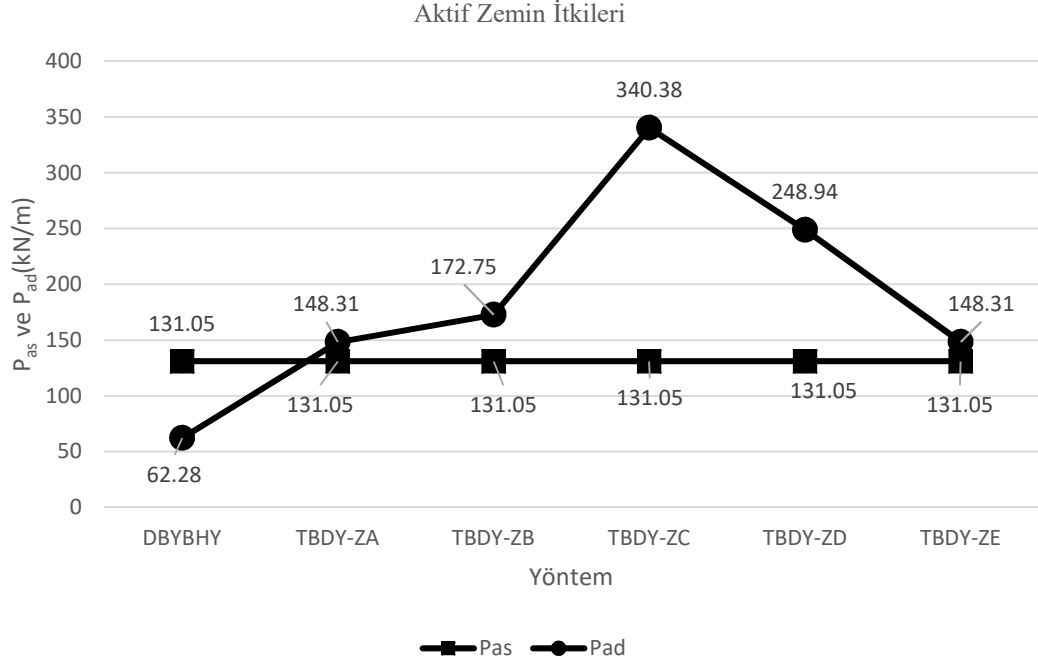
Konum 8'e ait aktif basınç katsayıları grafiği Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25: Konum 8 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 8'e ait aktif zemin basınçları grafiği şekil 4.26'da verilmiştir.





Şekil 4.26: Konum 8 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.24, 4.25 ve 4.26’da görüldüğü üzere, her zemin sınıfı için DBYBHY ile elde edilen  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, TBDY ile elde edilenlerden daha düşük çıkmıştır.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir. TBDY ile yapılan analizlerde  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{ad}$ ,  $K_{at}$  ve  $P_{ad}$  değerleri en yüksek değerini ZC zemin sınıfında almıştır (Şekil 4.27). Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansdığı unutulmamalıdır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZC zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 3.31 katı,  $k_v$  değeri 2.248 katı,  $K_{at}$  değeri 3.16 katı,  $K_{ad}$  değeri 8.3 katı,  $P_{ad}$  değeri 5.46 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremlilikte hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri  $P_{ad}$ , statik zemin itkisi  $P_{as}$ ’den yüksek çıkmıştır. TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen

$P_{ad}$  değeri, statik basınç değeri  $P_{as}$ 'nin 1.32 katı, ZC zemin sınıfında elde edilen 2.6 katı, ZD zemin sınıfında elde edilen 1.9 katı, ZE ve ZA zemin sınıflarında elde edilenler 1.13 katı büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin %47'si büyüklüktedir.

#### 4.1.9 Konum 9'da (Karayazı) Elde Edilen Bulgular

Konum 9 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.20'de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.20:** Konum 9 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

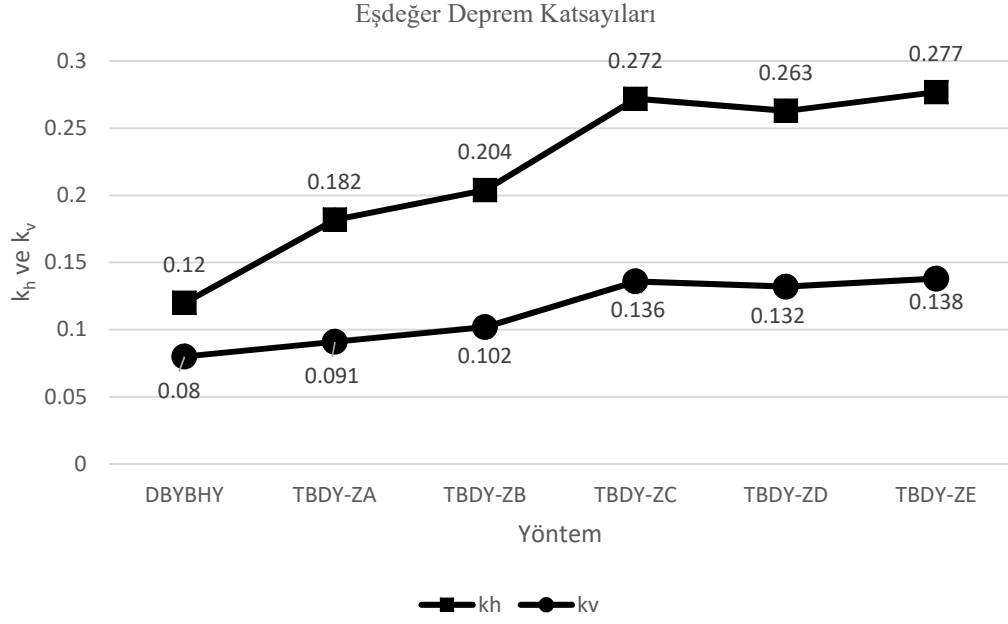
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.243	0.851	0.80	0.80	0.194	0.681
ZB	0.243	0.851	0.80	0.90	0.194	0.766
ZC	0.243	0.851	1.50	1.20	0.364	1.021
ZD	0.243	0.851	2.12	1.16	0.514	0.987
ZE	0.243	0.851	3.09	1.22	0.750	1.038

2. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 9 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.21'de verilmiştir.

**Tablo 4.21:** Konum 9 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).

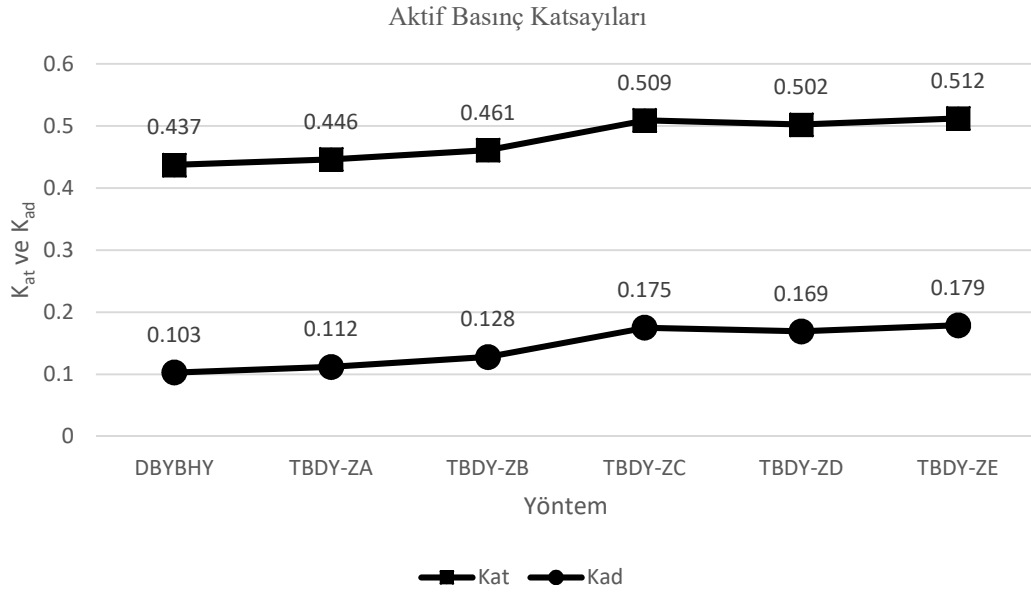
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.437	0.103	131.05	45.57
TBDY-ZA	0.182	0.091	0.446	0.112	131.05	67.43
TBDY-ZB	0.204	0.102	0.461	0.128	131.05	77.06
TBDY-ZC	0.272	0.136	0.509	0.175	131.05	107.81
TBDY-ZD	0.263	0.132	0.502	0.169	131.05	103.54
TBDY-ZE	0.277	0.138	0.512	0.179	131.05	109.97

Konum 9'a ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.27'de verilmiştir.



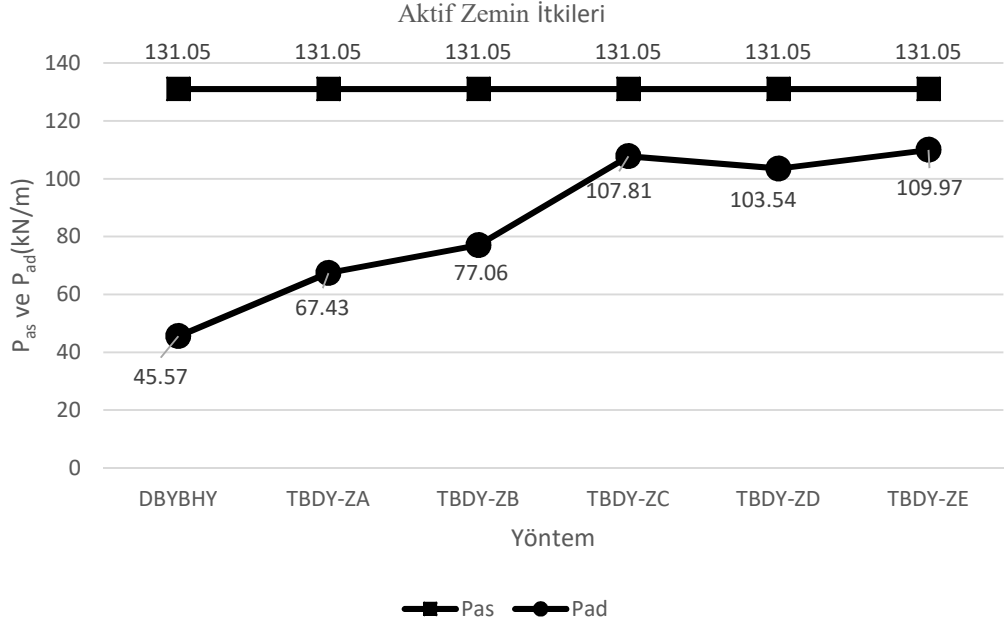
Şekil 4.27: Konum 9 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 9'a ait aktif basınç katsayıları grafiği Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28: Konum 9 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 9'a ait aktif zemin basınçları grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir.



**Şekil 4.29:** Konum 9 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.28, 4.29 ve 4.30’da görüldüğü üzere, TBDY ile elde edilecek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden her zemin sınıfı için daha yüksektir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

En yüksek değerler, TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenli değildir. ZC zemin sınıfında elde edilen değerler, ZD zemin sınıfında elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansdığı unutulmamalıdır.

TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE’ye doğru gidildikçe, ZC zemin sınıfından sonra  $P_{ad}$  değerleri birbirine nispeten yakındır. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri ZE zemin sınıfında elde edilen değer %96’sı büyüklüktedir.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.31 katı,  $k_v$  değeri 1.72 katı,  $K_{at}$  değeri 1.17 katı,  $K_{ad}$  değeri 1.74 katı,  $P_{ad}$  değeri 2.41 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremli durumda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerinin %84'ü büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin %35'i büyüklüktedir.

#### 4.1.10 Konum 10'da (Doğubayazıt) Elde Edilen Bulgular

Konum 10 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.22'de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.22:** Konum 10 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

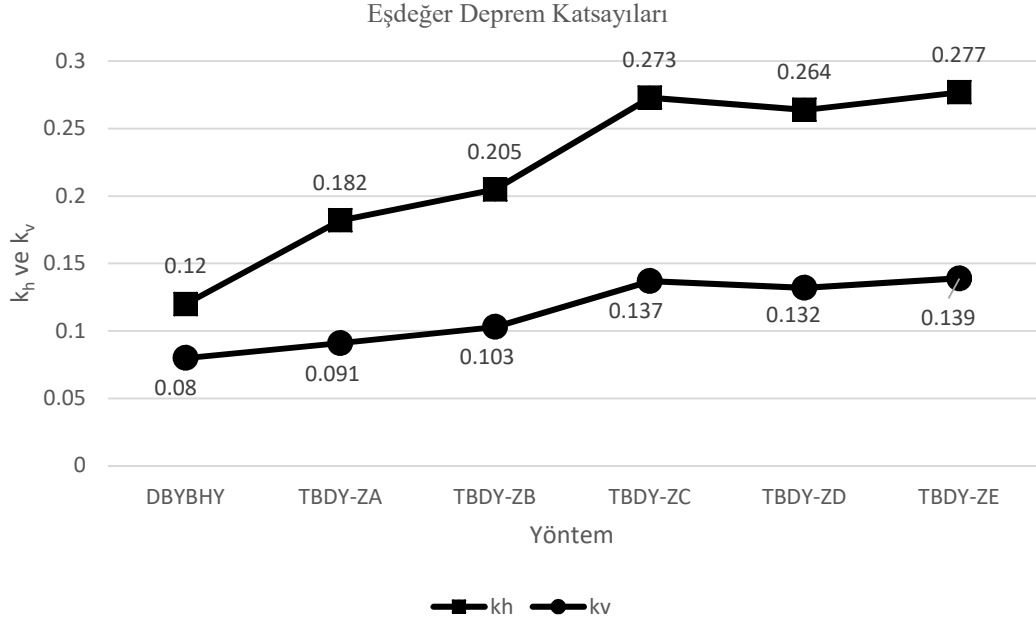
	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.205	0.854	0.80	0.80	0.164	0.683
ZB	0.205	0.854	0.80	0.90	0.164	0.769
ZC	0.205	0.854	1.50	1.20	0.308	1.025
ZD	0.205	0.854	2.19	1.16	0.449	0.989
ZE	0.205	0.854	3.27	1.22	0.671	1.039

2. derece deprem bölgesinde bulunan konum 10 için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.23'te verilmiştir.

**Tablo 4.23:** Konum 10 için elde edilen sonuçlar (2. derece deprem bölgesi).

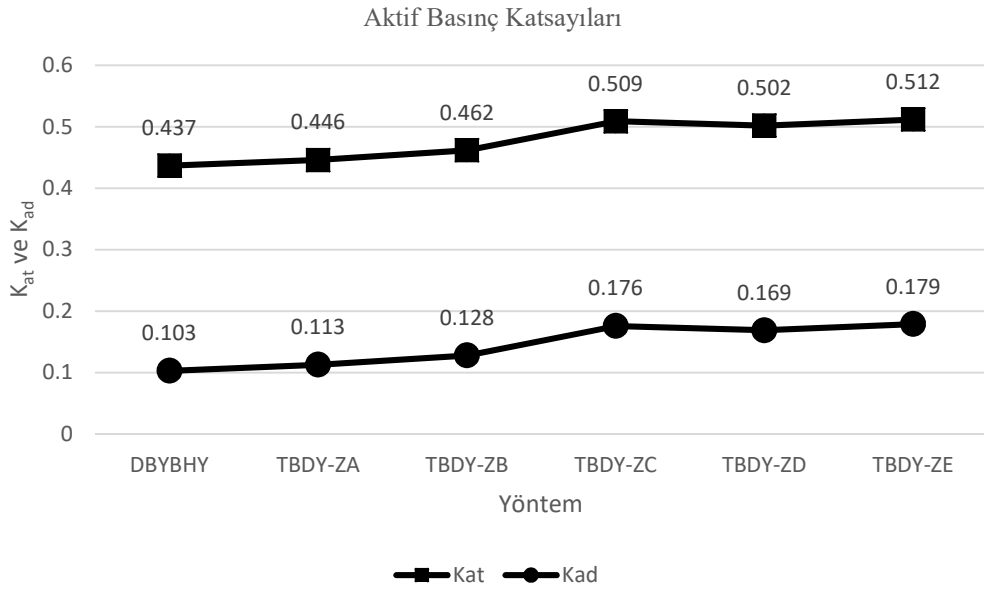
Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.437	0.103	131.05	45.57
TBDY-ZA	0.182	0.091	0.446	0.113	131.05	67.65
TBDY-ZB	0.205	0.103	0.462	0.128	131.05	77.4
TBDY-ZC	0.273	0.137	0.509	0.176	131.05	108.32
TBDY-ZD	0.264	0.132	0.502	0.169	131.05	103.79
TBDY-ZE	0.277	0.139	0.512	0.179	131.05	110.09

Konum 10'a ait eşdeğer deprem katsayılarına ait grafik Şekil 4.30'da verilmiştir.



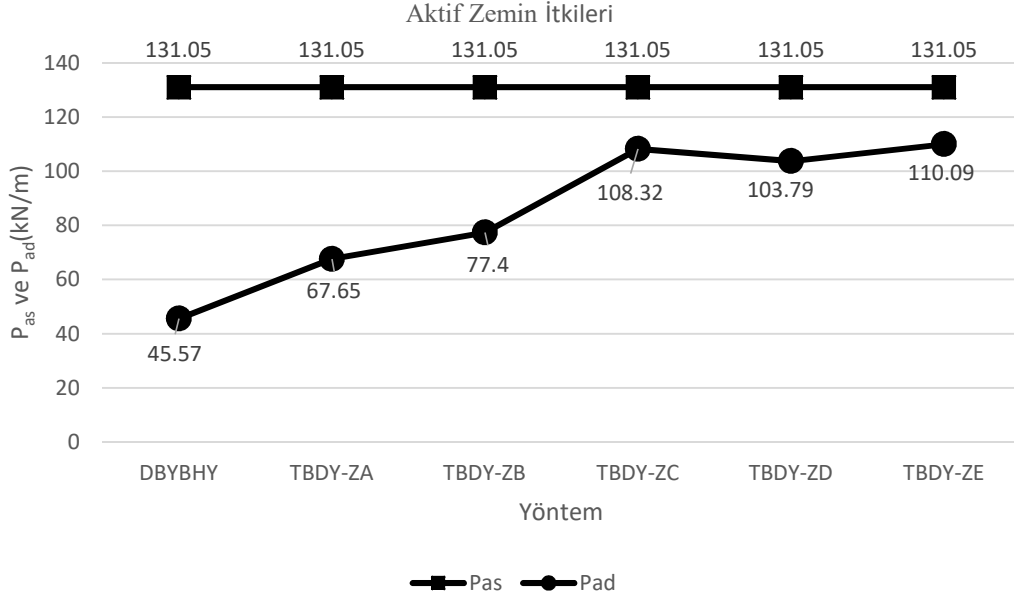
Şekil 4.30: Konum 10 için elde edilen eşdeğer deprem katsayısı ( $k_h$  ve  $k_v$ ) değerleri.

Konum 10'a ait aktif basınç katsayıları grafiği Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31: Konum 10 için elde edilen aktif basınç katsayısı ( $K_{at}$  ve  $K_{ad}$ ) değerleri.

Konum 10'a ait aktif zemin basınçları grafiği Şekil 4.32'de verilmiştir.



**Şekil 4.32:** Konum 10 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.31, 4.32 ve 4.33'te görüldüğü üzere, TBDY ile elde edilecek  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenden her zemin sınıfı için daha yüksektir.

$S_{DS}$  değerinin artışı ile  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$ ,  $K_{ad}$  ve  $P_{ad}$  değerlerinin artışı süreklidir.

En yüksek değerler, TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru elde edilen değerlerin artışı düzenli değildir. ZC zemin sınıfında elde edilen değerler, ZD zemin sınıfında elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

DBYBHY ile elde edilen sonuçlar ile ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen sonuçlar arasındaki fark çok büyüktür. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen  $k_h$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.31 katı,  $k_v$  değeri 1.74 katı,  $K_{at}$  değeri 1.17 katı,  $K_{ad}$  değeri 1.74 katı,  $P_{ad}$  değeri 2.42 katı büyüklüktedir.

TBDY ile ZA zemin sınıfından ZE'ye doğru gidildikçe, ZC zemin sınıfından sonra  $P_{ad}$  değerleri birbirine nispeten yakındır. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri ZE zemin sınıfında elde edilen değer %94'ü büyüklüktedir.

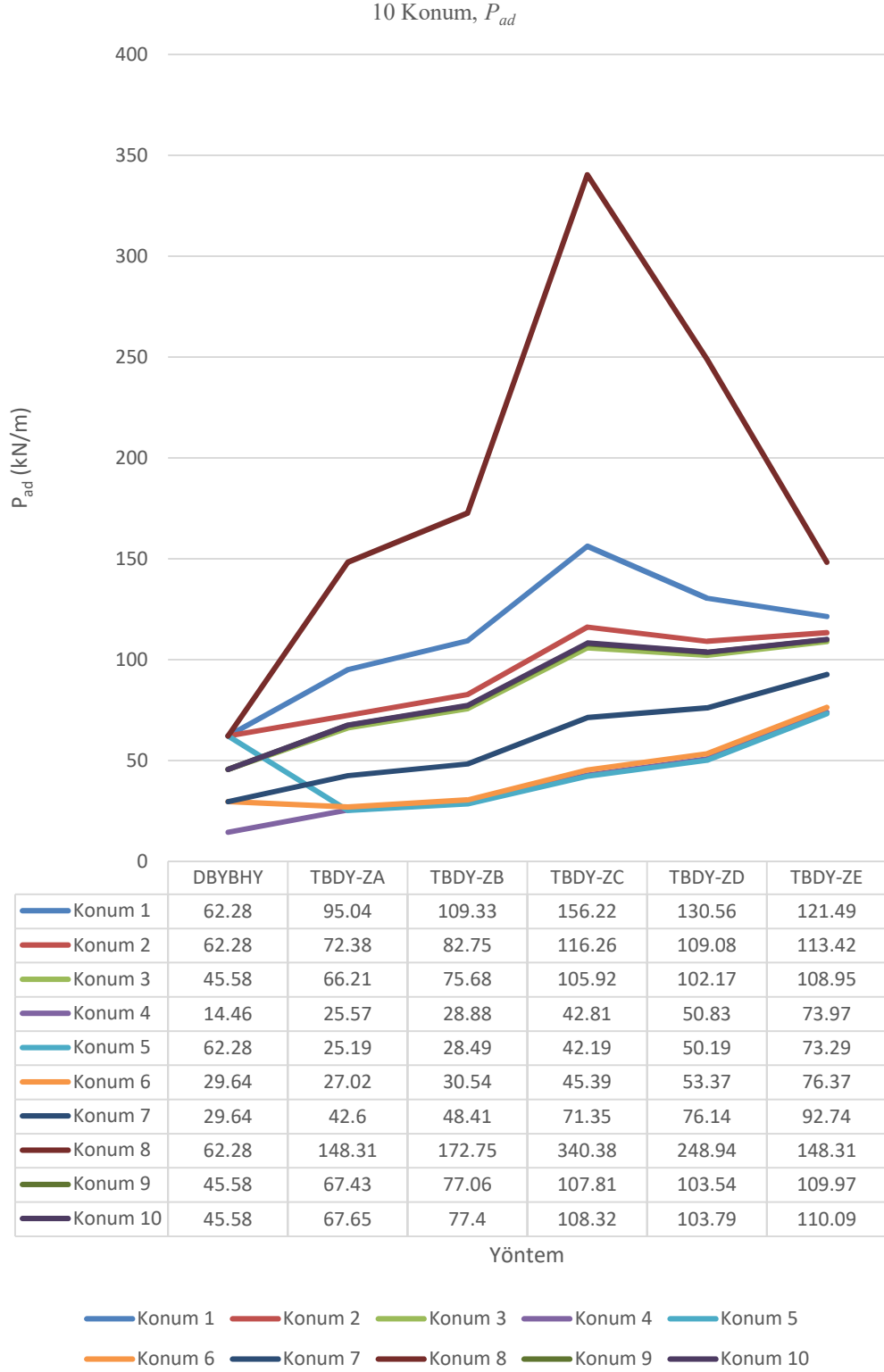
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. ZE zemin sınıfında TBDY ile elde edilen, depremler durumunda hesaplara ek yük olarak girecek olan dinamik itki değeri, statik zemin itkisi

$P_{as}$  değerinin %84'ü büyüklüktedir. En düşük  $P_{ad}$  değeri (DBYBHY)  $P_{as}$  değerinin %35'i büyüklüktedir.



#### 4.1.11 Diğer Bulgular

Şekil 4.33'te 10 konuma ait dinamik zemin itkisi değerleri verilmiştir.



Şekil 4.33: Tüm konumlar için dinamik aktif zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri.

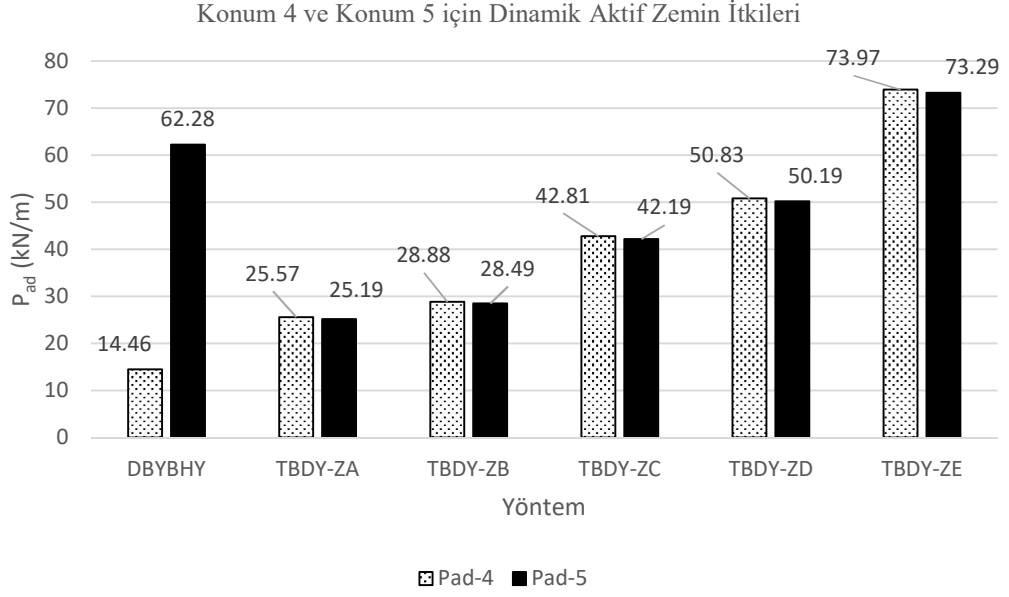
Şekil 4.33'te görüldüğü üzere konum 4, 5 ve 6'da TBDY ile elde edilen değerler çok yakındır. Oysaki TDBH'de Konum 4, 4. derece; Konum 5, 1. derece; Konum 6, 3. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır.

Konum 5'te, 1. derece deprem bölgesinde olmasına rağmen, TBDY ile her zemin sınıfında yapılan analizlerde diğer tüm konumlardan daha düşük  $P_{ad}$  değeri elde edilmiştir.

Deprem bölgesi olarak (TDBH) 1. dereceden 4. dereceye doğru gidildikçe TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri arasındaki belirgin farklılıklar azalmıştır. 1. derece deprem bölgesi haricinde diğer deprem bölgelerinde, TBDY ile en yüksek  $P_{ad}$  değeri ZE zemin sınıfında elde edilmiştir.

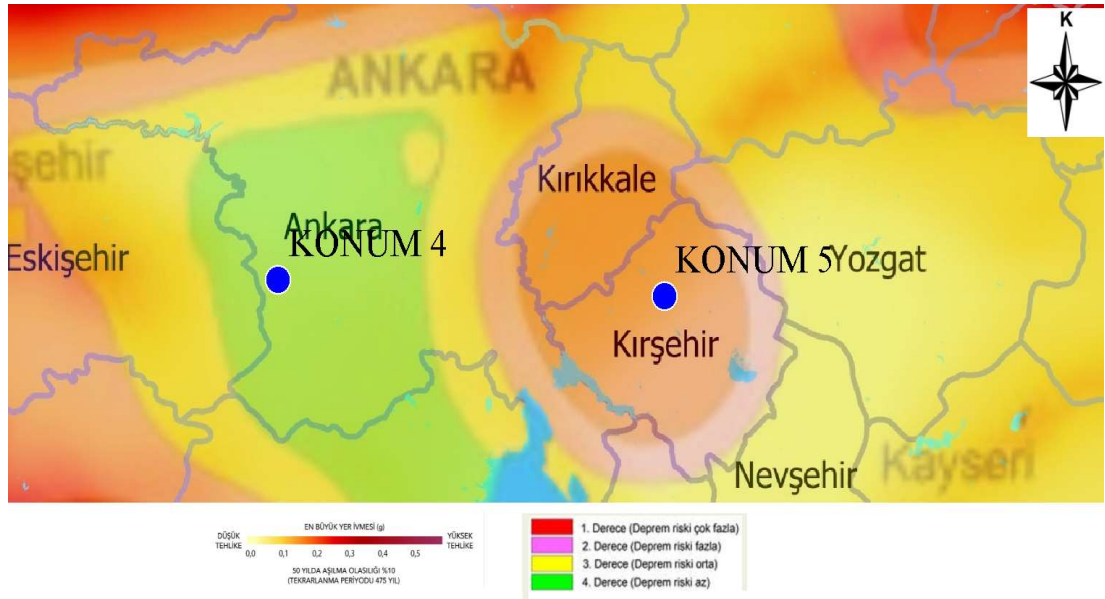
TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında yapılan analizler arasında oluşan büyük farklılıklar, tek zemin modelinde aynı içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile analiz yapılmasından kaynaklanmaktadır. Tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmasının hesaplara yansıdığı unutulmamalıdır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Konum 4 (Polatlı) ve konum 5 (Akpınar) konumlarında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin karşılaştırması Şekil 4.34'te verilmiştir.

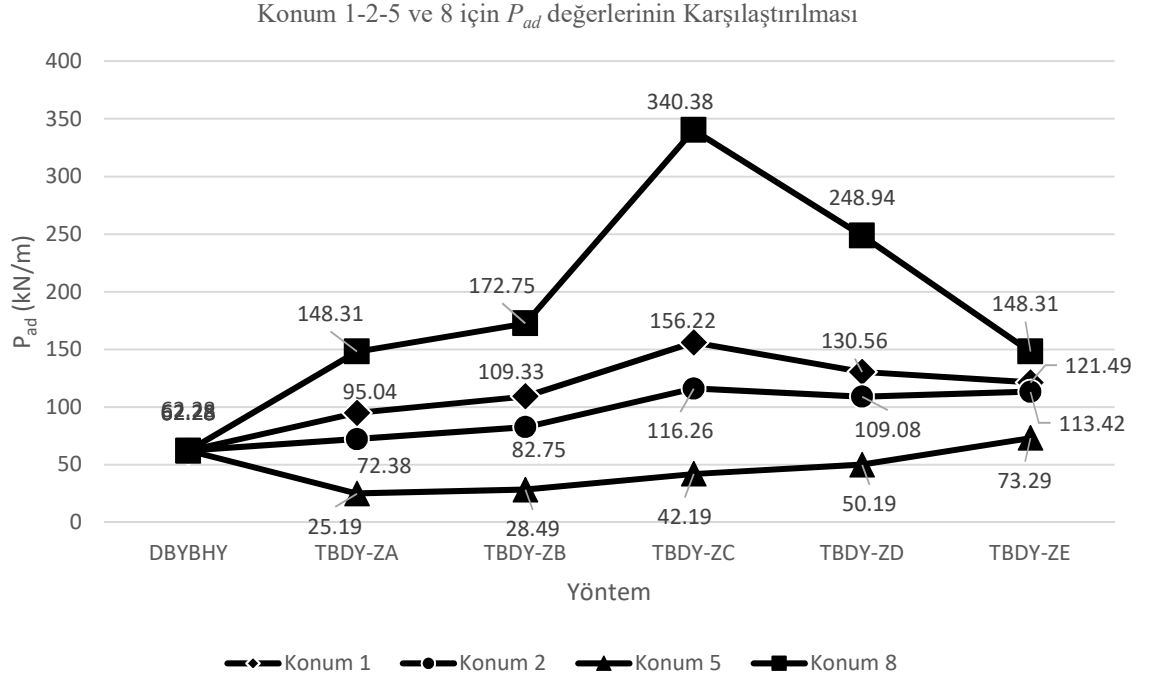


Şekil 4.34: Konum 4 ve 5 için elde edilen dinamik aktif zemin itkisi ( $P_{ad}$ ) değerleri.

Konum 4 ve 5, TDTH’de yaklaşık aynı deprem tehlikesinde olmasına rağmen, konum 4, 4. derece deprem bölgesinde iken, konum 5, 1.derece deprem bölgesinde bulunmaktadır.  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırıldığında TBDY ile 5 zemin sınıfı ile elde edilen değerler birbirine çok yakın olmasına rağmen, DBYBHY ile elde edilen değerler arasında %330’luk fark bulunmaktadır. Bu durum TDBH’ye göre deprem bölgelerinin farklılığından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.35).



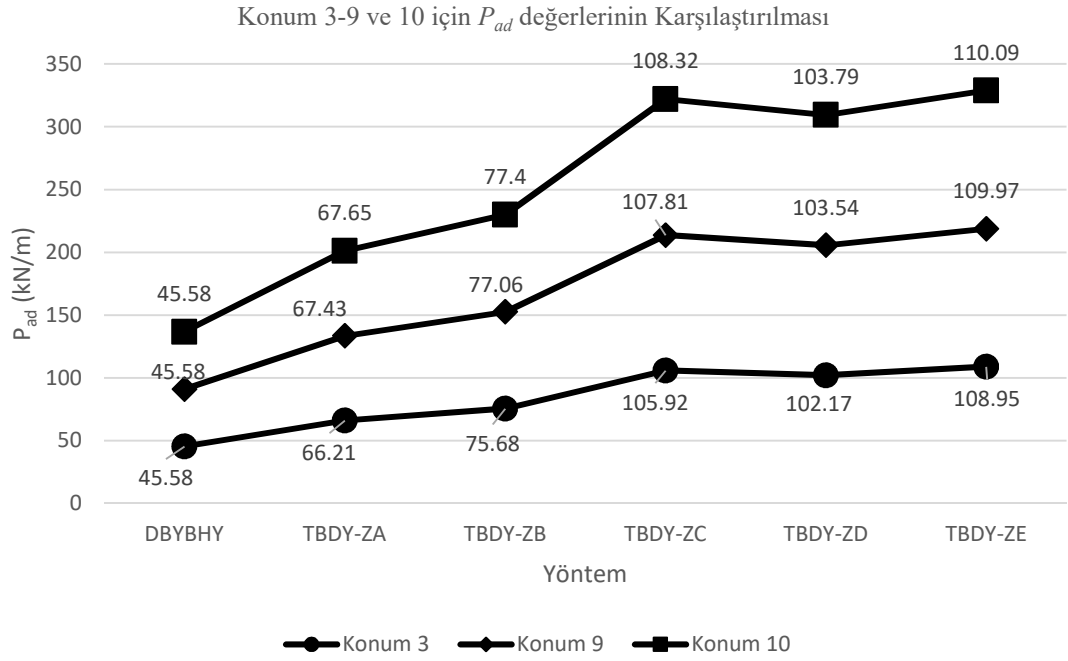
Şekil 4.35: TDBH’ye göre deprem bölgelerinin TDTH’de gösterildiği haritada Konum 4 ve Konum 5.



**Şekil 4.36:** 1. derece deprem bölgesinde bulunan konum 1-2-5-8'e ait  $P_{ad}$  değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 4.36'da görüldüğü üzere TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde bulunan 1, 2, 5 ve 8 konumlarına ait  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırıldığında, DBYBHY ile alınan sonuçlar ile TBDY ile alınan sonuçlar birbirinden oldukça farklıdır. Konum 1 ve 8'de en düşük  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile elde edilmiştir. Konum 5'te en düşük değer, TBDY ile ZA zemin sınıfı için elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinde bulunan konum 1, 2 5 ve 8'de DBYBHY ile yapılan hesapta aynı  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir. Ancak TBDY ile zemin sınıflarına göre alınan sonuçlar karşılaştırıldığında aradaki fark oldukça yüksektir. TBDY ile ZC zemin sınıfı için yapılan hesapta konum 8 için elde edilen değer konum 5 için elde edilen değerın 8.07 katı büyüklüktedir. Bu durumun deprem tehlike haritasının değişmesinden ve tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği unutulmamalıdır. (bkz. Şekil 4.35).

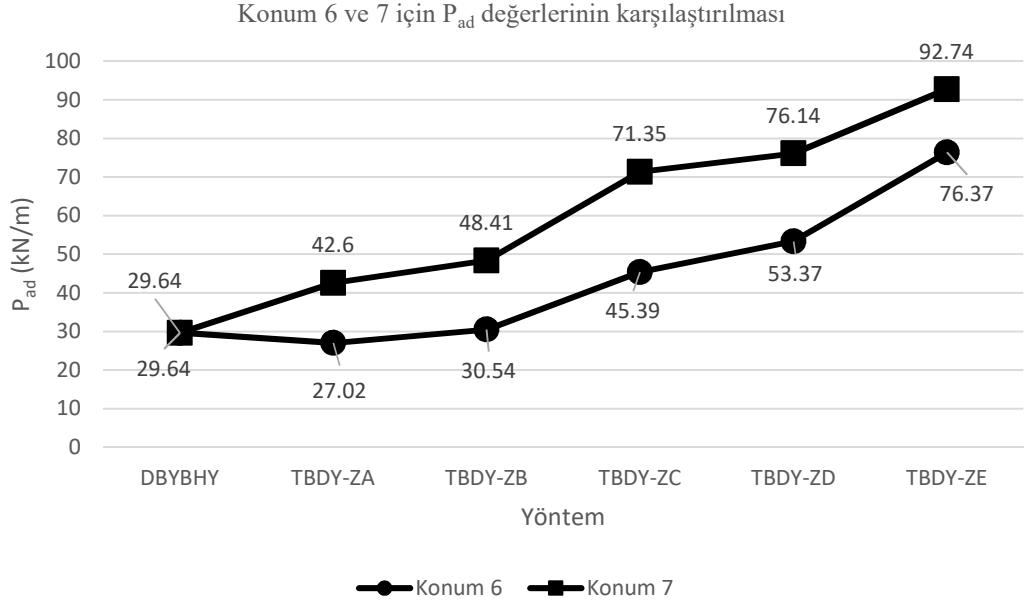


**Şekil 4.37:** 2. derece deprem bölgesinde olan konum 3-9-10'a ait  $P_{ad}$  değerlerinin karşılaştırılması (yığılmış çizgi grafiği).

Şekil 4.37'de görüldüğü üzere 2. derece deprem bölgesinde bulunan konum 3, 9 ve 10'a ait  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırıldığında, DBYBHY ile alınan sonuçlar ile TBDY ile alınan sonuçlar birbirinden oldukça farklıdır. Her 3 Konum için de en düşük  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile, en yüksek  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilmiştir. konum 3, 9 ve 10'a ait  $P_{ad}$  grafiklerine genel olarak bakıldığında, dağılımlar birbirine oldukça yakındır, belirgin bir fark bulunmamaktadır.

2. derece deprem bölgesinde bulunan konum 3, 9 ve 10'da DBYBHY yapılan hesapta aynı  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. deprem bölgesindeki konum 1,2, 5 ve 8'de elde edilen sonuçların aksine TBDY ile zemin sınıflarına göre alınan sonuçlar karşılaştırıldığında, büyük bir fark görülmemiştir. konumlar arasında ZA zemin sınıfında %2.2, ZB zemin sınıfında %2.3, ZC zemin sınıfında %2.3, ZD zemin sınıfında %1.6, ZE zemin sınıfında %1 fark bulunmaktadır.



**Şekil 4.38:** 3. derece deprem bölgesinde olan konum 6 ve 7'ye ait  $P_{ad}$  değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 4.38'de görüldüğü üzere 3. derece deprem bölgesinde bulunan 6 ve 7 konumlarına ait  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırıldığında, DBYBHY ile alınan sonuçlar ile TBDY ile alınan sonuçlar birbirinden oldukça farklıdır. Her 2 konum için de en yüksek  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilmiştir. En düşük  $P_{ad}$  değeri konum 6'da TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilmiştir.

3. derece deprem bölgesinde bulunan konum 6 ve 7'de DBYBHY yapılan hesapta aynı  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

ZA zemin sınıfında konum 6 ve konum 7 arasında %58, ZB zemin sınıfında %58, ZC zemin sınıfında %57, ZD zemin sınıfında %43, ZE zemin sınıfında %21 fark bulunmaktadır.

Tablo 4.24'te görüldüğü üzere 8 konumda en düşük  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilmiştir. 2 konumda en düşük  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilmiştir.

**Tablo 4.24:** En düşük  $P_{ad}$  değerlerinin elde edildiği yöntem.

Konum	Yöntem	Konum	Yöntem
Konum 1	DBYBHY	Konum 6	TBDY-ZA
Konum 2	DBYBHY	Konum 7	DBYBHY
Konum 3	DBYBHY	Konum 8	DBYBHY
Konum 4	DBYBHY	Konum 9	DBYBHY
Konum 5	TBDY-ZA	Konum 10	DBYBHY

Tablo 4.25'te görüldüğü üzere, 7 konumda en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfında, 3 konumda ZC zemin sınıfında elde edilmiştir.

**Tablo 4.25:** En yüksek  $P_{ad}$  değerlerinin elde edildiği yöntem.

Konum	Yöntem	Konum	Yöntem
Konum 1	TBDY-ZC	Konum 6	TBDY-ZE
Konum 2	TBDY-ZC	Konum 7	TBDY-ZE
Konum 3	TBDY-ZE	Konum 8	TBDY-ZC
Konum 4	TBDY-ZE	Konum 9	TBDY-ZE
Konum 5	TBDY-ZE	Konum 10	TBDY-ZE

Sayısal Uygulama 1'de DBYBHY ve TBDY ile elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerleri

Tablo 4.26'da verilmiştir.

**Tablo 4.26:** Sayısal Uygulama 1'de elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerlerinin çizelgesi.

Yöntem	Konum1	Konum2	Konum3	Konum4	Konum5	Konum6	Konum7	Konum8	Konum9	Konum10
DBYBHY	62.28	62.28	45.58	14.46	62.28	29.64	29.64	62.28	45.58	45.58
TBDY-ZA	95.04	72.38	66.21	25.57	25.19	27.02	42.6	148.31	67.43	67.65
TBDY-ZB	109.33	82.75	75.68	28.88	28.49	30.54	48.41	172.75	77.06	77.4
TBDY-ZC	156.22	116.26	105.92	42.81	42.19	45.39	71.35	340.38	107.81	108.32
TBDY-ZD	130.56	109.08	102.17	50.83	50.19	53.37	76.14	248.94	103.54	103.79
TBDY-ZE	121.49	113.42	108.95	73.97	73.29	76.37	92.74	148.31	109.97	110.09

Deprem tehlike haritasına (TDTH) göre hesaplanmış 10 konuma ait  $S_{DS}$  değerleri Tablo 4.27'de verilmiştir.

**Tablo 4.27:** Yerel zemin sınıflarına göre TDTH'den alınan  $S_{DS}$  değerleri.

Konum	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Konum 1	0.918	1.033	1.378	1.195	1.127
Konum 2	0.725	0.815	1.087	1.031	1.065
Konum 3	0.670	0.754	1.006	0.976	1.030
Konum 4	0.278	0.312	0.451	0.528	0.739
Konum 5	0.274	0.308	0.445	0.522	0.733
Konum 6	0.293	0.329	0.476	0.552	0.760
Konum 7	0.449	0.505	0.716	0.758	0.899
Konum 8	1.323	1.489	1.985	1.654	1.323
Konum 9	0.681	0.766	1.021	0.987	1.038
Konum 10	0.683	0.769	1.025	0.989	1.039

Sayısal Uygulama 1'de elde edilen sonuçlar genel olarak irdelendiğinde, 8 konumda en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir (bkz. Tablo 4.24). 1. derece deprem bölgesinde olan konum 1, 2, 5 ve 8'de en düşük  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile elde edilmişken, konum 5'te TBDY ile ZA, ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile elde edilen değere ulaşamamıştır (bkz. Şekil 4.36). Bu konumda DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, TBDY ile ZA yerel zemin sınıfı için elde edilen değerın 2.47 katı büyüklükte elde edilmiştir.

TBDY ile elde edilen dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenlerden çok daha büyük olabilmektedir. TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan bir konumda TBDY ile ZC yerel zemin sınıfında, DBYBHY ile elde edilenin 5.47 katı büyüklüğünde  $P_{ad}$  değeri elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.26).

TBDY ile elde edilen ek deprem kuvvetleri  $P_{ad}$ , genel olarak göz ardı edilemeyecek seviyelerdedir. Çoğunlukla  $P_{as}$  değerine yaklaşan  $P_{ad}$  değerleri, özellikle TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan konumlarda,  $P_{as}$  değerinden fazla olabilmektedir (bkz. Şekil 4.5, 4.26).

Konum 5'te TBDY ile elde edilen 5  $P_{ad}$  değerinin de  $P_{as}$  değerinden yüksek elde edildiği görülmüştür (bkz. Şekil 4.26).



DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri de  $P_{as}$  değerlerine göre göz ardı edilemeyecek büyüklüklerde elde edilmiştir. Ancak DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, genel olarak 4. derece deprem bölgesinde bulunan Konumlarda,  $P_{as}$  değerine göre önemsiz seviyelerde kalmıştır. 4. dereceden deprem bölgesinde olan konum 4 (Polatlı) konumunda, TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerinin  $P_{as}$  değerine göre nispeten önemsiz kaldığı da görülmüştür. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 0.11'i büyüklüktedir (bkz. Şekil 4.14).

TDBH'ye göre 2., 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde bulunan konumlarda, TBDY ile aynı zemin sınıfı için yapılan analizlerde, tek deprem bölgesi içinde belirgin farklar elde edilememiştir (bkz. Şekil 4.37, 4.38).

TBDY ile yapılan analizlerde, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru, elde edilen  $P_{ad}$  değerleri sürekli olarak artış göstermemiştir (bkz. Şekil 4.5, 4.8, 4.26). Bu durumun tek zemin modeliyle 5 yerel zemin sınıfında analiz yapılmasından kaynaklandığı unutulmamalıdır.

$P_{ad}$  değerlerinin ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru düzenli artış gösterdiği konular genellikle TDBH'ye göre 2., 3. ve 4.derece deprem bölgesinde bulunan konumlardır (bkz. Şekil 4.37 ve 4.38).

2. derece deprem bölgesinde olan konum 3 (Kütahya Merkez) konumunda, ZC zemin sınıfında ZD zemin sınıfından daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.37).

TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde bulunan konum 5 ve 8 konumlarında, DBYBHY ile tek  $P_{ad}$  değeri elde edilirken, TBDY ile ZC yerel zemin sınıfı için %707'lik fark elde edilmiştir (bkz. Tablo 4.26).

Deprem tehlike haritasının değişmesi bazı konumlarda deprem tehlikesinin oldukça değişmesine sebep olmuştur. Ülkemizin orta kısmında, Kırşehir'in tamamına yakınının, Kırıkkale'nin yarısından fazla kısmının içinde bulunduğu TDBH'ye göre 1. ve 2. derece deprem bölgesi alanında, yeni deprem tehlike haritasında oldukça düşük deprem ivmeleri verilmiştir. Konum 4 ve 5 konumlarında TBDY ile yaklaşık aynı seviyelerde  $P_{ad}$  değerleri elde edilirken, eski yönetmelikle elde edilen sonuçlar arasında %330'luk fark oluşmuştur (bkz. Şekil 4.34).

Konum 4, 5 ve 6 önceki deprem haritasına göre farklı derece deprem bölgelerinde iken TBDY ile yaklaşık aynı seviyelerde  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.39).

TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında yapılan analizler arasında oluşan büyük farklılıklar, tek zemin modelinde aynı içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile analiz yapılmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmıştır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Gerçek zemin numunelerine ait zemin parametreleri ile yapılacak hesaplarda aynı sonuçların elde edilmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

## 4.2 Sayısal Uygulama 2

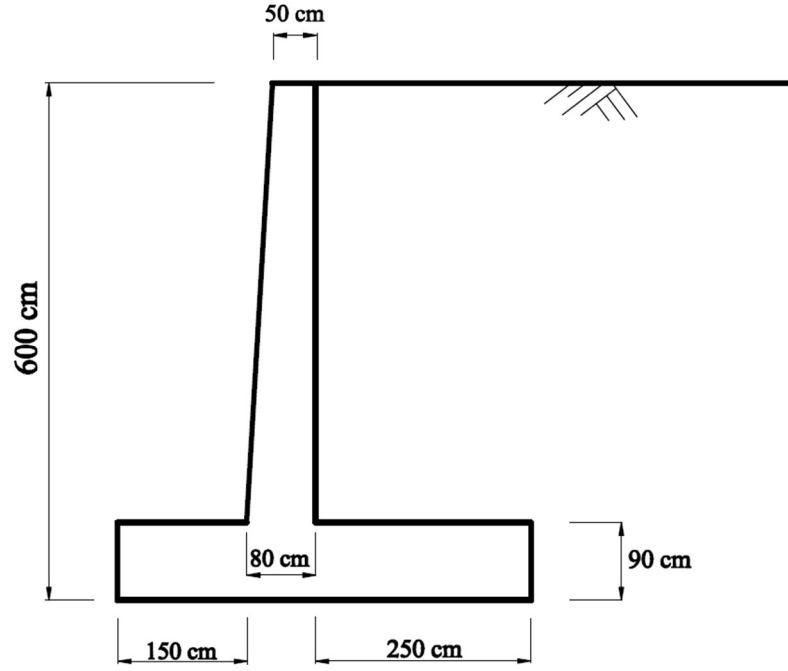
İstinat duvarı arkasındaki dolgu zemini ve dolgunun zemin parametreleri doğacak olan aktif zemin itkisin belirlenmesinde önemli bir faktördür (Yıldız 2015).

Bu uygulamada, TBDY'nin ve TDTH'nin istinat yapıları hesaplarında nasıl değişikliklere yol açacağı incelenirken, farklı duvar arkası zemin durumları değişken olarak alınmıştır. Ayrıca analizler 4 farklı deprem bölgesine ait 4 konum için yapılmıştır. Karşılaştırmalarda kullanılacak 5 farklı zemin durumuna ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri Tablo 4.28'de verilmiştir.

**Tablo 4.28:** Karşılaştırmada kullanılacak zeminler.

ZEMİN	$\phi$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$(V_s)_{30}$ [m/s]	Zemin Cinsi
Zemin 1	45°	0	1500	Sağlam Kaya
Zemin 2	35°	0	1150	Orta Sağlam Kaya
Zemin 3	30°	70	600	Katı Kil - Sıkı Kum-Çakıl
Zemin 4	23°	40	350	Katı Kil - Orta Sıkı Kum
Zemin 5	16°	25	175	Yumuşak Katı Kil - Gevşek Kum

Şekil 4.39’da görülen 6 metre yüksekliğindeki konsol duvar modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.39: Konsol duvar modeli.

Karşılaştırmada kullanılacak konumlar Tablo 4.29’da verilmiştir.

**Tablo 4.29:** Karşılaştırmada kullanılacak konumların koordinatları (WGS84/Coğrafik (Long/Lat)).

Konum	(Enlem) Y	(Boylam) X	Deprem Bölgesi
Konum 1 (Kemah)	39.63° K	39.15° D	1.
Konum 2 (Karahallı)	38.39° K	29.53° D	2.
Konum 3 (Alaca)	40.10° K	34.67° D	3.
Konum 4 (Silifke)	36.43° K	33.98° D	4.

Karşılaştırmada kullanılan 4 farklı deprem bölgesinde bulunan 4 konumun haritada gösterimleri Şekil 4.40’ta verilmiştir.



**Şekil 4.40:** Konumların haritada gösterimleri.

Duvar zeminine ve duvara ait diğer özellikler Tablo 4.30’da verilmiştir.

**Tablo 4.30:** Zemine ve duvara ait diğer özellikler.

$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_d$	21 kN/m <sup>3</sup>
$\alpha$	0°
$r$	1.5
$\beta$	0°

Bu uygulamada gerçek zemin durumlarını yansıtmak açısından kayma mukavemeti parametreleri farklı olan 5 farklı zemin kullanılmıştır. Her zeminin cinsine göre uygun olabilecek ikişer yerel zemin sınıfında analizleri yapıp elde edilen  $P_{ad}$  değerleri karşılaştırılmıştır. Yerel zemin sınıfının doğru belirlenmesinin öneminin görülmesi amaçlanmıştır.

Konum 1 için TDTH’den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY’den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{D1}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.31’de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.31:** Konum 1 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.25	0.75	0.8	0.8	0.2	0.6
ZB	0.25	0.75	0.8	0.9	0.2	0.675
ZC	0.25	0.75	1.5	1.2	0.375	0.9
ZD	0.25	0.75	2.1	1.2	0.525	0.9
ZE	0.25	0.75	3.05	1.3	0.7625	0.975

Konum 2 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.32'de verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.32:** Konum 2 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.153	0.623	0.80	0.80	0.122	0.498
ZB	0.153	0.623	0.80	0.90	0.122	0.561
ZC	0.153	0.623	1.50	1.25	0.229	0.779
ZD	0.153	0.623	2.29	1.30	0.351	0.811
ZE	0.153	0.623	3.73	1.50	0.570	0.936

Konum 3 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.33'te verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.33:** Konum 3 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.171	0.565	0.80	0.80	0.137	0.452
ZB	0.171	0.565	0.80	0.90	0.137	0.508
ZC	0.171	0.565	1.50	1.27	0.257	0.72
ZD	0.171	0.565	2.26	1.35	0.386	0.762
ZE	0.171	0.565	3.56	1.60	0.609	0.902

Konum 4 için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.34'te verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.34:** Konum 4 için  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.08	0.316	0.80	0.80	0.064	0.253
ZB	0.08	0.316	0.80	0.90	0.064	0.284
ZC	0.08	0.316	1.50	1.30	0.120	0.411
ZD	0.08	0.316	2.40	1.55	0.192	0.489
ZE	0.08	0.316	4.20	2.22	0.336	0.700

#### 4.2.1 Zemin 1’de ( $\phi=45^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular

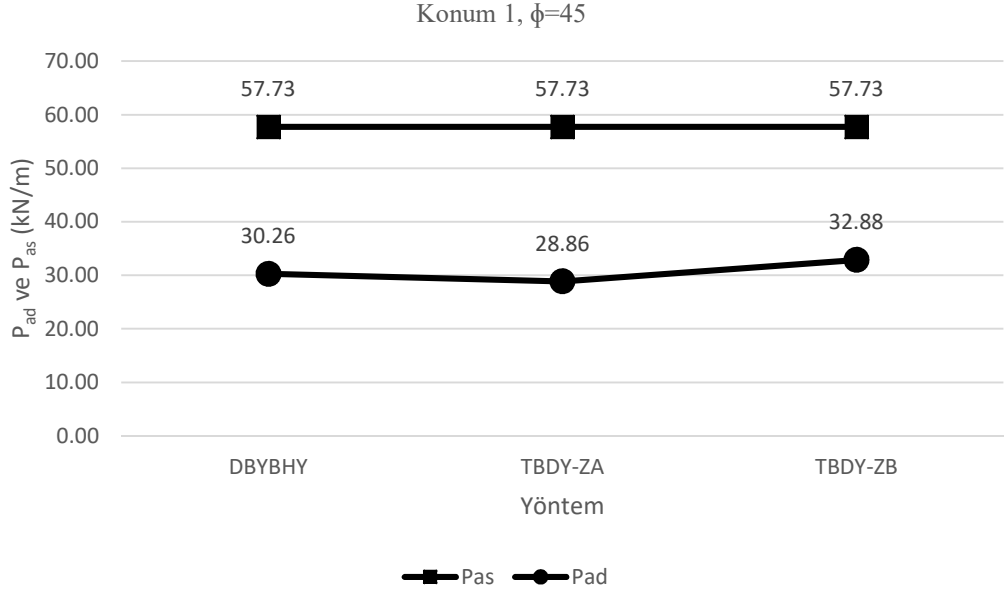
Zemin 1’e ait  $(V_s)_{30}$  kayma dalgası hızı değeri 1500 m/s (ZA ve ZB zemin sınıflarının sınır değeri) olduğu için, TBDY ile hem ZA hem ZB zemin sınıfında analiz yapılmıştır (bkz. Tablo 3.6). Analiz sonuçları Tablo 4.35’te verilmiştir.

**Tablo 4.35:** Zemin 1 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.265	0.093	57.73	30.26
TBDY-ZA	0.16	0.08	0.241	0.07	57.73	28.86
TBDY-ZB	0.18	0.09	0.251	0.079	57.73	32.88

Konum 1 için ZA zemin sınıfında elde edilen  $k_h$  değeri ile DBYBHY ile elde edilen  $k_h$  değeri aynı elde edilmiştir. Bunun sebebi ZA zemin sınıfı için TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerinin 0.600 olmasıdır.

Zemin 1 için konum 1’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.41’de verilmiştir.



**Şekil 4.41:** Konum 1’de zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.42’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilmiştir.

TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.14 katı büyüklüktedir.

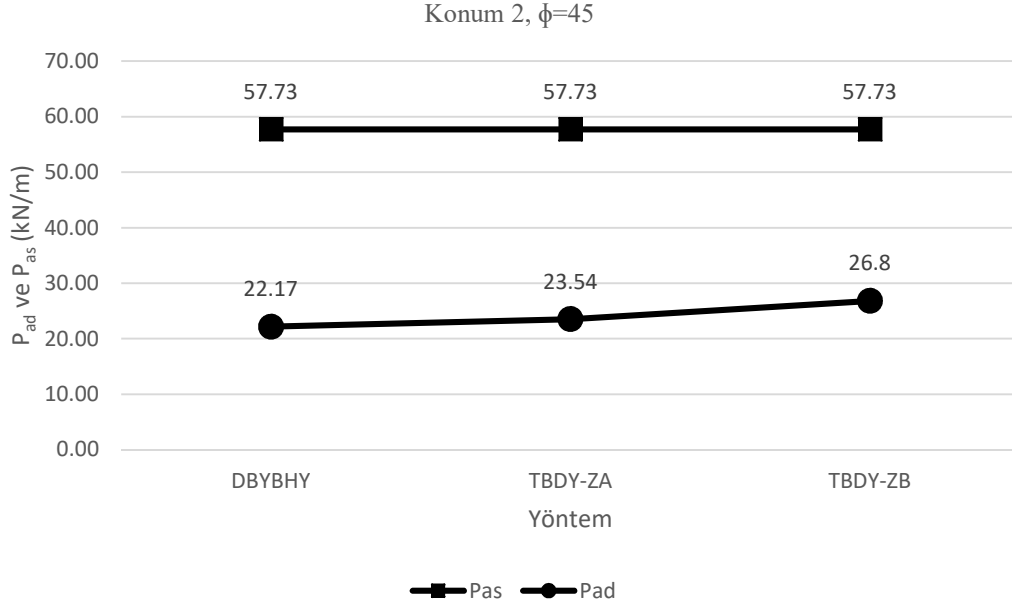
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %57’si büyüklüktedir.

Zemin 1 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar Tablo 4.36’da verilmiştir.

**Tablo 4.36:** Zemin 1 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.24	0.068	57.73	22.17
TBDY-ZA	0.133	0.066	0.229	0.057	57.73	23.54
TBDY-ZB	0.15	0.075	0.237	0.065	57.73	26.8

Zemin 1 için konum 2’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.42’de verilmiştir.



**Şekil 4.42:** Konum 2’de zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.43’te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 1.21 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.14 katıdır.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %46.4’ü büyüklüktedir.

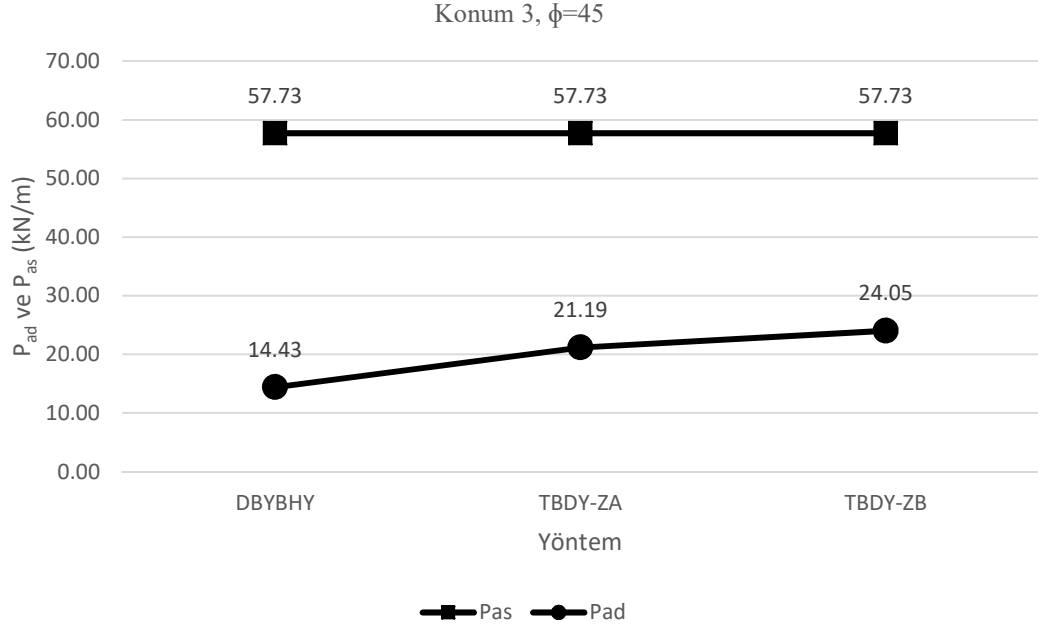
Zemin 1 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar Tablo 4.37’de verilmiştir.

**Tablo 4.37:** Zemin 1 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.216	0.045	57.73	14.43
TBDY-ZA	0.121	0.06	0.224	0.052	57.73	21.19
TBDY-ZB	0.136	0.068	0.230	0.059	57.73	24.05

Zemin 1 için Konum 3’te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.43’te verilmiştir.





**Şekil 4.43:** Konum 3'te zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.44'te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.67 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.13 katı büyüklüktedir.

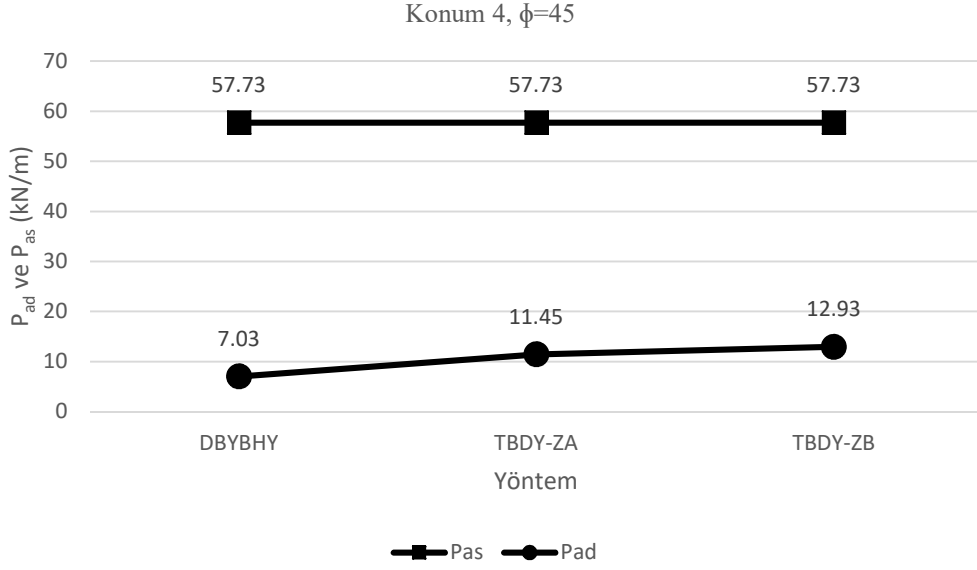
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %42'si büyüklüktedir.

Zemin 1 ile konum 4'te elde edilen sonuçlar Tablo 4.38'de verilmiştir.

**Tablo 4.38:** Zemin 1 ile konum 4'te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.193	0.022	57.73	7.03
TBDY-ZA	0.068	0.034	0.2	0.029	57.73	11.45
TBDY-ZB	0.076	0.038	0.204	0.032	57.73	12.93

Zemin 1 için konum 4'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.44'te verilmiştir.



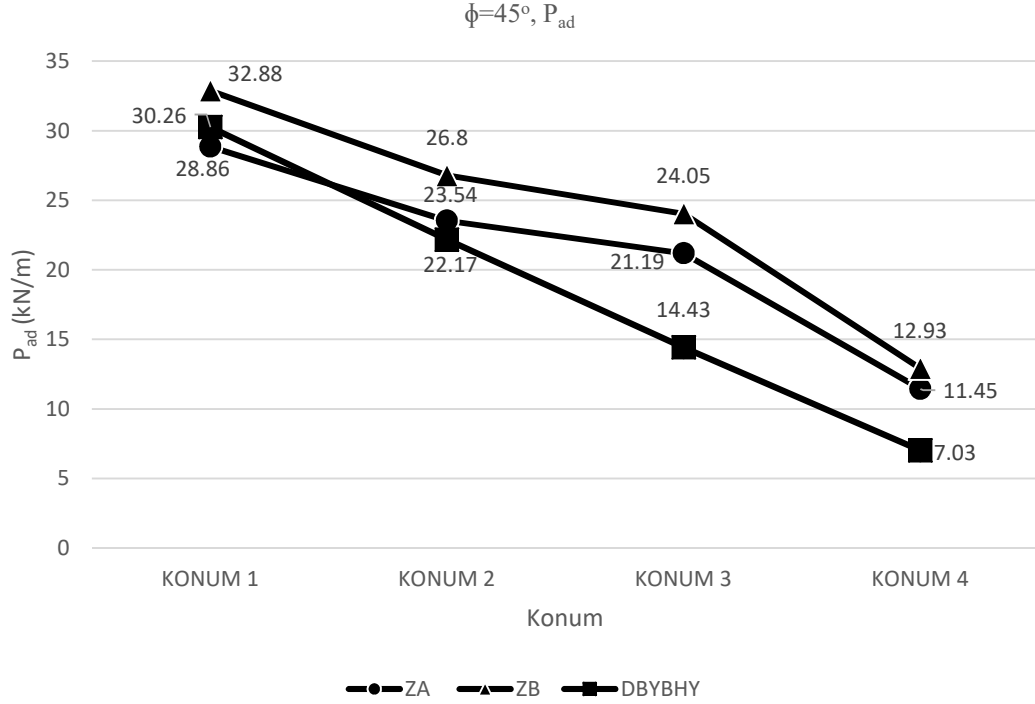
**Şekil 4.44:** Konum 4'te zemin 1 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.45'te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.84 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.13 katı büyüklüktedir.

Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %22'si büyüklüktedir.

Zemin 1 için 4 konumda DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.45'te verilmiştir.



**Şekil 4.45:** Zemin 1’de DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

Şekil 4.45’te görüldüğü üzere, sağlam kaya zeminde 1. derece deprem bölgesinde en düşük  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilirken, 4. derece deprem bölgesinde DBYBHY ile en düşük  $P_{ad}$  değeri elde edilmiştir

Zemin 1 için DBYBHY ile yapılan analizlerde deprem tehlikesinin azalmasıyla  $P_{ad}$  değerinde gerçekleşen azalma, TBDY ile yapılan analizlere göre çok daha fazladır. DBYBHY ile konum 4’te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1’de elde edilenin %23’ü büyüklüktedir. TBDY ile ZA zemin sınıfı için konum 4’te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1’de elde edilenin %40’ı büyüklüktedir. TBDY ile ZB zemin sınıfı için konum 4’te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1’de elde edilenin %39’u büyüklüktedir.

#### 4.2.2 Zemin 2’de ( $\phi=35^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular

Zemin 2’ye ait  $(V_s)_{30}$  kayma dalgası hızı değeri 1150 m/s olduğu için, TBDY ile hem ZA hem ZB zemin sınıfında analiz yapılmıştır (bkz. Tablo 4.17).

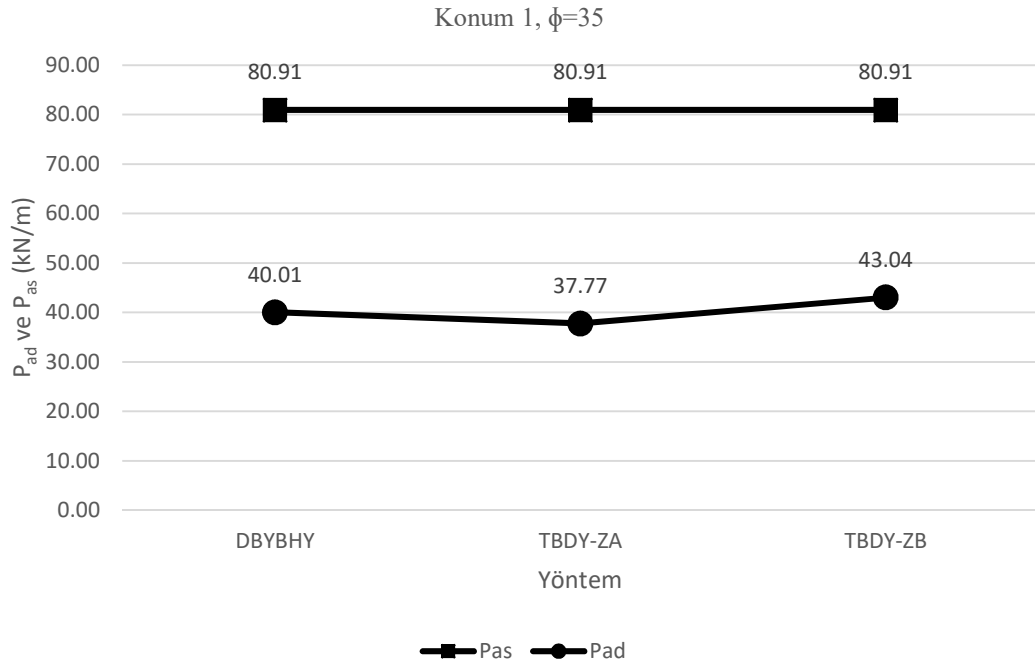
Zemin 2 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar Tablo 4.39’da verilmiştir.

**Tablo 4.39:** Zemin 2 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.394	0.123	80.91	40.01
TBDY-ZA	0.16	0.08	0.359	0.088	80.91	37.77
TBDY-ZB	0.18	0.09	0.371	0.1	80.91	43.04

Konum 1 için ZA zemin sınıfında elde edilen  $k_h$  değeri ile DBYBHY ile elde edilen  $k_h$  değeri aynı elde edilmiştir. Bunun sebebi ZA zemin sınıfı için TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerinin 0.600 olmasıdır. Aynı yatay eşdeğer deprem katsayısı değerinde TBDY ile daha düşük  $P_{ad}$  değeri elde edilmiştir.

Zemin 2 için konum 1’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.46’da verilmiştir.



**Şekil 4.46:** Konum 1’de zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.47’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilmiştir.

TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.14 katı büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilenin 1.06 katı büyüklüktedir.

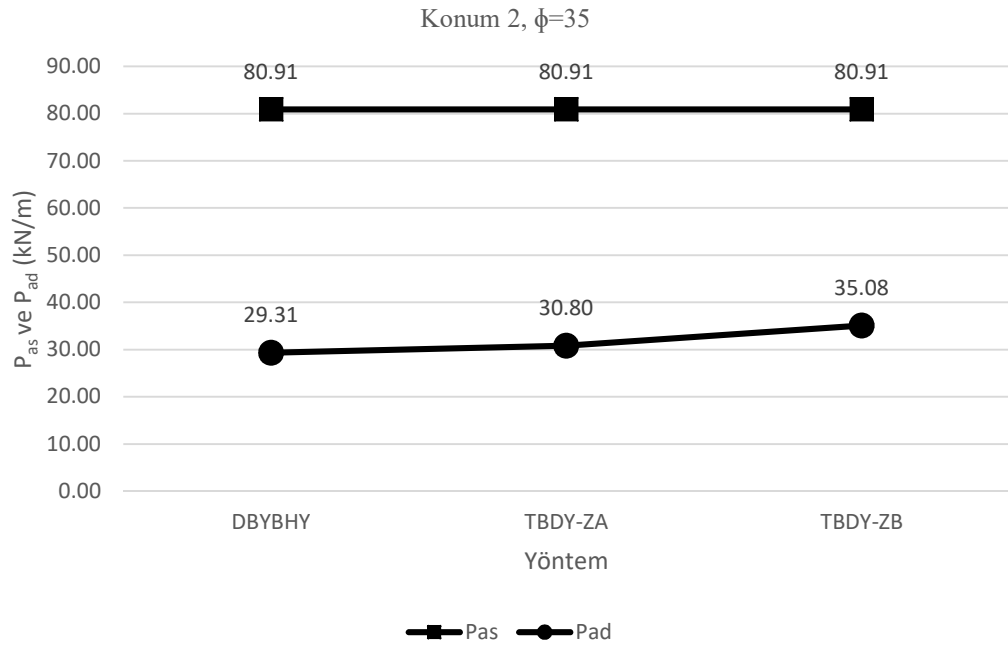
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %53'ü büyüklüktedir.

Zemin 2 ile konum 2'de elde edilen sonuçlar Tablo 4.40'ta verilmiştir.

**Tablo 4.40:** Zemin 2 ile konum 2'de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.361	0.09	80.91	29.31
TBDY-ZA	0.133	0.066	0.343	0.072	80.91	30.80
TBDY-ZB	0.15	0.075	0.353	0.082	80.91	35.08

Zemin 2 için konum 2'de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.47'de verilmiştir.



**Şekil 4.47:** Konum 2'de zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.48'de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfında elde edilenin 1.14 katı, DBYBHY ile elde edilenin 1.20 katı büyüklüktedir.

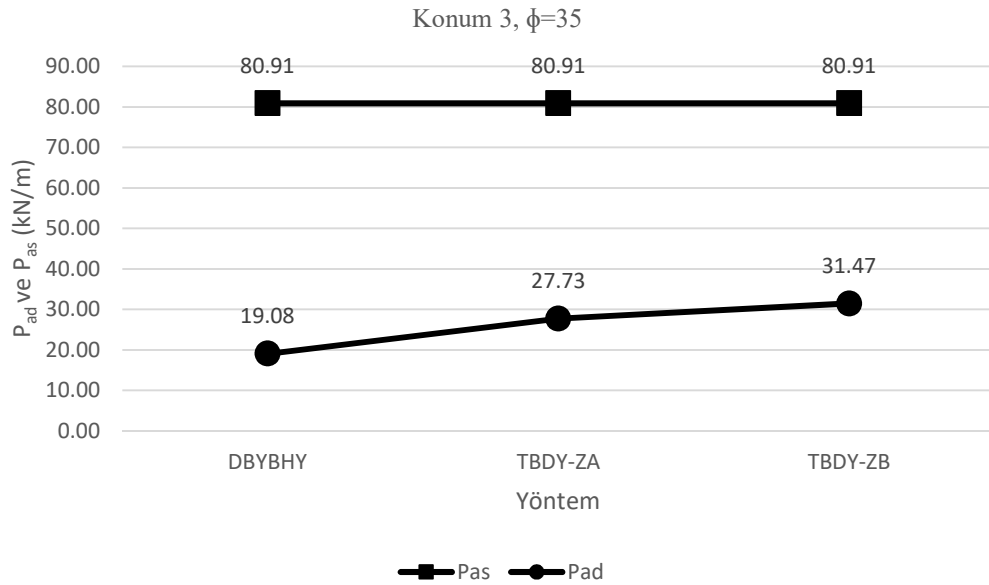
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %43'ü büyüklüktedir.

Zemin 2 ile konum 3'te elde edilen sonuçlar Tablo 4.41'de verilmiştir.

**Tablo 4.41:** Zemin 2 ile konum 3'te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.33	0.059	80.91	19.08
TBDY-ZA	0.121	0.06	0.336	0.065	80.91	27.73
TBDY-ZB	0.136	0.068	0.345	0.074	80.91	31.47

Zemin 2 için konum 3'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.48'de verilmiştir.



**Şekil 4.48:** Konum 3'te zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.48'de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.65 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.13 katı büyüklüktedir.

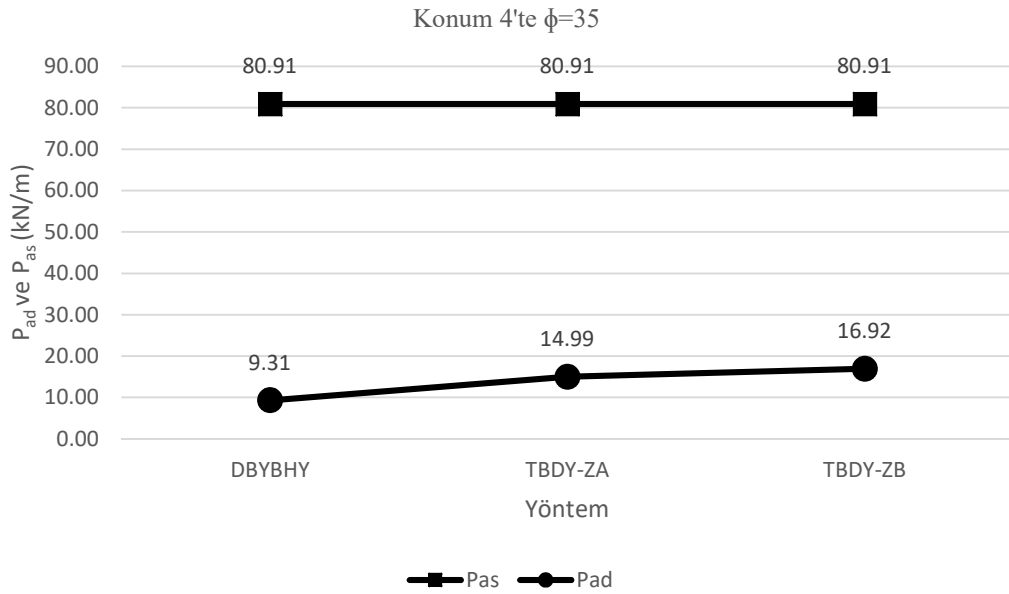
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %39'u büyüklüktedir.

Zemin 2 ile konum 4'te elde edilen sonuçlar Tablo 4.42'de verilmiştir.

**Tablo 4.42:** Zemin 2 ile konum 4'te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.3	0.029	80.91	9.31
TBDY-ZA	0.068	0.034	0.307	0.036	80.91	14.99
TBDY-ZB	0.076	0.038	0.311	0.04	80.91	16.92

Zemin 2 için konum 4'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.49'da verilmiştir.



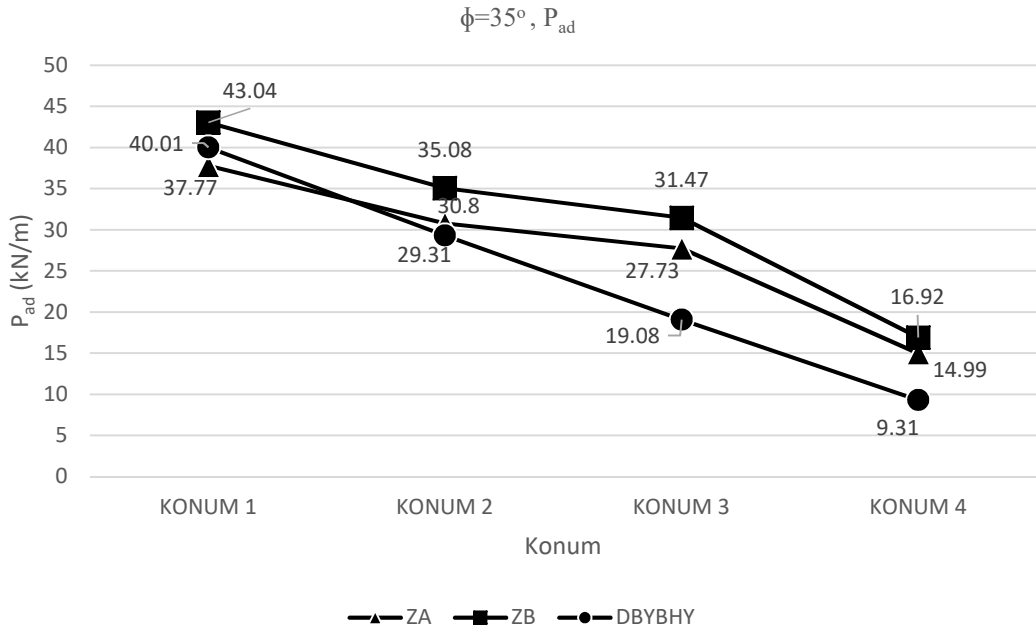
**Şekil 4.49:** Konum 4'te zemin 2 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.49'da görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZB zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.82 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, ZB zemin sınıfı ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZA zemin sınıfı ile elde edilenin 1.13 katı büyüklüktedir.

Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZB),  $P_{as}$  değerinin %21'i büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen değer  $P_{as}$  değerine nispeten önemsiz seviyede kalmıştır denilebilir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinin %12'si büyüklüktedir.

Zemin 2 için 4 konumda DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.50'de verilmiştir.



Şekil 4.50: Zemin 2'de DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

Şekil 4.50'de görüldüğü üzere, Orta Sağlam kaya zeminde her konumda (4 deprem bölgesinde de) en yüksek  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile ZB zemin sınıfı için elde edilmiştir.

Zemin 2 için DBYBHY ile yapılan analizlerde deprem tehlikesinin azalmasıyla  $P_{ad}$  değerinde gerçekleşen azalma, TBDY ile yapılan analizlere göre çok daha fazladır. DBYBHY ile konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %23'ü büyüklüktedir. TBDY ile ZA zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %37'si büyüklüktedir. TBDY ile ZB zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %39'u büyüklüktedir.



### 4.2.3 Zemin 3'te ( $\phi=30^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular

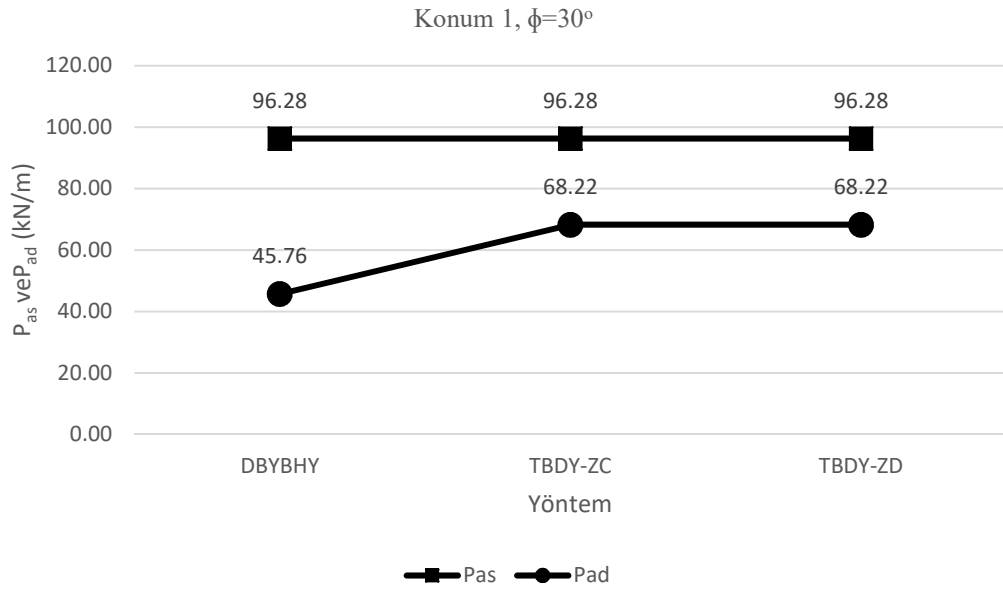
Zemin 3'e ait  $(V_s)_{30}$  kayma dalgası hızı değeri 600 m/s olduğu için, TBDY ile hem ZC hem ZD zemin sınıfında analiz yapılmıştır.

Zemin 3 ile konum 1'de elde edilen sonuçlar Tablo 4.43'te verilmiştir.

**Tablo 4.43:** Zemin 3 ile konum 1'de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.475	0.141	96.28	45.76
TBDY-ZC	0.24	0.12	0.486	0.152	96.28	68.22
TBDY-ZD	0.24	0.12	0.486	0.152	96.28	68.22

Zemin 3 için konum 1'de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.51'de verilmiştir.



**Şekil 4.51:** Konum 1'de zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.51'de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC ve ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenin 1.49 katı büyüklüktedir. TBDY ile yapılan analizlerde, elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, ZC ve ZD

zemin sınıfları için aynıdır. Bunun sebebi Konum 1’de ZC ve ZD değerleri için TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerlerinin aynı olmasıdır.

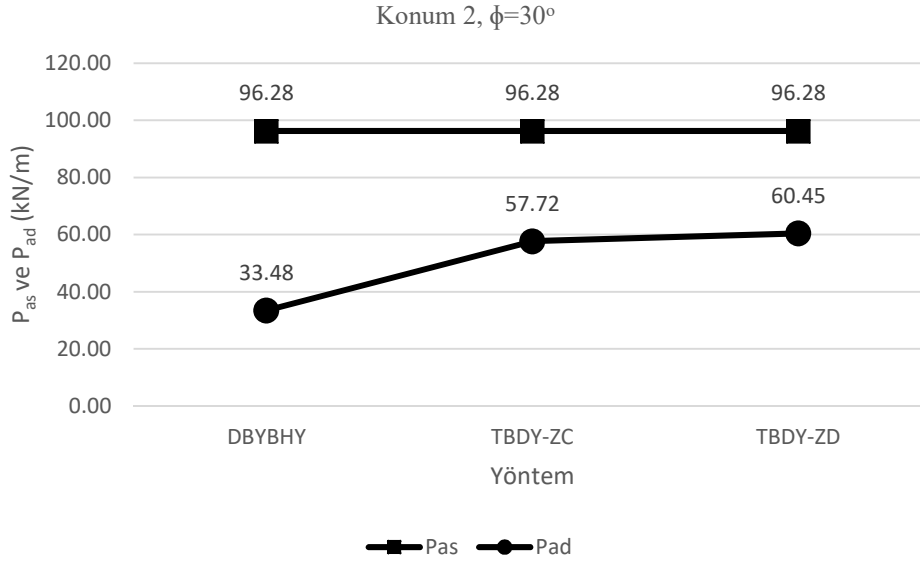
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY),  $P_{as}$  değerinin %71’i büyüklüktedir.

Zemin 3 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar Tablo 4.44’te verilmiştir.

**Tablo 4.44:** Zemin 3 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.437	0.103	96.28	33.48
TBDY-ZC	0.208	0.104	0.463	0.13	96.28	57.72
TBDY-ZD	0.216	0.108	0.469	0.136	96.28	60.45

Zemin 3 için konum 2’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.52’de verilmiştir.



**Şekil 4.52:** Konum 2’de zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.52’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.81 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfı için elde edilenin 1.05 katı büyüklüktedir.

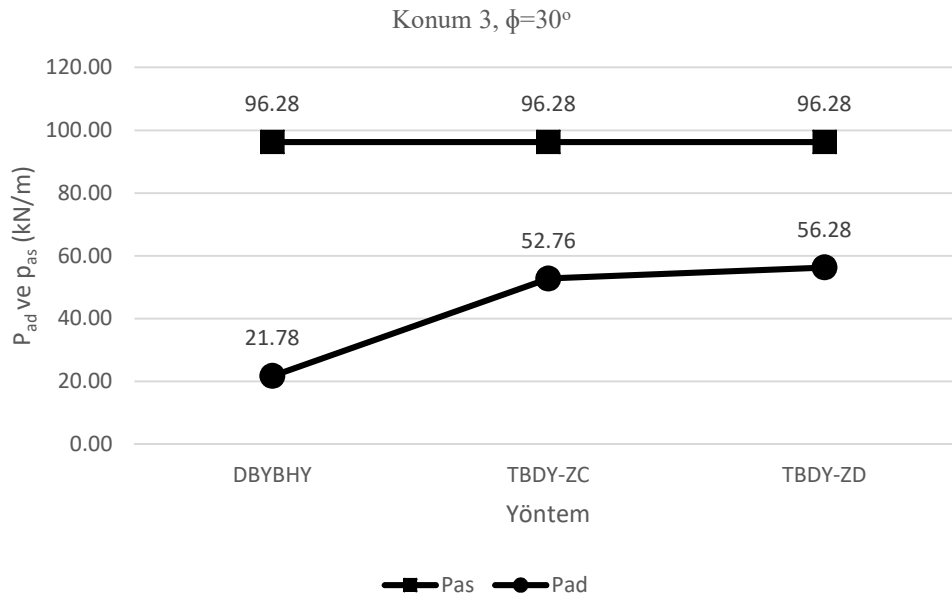
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY),  $P_{as}$  değerinin %63'ü büyüklüktedir.

Zemin 3 ile konum 3'te elde edilen sonuçlar Tablo 4.45'te verilmiştir.

**Tablo 4.45:** Zemin 3 ile Konum 3'te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.401	0.067	96.28	21.78
TBDY-ZC	0.192	0.096	0.453	0.119	96.28	52.76
TBDY-ZD	0.203	0.102	0.460	0.127	96.28	56.28

Zemin 3 için konum 3'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.53'te verilmiştir.



**Şekil 4.53:** Konum 3'te zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.53'te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.58 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfı için elde edilenin 1.07 katı büyüklüktedir.

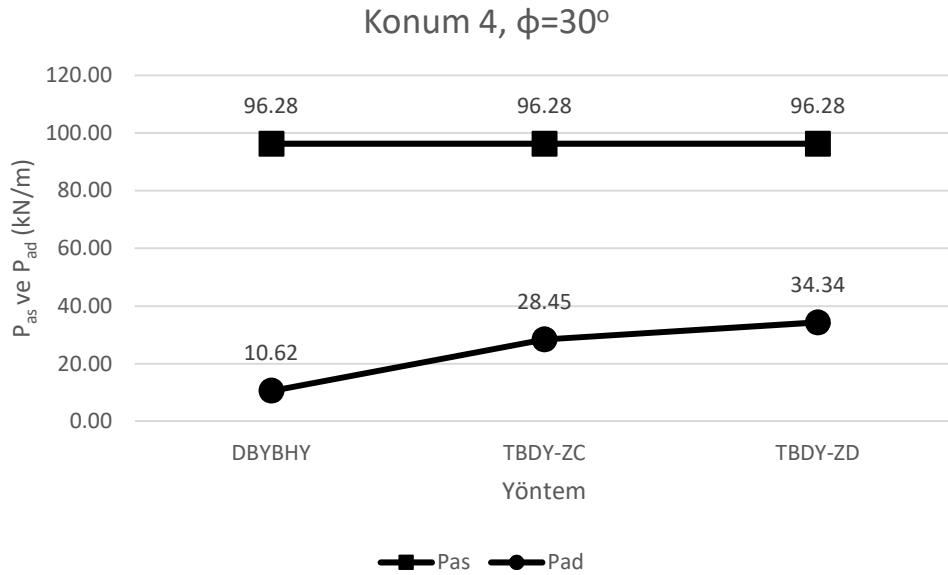
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY),  $P_{as}$  değerinin %58'i büyüklüktedir.

Zemin 3 ile konum 4'te elde edilen sonuçlar Tablo 4.46'da verilmiştir.

**Tablo 4.46:** Zemin 3 ile Konum 4'te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.366	0.033	96.28	10.62
TBDY-ZC	0.11	0.055	0.399	0.066	96.28	28.45
TBDY-ZD	0.13	0.065	0.412	0.079	96.28	34.34

Zemin 3 için konum 4'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.54'te verilmiştir.



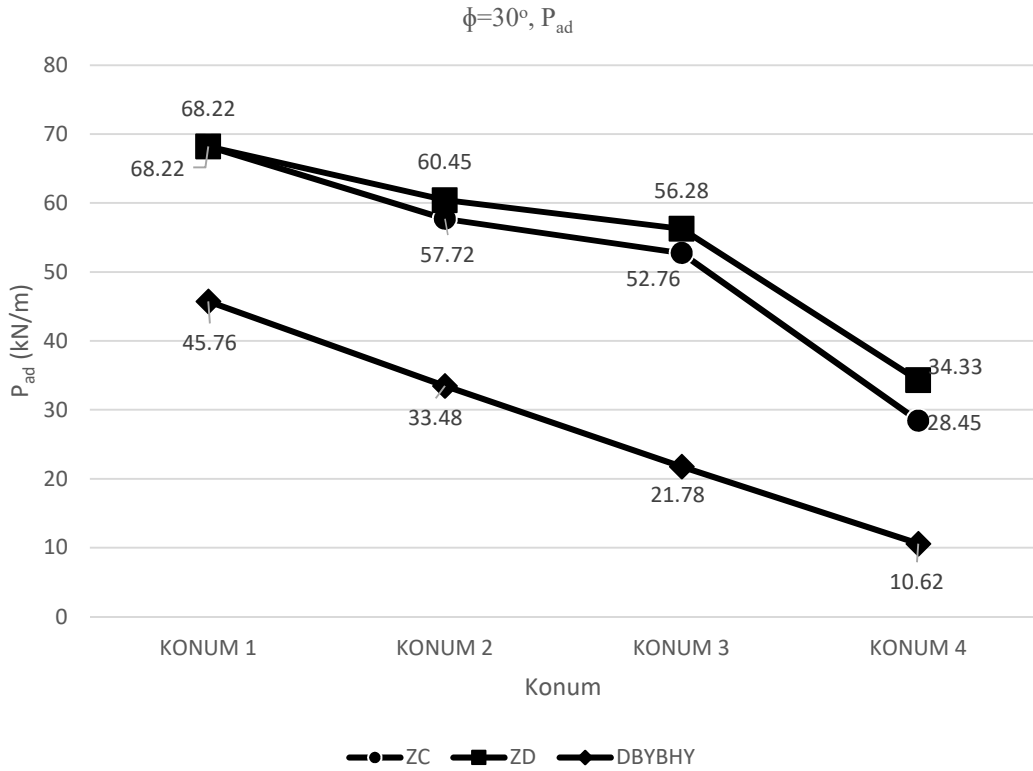
**Şekil 4.54:** Konum 4'te zemin 3 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.54'te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 3.23 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfı için elde edilenin 1.21 katı büyüklüktedir.

Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZD),  $P_{as}$  değerinin %36'sı büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen değer  $P_{as}$  değerine nispeten önemsiz seviyede kalmıştır denilebilir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinin %11'i büyüklüktedir.

Zemin 3 için 4 konumda DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.55'te verilmiştir.



Şekil 4.55: Zemin 3'te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

Şekil 4.55'te görüldüğü üzere, katı killi sıkı kum zeminde 1. derece deprem bölgesinde en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile elde edilirken 4. derece deprem bölgesinde en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilmiştir.

Zemin 3 için DBYBHY ile yapılan analizlerde deprem tehlikesinin azalmasıyla  $P_{ad}$  değerinde gerçekleşen azalma, TBDY ile yapılan analizlere göre çok daha fazladır.

DBYBHY ile konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %23'ü büyüklüktedir. TBDY ile ZC zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %42'si büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %50'si büyüklüktedir.

Tüm konumlarda zemin 3 ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri daha düşüktür.

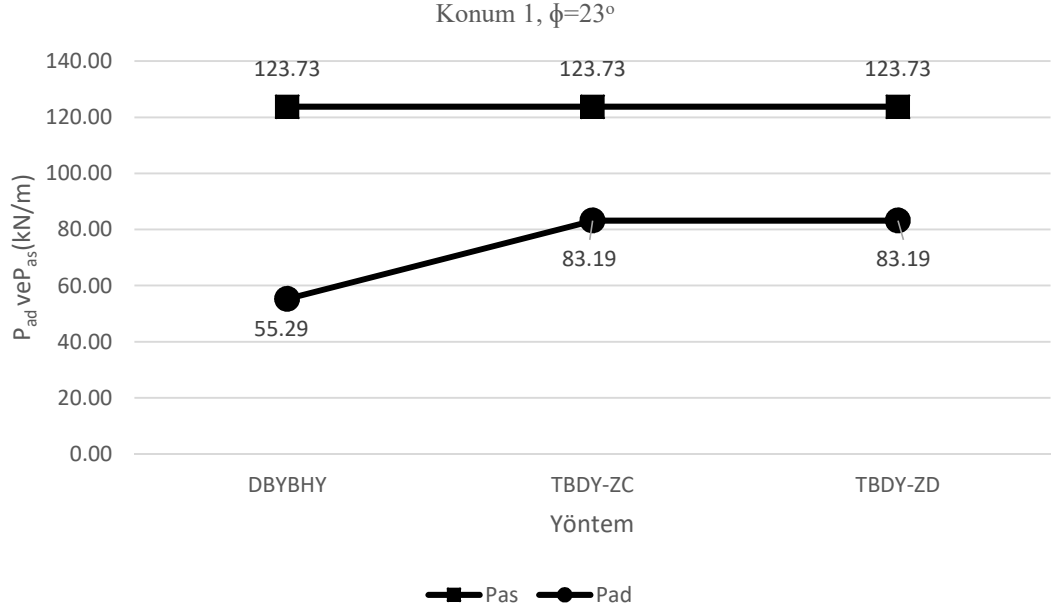
#### 4.2.4 Zemin 4'te ( $\phi=23^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular

Zemin 4'e ait  $P_{ad}$  kayma dalgası hızı değeri 350 m/s olduğu için, TBDY ile hem ZC hem ZD zemin sınıfında analiz yapılmıştır. Zemin 4 ile Konum 1'de elde edilen sonuçlar Tablo 4.47'de verilmiştir.

**Tablo 4.47:** Zemin 4 ile konum 1'de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}(\text{kN/m})$	$P_{ad}(\text{kN/m})$
DBYBHY	0.16	0.107	0.609	0.171	123.73	55.29
TBDY-ZC	0.24	0.12	0.62	0.182	123.73	83.19
TBDY-ZD	0.24	0.12	0.62	0.182	123.73	83.19

Zemin 4 için konum 1'de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.56'da verilmiştir.



**Şekil 4.56:** Konum 1’de zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.56’da görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC ve ZD zemin sınıfları için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenin 1.5 katı büyüklüktedir. TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, ZC ve ZD zemin sınıfları için aynıdır. Bunun sebebi ZC ve ZD zemin sınıfları için TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerlerinin aynı olmasıdır.

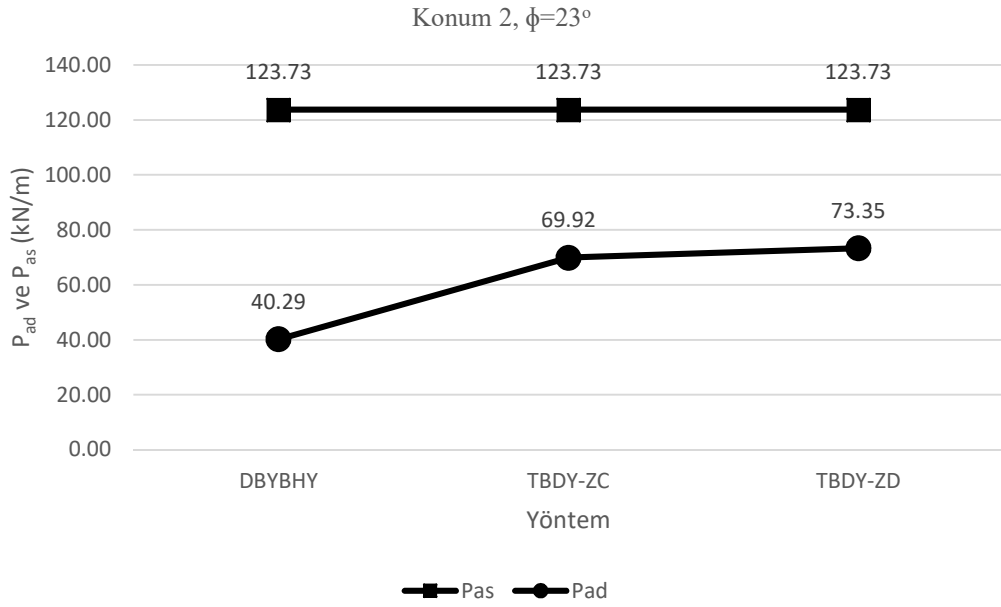
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY),  $P_{as}$  değerinin %67’si büyüklüktedir.

Zemin 4 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar Tablo 4.48’de verilmiştir.

**Tablo 4.48:** Zemin 4 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.562	0.124	123.73	40.29
TBDY-ZC	0.208	0.104	0.592	0.154	123.73	69.92
TBDY-ZD	0.216	0.108	0.600	0.162	123.73	73.35

Zemin 4 için konum 2’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.57’de verilmiştir.



Şekil 4.57: Konum 2’de zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.57’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.82 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfında elde edilenin 1.05 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZD),  $P_{as}$  değerinin %59’u büyüklüktedir.

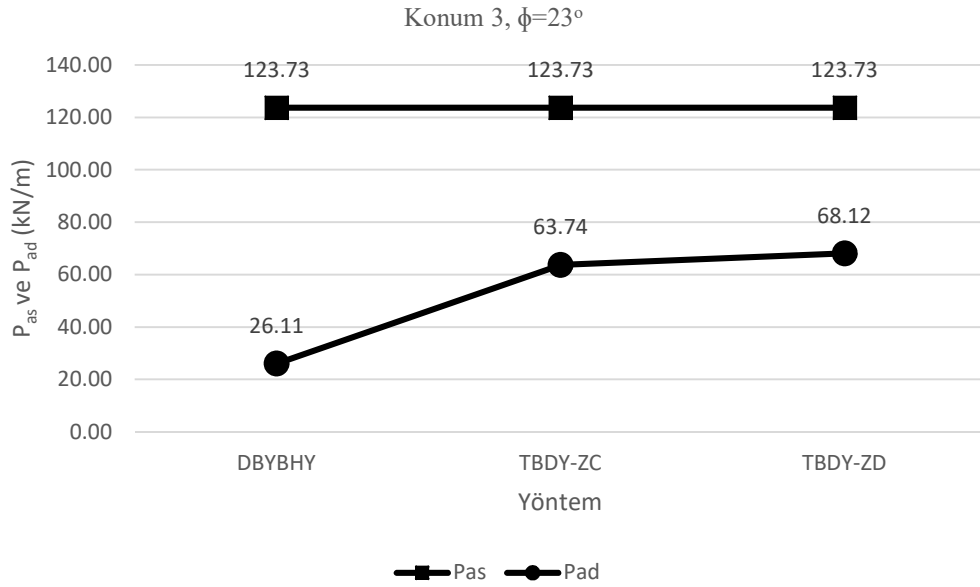
Zemin 4 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar Tablo 4.49’da verilmiştir.

Tablo 4.49: Zemin 4 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.519	0.081	123.73	26.11
TBDY-ZC	0.192	0.096	0.579	0.141	123.73	63.74
TBDY-ZD	0.203	0.102	0.589	0.151	123.73	68.12



Zemin 4 için konum 3’te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.58’de verilmiştir.



Şekil 4.58: Konum 3’te zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.58’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.61 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfında elde edilenin 1.07 katı büyüklüktedir.

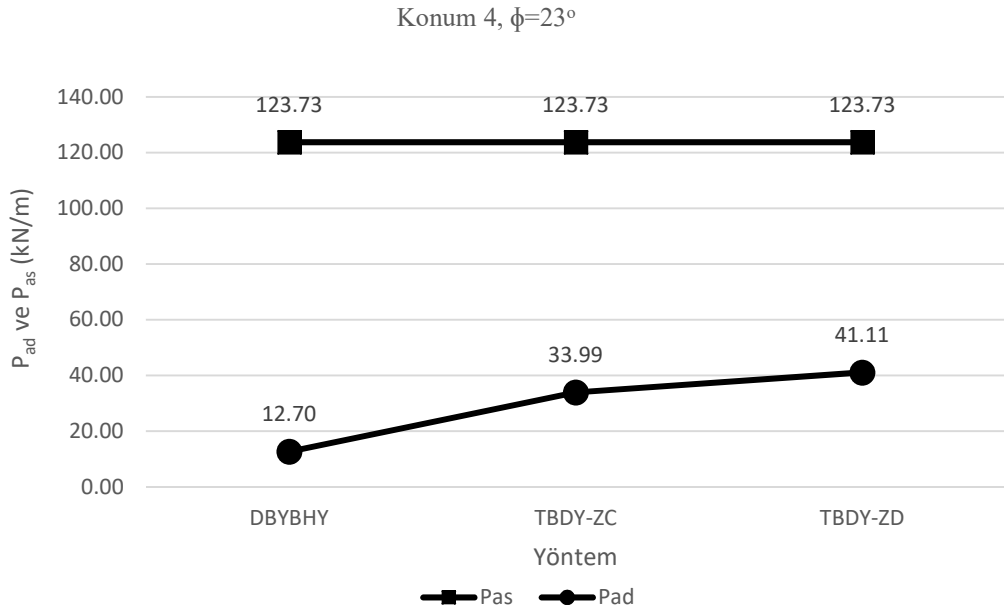
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZD),  $P_{as}$  değerinin %55’i büyüklüktedir.

Zemin 4 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar Tablo 4.50’de verilmiştir.

Tablo 4.50: Zemin 4 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.477	0.039	123.73	12.70
TBDY-ZC	0.11	0.055	0.515	0.077	123.73	33.99
TBDY-ZD	0.13	0.065	0.530	0.092	123.73	41.11

Zemin 4 için konum 4'te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.59'da verilmiştir.



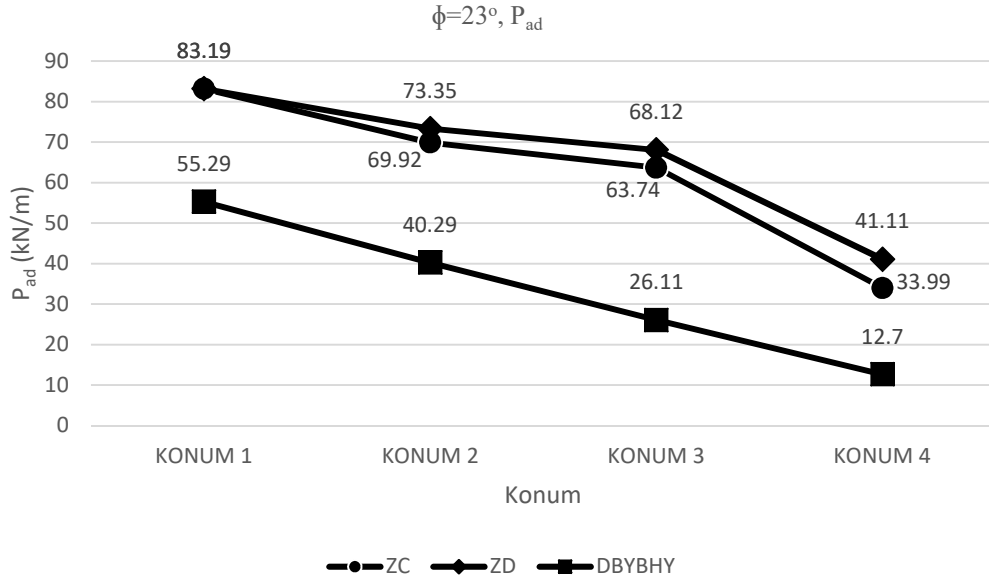
**Şekil 4.59:** Konum 4'te zemin 4 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.59'da görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 3.24 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZC zemin sınıfında elde edilenin 1.21 katı büyüklüktedir.

Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZD),  $P_{as}$  değerinin %33'ü büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen değer  $P_{as}$  değerine nispeten önemsiz seviyede kalmıştır denilebilir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin %10.3'ü büyüklüktedir.

Zemin 4 için 4 konumda DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.60'ta verilmiştir.



**Şekil 4.60:** Zemin 4'te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.60'ta görüldüğü üzere, katı killi orta sıkı kum zeminde 1. derece deprem bölgesinde en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile, 4. derece deprem bölgesinde, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilmiştir.

Zemin 4 için DBYBHY ile yapılan analizlerde deprem tehlikesinin azalmasıyla  $P_{ad}$  değerinde gerçekleşen azalma, TBDY ile yapılan analizlere göre çok daha fazladır. DBYBHY ile konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %23'ü büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %41'i büyüklüktedir. TBDY ile ZC zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %49'u büyüklüktedir.

Tüm konumlarda zemin 4 ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri daha düşüktür.

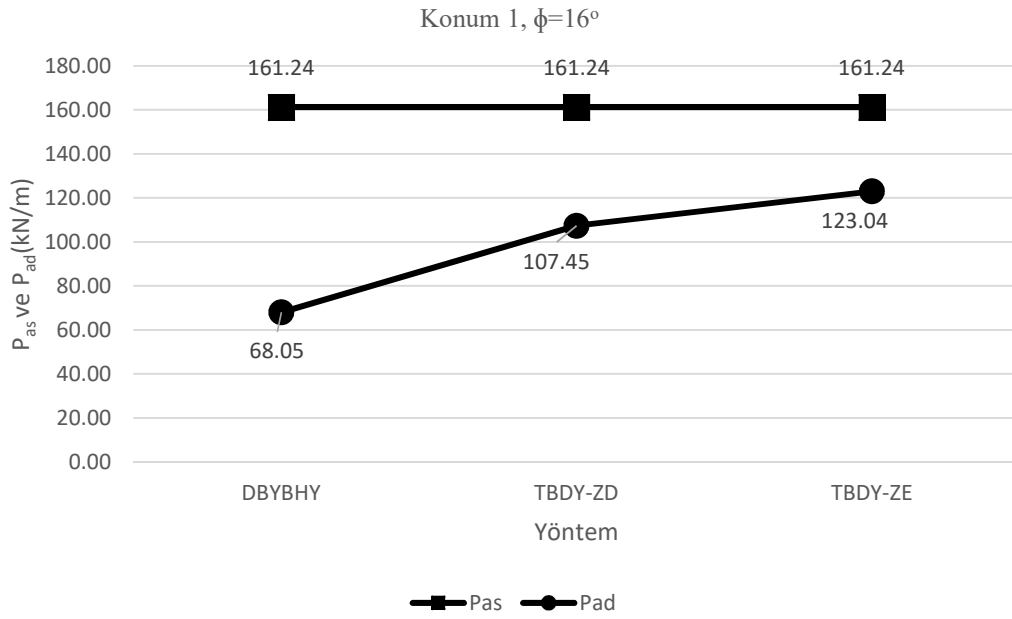
#### 4.2.5 Zemin 5'te ( $\phi=16^\circ$ ) Elde Edilen Bulgular

Zemin 5'e ait  $(V_S)_{30}$  kayma dalgası hızı değeri 175 m/s olduğu için, TBDY ile hem ZD hem ZE zemin sınıfında analiz yapılmıştır. Zemin 5 ile konum 1'de elde edilen sonuçlar Tablo 4.51'de verilmiştir.

**Tablo 4.51:** Zemin 5 ile konum 1’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.16	0.107	0.778	0.21	161.24	68.05
TBDY-ZD	0.24	0.12	0.803	0.235	161.24	107.45
TBDY-ZE	0.26	0.13	1.089	0.521	161.24	123.04

Zemin 5 için konum 1’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.61’ de verilmiştir.



**Şekil 4.61:** Konum 1’de zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.61’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 1.81 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZE zemin sınıfında elde edilenin 1.15 katı büyüklüktedir.

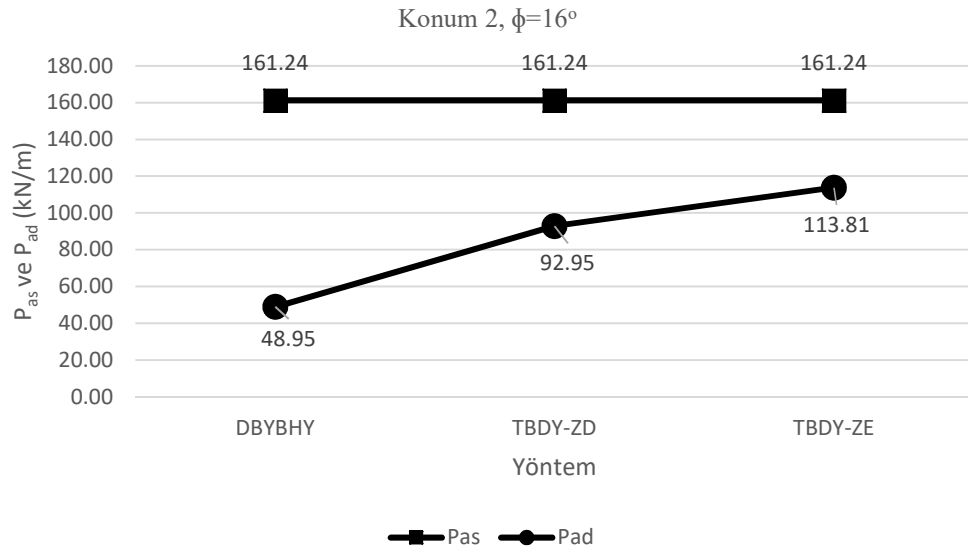
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZD),  $P_{as}$  değerinin %76’sı büyüklüktedir.

Zemin 5 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar Tablo 4.52’de verilmiştir.

**Tablo 4.52:** Zemin 5 ile konum 2’de elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.12	0.08	0.719	0.151	161.24	48.95
TBDY-ZD	0.216	0.108	0.771	0.204	161.24	92.95
TBDY-ZE	0.25	0.125	0.817	0.249	161.24	113.81

Zemin 5 için konum 2’de elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.62’de verilmiştir.



**Şekil 4.62:** Konum 2’de zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.62’de görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 2.33 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZD zemin sınıfında elde edilenin 1.22 katı büyüklüktedir.

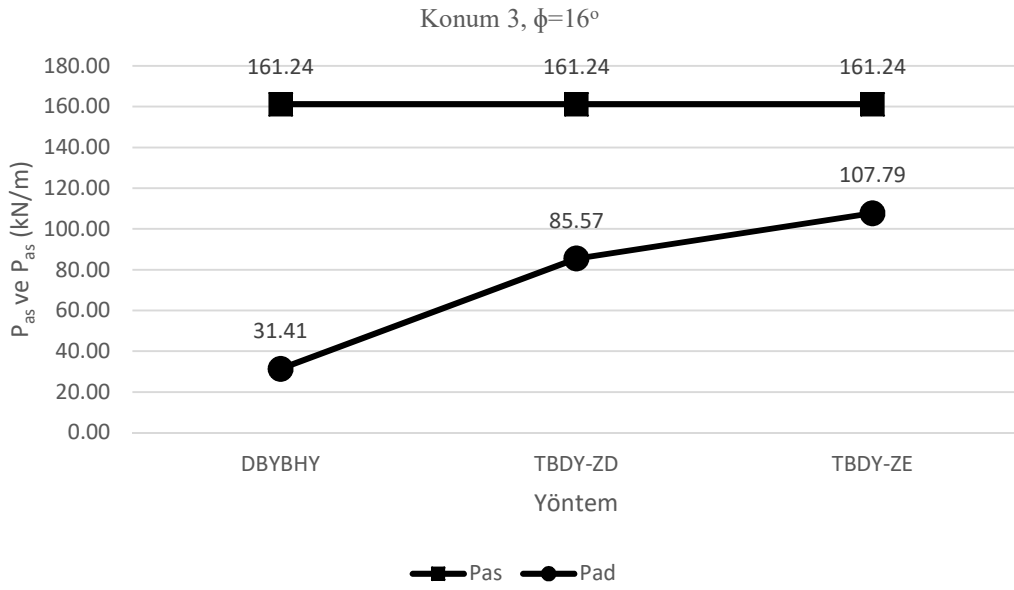
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZE),  $P_{as}$  değerinin %71’i büyüklüktedir.

Zemin 5 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar Tablo 4.53’te verilmiştir.

**Tablo 4.53:** Zemin 5 ile konum 3’te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.08	0.053	0.665	0.097	161.24	31.41
TBDY-ZD	0.203	0.102	0.755	0.187	161.24	85.57
TBDY-ZE	0.241	0.12	0.804	0.236	161.24	107.79

Zemin 5 için konum 3’te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.63’te verilmiştir.



**Şekil 4.63:** Konum 3’te zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.63’te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 3.43 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZD zemin sınıfında elde edilenin 1.26 katı büyüklüktedir.

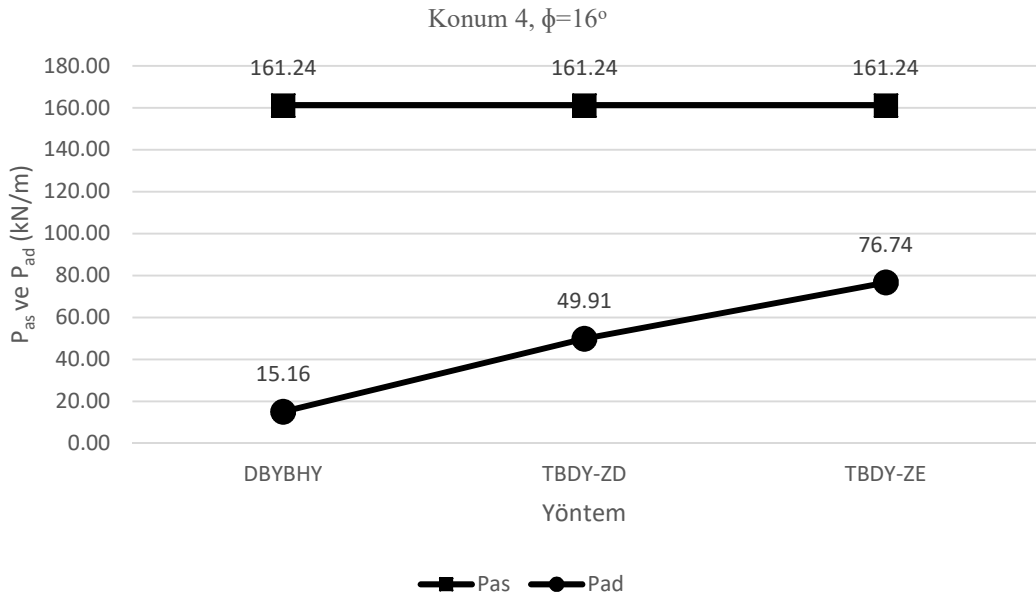
DBYBHY ve TBDY ile tüm hesaplarda elde edilen aktif dinamik itki değeri  $P_{ad}$  önemli değerler almaktadır. Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZE),  $P_{as}$  değerinin %67’si büyüklüktedir.

Zemin 5 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar Tablo 4.54’te verilmiştir.

**Tablo 4.54:** Zemin 5 ile konum 4’te elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	0.04	0.027	0.615	0.047	161.24	15.16
TBDY-ZD	0.13	0.065	0.678	0.11	161.24	49.91
TBDY-ZE	0.187	0.093	0.736	0.168	161.24	76.74

Zemin 5 için konum 4’te elde edilen statik zemin itkisi  $P_{as}$  ve dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri Şekil 4.64’te verilmiştir.



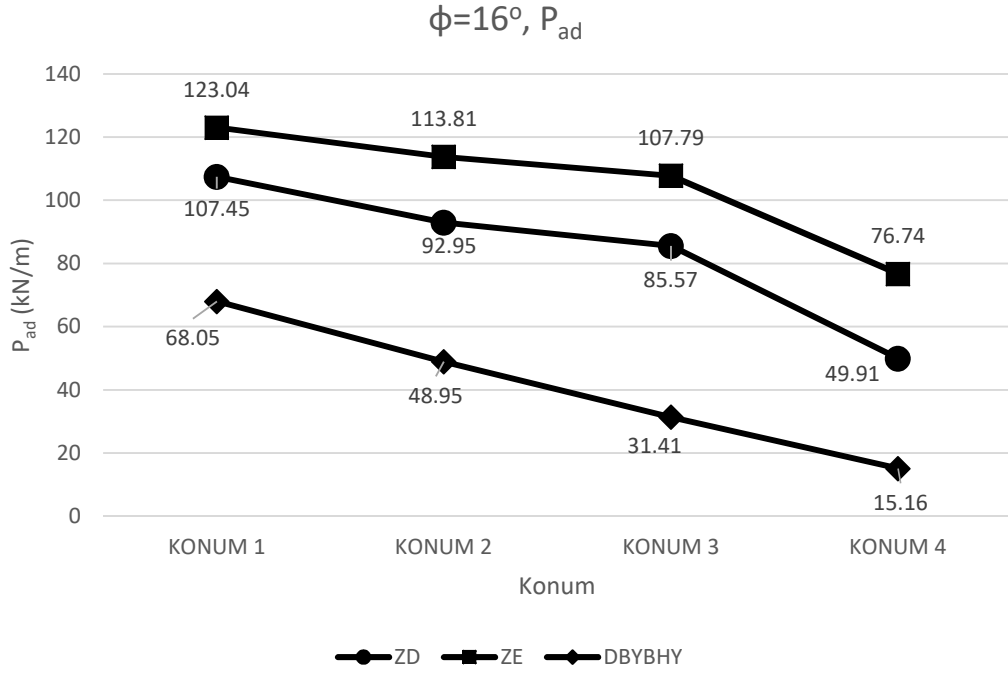
**Şekil 4.64:** Konum 4’te zemin 5 için elde edilen aktif zemin itkisi ( $P_{as}$  ve  $P_{ad}$ ) değerleri.

Şekil 4.64’te görüldüğü üzere, en yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZE zemin sınıfı için, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZE zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri, DBYBHY ile elde edilenin 5.06 katı büyüklüktedir. TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZD zemin sınıfında elde edilenin 1.54 katı büyüklüktedir.

Elde edilen en yüksek  $P_{ad}$  değeri (TBDY ile ZE),  $P_{as}$  değerinin %48’i büyüklüktedir. DBYBHY ile elde edilen değer  $P_{as}$  değerine nispeten önemsiz seviyede kalmıştır denilebilir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin %9.4’ü büyüklüktedir.

Zemin 5 için 4 konumda DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.65'te verilmiştir.



Şekil 4.65: Zemin 5'te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

Şekil 4.65'te görüldüğü üzere, yumuşak katı killi gevşek kum zeminde en yüksek  $P_{ad}$  değeri her konumda TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilmiştir.

Zemin 5 için DBYBHY ile yapılan analizlerde deprem tehlikesinin azalmasıyla  $P_{ad}$  değerinde gerçekleşen azalma, TBDY ile yapılan analizlere göre çok daha fazladır. DBYBHY ile konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %22'si büyüklüktedir. TBDY ile ZD zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %46'sı büyüklüktedir. TBDY ile ZE zemin sınıfı için konum 4'te elde edilen  $P_{ad}$  değeri konum 1'de elde edilenin %62'si büyüklüktedir.

Tüm konumlarda zemin 4 ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri daha düşüktür.



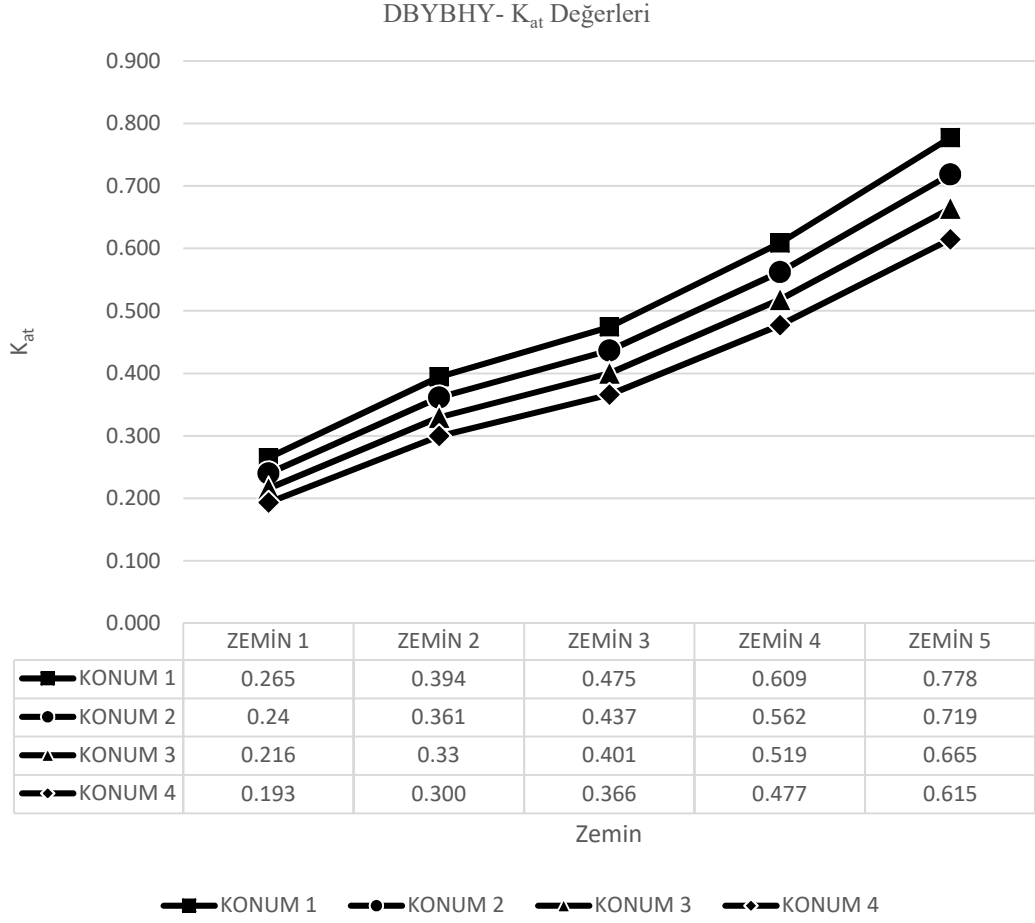
#### 4.2.6 Diğer Bulgular

Tablo 4.55'te görüldüğü üzere en yüksek  $P_{ad}$  değerleri 5 zemin türü için de her konumda TBDY ile elde edilmiştir.

**Tablo 4.55:** En yüksek  $P_{ad}$  değerlerinin elde edildiği yöntem.

	Konum 1	Konum 2	Konum 3	Konum 4
Zemin 1	TBDY-ZB	TBDY-ZB	TBDY-ZB	TBDY-ZB
Zemin 2	TBDY-ZB	TBDY-ZB	TBDY-ZB	TBDY-ZB
Zemin 3	TBDY-ZC,ZD	TBDY-ZD	TBDY-ZD	TBDY-ZD
Zemin 4	TBDY-ZC,ZD	TBDY-ZD	TBDY-ZD	TBDY-ZD
Zemin 5	TBDY-ZE	TBDY-ZE	TBDY-ZE	TBDY-ZE

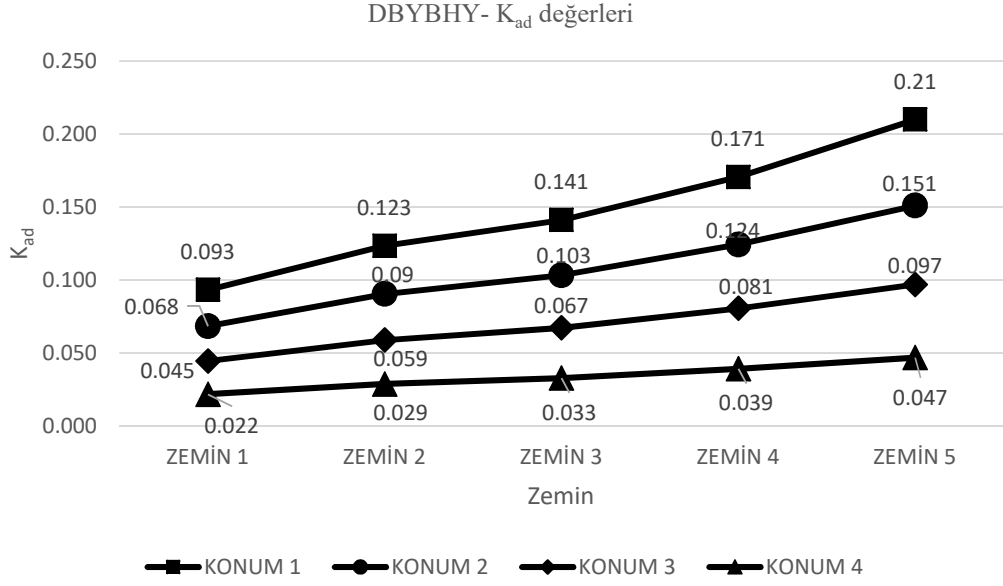
DBYBHY ile en yüksek  $K_{at}$  değerleri, tüm zemin durumları için 1. derece deprem bölgesinde olan konum 1'de elde edilmiştir (Şekil 4.66).



**Şekil 4.66:** DBYBHY ile elde edilen  $K_{at}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısı değerleri azaldıkça (Zemin 1'den 5'e doğru) DBYBHY ile elde edilen  $K_{at}$  değerleri artmıştır.

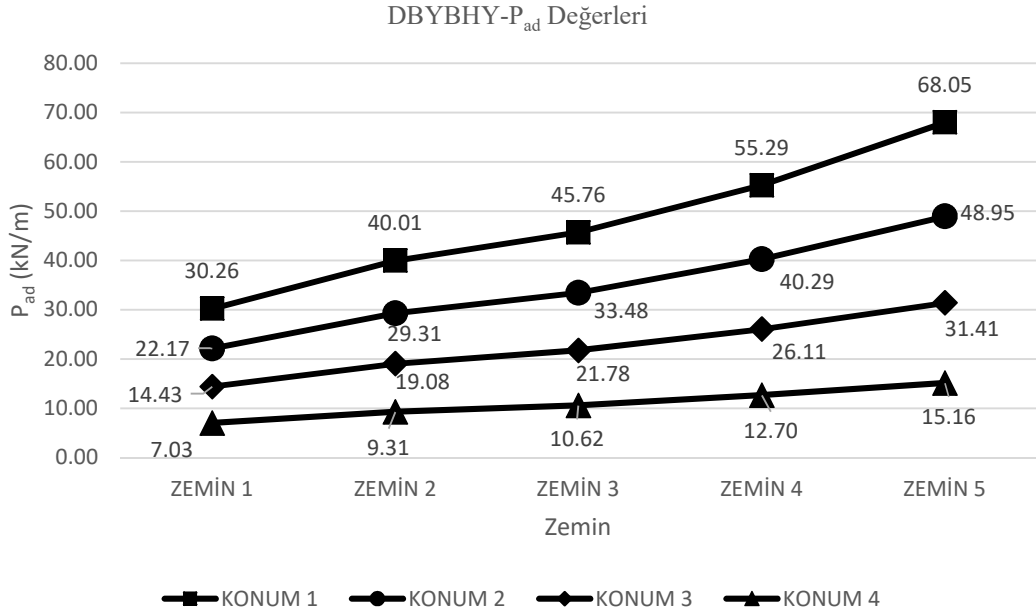
DBYBHY ile en yüksek  $K_{ad}$  değerleri, tüm zemin durumları için 1. derece deprem bölgesinde olan konum 1'de elde edilmiştir (Şekil 4.67).



Şekil 4.67: DBYBHY ile elde edilen  $K_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısı değerleri azaldıkça (Zemin 1'den 5'e doğru)  $K_{ad}$  değerleri artmıştır.

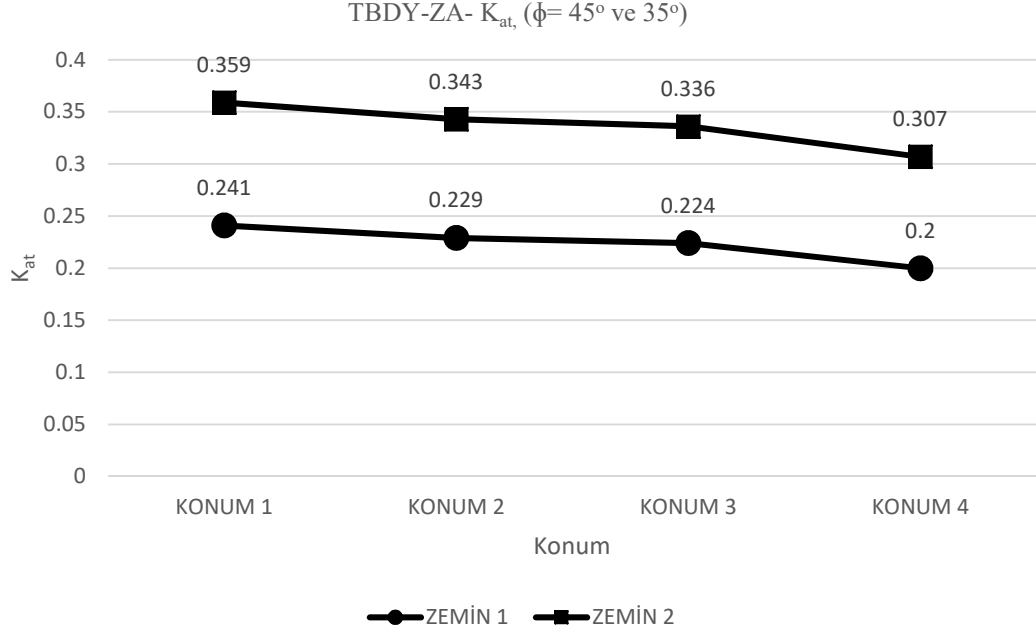
DBYBHY ile en yüksek  $P_{ad}$  değerleri, tüm zemin durumları için 1. derece deprem bölgesinde olan konum 1'de elde edilmiştir (Şekil 4.68).



Şekil 4.68: DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısı değerleri azaldıkça (Zemin 1'den 5'e doğru)  $P_{ad}$  değerleri artmıştır.

Zemin 1 ve 2'de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.69'da verilmiştir.

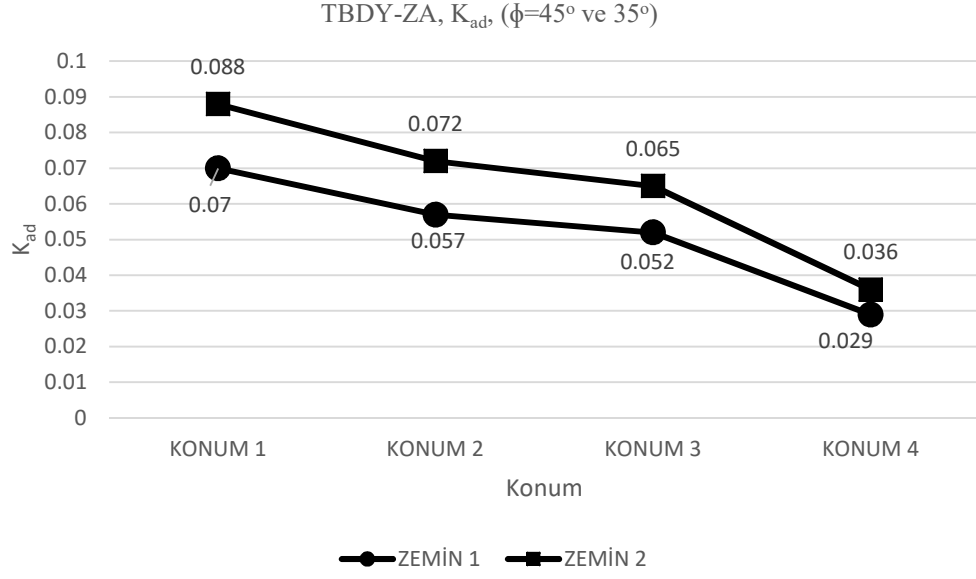


Şekil 4.69: Zemin 1 ve 2'de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı zemin 2'de, her konum için daha yüksek  $K_{at}$  değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.69).

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1'den 4'e), elde edilen  $K_{at}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 1 ve 2'de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.70'te verilmiştir.

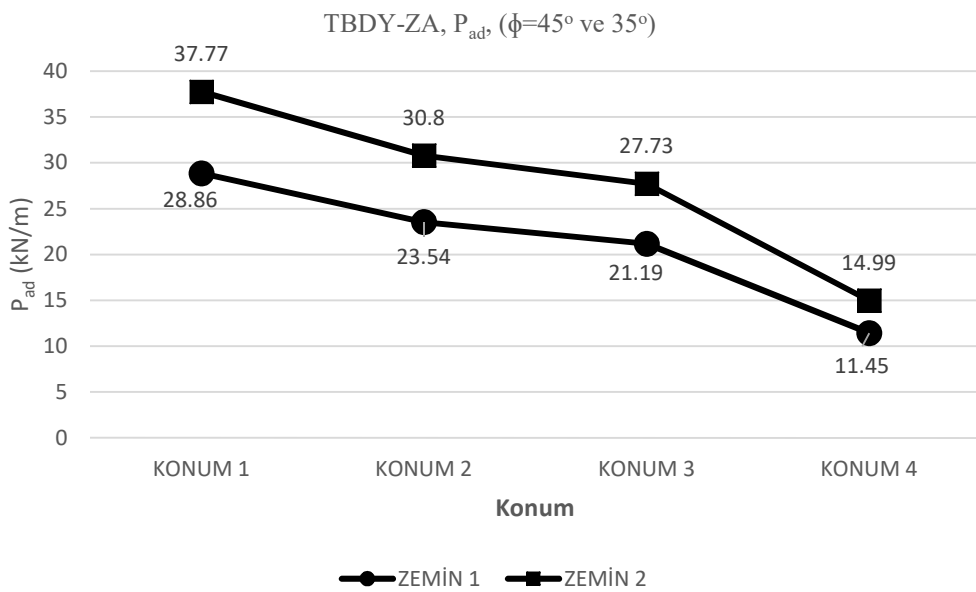


**Şekil 4.70:** Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 2’de, her konum için daha yüksek  $K_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1’den 4’e), elde edilen  $K_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.71’de verilmiştir.

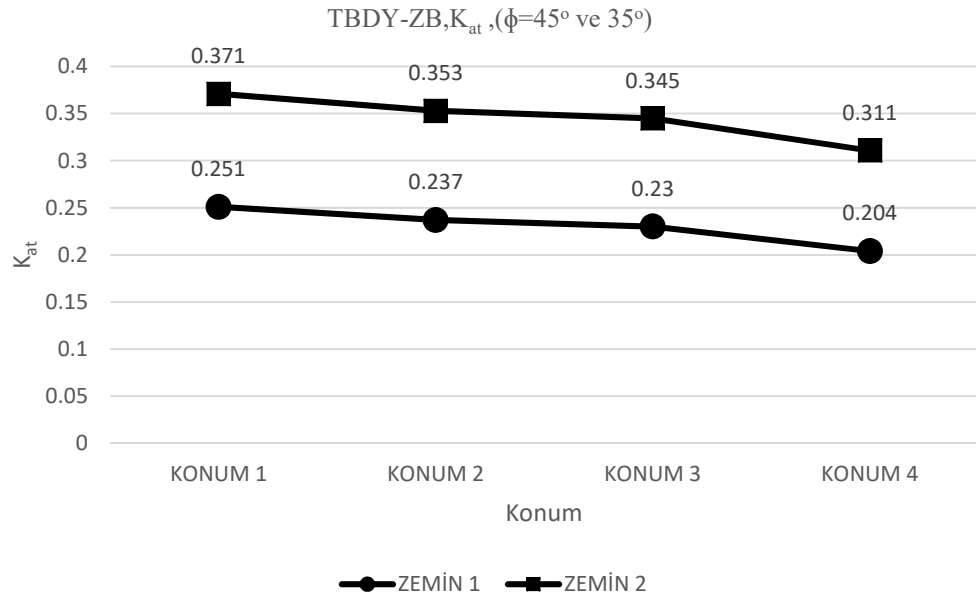


**Şekil 4.71:** Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 2’de, her konum için daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1’den 4’e), elde edilen  $P_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.72’de verilmiştir.

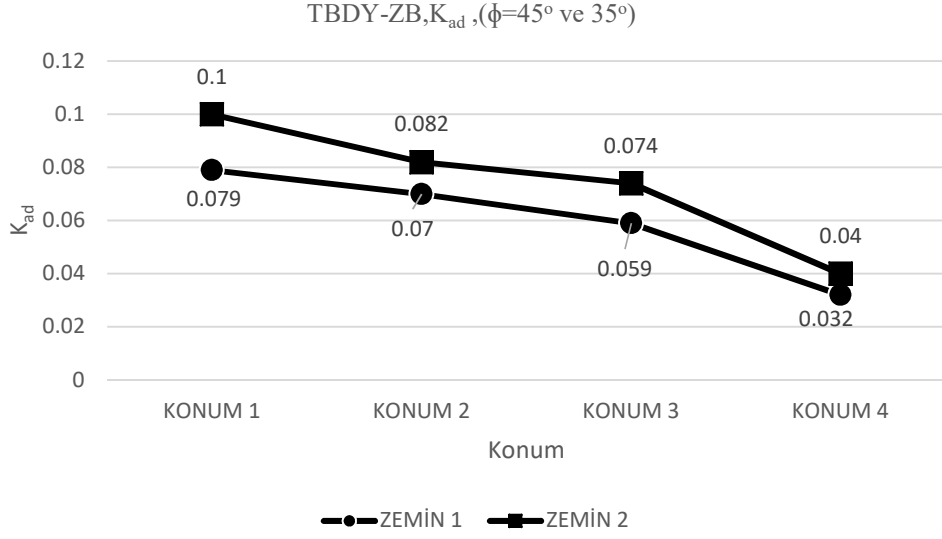


Şekil 4.72: Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerleri.

Şekle bakıldığında içsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 2’de, her konum için daha yüksek  $K_{at}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1’den 4’e), elde edilen  $K_{at}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.73’te verilmiştir.

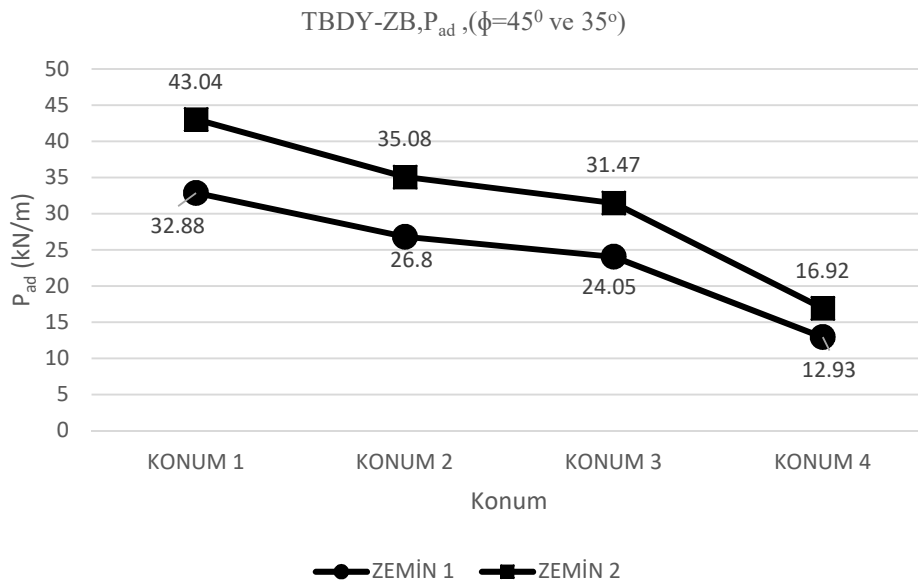


**Şekil 4.73:** Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı zemin 2’de, her konum için daha yüksek  $K_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1’den 4’e), elde edilen  $K_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.74’te verilmiştir.

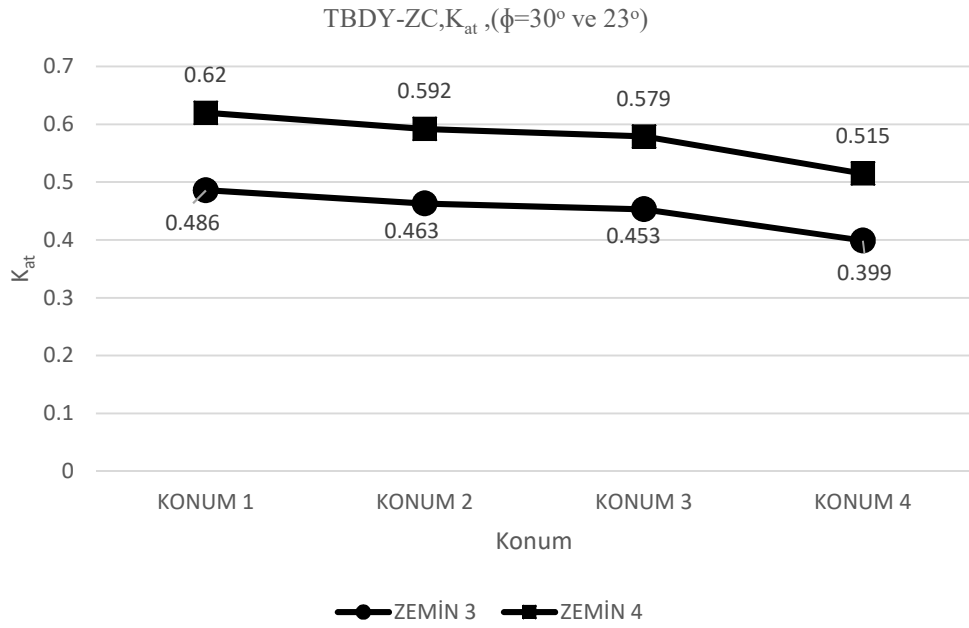


**Şekil 4.74:** Zemin 1 ve 2’de TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 2’de, her konum için daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1’den 4’e), elde edilen  $P_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4’te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.75’te verilmiştir.



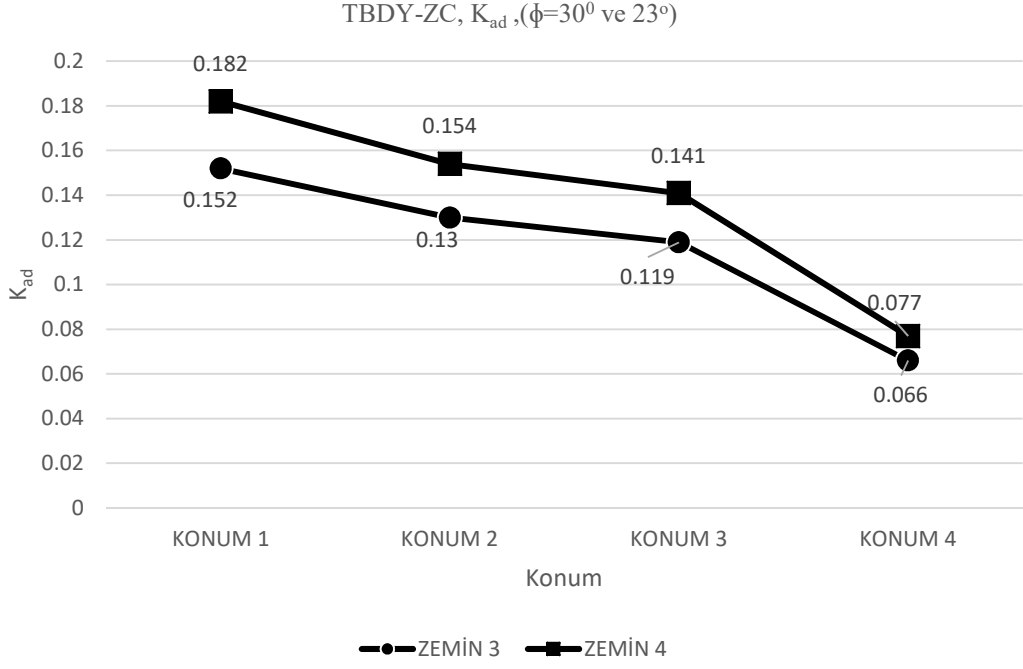
Şekil 4.75: Zemin 3 ve 4’te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerleri.

Şekle bakıldığında içsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı zemin 4’te, her konum için daha yüksek  $K_{at}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1’den 4’e), elde edilen  $K_{at}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4’te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.76’da verilmiştir.



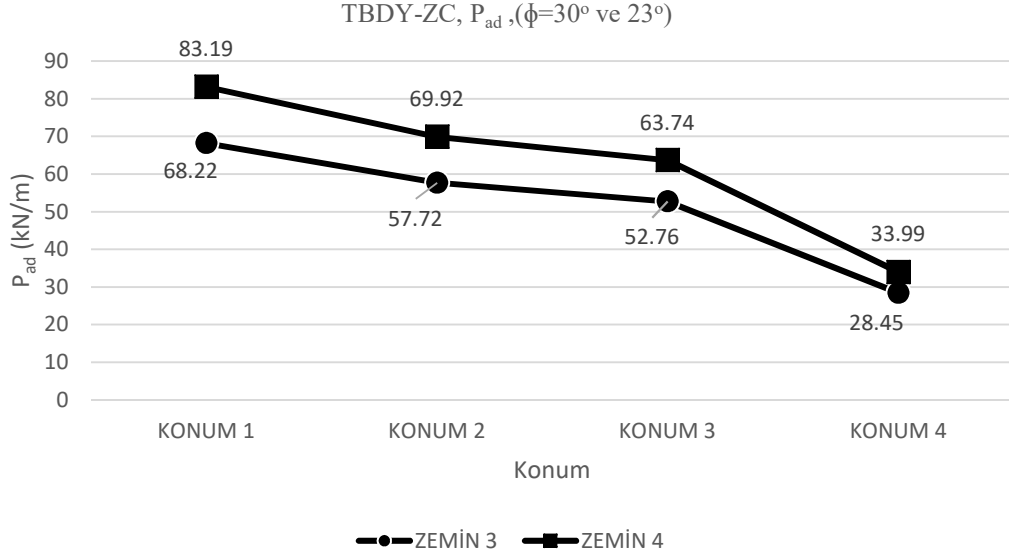


**Şekil 4.76:** Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerleri.

Şekle bakıldığında içsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 4'te, her konum için daha yüksek  $K_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1'den 4'e), elde edilen  $K_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.77'de verilmiştir.

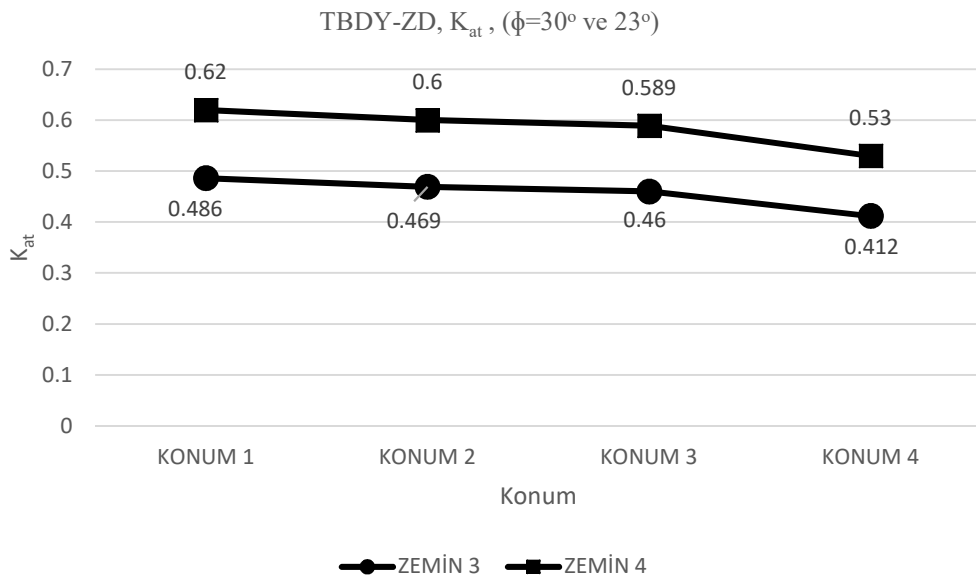


**Şekil 4.77:** Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 4'te, her konum için daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (Konum 1'den 4'e), elde edilen  $P_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.78'de verilmiştir.

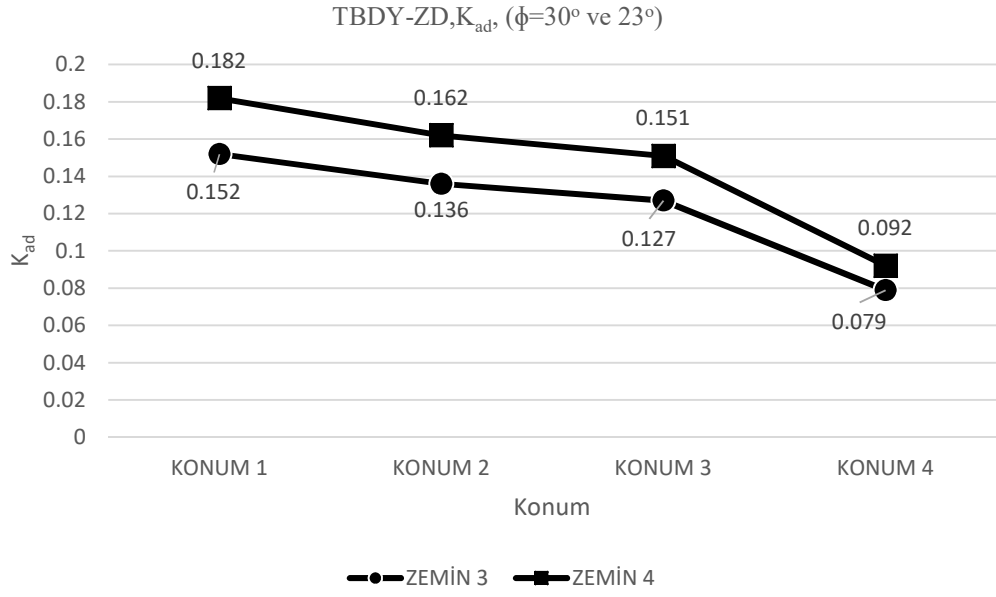


**Şekil 4.78:** Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $K_{at}$  değerleri.

İçsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 4'te, her konum için daha yüksek  $K_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1'den 4'e), elde edilen  $K_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.79'da verilmiştir.

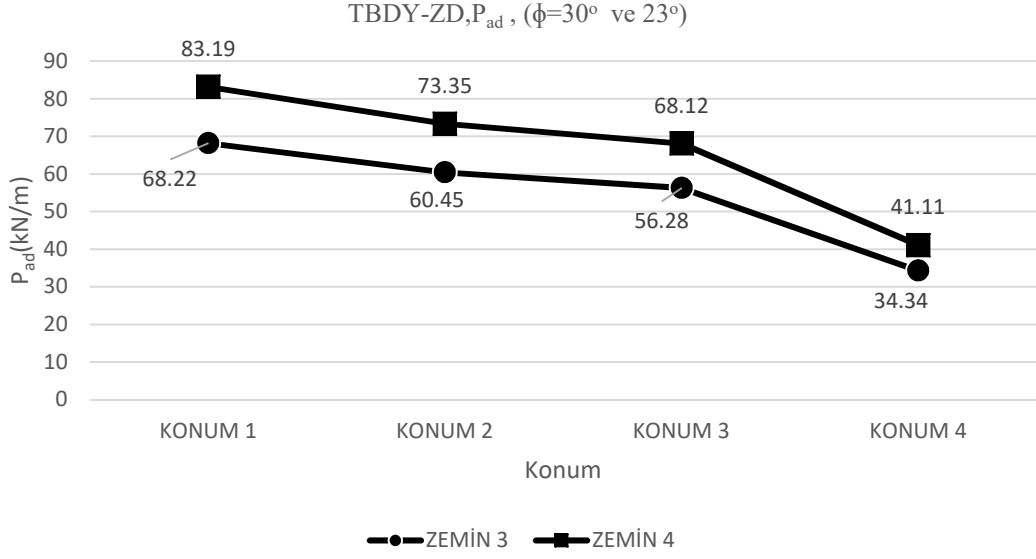


Şekil 4.79: Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $K_{ad}$  değerleri.

Şekle bakıldığında içsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı zemin 4'te, her konum için daha yüksek  $K_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1'den 4'e), elde edilen  $K_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.80'de verilmiştir.



**Şekil 4.80:** Zemin 3 ve 4'te TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri.

Şekle bakıldığında içsel sürtünme açısının daha küçük değer aldığı Zemin 4'te, her konum için daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe (konum 1'den 4'e), elde edilen  $P_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Konum 4 te elde edilen  $P_{ad}$  değerleri,  $P_{as}$  değerlerine göre önemsiz mertebelere denilebilir.

1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde, DBYBHY ile yüksek içsel sürtünme açıları için daha yüksek  $P_{ad}$  değerleri elde edilmektedir.

İçsel sürtünme açısı arttıkça elde edilen  $P_{ad}$  değerleri azalmıştır.

Sayısal Uygulama 2'de DBYBHY ile elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerleri Tablo 4.56'da verilmiştir.

**Tablo 4.56:** Sayısal Uygulama 2’de DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin çizelgesi (kN/m).

	Konum 1	Konum 2	Konum 3	Konum 4
Zemin 1	30.26	22.17	14.43	7.03
Zemin 2	40.01	29.31	19.08	9.31
Zemin 3	45.76	33.48	21.78	10.62
Zemin 4	55.29	40.29	26.11	12.7
Zemin 5	68.05	48.95	31.41	15.16

Sayısal Uygulama 2’de TBDY ile elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerleri Tablo 4.57’de verilmiştir.

**Tablo 4.57:** Sayısal Uygulama 2’de TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin çizelgesi (kN/m).

	Konum 1	Konum 2	Konum 3	Konum 4
Zemin 1-ZA	28.86	23.54	21.19	11.45
Zemin 1-ZB	32.88	26.8	24.05	12.93
Zemin 2-ZA	37.77	30.8	27.73	14.99
Zemin 2-ZB	43.04	35.08	31.47	16.92
Zemin 3-ZC	68.22	57.72	52.76	28.45
Zemin 3-ZD	68.22	60.45	56.28	34.34
Zemin 4- ZC	83.19	69.92	63.74	33.99
Zemin 4-ZD	83.19	73.35	68.12	41.11
Zemin 5-ZD	107.45	92.95	85.57	49.91
Zemin 5-ZE	123.04	113.81	107.79	76.74

TDTH’den alınan 4 konuma ait  $S_{DS}$  değerleri Tablo 4.58’de verilmiştir.

**Tablo 4.58:** 4 konuma ait TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerleri.

	Konum 1	Konum 2	Konum 3	Konum 4
ZA	0.600	0.498	0.452	0.253
ZB	0.675	0.561	0.508	0.284
ZC	0.900	0.779	0.720	0.411
ZD	0.900	0.811	0.762	0.489
ZE	0.975	0.936	0.902	0.700

Sayısal Uygulama 2’de elde edilen sonuçlar genel olarak irdelendiğinde, içsel sürtünme açısı azaldıkça dağılımlar arasındaki farklılıklar artmıştır. Bu durum zemin parametrelerinin doğru belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Deprem tehlikesinin artması DBYBHY ile elde edilen sonuçları TBDY ile elde edilenlere göre daha fazla etkilemiştir (bkz. Şekil 4.45, 4.50, 4.55, 4.60, 4.65).

TBDY ile elde edilen dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenlerden çok daha büyük olabilmektedir. Zemin 1 için Konum 3’te ZB zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 1.67 katına, Zemin 1 için Konum 4’te ZB zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 1.84 katına, Zemin 3 için Konum 3’te ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 2.58 katına, Zemin 3 için Konum 4’te ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 3.23 katına, Zemin 3 için Konum 4’te ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 2.61 katına, Zemin 4 için Konum 4’te ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 3.24 katına, Zemin 5 için Konum 4’te ZB zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilenin 5.06 katına ulaşmıştır (bkz. Tablo 4.57).

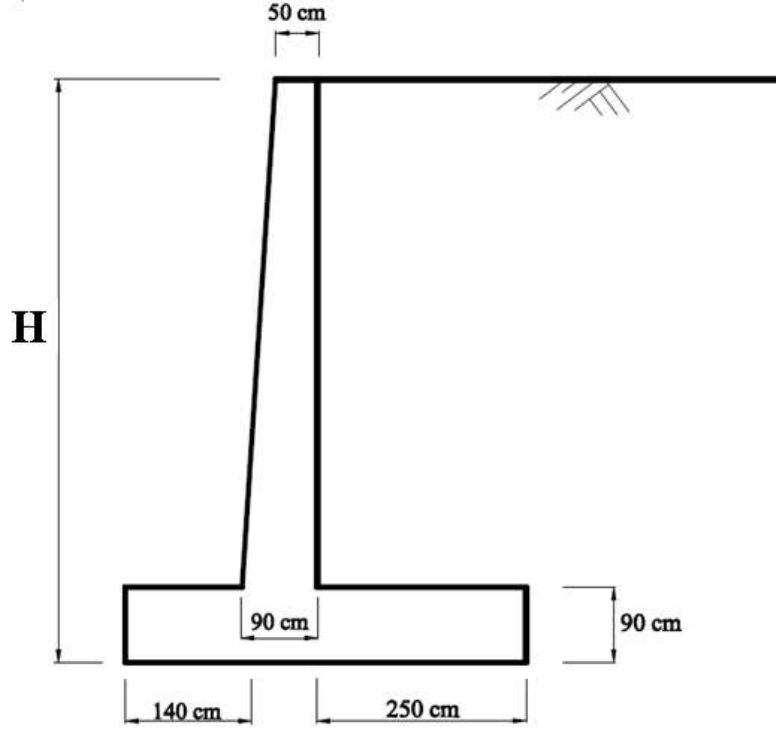
Sayısal Uygulama 2’de, TBDY ile elde edilen ek deprem kuvvetleri  $P_{ad}$ , genel olarak göz ardı edilemeyecek seviyelerdedir. Zemin 5 için Konum 1’de elde edilen  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinin %76’sına ulaşmıştır.  $P_{ad}$  değerinin  $P_{as}$  değerine göre nispeten önemsiz kaldığı da görülmüştür. Zemin 5 için Konum 4’te elde edilen  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinin %9.4’ü seviyesinde kalmıştır. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, genel olarak 4. derece deprem bölgesinde bulunan Konum 4’te,  $P_{as}$  değerine göre önemsiz seviyelerde kalmıştır.

### 4.3 Sayısal Uygulama 3

Bu uygulamada DBYBHY ve TBDY’de yer alan istinat yapıları hesap yöntemleri, Şekil 4.81’de görülen konsol duvar modeli ile incelenmiştir. Modeller H duvar yükseklikleri 3.0 metreden 8.0 metreye yarım metre değiştirilerek belirlenmiştir. İncelemede kullanılan konum, 17 Ağustos 1999 tarihinde gerçekleşen, 45 saniye

süren, Mw 7.4 büyüklüğündeki Gölcük depreminin merkez üssü olan noktadır (Şekil 4.83).

Ekonomik olarak inşa edilmesi planlanan konsol istinat duvarının en fazla 8 m'ye kadar yapılabileceği bilinmektedir (Öztürk vd., 1988).



Şekil 4.81: Karşılaştırmada kullanılan konsol duvar modeli.

*Pasif itki ihmal edilebilecek düzeydedir. Duvar modelinde, su seviyesi temel tabanının altındadır.*

Duvar zeminine ve duvara ait diğer özellikler Tablo 4.59'da verilmiştir.

Tablo 4.59: Zemine ve duvara ait diğer özellikler.

Konum Y	40,70° K	$y$	18 kN/m <sup>3</sup>
Konum X	29,91° D	$y_d$	21 kN/m <sup>3</sup>
Deprem Bölgesi	1	$\phi$	30°
$r$	1.5	$c$	0
$\beta$	0°	$\alpha$	0°

Kullanılan zemin modeline ait, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı parametrelerinin tek değeri kabul edilmiştir. Yerel zemin sınıfını belirleyen diğer zemin parametreleri ( $(V_s)_{30}$ : ortalama kayma dalgası hızı,  $(c_u)_{30}$ : ortalama drenajsız kayma dayanımı,  $(N_{60})_{30}$ : ortalama standart penetrasyon darbe sayısı) açısından 5 farklı yerel zemin sınıfında yer aldıkları kabul edilmiştir. Tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmasıyla, önceki yönetmelikten farklı olarak yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin öneminin görülmesi amaçlanmıştır (bkz. Tablo 3.3, 3.4).

Bu konum için TDTH'den alınan harita spektral ivme katsayıları ile, TBDY'den alınan yerel zemin etki katsayılarının çarpımı ile elde edilen tasarım spektral ivme katsayılarının ( $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$ ) hesaplanması Tablo 4.60'ta verilmiştir (bkz. Eşitlik 3.21).

**Tablo 4.60:**  $S_{DI}$  ve  $S_{DS}$  değerlerinin hesaplanması.

	$S_I$	$S_S$	$F_I$	$F_S$	$S_{DI}$	$S_{DS}$
ZA	0.477	1.771	0.80	0.80	0.382	1.417
ZB	0.477	1.771	0.80	0.90	0.382	1.594
ZC	0.477	1.771	1.50	1.20	0.716	2.125
ZD	0.477	1.771	1.88	1.00	0.894	1.771
ZE	0.477	1.771	2.25	0.80	1.073	1.417





Şekil 4.82: Karşılaştırmalarda Gölcük'te kullanılan konum (AFAD, 2018).

Tüm duvar yüksekliklerinde elde edilen eşdeğer deprem katsayıları ve zemin basıncı katsayıları Tablo 4.61'de verilmiştir.

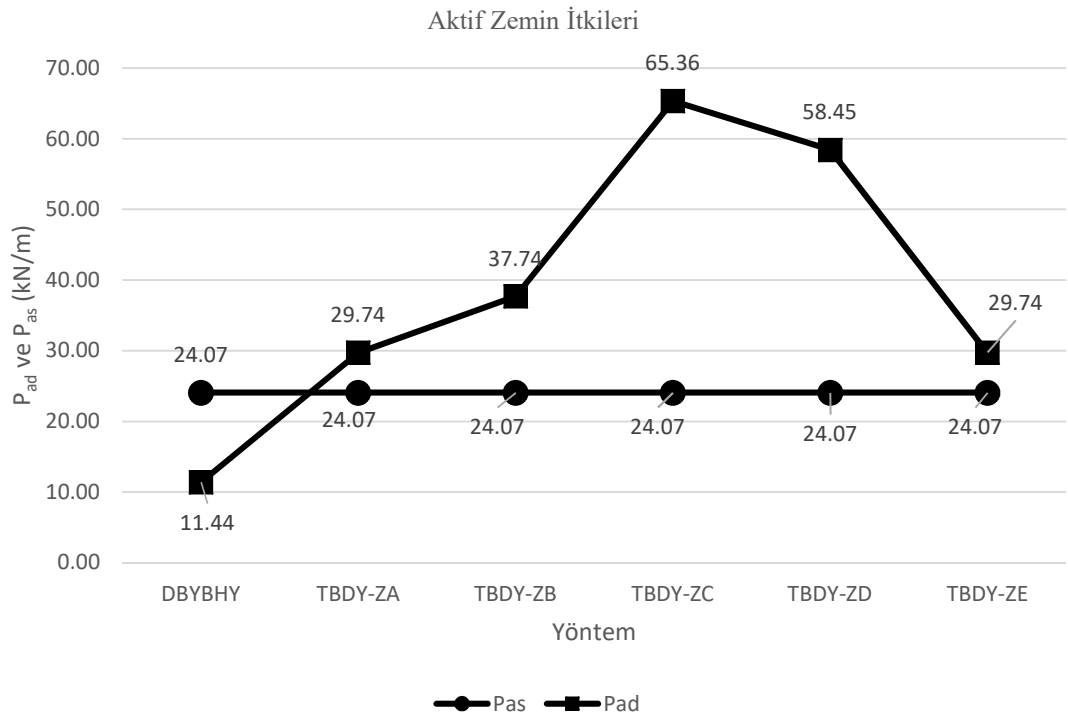
Tablo 4.61: Tüm duvar yükseklikleri için elde edilen  $k_h$ ,  $k_v$ ,  $K_{at}$  ve  $K_{ad}$  değerleri.

Yöntem	$k_h$	$k_v$	$K_{at}$	$K_{ad}$
DBYBHY	0.160	0.107	0.475	0.141
TBDY-ZA	0.378	0.189	0.589	0.256
TBDY-ZB	0.425	0.213	1.015	0.682
TBDY-ZC	0.567	0.283	1.591	1.258
TBDY-ZD	0.472	0.236	1.381	1.048
TBDY-ZE	0.378	0.189	0.589	0.256

3 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.62'de, grafiği Şekil 4.83'te verilmiştir.

**Tablo 4.62:** 3 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	24.07	11.44
TBDY-ZA	24.07	29.74
TBDY-ZB	24.07	37.74
TBDY-ZC	24.07	65.36
TBDY-ZD	24.07	58.45
TBDY-ZE	24.07	29.74



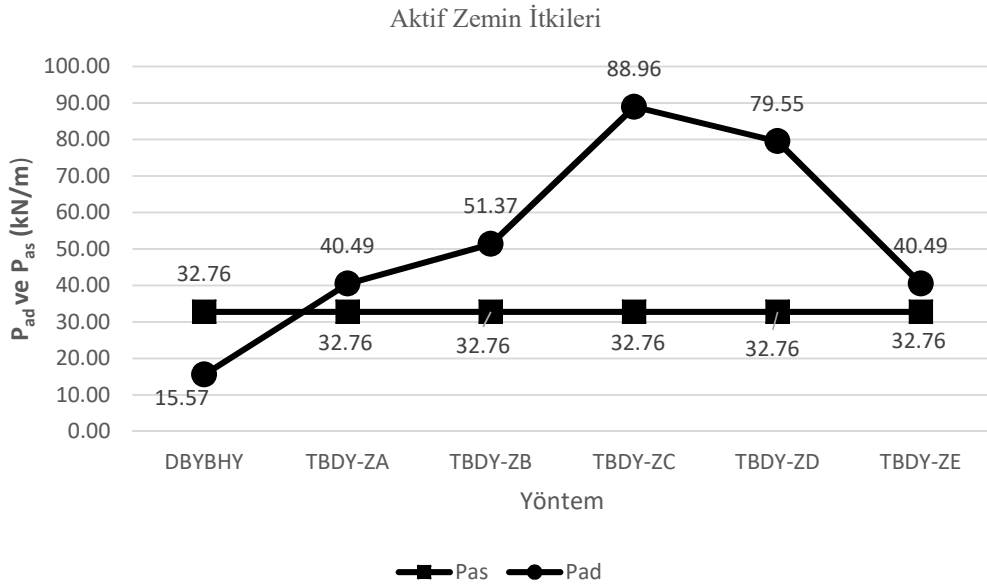
**Şekil 4.83:** 3 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.83'te görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

3.5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.63'te, grafiği Şekil 4.84'te verilmiştir.

**Tablo 4.63:** 3.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	32.76	15.57
TBDY-ZA	32.76	40.49
TBDY-ZB	32.76	51.37
TBDY-ZC	32.76	88.96
TBDY-ZD	32.76	79.55
TBDY-ZE	32.76	40.49



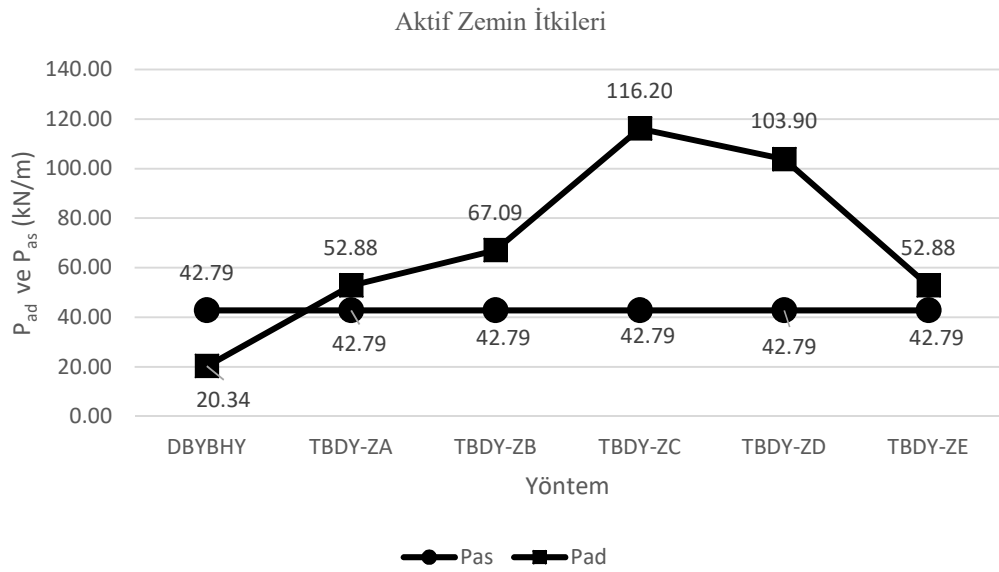
**Şekil 4.84:** 3.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.84'te görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

4 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.64'te, grafiği Şekil 4.85'te verilmiştir.

**Tablo 4.64:** 4 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	42.79	20.34
TBDY-ZA	42.79	52.88
TBDY-ZB	42.79	67.09
TBDY-ZC	42.79	116.20
TBDY-ZD	42.79	103.90
TBDY-ZE	42.79	52.88



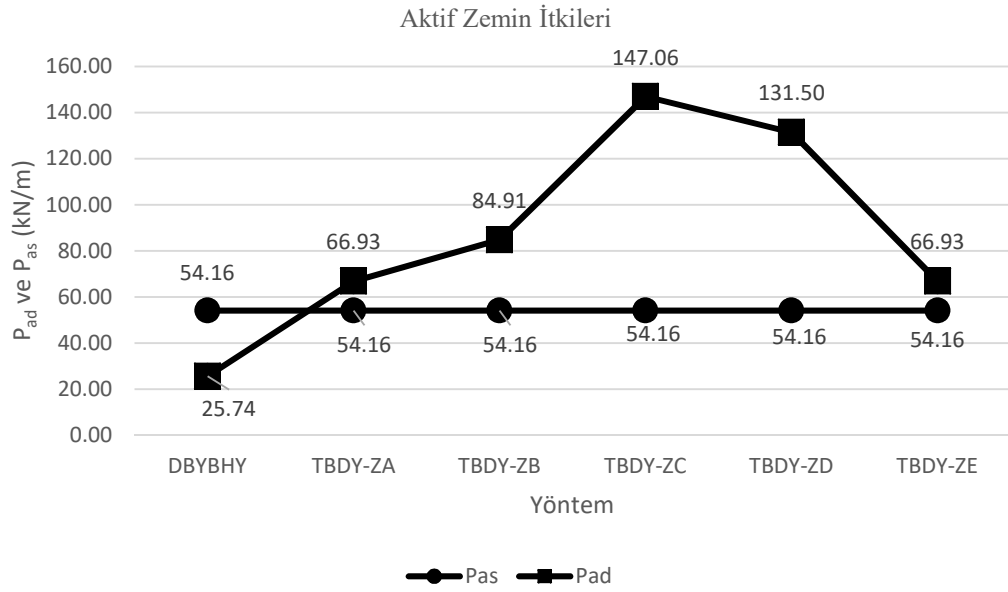
**Şekil 4.85:** 4 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4. 85'te görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir.

4.5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.65'te, grafiği Şekil 4.86'da verilmiştir.

**Tablo 4.65:** 4.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	54.16	25.74
TBDY-ZA	54.16	66.93
TBDY-ZB	54.16	84.91
TBDY-ZC	54.16	147.06
TBDY-ZD	54.16	131.50
TBDY-ZE	54.16	66.93



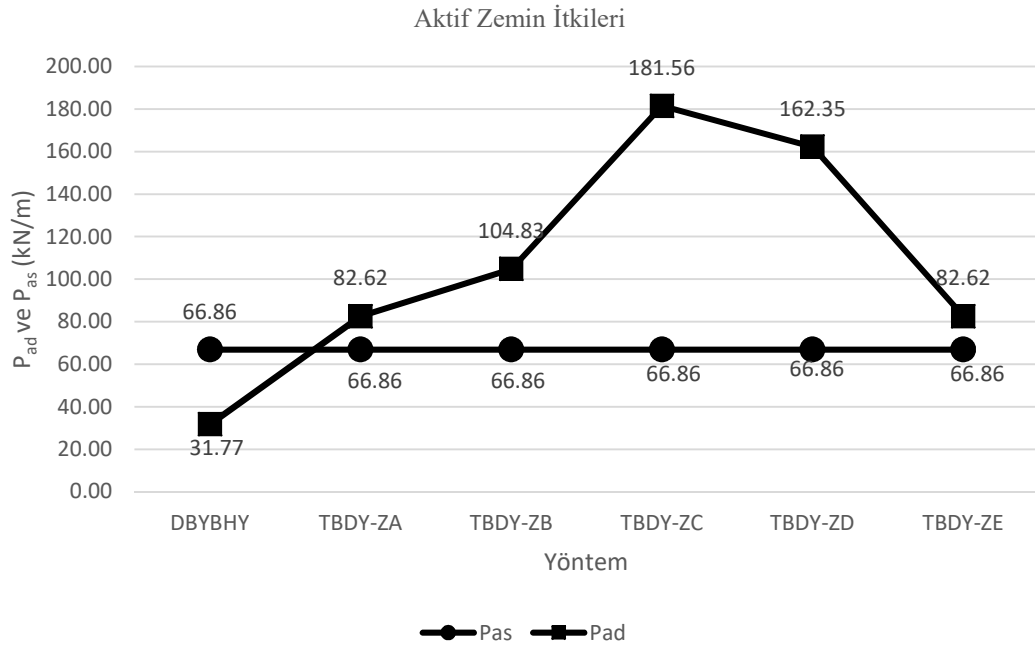
**Şekil 4.86:** 4.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekilden görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.66'da, grafiği Şekil 4.87'de verilmiştir.

**Tablo 4.66:** 5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	66.86	31.77
TBDY-ZA	66.86	82.62
TBDY-ZB	66.86	104.83
TBDY-ZC	66.86	181.56
TBDY-ZD	66.86	162.35
TBDY-ZE	66.86	82.62



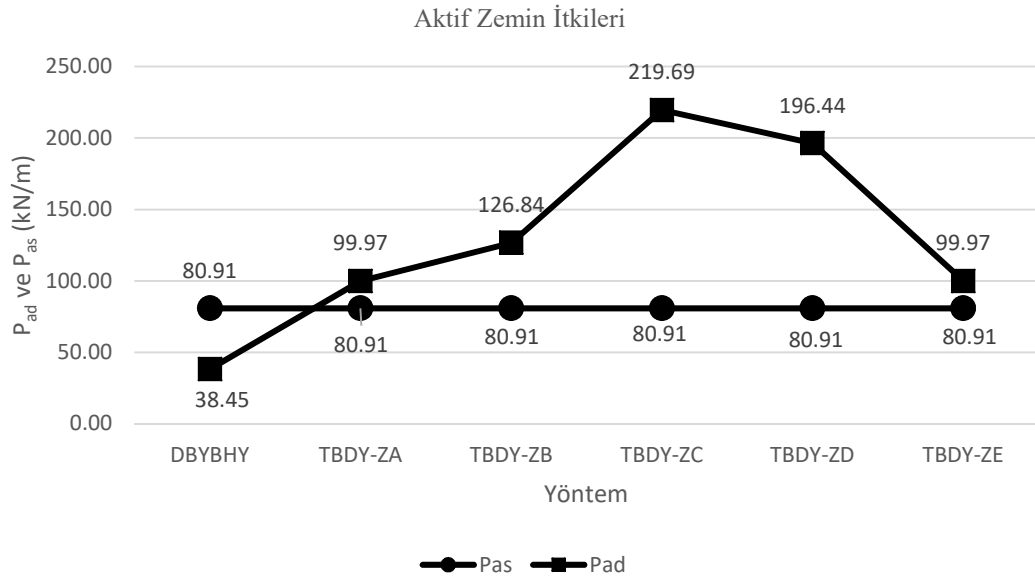
**Şekil 4.87:** 5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4. 87’de görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.67’de, grafiği Şekil 4.88’de verilmiştir.

**Tablo 4.67:** 5.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	80.91	38.45
TBDY-ZA	80.91	99.97
TBDY-ZB	80.91	126.84
TBDY-ZC	80.91	219.69
TBDY-ZD	80.91	196.44
TBDY-ZE	80.91	99.97



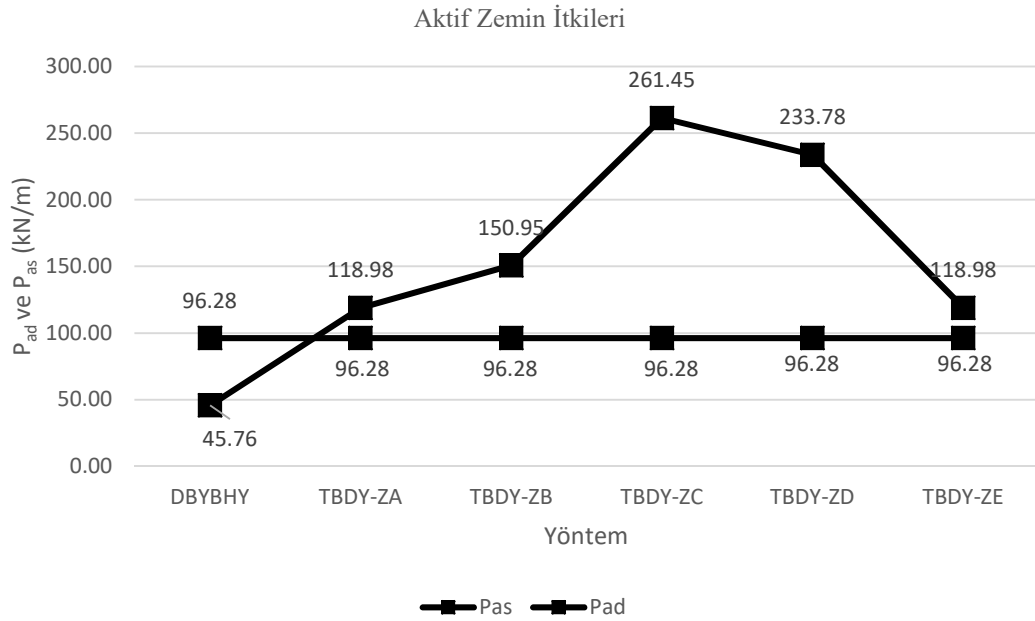
**Şekil 4.88:** 5.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4. 88’de görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

6 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.68’de, grafiği Şekil 4.89’da verilmiştir.

**Tablo 4.68:** 6 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	96.28	45.76
TBDY-ZA	96.28	118.98
TBDY-ZB	96.28	150.95
TBDY-ZC	96.28	261.45
TBDY-ZD	96.28	233.78
TBDY-ZE	96.28	118.98



**Şekil 4.89:** 6 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

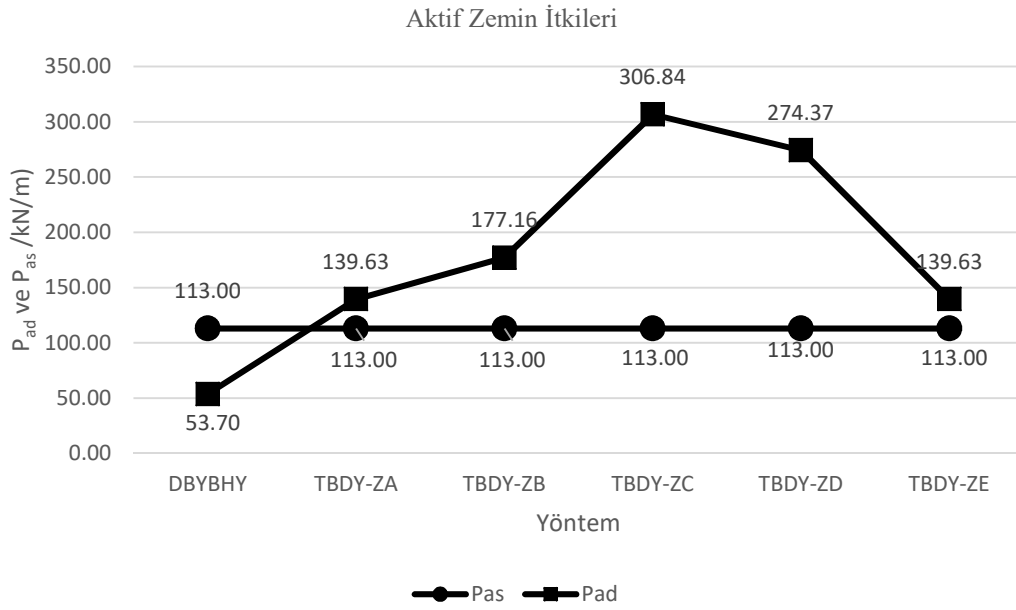
Şekil 4.89’da görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür. Bunun sebebi TDTH’den elde edilen  $S_{DS}$  değerinin ZC zemin sınıfı için en yüksek değeri almasıdır.  $S_{DS}$  değerinin artışı ile  $P_{ad}$  değerinin artışı süreklidir.

6.5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.69’da, grafiği Şekil 4.90’da verilmiştir.



**Tablo 4.69:** 6.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	113.00	53.70
TBDY-ZA	113.00	139.63
TBDY-ZB	113.00	177.16
TBDY-ZC	113.00	306.84
TBDY-ZD	113.00	274.37
TBDY-ZE	113.00	139.63



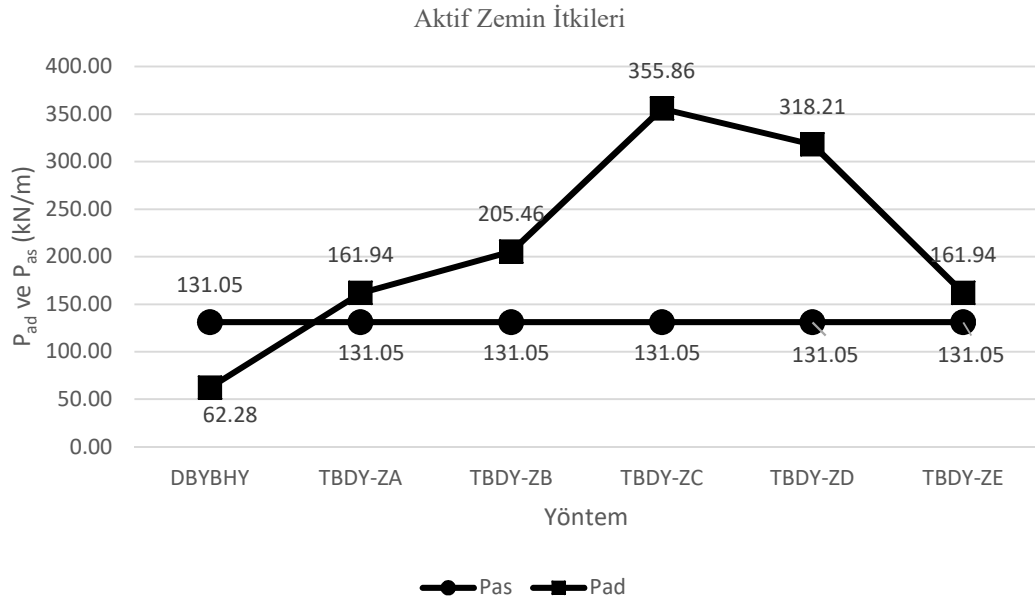
**Şekil 4.90:** 6.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekilden görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

7 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.70’te, grafiği Şekil 4.91’de verilmiştir.

**Tablo 4.70:** 7 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	131.05	62.28
TBDY-ZA	131.05	161.94
TBDY-ZB	131.05	205.46
TBDY-ZC	131.05	355.86
TBDY-ZD	131.05	318.21
TBDY-ZE	131.05	161.94



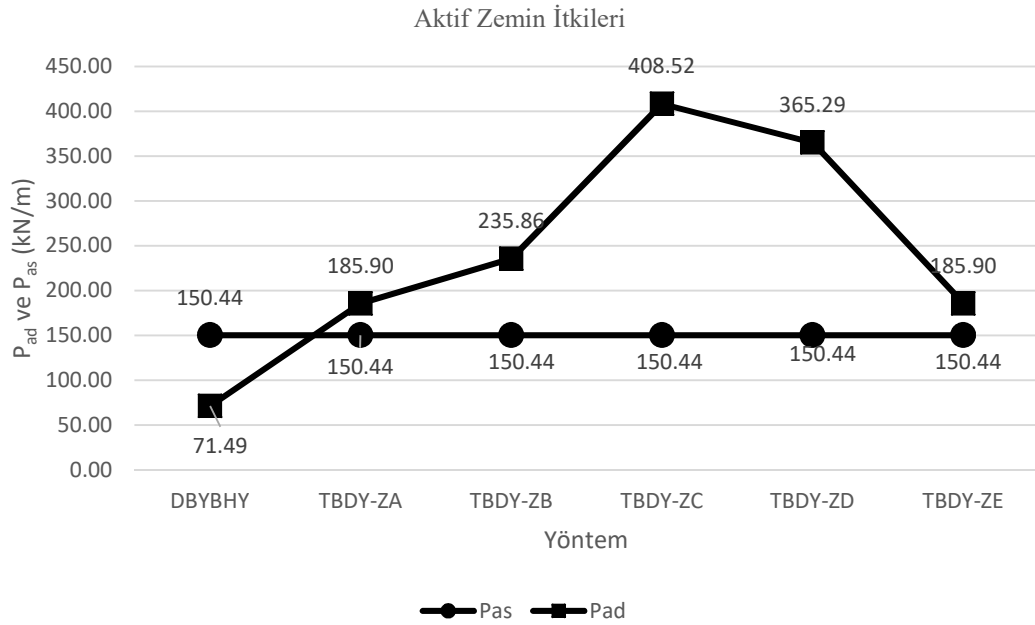
**Şekil 4.91:** 7 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.91’de görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

7.5 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.71’de, grafiği Şekil 4.92’de verilmiştir.

**Tablo 4.71:** 7.5 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	150.44	71.49
TBDY-ZA	150.44	185.90
TBDY-ZB	150.44	235.86
TBDY-ZC	150.44	408.52
TBDY-ZD	150.44	365.29
TBDY-ZE	150.44	185.90



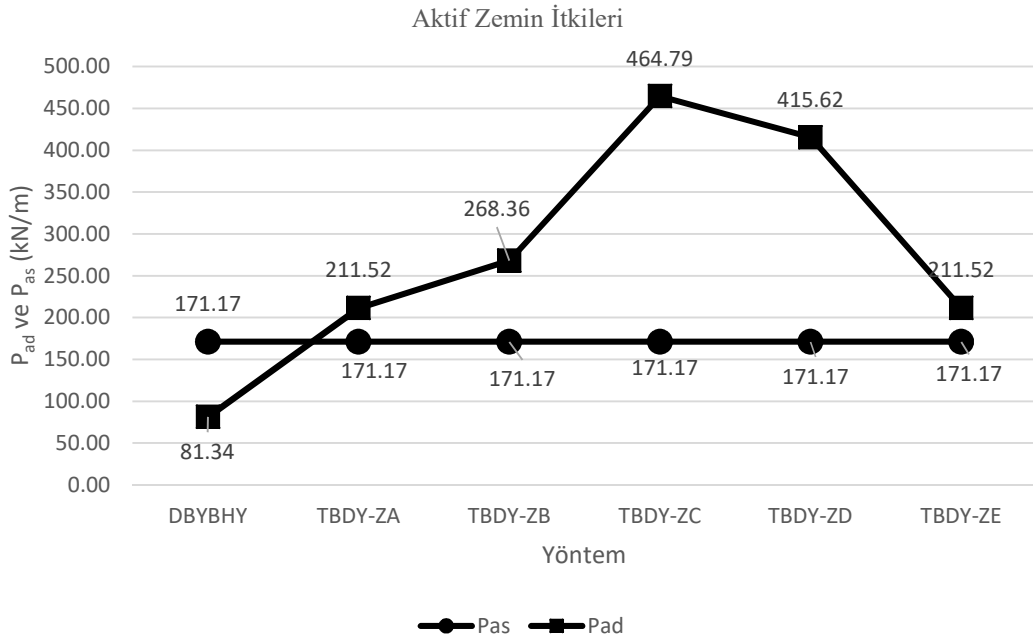
**Şekil 4.92:** 7.5 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.92’de görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

8 m duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri Tablo 4.72’de, grafiği Şekil 4.93’t e verilmiştir.

**Tablo 4.72:** 8 m yüksekliğindeki duvar modeli için elde edilen sonuçlar.

Yöntem	$P_{as}$ (kN/m)	$P_{ad}$ (kN/m)
DBYBHY	171.17	81.34
TBDY-ZA	171.17	211.52
TBDY-ZB	171.17	268.36
TBDY-ZC	171.17	464.79
TBDY-ZD	171.17	415.62
TBDY-ZE	171.17	211.52



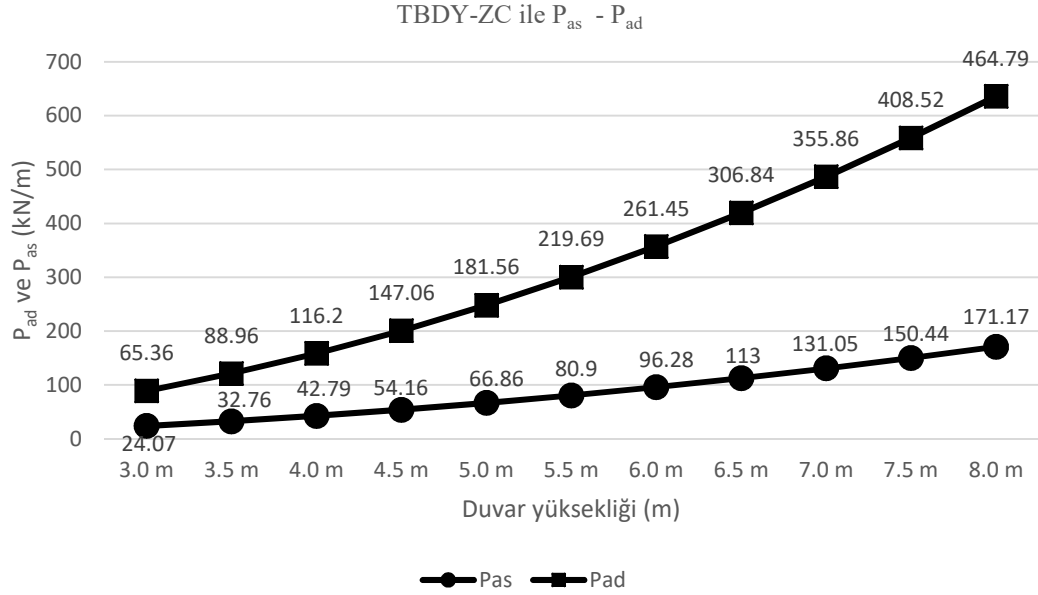
**Şekil 4.93:** 8 metre duvar için elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.93'te görüldüğü üzere TBDY ile tüm yerel zemin sınıfları için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerinden yüksek çıkmıştır. En yüksek  $P_{ad}$  değeri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değeri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıfında elde edilen değerler, ZC zemin sınıfında elde edilenlerden daha düşüktür.

TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında yapılan analizler arasında oluşan büyük farklılıklar, tek zemin modelinde aynı içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile analiz yapılmasından kaynaklanmaktadır. Gerçek zemin numunelerine ait

zemin parametreleri ile yapılacak hesaplarda aynı sonuçların elde edilmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

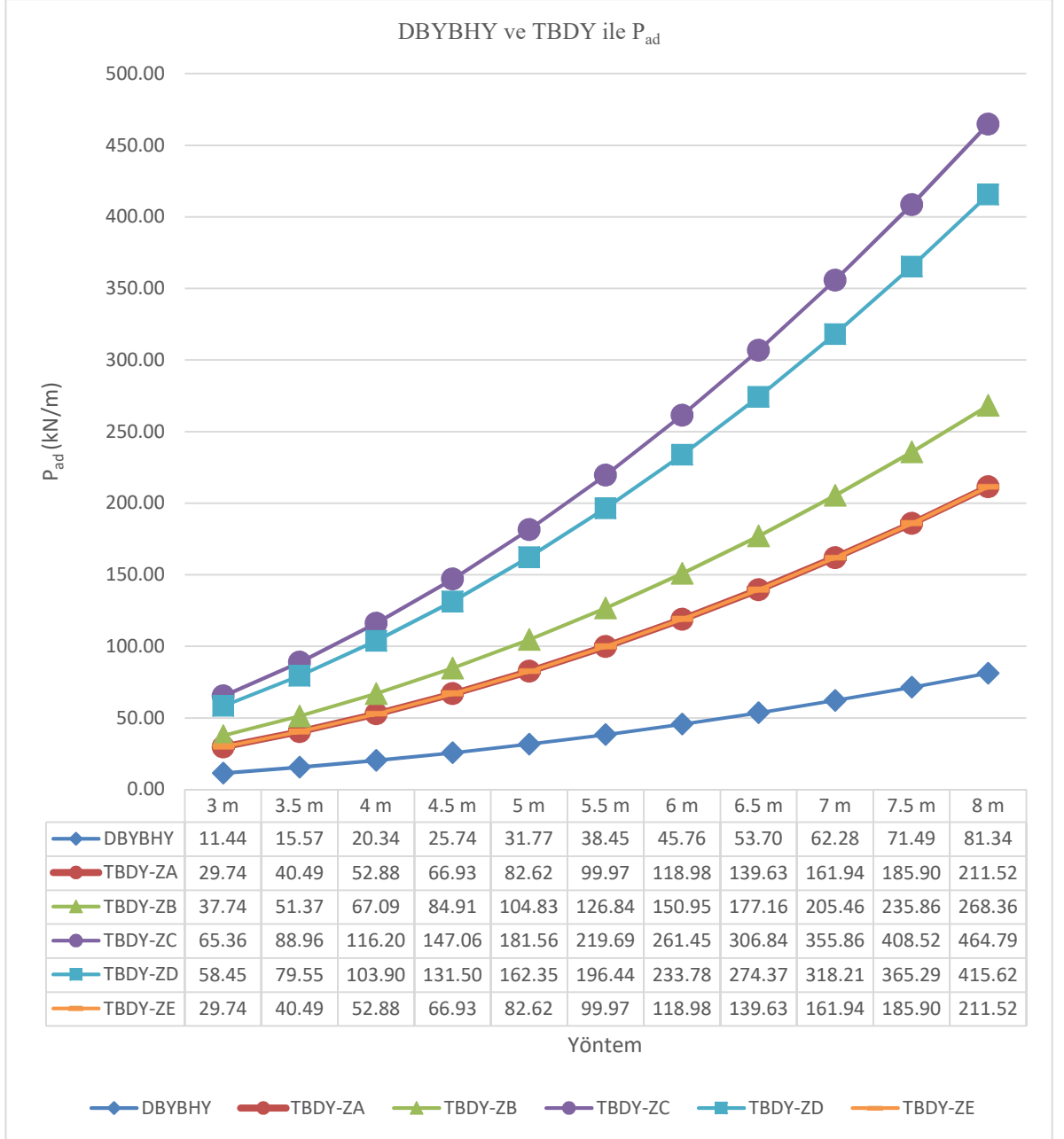
TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri ile statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.94’te verilmiştir.



Şekil 4.94: TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin  $P_{as}$  değerleri ile karşılaştırılması.

Tüm duvar yüksekliklerinde en yüksek  $P_{ad}$  değerinin elde edildiği TBDY ile ZC zemin sınıfının kullanıldığı analizlerde,  $P_{as}$  değerinden oldukça yüksek sonuçlar alınmıştır. Tüm duvar yüksekliklerinde TBDY ile ZC zemin sınıflarında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri,  $P_{as}$  değerlerinin 2.71 katıdır.

Tüm duvar yükseklikleri için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.95’te verilmiştir.

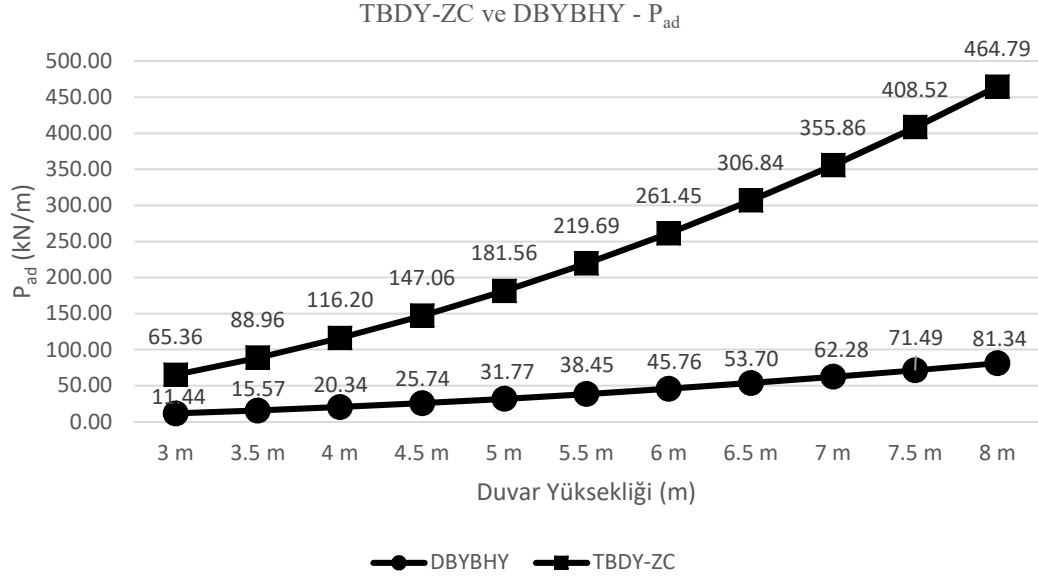


Şekil 4.95: DBYBHY ve TBDY ile tüm duvar yüksekliklerinde  $P_{ad}$  değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 4.95'te görüldüğü üzere, her duvar yüksekliği için en yüksek  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile ZC zemin sınıfında, en düşük  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile elde edilmiştir.

TBDY ile ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıflarına göre daha düşük  $P_{ad}$  değerleri elde edilmiştir.

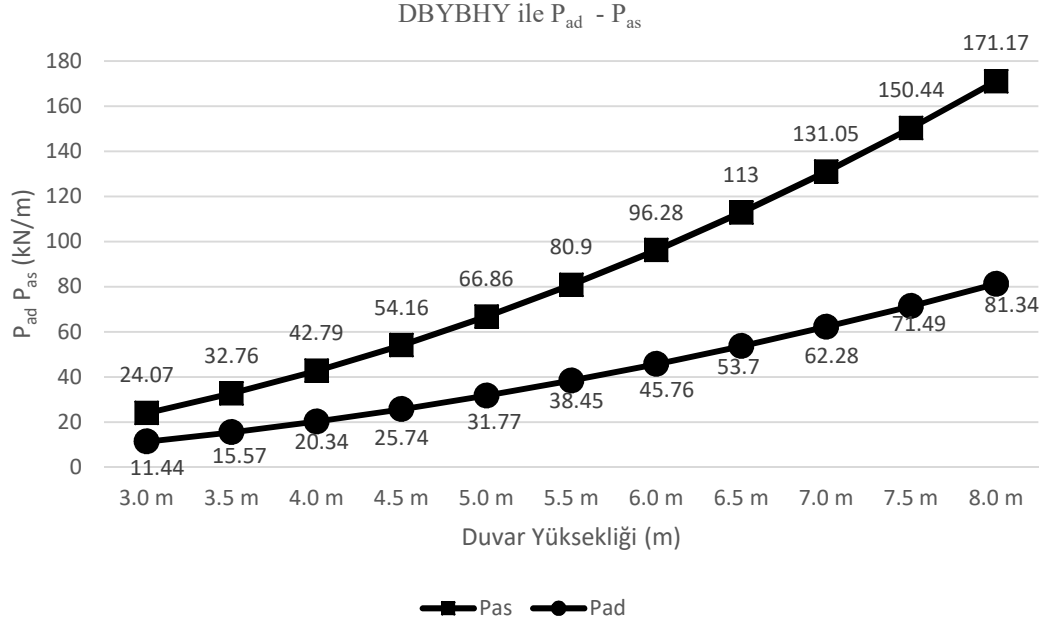
DBYBHY ile ve TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.96'da verilmiştir.



Şekil 4.96: DBYBHY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

$P_{ad}$  değerleri arasındaki en büyük farklılık TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilenlerle DBYBHY ile elde edilenler arasında elde edilmiştir. TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin her duvar yüksekliği için yaklaşık 5.71 katı büyüklüktedir.

DBYBHY ile ve elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerleriyle karşılaştırılması grafiği Şekil 4.97’de verilmiştir.

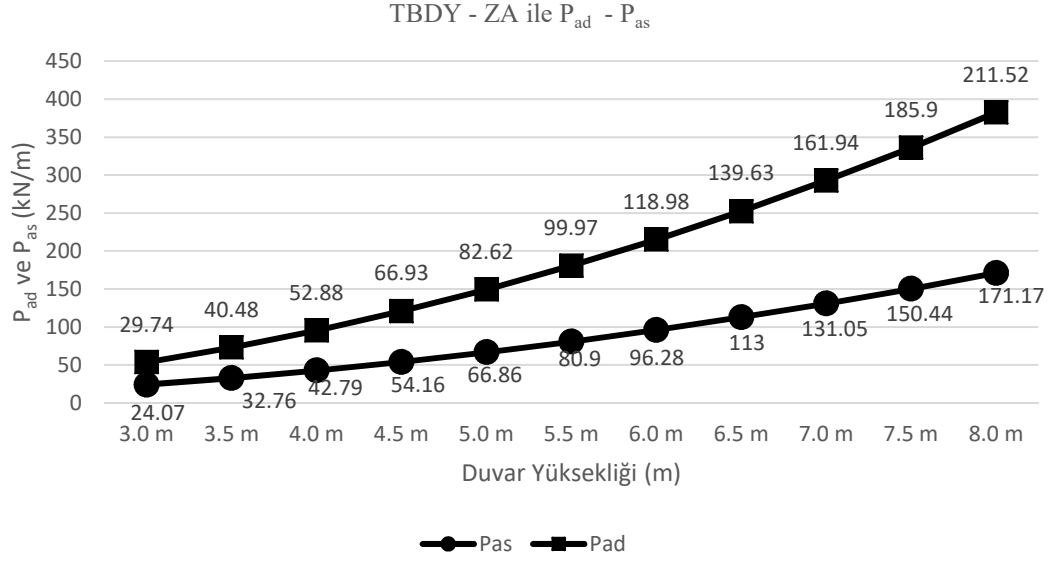


Şekil 4.97: DBYBHY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.97’de görüldüğü üzere, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerlerinden düşüktür. Tüm duvar yükseklikleri için, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin %47’si büyüklüktedir. Depremlı durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$ ,  $P_{as}$  değerine göre önemli mertebededir.

TBDY ile ZA zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri ve statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiğı Şekil 4.98’de verilmiştir.

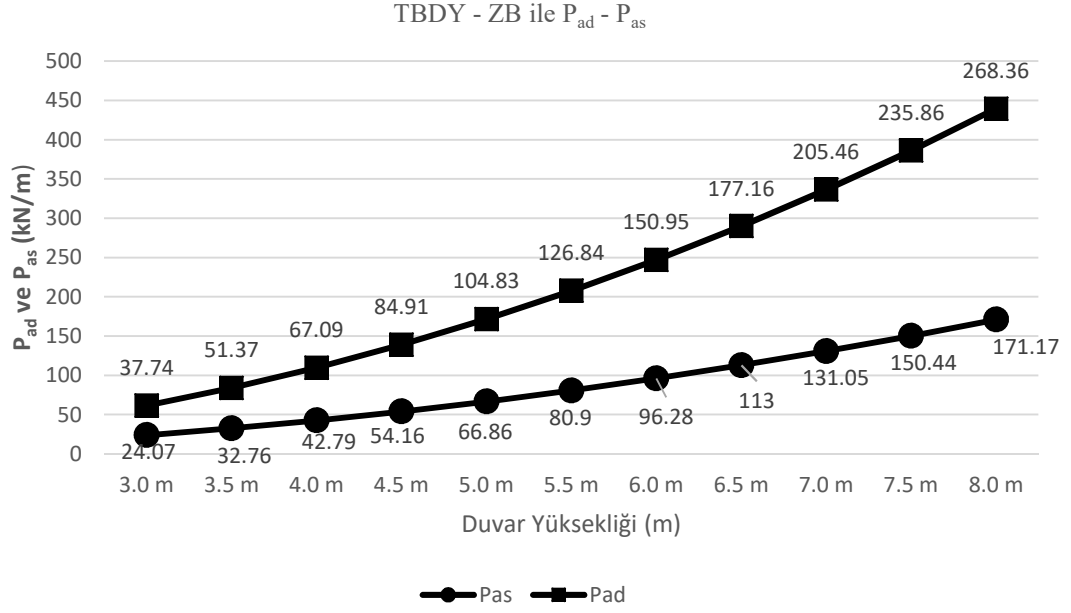




**Şekil 4.98:** ZA zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.98’de görüldüğü üzere, depremlı durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinden TBDY ile ZA zemin sınıfı için her duvar yüksekliği için daha büyük elde edilmiştir. Tüm duvar yükseklikleri için, TBDY ile ZA zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 1.24 katı büyüklüktedir.

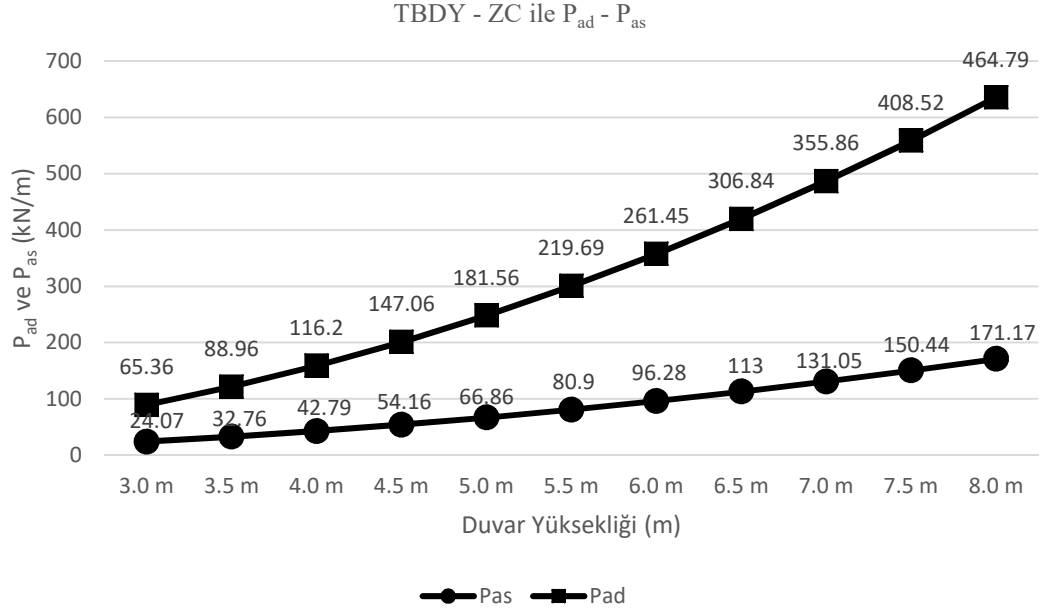
TBDY ile ZB zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri ve statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.99’da verilmiştir.



Şekil 4.99: ZB zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.99’da görüldüğü üzere, depremlı durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinden TBDY ile ZB zemin sınıfı için her duvar yüksekliği için daha büyük elde edilmiştir. Tüm duvar yükseklikleri için, TBDY ile ZB zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 1.57 katı büyüklüktedir.

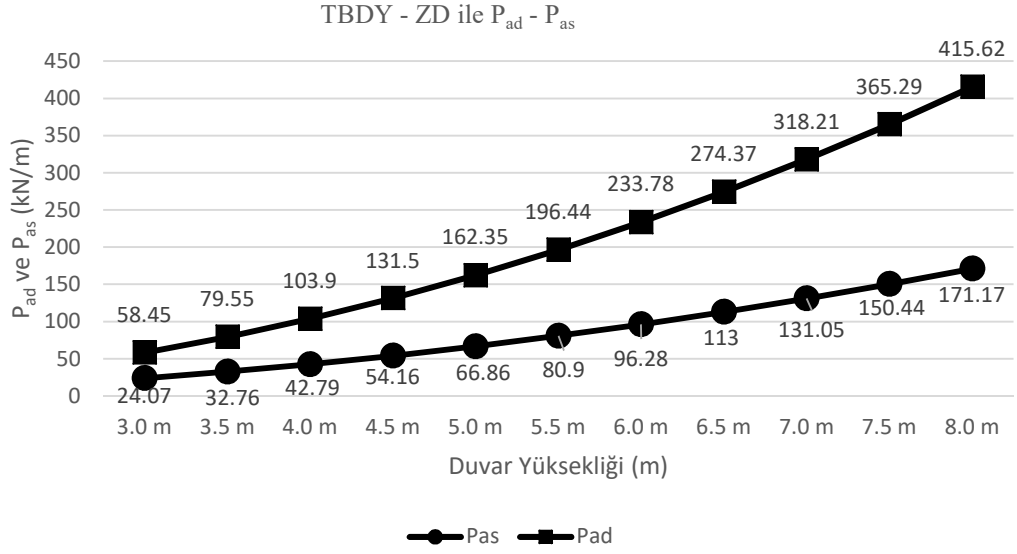
TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri ve statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.100’de verilmiştir.



**Şekil 4.100:** ZC zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.100’de görüldüğü üzere, depremlili durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinden TBDY ile ZC zemin sınıfı için her duvar yüksekliği için daha büyük elde edilmiştir. Tüm duvar yükseklikleri için, TBDY ile ZC zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 2.72 katı büyüklüktedir.

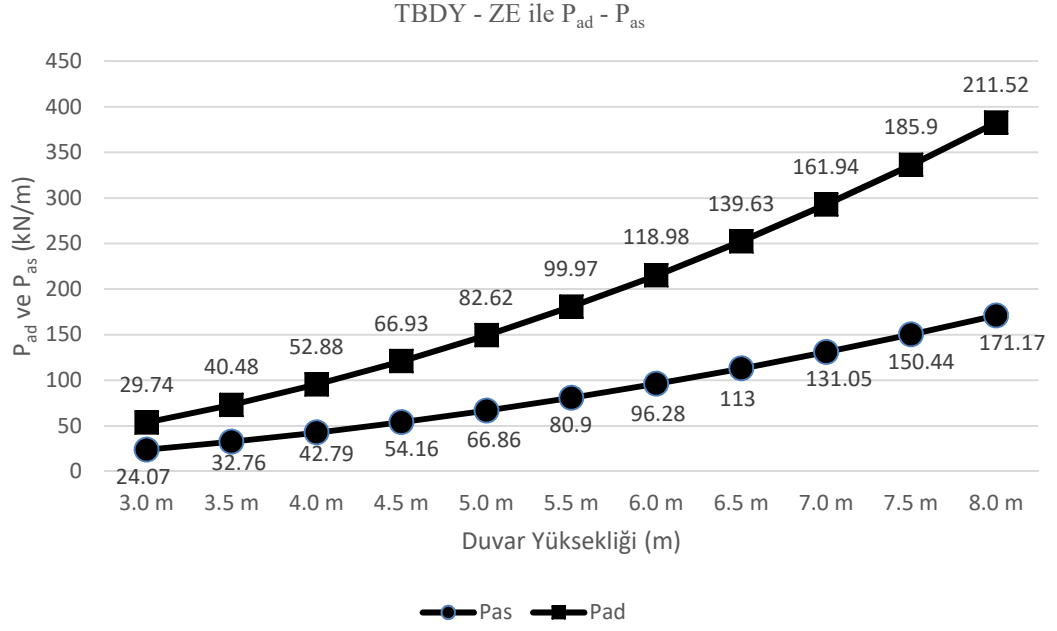
TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri ve statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.101’de verilmiştir.



**Şekil 4.101:** ZD zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.101’de görüldüğü üzere, depremlili durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinden TBDY ile ZD zemin sınıfı için her duvar yüksekliği için daha büyük elde edilmiştir. Tüm duvar yükseklikleri için, TBDY ile ZD zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 2.43 katı büyüklüktedir.

TBDY ile ZE zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değerleri ve statik zemin itkisi  $P_{as}$  değerlerinin grafiği Şekil 4.102’de verilmiştir.



**Şekil 4.102:** ZE zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen aktif zemin itkisi değerleri.

Şekil 4.102’de görüldüğü üzere, depremlı durumda ek dinamik kuvvet olarak istinat yapılarına etkiyecek olan  $P_{ad}$  değeri  $P_{as}$  değerinden TBDY ile ZA zemin sınıfı için her duvar yüksekliği için daha büyük elde edilmiştir. Tüm duvar yükseklikleri için, TBDY ile ZA zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 1.24 katı büyüklüktedir.

Tablo 4.73’te her duvar yüksekliği için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri birbiriyle karşılaştırılmıştır. Tablo 4.74’te her yöntemin kendi içinde,  $P_{ad}$  değerlerinin duvar yüksekliklerine göre artışı incelenmiştir. İki tablodan da görüldüğü üzere duvar yüksekliğinin 3 metreden 8 metreye kadar artışının DBYBHY ve TBDY’nin verdiği sonuçlara etkisinde incelenebilecek bir farklılık görülmemiştir. Duvar yüksekliğinin sonuçlara etkisi her analizde aynı orandadır denilebilir.

**Tablo 4.73:** Her duvar yüksekliği için DBYBHY ve TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin oranlanması.

	3 m	3.5 m	4 m	4.5 m	5 m	5.5 m
DBYBHY/ZA	0.384582	0.384579	0.384574	0.384575	0.384577	0.384576
DBYBHY/ZB	0.303116	0.303119	0.303118	0.303117	0.303109	0.303119
DBYBHY/ZC	0.175013	0.175011	0.175008	0.175015	0.17501	0.175008
DBYBHY/ZD	0.195719	0.195717	0.195726	0.195724	0.195719	0.195722
DBYBHY/ZE	0.384582	0.384579	0.384574	0.384575	0.384577	0.384576
	6 m	6.5 m	7 m	7.5 m	8 m	
DBYBHY/ZA	0.384567	0.384585	0.384579	0.38458	0.384567	0.384567
DBYBHY/ZB	0.303119	0.303114	0.303119	0.303118	0.303114	0.303119
DBYBHY/ZC	0.175008	0.175008	0.175009	0.175006	0.175012	0.175008
DBYBHY/ZD	0.195722	0.19572	0.195716	0.195717	0.195717	0.195722
DBYBHY/ZE	0.384567	0.384585	0.384579	0.38458	0.384567	0.384567

**Tablo 4.74:** Her yöntemde elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin duvar yüksekliği artışıyla ilişkisinin incelenmesi.

	3 m/3.5 m	3 m/4 m	3 m/4.5 m	3 m/5 m	3 m/5.5 m
DBYBHY	0.73469624	0.562503	0.44444531	0.360001	0.29752182
TBDY-ZA	0.73469186	0.562492	0.4444378	0.359997	0.29751735
TBDY-ZB	0.73470262	0.562507	0.44444706	0.359992	0.29752444
TBDY-ZC	0.73469044	0.562487	0.44445124	0.359997	0.29751468
TBDY-ZD	0.73468926	0.562522	0.44445627	0.36	0.29752596
TBDY-ZE	0.73469186	0.562492	0.4444378	0.359997	0.29751735
	3 m/6 m	3 m/6.5 m	3 m/7 m	3 m/7.5 m	3 m/8 m
DBYBHY	0.250001	0.213018347	0.183674	0.160000559	0.140626
TBDY-ZA	0.249992	0.213020125	0.183673	0.16	0.14062
TBDY-ZB	0.250003	0.213016482	0.183676	0.160001696	0.140625
TBDY-ZC	0.249994	0.213013297	0.183671	0.159994615	0.140625
TBDY-ZD	0.250004	0.213018916	0.183671	0.159998905	0.140624
TBDY-ZE	0.249992	0.213020125	0.183673	0.16	0.14062

Sayısal Uygulama 3'te DBYBHY ve TBDY ile elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerleri

Tablo 4.75'te verilmiştir.

**Tablo 4.75:** Sayısal Uygulama 3’te elde edilen tüm  $P_{ad}$  değerlerinin çizelgesi (kN/m).

	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$
Yöntem	3 m	3.5 m	4 m	4.5 m	5 m	5.5 m
DBYBHY	11.44	15.57	20.34	25.74	31.77	38.45
TBDY-ZA	29.74	40.49	52.88	66.93	82.62	99.97
TBDY-ZB	37.74	51.37	67.09	84.91	104.83	126.84
TBDY-ZC	65.36	88.96	116.20	147.06	181.56	219.69
TBDY-ZD	58.45	79.55	103.90	131.50	162.35	196.44
TBDY-ZE	29.74	40.49	52.88	66.93	82.62	99.97
	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	$P_{ad}$	
Yöntem	6 m	6.5 m	7 m	7.5 m	8 m	
DBYBHY	45.76	53.70	62.28	71.49	81.34	
TBDY-ZA	118.98	139.63	161.94	185.90	211.52	
TBDY-ZB	150.95	177.16	205.46	235.86	268.36	
TBDY-ZC	261.45	306.84	355.86	408.52	464.79	
TBDY-ZD	233.78	274.37	318.21	365.29	415.62	
TBDY-ZE	118.98	139.63	161.94	185.90	211.52	

TDTH’den alınan  $S_{DS}$  değerleri Tablo 4.76’da verilmiştir.

**Tablo 4.76:** TDTH’den zemin sınıflarına göre alınan  $S_{DS}$  değerleri.

	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
SDS	1.417	1.594	2.125	1.771	1.417

Sayısal Uygulama 3’te elde edilen sonuçlar genel olarak irdelendiğinde, TDBH’ye göre 1.derece deprem bölgesine bulunan bu konumda, tüm duvar yükseklikleri için en düşük  $P_{ad}$  değerleri DBYBHY ile elde edilmiştir. TBDY ile ZA zemin sınıfı için elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenlerin 2.6 katı, ZB zemin sınıfı için elde edilenler 3.3 katı, ZC zemin sınıfı için elde edilenler 5.71 katı, ZD zemin sınıfı için elde edilenler 5.11 katı, ZE zemin sınıfı için elde edilenler 2.6 katı büyüklüğe ulaşmıştır.

TBDY ile elde edilen 5  $P_{ad}$  değeri de her zemin  $P_{as}$  değerinden yüksek elde edilmiştir. ZA yerel zemin sınıfı için TBDY ile her duvar yüksekliğinde elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerlerinin 1.24 katı, ZB zemin sınıfı için 1.57 katı, ZC zemin sınıfı için 2.72 katı, ZD zemin sınıfı için 2.43 katı, ZE zemin sınıfı için 1.24 katı büyüklüğünde elde edilmiştir.

DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri de  $P_{as}$  değerlerine göre göz ardı edilemeyecek büyüklüklerde elde edilmiştir. DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerlerinin %48'i büyüklükte elde edilmiştir.

TBDY ile yapılan analizlerde, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru, elde edilen  $P_{ad}$  değerleri sürekli olarak artış göstermemiştir. En yüksek  $P_{ad}$  değerleri TBDY ile ZC zemin sınıfında elde edilmiştir. Bu durumun tek zemin modeliyle 5 yerel zemin sınıfında analiz yapılmasından kaynaklandığı unutulmamalıdır.

TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında yapılan analizler arasında oluşan büyük farklılıklar, tek zemin modelinde aynı içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile analiz yapılmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmıştır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Gerçek zemin numunelerine ait zemin parametreleri ile yapılacak hesaplarda aynı sonuçların elde edilmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **4.3.1 rnek Duvar İçin Maliyet Analizi**

rnek duvar olarak 4 metre yüksekliğindeki betonarme konsol duvar modeli kullanılmıştır (bkz. şekil 4.81). Duvarın maliyet analizi DBYBHY ile ve ZC zemin sınıfı için TBDY ile elde edilen kuvvetlere göre yapılmıştır.

Stabilite tahkiklerinde ve maliyet analizinde iCad Konsol yazılımı kullanılmıştır.

DBYBHY'ye göre yapılan devrilme güvenliği kontrolü sonuçları Tablo 4.77'de verilmiştir.



**Tablo 4.77:** DBYBHY'ye göre devrilme güvenliği kontrolü sonuçları (kNm/m).

Durum	Önleyici Moment	Devirmeye Çalışan Moment	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	859.7	95.67	1.5<8.99	Yeterli
Dinamik	859.7	154.28	1.3<5.57	Yeterli

DBYBHY'ye göre yapılan kayma güvenliği kontrolü sonuçları Tablo 4.78'de verilmiştir.

**Tablo 4.78:** DBYBHY'ye göre kayma güvenliği kontrolü sonuçları (kN/m).

Durum	Kaymayı Önleyen Kuvvet	Kaydırıcı Kuvvet	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	196.14	64	1.5<3.06	Yeterli
Dinamik	196.14	91.11	1<2.15	Yeterli

DBYBHY'ye göre yapılan zemin taşıma kapasitesi kontrolü sonuçları Tablo 4.79'da verilmiştir.

**Tablo 4.79:** DBYBHY'ye göre zemin taşıma kapasitesi kontrolleri sonuçları (kN/m<sup>2</sup>).

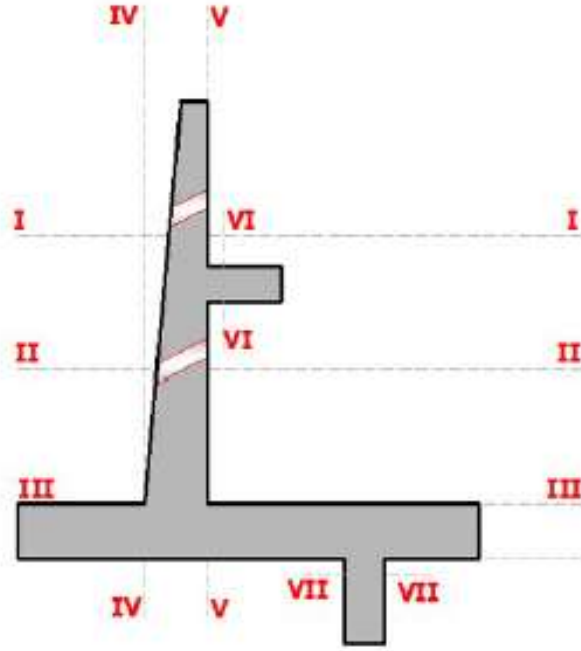
Durum	Maksimum Zemin Gerilmesi	Zemin Emniyet Gerilmesi	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	49.76	200	-	Yeterli
Dinamik	73.21	300	-	Yeterli
Durum	Minimum Zemin Gerilmesi	Zemin Emniyet Gerilmesi	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	88.47	200	-	Yeterli
Dinamik	73.21	300	-	Yeterli

Duvarda kullanılacak malzeme bilgileri Tablo 4.80'de verilmiştir.

**Tablo 4.80:** Duvarda kullanılacak malzeme bilgileri.

	Değer
Beton birim hacim ağırlığı	25 kN/m <sup>3</sup>
Beton Sınıfı	C25
Çelik Sınıfı	ST420

Moment kapasitesi kontrolleri Tablo 4.81’de, kesme kapasitesi kontrolleri Tablo 4.82’de verilmiştir. Betonarme dizaynda kullanılacak kesitler Şekil 4.103’te verilmiştir.



Şekil 4.103: Betonarme dizaynda kullanılan hesap kesitleri.

**Tablo 4.81:** DBYBHY’ye göre duvarda yapılan moment kapasitesi kontrolleri.

Kesit	Kombinasyon	Moment	Moment Kapasitesi	Sonuçlar
1-1	1.4G + 1.5Q + 0Hs + 0Hd	5.09	283.05	Yeterli
2-2	0.9G + 0Q + 1.6Hs + 0Hd	27.76	399.91	Yeterli
3-3	1.4G + 1.6Q + 1.6Hs + 0Hd	78.08	535.87	Yeterli
4-4	1G + 1Q + 1Hs + 1Hd	48.64	546.63	Yeterli
5-5	0.9G + 0Q +1Hs + 1Hd	47.48	600.15	Yeterli

**Tablo 4.82:** Duvarda yapılan kesme kapasitesi kontrolleri.

Kesit	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti Kapasitesi	Azaltma	Sonuçlar
1-1	11.69	398.41	318.73	Yeterli
2-2	33.83	492	393.6	Yeterli
3-3	65.98	585.84	468.67	Yeterli
4-4	73.71	582.4	465.92	Yeterli
5-5	47.64	582.4	465.92	Yeterli

TBDY'ye göre ZC zemin sınıfı için yapılan devrilme güvenliği kontrolü sonuçları Tablo 4.83'te verilmiştir.

**Tablo 4.83:** TBDY ile ZC zemin sınıfı için devrilme güvenliği kontrolü sonuçları (kNm/m).

Durum	Önleyici Moment	Devirmeye Çalışan Moment	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	859.7	95.67	1.5<8.99	Yeterli
Dinamik	859.7	382.3	1.3<2.25	Yeterli

TBDY'ye göre ZC zemin sınıfı için kayma güvenliği kontrolü sonuçları Tablo 4.84'te verilmiştir.

**Tablo 4.84:** TBDY ile ZC zemin sınıfı için kayma güvenliği kontrolü sonuçları (kN/m).

Durum	Kaymayı Önleyen Kuvvet	Kaydırıcı Kuvvet	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	196.14	64	-	Yeterli
Dinamik	196.14	191.15	-	Yeterli

TBDY'ye göre ZC zemin sınıfı için yapılan zemin taşıma kapasitesi kontrolü sonuçları Tablo 4.85'te verilmiştir.

**Tablo 4.85:** TBDY ile ZC zemin sınıfı için zemin taşıma kapasitesi kontrolleri sonuçları.

Durum	Maksimum Zemin Gerilmesi	Zemin Emniyet Gerilmesi	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	49.76	200	-	Yeterli
Dinamik	124.4	300	-	Yeterli
Durum	Minimum Zemin Gerilmesi	Zemin Emniyet Gerilmesi	Güvenlik Katsayısı	Sonuçlar
Statik	88.47	200	-	Yeterli
Dinamik	13.83	300	-	Yeterli

TBDY'ye göre ZC zemin sınıfı için yapılan moment kapasitesi kontrolleri Tablo 4.86'da, kesme kapasitesi kontrolleri Tablo 4.87'de verilmiştir.

**Tablo 4.86:** TBDY ile ZC zemin sınıfı için duvarda yapılan moment kapasitesi kontrolleri.

Kesit	Kombinasyon	Moment	Moment Kapasitesi	Sonuçlar
1-1	1.4G + 1.5Q + 0Hs + 0Hd	23.56	283.05	Yeterli
2-2	0.9G + 0Q + 1.6Hs + 0Hd	92.2	399.91	Yeterli
3-3	1.4G + 1.6Q + 1.6Hs + 0Hd	199.4	535.87	Yeterli
4-4	1G + 1Q + 1Hs + 1Hd	69.69	546.63	Yeterli
5-5	0.9G + 0Q +1Hs + 1Hd	128.23	600.15	Yeterli

**Tablo 4.87:** TBDY ile ZC zemin sınıfı için duvarda yapılan kesme kapasitesi kontrolleri.

Kesit	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti Kapasitesi	Azaltma	Sonuçlar
1-1	45.34	398.41	318.73	Yeterli
2-2	86.18	492	393.6	Yeterli
3-3	121.72	585.84	468.67	Yeterli
4-4	95.41	582.4	465.92	Yeterli
5-5	89.39	582.4	465.92	Yeterli

iCad Konsol yazılımı ile birim duvar uzunluğu için elde edilen maliyet değerleri Tablo 4.88’de verilmiştir.

**Tablo 4.88:** İki yönteme göre (DBYBHY ve TBDY-ZC) yaklaşık maliyet hesaplanması (1 m duvar uzunluğu için).

Yöntem	Maliyet (TL/m)
DBYBHY	1262.15 TL
TBDY-ZC	1611.1 TL

Tablo 4.88’de görüldüğü üzere TBDY ile elde edilen duvar maliyeti eski yönetmelik olan DBYBHY ile elde edilene göre %27.6 daha fazla elde edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada istinat yapılarına etkiyen dinamik itkilerin hesaplanmasında ülkemizde yürürlükte olan yönetmelik (TBDY), bir önceki yönetmelik (DBYBHY) ile karşılaştırılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nın yürürlüğe girmesiyle hesaplarda oluşacak değişiklikler bir önceki deprem yönetmeliği olan DBYBHY ile karşılaştırılarak, 3 sayısal uygulama yapılmıştır. Yeni yönetmelik TBDY ile birlikte, deprem tehlike haritası, tasarım ivme spektrumları, eşdeğer deprem katsayıları, zemin basıncı katsayıları ve zemin itkilerinin (dinamik) hesapları değişmiştir.

DBYBHY ile ve TBDY ile elde edilen dinamik zemin itkileri arasındaki farkların daha iyi irdelenebilmesi için bazı parametreler çeşitli aralıklarda incelenmiştir. Sayısal Uygulama 1'de tek duvar ve zemin modeli 10 farklı konumda kullanılmış, Sayısal Uygulama 2'de tek duvar modeli, 4 konum ve 5 farklı zeminde kullanılmış, Sayısal Uygulama 3'te tek zemin modeli tek konumda 11 farklı duvar yüksekliğine sahip 11 duvar modelinde uygulanmıştır.

TBDY ile istinat yapıları hesapları yerel zemin sınıfına bağlı olarak yapılmaktadır. TBDY'de tanımlanmış olan tasarım ivme spektrumu, DBYBHY'de yer alan tasarım ivme spektrumundan farklı olarak  $S_I$  ve  $S_S$  olarak iki parametre ile tanımlanmaktadır. Zemin koşulları DBYBHY'de sadece  $T_A$  ve  $T_B$  değerlerini ve spektrumunun sabit spektral hız bölgesini değiştirmekte iken, TBDY'de ise spektrumun tüm bölgeleri değişmektedir. Sayısal Uygulama 1 ve 3'te kullanılan zemin modeline ait, istinat yapılarında dinamik itkinin hesaplanmasında kullanılan içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı parametrelerinin tek değer aldığı, diğer zemin parametreleri ( $(V_S)_{30}$ : ortalama kayma dalgası hızı,  $(c_u)_{30}$ : ortalama drenajsız kayma dayanımı,  $(N_{60})_{30}$ : ortalama standart penetrasyon darbe sayısı) açısından 5 farklı yerel zemin sınıfında yer aldıkları kabul edilmiştir. Tek zemin modelinde TBDY ile 5 farklı zemin sınıfında (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) hesaplama yapılmasıyla, önceki yönetmelikten farklı olarak yerel zemin sınıflarının, ivme spektrumunun tüm bölgelerini,  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin etki katsayıları ile etkilemesinin öneminin görülmesi amaçlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan çoğu konumda, TBDY ile elde edilen değerlerden düşük çıkmıştır (bkz. Tablo 4.24). Ancak her konum için böyle bir durumdan söz edilememektedir. TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan bir konumda, TBDY ile ZA, ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için elde edilen 4  $P_{ad}$  değerinin DBYBHY ile elde edilen değere ulaşamadığı da görülmüştür (bkz. Tablo 4.13). Bu konumda DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri, TBDY ile ZA yerel zemin sınıfı için elde edilen değer 2.47 katı büyüklükte elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.17).

TBDY ile elde edilen dinamik zemin itkisi  $P_{ad}$  değerleri, DBYBHY ile elde edilenlerden çok daha büyük olabilmektedir. TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan bir konumda TBDY ile ZC yerel zemin sınıfında, DBYBHY ile elde edilenin 5.47 katı büyüklüğünde  $P_{ad}$  değeri elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.26).

Deprem tehlikesinin artması DBYBHY ile elde edilen sonuçları TBDY ile elde edilenlere göre daha fazla etkilemiştir (bkz. Şekil 4.45, 4.50, 4.55, 4.60, 4.65).

Tüm sonuçlardan görülmektedir ki, ek dinamik kuvvetler  $P_{ad}$  göz önüne alınmadan yapılacak dizaynlar, depremde kullanılamaz hale gelme riskini her zaman taşıyacaktır. TBDY ile elde edilen ek deprem kuvvetleri her durumda göz ardı edilemeyecek seviyelerdedir. Birçok durumda  $P_{as}$  değerine yaklaşan  $P_{ad}$  değerleri, özellikle TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan yüksek deprem tehlikesiyle karşı karşıya birçok konumda,  $P_{as}$  değerinden fazla olabilmektedir. TBDY ile elde edilen 5  $P_{ad}$  değerinin de  $P_{as}$  değerinden yüksek elde edildiği sonuçlara ulaşıldığı durumlar bulunmaktadır (bkz. Şekil 4.26, 4.94, 4.98, 4.99, 4.100, 4.101, 4.102). Gölcük konumunda ZC yerel zemin sınıfı için TBDY ile her duvar yüksekliğinde elde edilen  $P_{ad}$  değerleri  $P_{as}$  değerlerinin 2.72 katıdır (bkz. Şekil 4.100).

DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri de  $P_{as}$  değerlerine göre göz ardı edilemeyecek büyüklüklerde elde edilmiştir. Ancak DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerleri, genel olarak 4. derece deprem bölgesinde bulunan konumlarda,  $P_{as}$  değerine göre önemsiz seviyelerde kalmıştır. Sayısal uygulama 2'de kullanılan yumuşak katı killi gevşek kum zemin modelinde, TDBH'ye göre 4. derece deprem bölgesinde olan Silifke konumu için DBYBHY ile elde edilen  $P_{ad}$  değeri,  $P_{as}$  değerinin 0.094'ü büyüklüktedir (bkz. Şekil 4.64).

DBYBHY ile deprem bölgesi derecesine göre her yerel zemin sınıfı için tek  $P_{ad}$  değeri elde edilirken, TBDY ile ayrı değerler elde edilmektedir. Sayısal uygulama 2’de yumuşak katı killi gevşek kum zeminde, TBDY ile ZD zemin sınıfında elde edilen  $P_{ad}$  değeri, ZE zemin sınıfında elde edilen değerın 1.15 katıdır. Oysaki bu konumda DBYBHY ile tek değer elde edilmiştir (bkz. Şekil 4.65). Bu durum ayrıca yerel zemin sınıfının doğru şekilde belirlenmesinin önemini göstermektedir.

TDBH’ye göre 1. derece deprem bölgesi haricinde bulunan konumlarda, TBDY ile aynı zemin sınıfı için yapılan analizlerde, tek deprem bölgesi içinde belirgin farklar elde edilememiştir (bkz. Şekil 4.37, 4.38).

TBDY ile yapılan analizlerde, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru, elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin sürekli olarak artması beklenirken, böyle bir durumdan söz etmek mümkün değildir. Özellikle TDBH’ye göre 1. derece deprem bölgesinde olan yerlerde en yüksek  $P_{ad}$  değeri ZC ya da ZD yerel zemin sınıflarında da elde edilebilmektedir (bkz. Şekil 4.96).

TBDY ile 5 farklı yerel zemin sınıfında yapılan analizler arasında oluşan büyük farklılıklar, tek zemin modelinde aynı içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile analiz yapılmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde tek zemin modeli ile tüm yerel zemin sınıflarının göz önüne alınmıştır. Daha kötü zemin durumunu yansıtan ZD ve ZE zemin sınıflarında, ZC zemin sınıfına göre daha düşük dinamik itki değerlerinin elde edilmesi, tek zemin modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Gerçek zemin numunelerine ait zemin parametreleri ile yapılacak hesaplarda zemine ait yerel zemin sınıfının kullanılacağı, aynı farkların elde edilmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bazı durumlarda TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  değerlerinin ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru düzenli artış gösterdiği sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçların elde edildiği konumlar genellikle TDBH’ye göre 2., 3. ve 4.derece deprem bölgesinde bulunan konumlardır (bkz. Şekil 4.37 ve 4.38).

Zemin basıncı katsayıları formüllerinin değişmesi sonuçlarda etkisini göstermiştir. ZA zemin sınıfı için TDTH’den alınan  $S_{DS}$ : 0.600 değerine sahip bir



konumda, DBYBHY ve TBDY ile aynı yatay eşdeğer deprem katsayısı değeri elde edilmişse de, elde edilen  $P_{ad}$  değerleri arasında %6'lık fark vardır (bkz. Tablo 4.39).

Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nın yürürlüğe girmesiyle deprem bölgesi kavramı ortadan kalkmıştır. TDBH'ye göre 1. derece deprem bölgesinde bulunan 2 konumda, DBYBHY ile tek  $P_{ad}$  değeri elde edilirken, TBDY ile ZB yerel zemin sınıfı için iki konum arasında %753 fark elde edilmiştir.

Türkiye deprem bölgeleri haritası (TBDH) 1996 yılında yayımlanmış olup, TDTH o yıldan bugüne yeni elde edilen deprem bilgileriyle güncellenerek hazırlanmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin bazı konumlarında deprem tehlikesi artmış ya da azalmıştır. TDBH'de ülkemizin orta kısmında, Kırşehir'in tamamına yakını, Kırıkkale'nin yarısından fazla kısmının içinde bulunduğu, 1. ve 2. derece deprem bölgesi alanında, yeni deprem tehlike haritasında deprem riski oldukça azalmış olup, oldukça düşük  $P_{ad}$  değerleri elde edilmektedir. Sayısal uygulama 1'de Konum 5'te ZA zemin sınıfında DBYBHY ile yapılan analizde  $P_{ad}$  değeri, TBDY ile yapılan analizden %147 daha fazladır. (bkz. Şekil 4.17). Konum 5'te TBDY ile yapılan analizlerde diğer 9 Konumdan daha düşük değerler elde edilmiştir.

TDBH'ye göre farklı deprem bölgelerinde olmalarına rağmen, TBDY ile çok yakın  $P_{ad}$  dağılımları veren konumlar da mevcuttur (Şekil 4.33).

TDBH'ye göre 2., 3. ve 4. derece deprem bölgesinde yer alan konumlar arasında TBDY ile elde edilen  $P_{ad}$  dağılımları arasında önemli fark elde edilememiştir (Şekil 4.37, 4.38).

Örnek duvara ait yapılan maliyet analizinde, dinamik aktif itki değerlerindeki büyük farklılıkların olduğu durumda, eski ve yeni yönetmelik arasında %26.7'ye ulaşan maliyet farkı görülmüştür (bkz. Tablo 4.88, Şekil 4.96).

## 6. KAYNAKLAR

Alkaya, D., ‘İstinat duvarlarının spread sheet (Excel) programı ile çözümü ve maliyet analizi ile uygun duvar tipinin belirlenmesi’, *TMH Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5, 56-65, (2008).

Alyamaç, K. E., Erdoğan, A. S., ‘Geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşılaşılan tasarım hataları’, *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, Kocaeli, (2005).

Başaran V., ‘Türkiye BinaDeprem Yönetmeliğine (TBDY2019) Göre Afyonkarahisar İçin Deprem Yüklerinin Değerlendirilmesi’, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2018).

Bowles, L. E., *Foundation analysis and design*, McGraw-hill, (1996).

Das, B. M., *Advanced soil mechanics.*, Crc Press., (2013).

Das, B. M., Luo, Z., *Principles of Soil Dynamics*, USA: Cengage Learning, (2016).

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 6 Mart 2007 tarihli 26454 sayılı Resmi Gazete, (2007).

Elçi, H., Göker, K. A., ‘ Comparison of Earthquake Codes (TEC 2007 and TBEC 2018) In Terms of Seismic Performance of RC Columns’, *International Journal of Scientific and Technological Research* ISSN 2422-8702 (Online), Vol 4, No.6, (2018).

Ertuğrul, Ö. L., Çalışan, O., Özkan, M. Y., ‘ İstinat duvarlarının dinamik yükler altındaki davranışının sonlu elemanlar metodu kullanılarak modellenmesi’, (2008).

Fang, Y. S., Chen, T. J. ‘Modification of Mononobe-Okabe theory’, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, Vol. 8, No. 32, (1995).

Güneş, B. E., Yağız, M., Vural, İ., ‘Farklı yükler etkisindeki istinat duvarlarının statik hesapları ve boyutlandırılması: Sapanca örneği’, *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science ISITES2015*, Valencia, 2161-2170, (2015).

Gürsoy, Ş., "Betonarme istinat duvarlarının, zemin etkileşimini de dikkate almak suretiyle, deprem yüklerine göre doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi", Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2006).

Gürsoy, Ş., Hülür, B., Durmuş, H., "İstinat duvarlarının depreme göre tasarımında duvar tipinin önemi", *International Earthquake Symposium Kocaeli 2007*, Kocaeli, 484-493, (2007).

Hunt, R. E., *Geotechnical engineering techniques and practices*, Mac Graw-Hill, (1986).

Kayhan, A. H., Demir, A. "Statik ve dinamik yüklere maruz betonarme konsol istinat duvarlarının diferansiyel gelişim algoritması ile optimum tasarımı", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 403-412. (2018).

Keskin, E., Bozdoğan, K. B., "2007 Ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi", *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 4-1, (2018).

Köroğlu, M. A., "Türkiye'nin Depremselliği", ders notu, Necmettin Erbakan Üniversitesi, erişim adresi:  
<https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/insaاتمuhendisligi/edite r/DersSayfalari/DepremMuhGir/t%C3%BCrkiyenin%20depremselli%C4%9Fi.pdf>

Kramer, S. L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, USA, Prentice-Hall Inc., (1996).

Mikola, G. R., Sitar, N., "Seismic earth pressures on retaining structures in cohesionless soils", Technical Report, *University of California Geotechnical Engineering Department of Civil and Environmental Engineering*, Berkeley, (2013).

Mononobe, N., ve Matsuo. H., "On the determination of earth pressure during earthquakes: Proceedings of the World Engineering Congress.", 177-185, (1929).

Nadim, F., Whitman, R. V., "Seismically induced movement of retaining walls", *Journal of Geotechnical Engineering*, 109.7, 915-931, (1983).

Newmark, N. M., "Effects of earthquakes on dams and embankments" *Geotechnique*, 15(2), 139-160, (1965).

Okabe, S., "General theory of earth pressure", *Journal of Japanese Society of Civil Engineering*, 12.1, (1926).

Özcan, B., ‘Yayıllı yük etkisindeki istinat duvarlarına etkiyen dinamik toprak basınçlarının belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

Öztürk, M., ‘2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile ilgili İç Anadolu Bölgesi bazında bir değerlendirme’, *Selçuk-Teknik Dergisi*, Cilt 17, Sayı 2 , (2018).

Özmen B., ‘Türkiye deprem bölgeleri haritalarının tarihsel gelişimi’, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 55, Sayı 1, (2012).

Özmen, B., Pampal, S., ‘Türkiye deprem bölgeleri haritalarının evrimi’, 4. *Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, (2017).

Prakash, S., Basavanna, B. M., "Effect of Size and Shape of Foundations on Elastic Coefficients of Layered Soil Mass.", *Proceedings of the Fourth World Conference on Earthquake Engineering*, (1969).

Prakash, S., ve Saran S., "Static and dynamic earth pressures behind retaining walls.", *Proceedings of the Third Symposium on Earthquake Engineering, University of Roorkee, India*, Vol. 1. (1966).

Richard, R.J., Elms, D., ‘Seismic behavior of gravity retaining walls’, *Journal of Geotechnical Engineering*, Division ASCE, 105, GT4, 449-464. (1979).

Seed, H.B., Whitman, R.V., ‘Design of earth retaining structures for dynamic loads’, *ASCE Special Conf. Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures*, Cornell, 103-147, (1970).

Sherif, M. A., Ishibashi, I., Lee, C. D., ‘Earth pressure against rigid retaining walls’ *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 108(Proceeding), (1982).

Sherif, M. A., Fang, Y. S., ‘Dynamic earth pressures on wall rotating about the top’, *Soils and Foundations*, Vol. 24, No. 4, (1984a).

Sherif, M. A., Fang, Y. S., ‘Dynamic earth pressures on wall rotating about the base’, *Proceedings, 8th World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco*, Vol. 6, (1984b).

Steedman, R. S., Zeng, X., "Rotation of large gravity walls on rigid foundations under seismic loading.", *Geotechnical Special Publication*, 38-56, (1996).

TS 7994-Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri Ve Projelendirme Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, (1990).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), 18 Mart 2018 tarihli 30364 mükerrer sayılı Resmi Gazete, (2018).

Türkiye Deprem Tehlike Haritası, İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), 18 Mart 2018 tarihli 30364 mükerrer sayılı Resmi Gazete (2018).

Uzuner, B. A., *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği*, Derya Kitabevi, Trabzon, (2007).

Westergaard, H. M., "Water pressures on dams during earthquakes.", *Trans. ASCE* 95, 418-433, (1933).

Whitman, R. V., Liao, S., "Seismic design of gravity retaining walls", *Massachusetts Inst of Tech Cambridge Dept of Civil Engineering*, (1985).

Whitman, R. V., "Seismic design and behavior of gravity retaining walls.", *Proc. of ASCE Specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures*, (1990).

Yenidoğan, C., "İstinat duvarlarının deprem sırasında davranışı", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).

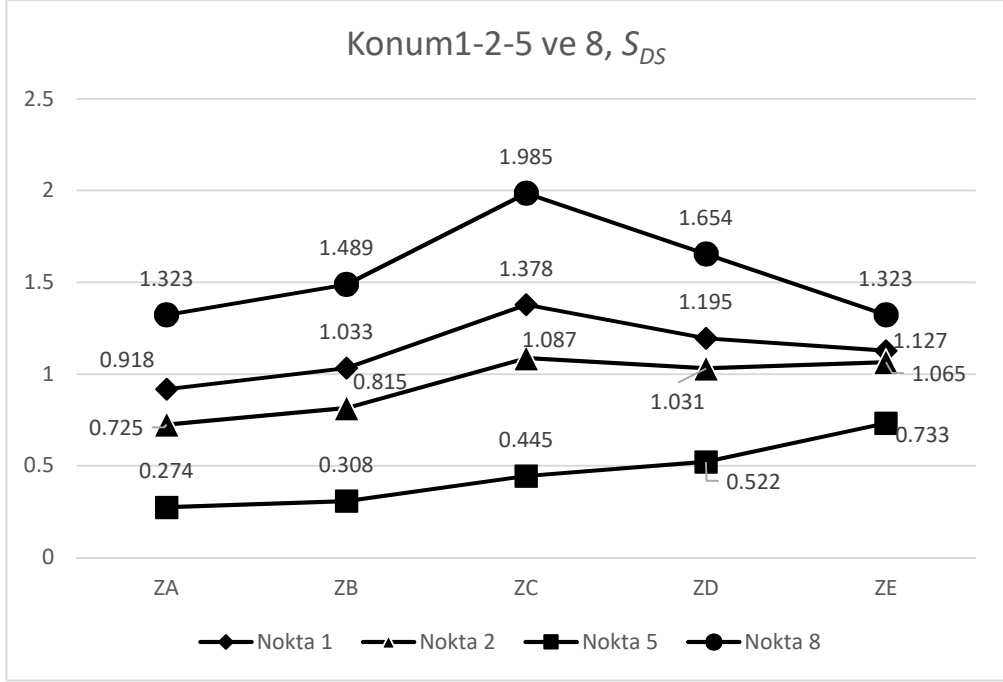
Yıldız, M. C., "İstinat duvarına etkiyen dinamik toprak basınçları", Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2015).

Zeng, X., Steedman, R. S., "Rotating block method for seismic displacement of gravity walls.", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126.8, 709-717, (2000).

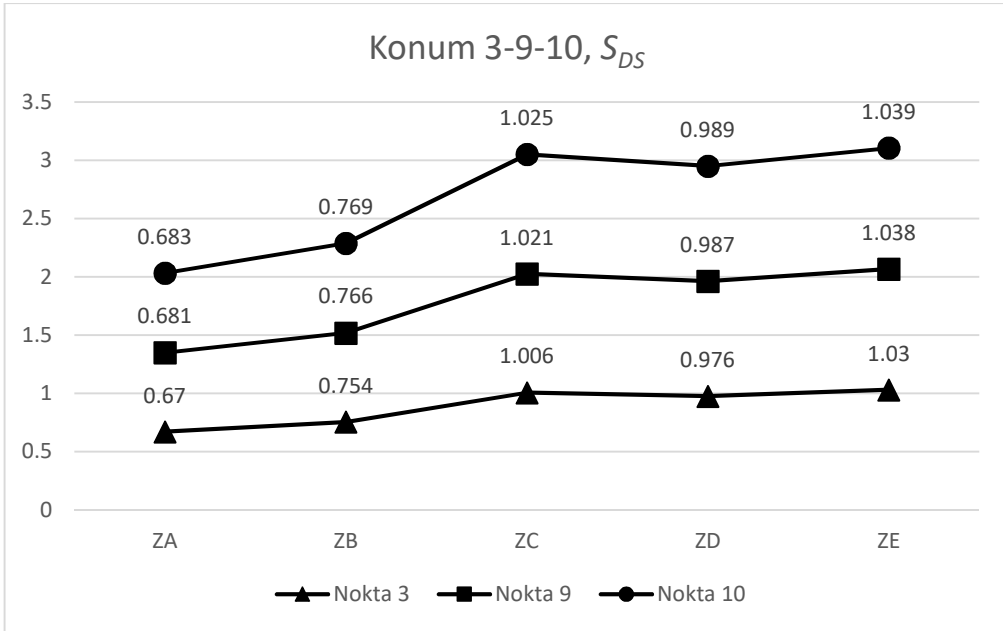
# **EKLER**

## 7. EKLER

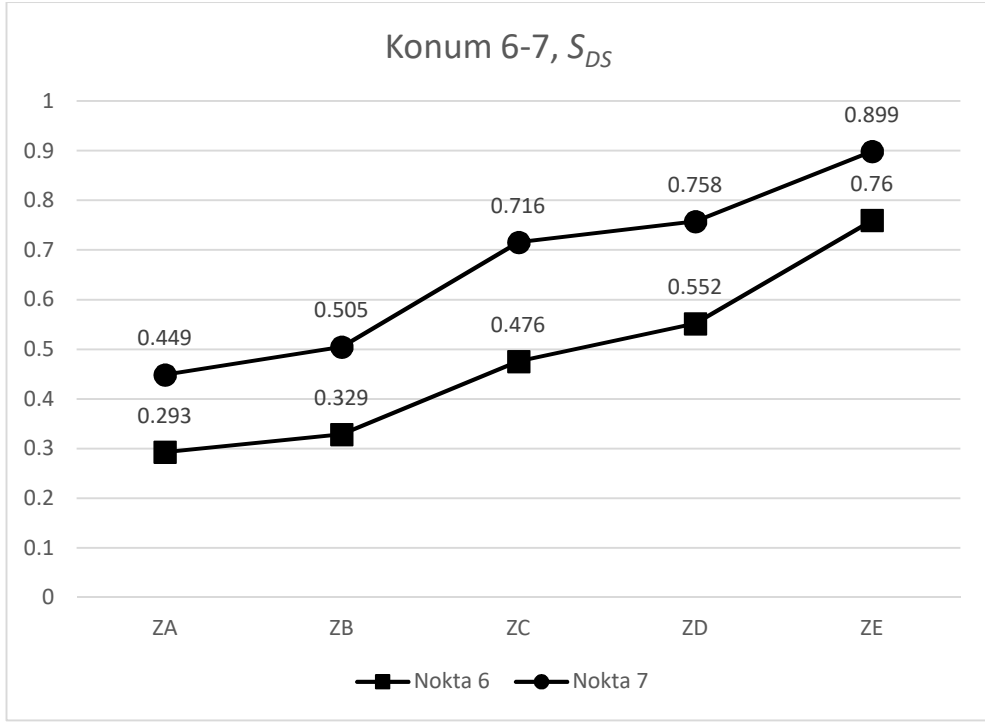
### EK A S<sub>DS</sub> Grafikleri



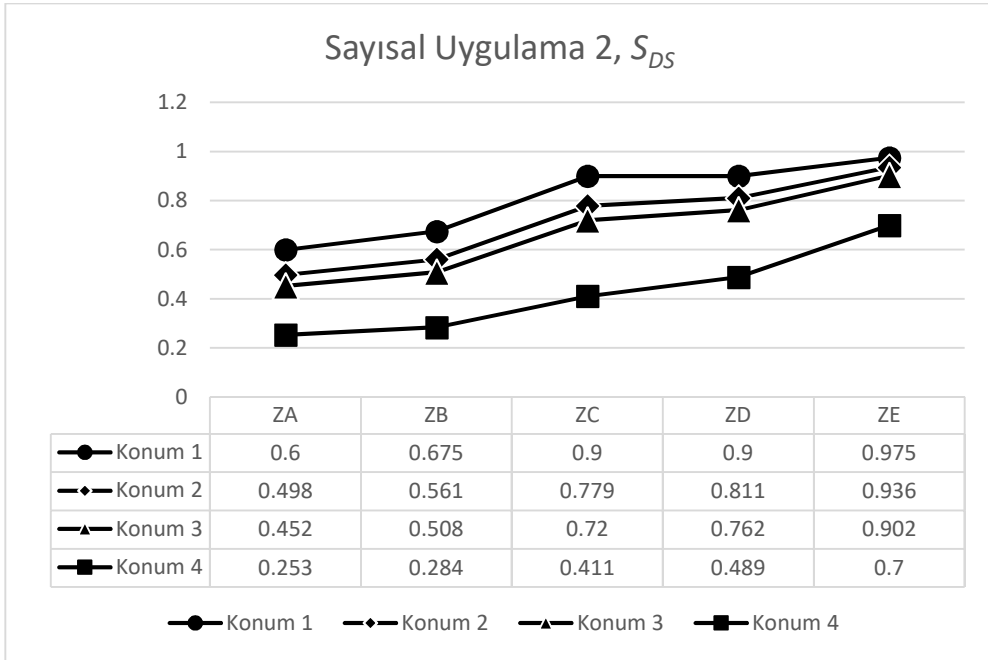
Şekil A.1: Sayısal Uygulama 1’de kullanılan 1. derece deprem bölgesinde bulunan Konumların  $S_{DS}$  dağılımları.



Şekil A.2: Sayısal Uygulama 1’de kullanılan 2. derece deprem bölgesinde bulunan Konumların  $S_{DS}$  dağılımları.

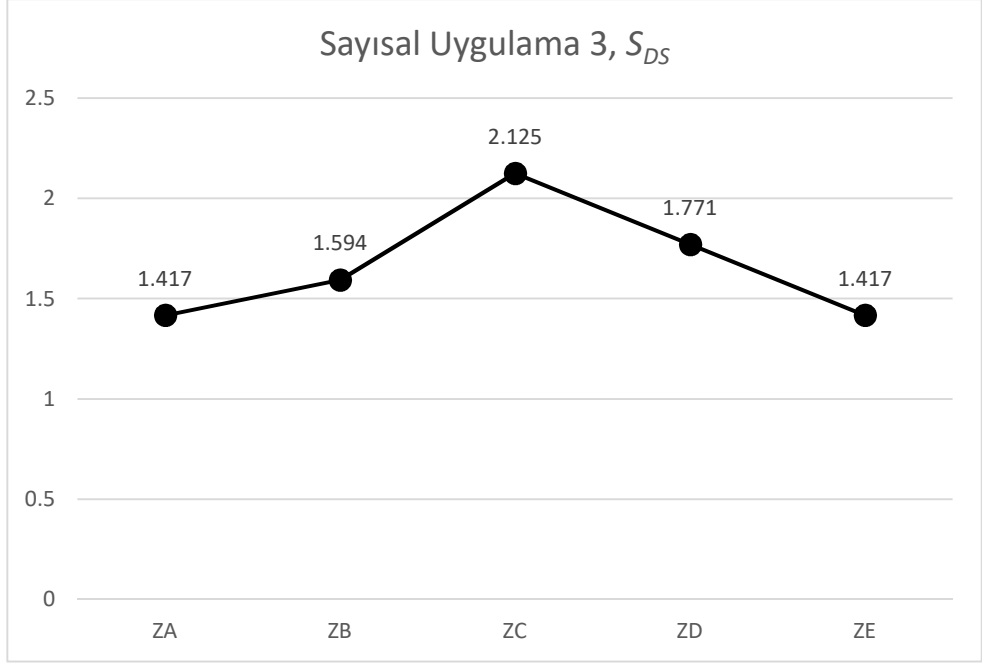


Şekil A.3: Sayısal Uygulama 1’de kullanılan 3. derece deprem bölgesinde bulunan konumların  $S_{DS}$  dağılımları.

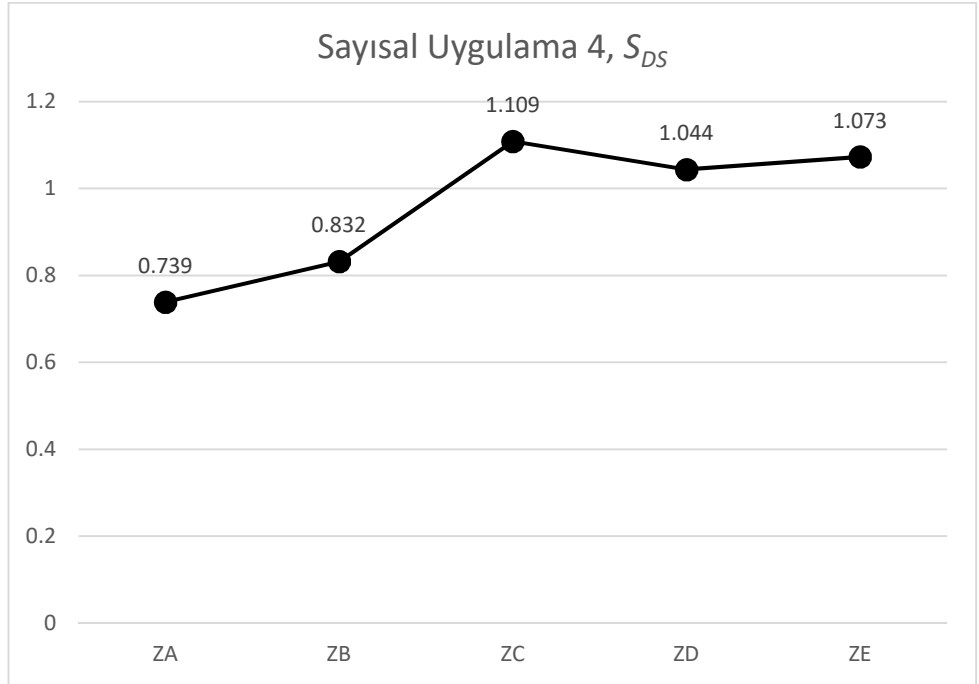


Şekil A.4: Sayısal Uygulama 2’de kullanılan konumların  $S_{DS}$  dağılımları.





Şekil A.5: Sayısal Uygulama 3'te kullanılan konumların  $S_{DS}$  dağılımları.



Şekil A.6: Sayısal Uygulama 4'te kullanılan konumların  $S_{DS}$  dağılımları.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşe Tuba Tuğrul

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli - 1990

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : att\_0896@yahoo.com.tr

aysetubatugrul@gmail.com

İletişim Adresi : Deliktaş Mahallesi 2001/1 Sokak No:9  
Daire:1 Pamukkale/DENİZLİ

**Yayın Listesi** :

• Bacanlı, Ü. G. ve Tuğrul, A. T., “Baraj göllerinin iklimsel etkisi ve Vali Recep Yazıcıoğlu Gökpınar baraj gölü örneği”, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg., 22(3), 154-159, (2016).