

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

BİNA TÜRÜ YAPILARDA DEPREM TALEBİNİN TAHMİNİ
İÇİN ÖNERİLEN $R - \mu - T$ ESASLI HESAP
YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKMARZHAN AMANBEK

DENİZLİ, ARALIK - 2022

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



**BİNA TÜRÜ YAPILARDA DEPREM TALEBİNİN TAHMİNİ
İÇİN ÖNERİLEN $R-\mu-T$ ESASLI HESAP
YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKMARZHAN AMANBEK

DENİZLİ, ARALIK - 2022

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.

AKMARZHAN AMANBEK

ÖZET

**BİNA TÜRÜ YAPILARDA DEPREM TALEBİNİN TAHMİNİ İÇİN
ÖNERİLEN $R-\mu-T$ ESASLI HESAP YÖNTEMLERİNDEN ELDE
EDİLEN SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE
KARŞILAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AKMARZHAN AMANBEK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)
(EŞ DANIŞMAN: DOÇ. DR. MEHMET PALANCI)
DENİZLİ, ARALIK - 2022**

Türkiye'nin büyük bir kısmı deprem riski yüksek bölgeler üzerinde yer almaktadır. Günümüzde depremler sebebiyle binalarda oluşan dayanım ve yer değiştirme talebinin hesabı için önerilen pek çok teorik yaklaşım ve hesap yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler sönüm esaslı hesap yöntemleri ve $R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemleri olmak üzere 2 ana başlık altında toplanabilir. Yapılan tez çalışması kapsamında $R-\mu-T$ esaslı hesap yaklaşımı kullanılmıştır. Tek serbestlik dereceli sistemler ile temsil edilen doğrusal olmayan analiz modelleri oluşturulmuş ve seçilen ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile binalarda oluşan dayanım ve yer değiştirme talepleri hesaplanmıştır.

Analizler sırasında iyi ($V_s > 360$ m/s) ve kötü zeminlerden ($V_s < 360$ m/s) alınan ve artan maksimum yer hızlarına göre 7 grupta sınıflandırılan toplam 420 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Bina modellerinin doğrusal olmayan davranışlarının temsil edilebilmesi amacıyla tek serbestlik dereceli sistemler farklı yatay dayanım oranlarına (V_t/W), farklı dayanım azaltma katsayılarına (R) ve farklı süneklik katsayılarına (μ) sahip olacak şekilde türetilmiştir. Çevrim modellerinin davranış üzerindeki etkilerinin araştırılabilmesi amacıyla da Elastik–Tam Plastik, Clough ve Geliştirilmiş Clough yöntemleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak öncelikle elastik dayanım talebinin elastik ötesi dayanım talebine oranı (R_y) hesaplanmıştır. Ardından elastik ötesi yer değiştirme talebinin elastik yer değiştirme talebine oranı (C_R) hesaplanmış ve bu oranların tez çalışmasında kullanılan parametrelerden ne şekilde etkilendiği araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar R_y ve C_R katsayılarının çevrim modellerinden önemli ölçüde etkilenmediğini, değişen zemin özelliklerinin katsayılar üzerinde sınırlı düzeyde etkiye sahip olduğunu, elastik ötesi davranış arttıkça R_y ve C_R katsayılarının önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tek Serbestlik Dereceli Sistem, Dayanım Azaltma Katsayısı, Süneklik, Yatay Dayanım Oranı, Deprem Talebi, $R-\mu-T$ İlişkileri, Zaman Tanım Alanı Analizi

ABSTRACT

ASSESSMENT AND THE COMPARISON OF $R-\mu-T$ BASED CALCULATION METHODS USED FOR THE ESTIMATION OF SEISMIC DEMANDS IN BUILDING TYPE STRUCTURES

MSC THESIS

AKMARZHAN AMANBEK

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. SEVKET MURAT SENEL)

(CO-SUPERVISOR: DOC. DR. MEHMET PALANCI)

DENİZLİ, DECEMBER 2022

A large part of Turkey is located on regions having higher earthquake risk. Today, there are many theoretical approaches and calculation methods recommended for the calculation of the strength and displacement demand in buildings due to earthquakes. These methods can be grouped under 2 main headings as damping based calculation methods and $R-\mu-T$ based calculation methods. Within the scope of the thesis study, $R-\mu-T$ based calculation approach was used. Nonlinear analysis models represented by single degree-of-freedom systems were created and the inelastic strength and displacement demands of the buildings were calculated by using the nonlinear time history analyses of selected records.

During the analyses, a total of 420 acceleration records were used, which were taken from firm ($V_s > 360$ m/s) and weak soil ($V_s < 360$ m/s) sites and these records were classified into 7 groups according to increasing peak ground velocities. In order to represent the nonlinear behavior of the building models, nonlinear single degree of freedom systems were derived by changing lateral strength ratios (V_t/W), strength reduction factors (R) and ductility factors (μ). In order to investigate the effects of hysteresis models on behavior, analyses were carried out by using Bilinear, Clough and Modified Clough methods.

Using the results obtained from the analyses, firstly, the ratio of elastic strength demand to inelastic strength demand (R_y) was calculated. Then, the ratio of inelastic displacement demand to elastic displacement demand (C_R) was calculated and all these ratios were investigated how these ratios were affected from the parameters considered in the study. The results showed that the R_y and C_R factors were not significantly affected from the hysteresis models, the changing soil properties had a limited effect on the factors, and the R_y and C_R factors changed significantly as the inelastic behavior increased.

KEYWORDS: Single Degree of Freedom System, Strength Reduction Factor, Ductility, Lateral Strength Ratio, Earthquake Demand, $R-\mu-T$ Relationships, Time History Analysis

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Tezin Önemi ve Kapsamı	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. YAPILARIN DEPREM HESABI.....	10
3.1 Giriş	10
3.2 Yapı Sismik Analiz Yöntemleri	11
3.2.1 Statik Analiz Yöntemleri	11
3.2.1.1 Doğrusal Statik Analiz	11
3.2.1.2 Doğrusal Olmayan Statik Analiz	11
3.2.2 Dinamik Analiz Yöntemleri.....	12
3.2.2.1 Doğrusal Dinamik Analiz	12
3.2.2.2 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz.....	12
3.3 Zaman Tanım Alanı Analiz Yöntemi	13
3.4 Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerin Hesabı	13
3.5 Taşıyıcı Sistemlerin Dayanım, Rijitlik ve Süneklik Kapasiteleri.....	15
3.5.1 Eş-Enerji ve Eş Yer Değiştirme Prensibi	16
3.5.1.1 Eş Yer Değiştirme Prensibi.....	18
3.5.1.1 Eş-Enerji Prensibi.....	18
3.6 Yapılarda Deprem Talebinin Tahmini İçin Önerilen $R-\mu-T$ Esaslı Hesap Yöntemleri.....	19
3.6.1 Newmark ve Hall	20
3.6.2 Nassar ve Krawinkler.....	21
3.6.3 Vidic, Fajfar ve Fischinger	22
3.6.4 TBDY – 2018.....	22
4. İVME KAYITLARININ SEÇİLMESİ	25
5. TSD Sistemler İçin $R-\mu-T$ İlişkilerinin Hesabı	29
5.1 TSD Bina Sistemlerinin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analizi ..	29
5.2 TSD Bina Sistemlerinin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi	33
5.3 Bispec Programı	34
5.3.1 Elastik-Tam Plastik Davranış ile Doğrusal Olmayan Analiz.....	35
5.3.2 Clough Yöntemi ile Doğrusal Olmayan Analiz.....	36
5.3.3 Geliştirilmiş Clough Yöntemi ile Doğrusal Olmayan Analiz.....	36
5.4 Doğrusal Olmayan Analiz Parametreleri.....	37
5.4.1 Dayanım Azaltma Katsayısı	38
5.4.2 Süneklik	39
5.4.3 Yatay Dayanım Oranı	41

5.5	Elastik ve Elastik Ötesi Dayanım Talebinin Karşılaştırılması (R_y)....	42
5.5.1	R_y Değerlerinin Yatay Dayanım Oranına (V_t/W) Bağlı Olarak Değişimi.....	42
5.5.1.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	43
5.5.1.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	44
5.5.1.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	47
5.5.2	R_y Değerlerinin Dayanım Azaltma Katsayısına (R) Bağlı Olarak Değişimi.....	49
5.5.2.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	49
5.5.2.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	50
5.5.2.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	53
5.5.3	R_y Değerlerinin Sünekliğe (μ) Bağlı Olarak Değişimi	55
5.5.3.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	55
5.5.3.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	56
5.5.3.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması	59
5.6	Elastik ve Elastik Ötesi Yer Değiştirme Talebinin Karşılaştırılması (C_R)	60
5.6.1	C_R Değerlerinin Yatay Dayanım Oranına (V_t/W) Bağlı Olarak Değişimi.....	61
5.6.1.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	61
5.6.1.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	62
5.6.1.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	66
5.6.2	C_R Değerlerinin Dayanım Azaltma Katsayısına (R) Bağlı Olarak Değişimi.....	67
5.6.2.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	67
5.6.2.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	68
5.6.2.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	72
5.6.3	C_R Değerlerinin Sünekliğe (μ) Bağlı Olarak Değişimi.....	73
5.6.3.1	İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	73
5.6.3.2	Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	74
5.6.3.3	Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması	77

5.7	Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Yönetmelik ve Literatürde Kullanılan Çalışmalar ile Karşılaştırılması	78
5.7.1	Analizlerden Elde Edilen Sonuçların TBDY–2018 ile Karşılaştırılması	79
5.7.2	Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Nassar ve Krawinkler Yöntemi ile Karşılaştırılması	80
5.7.3	Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Newmark ve Hall Yöntemi ile Karşılaştırılması	81
6.	SONUÇLAR.....	83
7.	KAYNAKLAR.....	87
8.	EKLER.....	91
	EK A Analizde Kullanılan İvme Kayıtları	91
9.	ÖZGEÇMİŞ.....	104



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1:Yapının Sismik Analiz Yöntemleri.....	10
Şekil 3.2: Tek serbestlik dereceli sistem: (a) etkiyen kuvvet $p(t)$; (b) deprem kaynaklı yer hareketi	14
Şekil 3.3: Kütle–yay–sönümleyici sistem.....	14
Şekil 3.4: Yatay yüklere maruz kalan yapısal sistemler için tipik tepki eğrisi .	15
Şekil 3.5: İdealleştirilmiş dayanım–yer değiştirme ilişkileri: (a) eşit yer değiştirme kuralı; (b) eş–enerji kuralı	17
Şekil 3.6: Eşit yer değiştirme kuralı	18
Şekil 3.7: Eş–enerji kuralı	19
Şekil 3.8: Süneklik Kapasitesi–Dayanım Talebi İlişkisi.....	23
Şekil 3.9: Eş yer değiştirme ve eş–enerji kuralı	24
Şekil 4.1: MYH gruplarına göre ivme mukabele spektrumu (iyi zemin)	27
Şekil 4.2: MYH gruplarına göre ivme mukabele spektrumu (kötü zemin).....	27
Şekil 4.3: MYH gruplarına göre yer değiştirme mukabele spektrumu (iyi zemin)	28
Şekil 4.4: MYH gruplarına göre yer değiştirme mukabele spektrumu (kötü zemin)	28
Şekil 5.1: Mesnet hareketinin tek serbestlik dereceli sistemin dengesine etkisi: (a) sistemin hareketi; (b) denge kuvvetleri	29
Şekil 5.2: Doğrusal elastik davranış modeli.....	31
Şekil 5.3: %2, %5, %10 sönüm oranları için ortalama ivme mukabele spektrumu	32
Şekil 5.4: %2, %5, %10 sönüm oranları için ortalama yer değiştirme mukabele spektrumu	32
Şekil 5.5: Bispec programının ana seçim ekranı	34
Şekil 5.6: Elastik–Tam Plastik çevrim modeli: (a) yük–yer değiştirme ilişkisi; (b) spektral ivme ve yer değiştirme talebinin hesabı	35
Şekil 5.7: Clough davranış modeli	36
Şekil 5.8: Geliştirilmiş Clough davranış modeli	37
Şekil 5.9: Sistemin yanıl mukavemetindeki değişikliklerle yer değiştirme süneklik talebinin değişimi	38
Şekil 5.10: R– μ –T esaslı talep hesabına ilişkin yaklaşımlar: (a) ve (b) Miranda (2001); (c) Ruiz–Garcia ve Miranda (2003)	40
Şekil 5.11: Yatay dayanım oranının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi	43
Şekil 5.12: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=20\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)	44
Şekil 5.13: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=20\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	45
Şekil 5.14: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin).....	45
Şekil 5.15: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	46
Şekil 5.16: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=40\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin).....	46

Şekil 5.17: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%40$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	47
Şekil 5.18: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin).....	48
Şekil 5.19: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin).....	48
Şekil 5.20: Dayanım azaltma katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi.....	50
Şekil 5.21: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	51
Şekil 5.22: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	51
Şekil 5.23: Dayanım azaltma katsayısının ($R=5$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	52
Şekil 5.24: Dayanım azaltma katsayısının ($R=5$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	52
Şekil 5.25: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	53
Şekil 5.26: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	53
Şekil 5.27: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin).....	54
Şekil 5.28: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin).....	54
Şekil 5.29: Süneklik katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi.....	55
Şekil 5.30: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	56
Şekil 5.31: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	57
Şekil 5.32: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	57
Şekil 5.33: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	58
Şekil 5.34: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	58
Şekil 5.35: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	59
Şekil 5.36: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin).....	59
Şekil 5.37: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin).....	60
Şekil 5.38: Yatay dayanım oranının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi	62
Şekil 5.39: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%20$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)	63
Şekil 5.40: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%20$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	63
Şekil 5.41: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%30$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin).....	64
Şekil 5.42: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%30$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	64
Şekil 5.43: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%40$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)	65
Şekil 5.44: Yatay dayanım oranının ($V_t/W = \%40$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin).....	65
Şekil 5.45: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin).....	66
Şekil 5.46: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)	66

Şekil 5.47: Dayanım azaltma katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi.....	68
Şekil 5.48: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	69
Şekil 5.49: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	69
Şekil 5.50: Dayanım azaltma katsayısının ($R=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	70
Şekil 5.51: Dayanım azaltma katsayısının ($R=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	70
Şekil 5.52: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	71
Şekil 5.53: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	71
Şekil 5.54: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (İyi zemin).....	72
Şekil 5.55: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin).....	72
Şekil 5.56: Süneklik katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi.....	73
Şekil 5.57: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	74
Şekil 5.58: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	75
Şekil 5.59: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	75
Şekil 5.60: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	76
Şekil 5.61: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin).....	76
Şekil 5.62: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin).....	77
Şekil 5.63: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin).....	77
Şekil 5.64: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin).....	78
Şekil 5.65: TBDY–2018 ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması	80
Şekil 5.66: Nassar ve Krawinkler yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.67: Newmark ve Hall yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	82

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: α ve a, b parametreleri	21
Tablo 4.1: İvme kayıtları.....	25
Tablo 4.2: Çalışma kapsamında kullanılacak ivme kayıtlarının MYH göre sınıflandırılması.....	26
Tablo 5.1: Yatay dayanım oranları.....	41
Tablo 5.2: Yapısal analiz parametrelerinin değişiminin tablo olarak gösterilmesi	42



SEMBOL LİSTESİ

R	:	Dayanım Azaltma Katsayısı
V_t/W	:	Yatay Dayanım Oranı
μ	:	Süneklik
G	:	İyi Zemin
W	:	Kötü Zemin
T	:	Periyot (sn)



ÖNSÖZ

Ben ilk yurt dışı deneyimimi Türkiye’de yaşadım. Özellikle Denizli Pamukkale Üniversitesi’nde okumaktan çok memnunum. Pandemi sürecine denk gelmeme rağmen buradaki yüksek lisans eğitim–öğretim yılım değerli hocalarım sayesinde tecrübe ile doldu. İlk teşekkürümü değerli hocalarıma sunmak istiyorum. “Bina Türü Yapılarda Deprem Talebinin Tahmini için Önerilen R– μ –T Esaslı Hesap Yöntemlerinden Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması” adlı bu çalışmayı bana önererek, değerli katkılarını ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışma sürecinde yol gösterici olan, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve en önemlisi öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Şevket Murat Şenel ve eş danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Palancı’ya sonsuz teşekkür ederim.

Türk dilini öğrenmemde yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen PADAM’daki tüm sevgili hocalarıma minnettarım.

Burada farklı ülkelere arkadaş edindim. Farklı kültürlerle tanıştım. Üniversite hayatım boyunca yanımda olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Türkiye’de öğrenim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Bakhytzhan’a, annem Mira’ya ve kardeşlerim Bagdaulet’e, Rauan’a, Dinmukhammed’e ve Aiaru’a sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak Türkiye’de eğitim almam için bu fırsatı bana veren ve her zaman farklı konuda yardım edip katkı sağlayan Türkiye Bursları ve Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına sonsuz teşekkür ediyorum.

1. GİRİŞ

Türkiye, bugüne kadar birçok yıkıcı deprem dönemi yaşamıştır. Aktif fay hattı üzerinde bulunduğundan dolayı, Türkiye dünyanın en aktif sismik olan ülkelerinden biridir. Geçmişte yaşanan depremler, ülke genelinde mevcut olan binaların çoğunun deprem güvenliğinin yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Her deprem, binaların yeterli derecede güvenliğini sağlaması için bir test olarak kabul edilir. Yıkıcı depremlerin neden olduğu büyük can ve mal kayıpları, depreme dayanıklı bina tasarım ilkelerinin geliştirilmesine yol açmış, ayrıca bu depremlerden ve teknolojik gelişmelerden elde edilen yeni bilgilere dayalı olarak deprem yönetmeliklerinin güncellenmesi gerektiğine öncülük etmiştir. Çünkü deprem tehlike potansiyeli tespiti ve deprem tahmini çalışmaları can ve mal kaybını en aza indirmek için büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de bugüne kadar birçok yönetmelik revizyonu yapılmış ve yakın zamanda güncellenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY–2018) hayata geçirilmiştir.

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem bölgelerindeki davranışlarını değerlendirmek ve deprem performanslarını belirlemek için doğrusal (elastik) ve doğrusal olmayan (elastik ötesi) hesaplama yöntemleri kullanılabilir (TBDY–2018). Elastik ötesi hesap yöntemleri mevcut ve yeni yapılacak binaların deprem performanslarının belirlenebilmesi için gün geçtikçe yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemlere göre hesap yapılırken deprem talebi spektral yer değiştirme ile tarif edilmektedir. Elastik olarak hesaplanan ve genellikle elastik talep spektrumları ile tarif edilen yer değiştirme talepleri, yönetmelikte tarif edilen yaklaşımlar kullanılarak, doğrusal olmayan deprem talebine çevrilmektedir. Böylece binanın doğrusal olmayan davranışı ile ilgili çıkarım yapılmaktadır. Bu konuda literatürde esas itibarı ile 2 temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki $R-\mu-T$ esaslı talep hesabı yöntemleri iken diğer ise sönüm esaslı hesap yaklaşımıdır. Dayanım azaltma katsayısı (R), yer değiştirme sünekliliği (μ) ve yapısal periyot (T) arasındaki ilişki ve sönüm, elastik olmayan hesap yöntemiyle yapısal talebin tahmin edilmesinde çok önemlidir. Günümüze dek farklı yer ivme kayıtları, çevrim modelleri ve sönüm oranları dikkate alınarak çeşitli $R-\mu-T$ modelleri önerilmiştir. Bu tez çalışmasında ise literatürde

önerilen bu hesap yaklaşımları göz önüne alınarak bahsedilen etkili bu parametreler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı literatürde bulunan $R-\mu-T$ esaslı hesap yaklaşımlarından elde edilen sonuçlar ile seçilen ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizden elde edilen sonuçları karşılaştırmaktır. Bunun için Pamukkale Üniversitesi'nde daha önce yapılan çalışmalar sırasında incelenen farklı yatay dayanım oranına, titreşim periyoduna ve süneklik kapasitesine sahip örnek binalardan faydalanılacaktır. Bu örnek binalar için, $R-\mu-T$ esaslı hesap yaklaşımları ile elde edilen deprem talepleri, zaman tanım alanında analizler yoluyla elde edilen deprem talepleri ile karşılaştırılacaktır. Böylelikle her iki yaklaşımın verdiği sonuçlar ile doğrusal olmayan zaman tanım alanındaki analizlerden elde edilen sonuçların uyumu birbiri ile karşılaştırılacaktır.

1.2 Tezin Önemi ve Kapsamı

Türkiye, önemli bir deprem ülkesidir. Binaların deprem performanslarının yeterli olup olmadığının belirlenmesi ile ilgili yapılması gereken çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bir binanın deprem performansının yeterli olabilmesi için deprem sebebiyle binada meydana gelecek yer değiştirme talebinin binanın yer değiştirme kapasitesinden daha büyük olması gerekmektedir. Bu yüzden de binaların deprem performanslarının belirlenmesinde binanın yer değiştirme kapasitesinin hesabı kadar deprem sırasında binada meydana gelecek deprem talebinin hesabı da büyük önem taşımaktadır. Farklı dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip binalarda meydana gelen yer değiştirme talepleri önemli ölçüde değişebilmektedir. Binalarda meydana gelen deprem talebinin hesabı için önerilen ve binaların yapısal özelliklerine göre tarif edilen pek çok yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar birbirlerine göre farklı parametreleri esas alabilmekte ve oldukça farklı sonuçlar verebilmektedir. Başka bir ifade ile bir yaklaşıma göre hesaplanan deprem talebi üzerinden yapılan değerlendirme binanın

deprem performansının yeterli olarak belirlenmesine sebep olurken, bir diğer yaklaşıma göre yapılan değerlendirme tam tersi yönde sonuçlar verebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında yukarıda bahsedildiği gibi Pamukkale Üniversitesi'nde daha önce yapılan çalışmalar sırasında incelenen farklı yatay dayanım oranına, titreşim periyoduna ve süneklik kapasitesine sahip örnek binalardan faydalanılacaktır. Çalışmada mevcut bina örneklerine ait yapısal özellikleri kullanarak deprem talep hesabı için önerilen $R-\mu-T$ esaslı hesap yaklaşımları ile elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında analizlerden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanacaktır. Analizler sırasında rijitlik, dayanım ve süneklik parametrelerine dayalı ayrı ayrı dinamik hesaplar yapılmıştır. Ayrıca TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri de bu hesap yöntemlerinden biri olan Vidic ve diğerleri tarafından önerilen $R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemini kullanmaktadır. Böylelikle hem mevcut yöntemlerin sonuçlarını birbiri ile karşılaştırma imkânı bulunacak, hem de ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğinin esas aldığı hesap yönteminin vermiş olduğu sonuçların bir değerlendirmesini yapma imkanına kavuşulacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Doğrusal olmayan sismik talebi tahmin etmek için literatürde esas itibarı ile 2 temel yaklaşım bulunmaktadır:

1. $R-\mu-T$ ilişkilerine dayalı yöntemler;
2. Sönüm esaslı hesap yöntemleri.

Bu hesap yaklaşımları üzerine yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Çalışmaların pek çoğunda elastik ve elastik olmayan taleplerin değişimi dayanım azaltma katsayısı üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmaların çoğunda dayanım azaltma katsayısının büyüklüğünü etkileyen ana parametreler de tartışılmıştır.

Elastik ve elastik olmayan sistemlerin maksimum yer değiştirmeleri arasındaki ilişkiyi ilk kez Veletsos ve Newmark (1960) tarafından elastik–mükemmel plastik histerisis davranışa sahip tek serbestlik dereceli (TSD) sistemleri kullanarak incelemiştir. Araştırmada, uzun periyotlar için elastik ve elastik olmayan yer değiştirmelerin yaklaşık olarak aynı olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu gözlem, iyi bilinen ve günümüzde sismik tasarım amaçları için yaygın olarak kullanılan eşit yer değiştirme kuralının kullanılmasına imkân vermiştir. Çalışma ayrıca kısa periyotlar için elastik olmayan yer değiştirmenin elastik olandan daha yüksek olduğu sonucunu göstermiştir.

Riddel ve Newmark (1979), önceki yapılan çalışmalara dayanarak elastik olmayan davranış spektrumlarını önermişlerdir. Önerilen elastik olmayan spektrumlar, yer değiştirme sünekliğine, sönüm oranına ve spektral bölgeye bağlı olan amplifikasyon faktörlerinin kullanımı ile hesaplanır. Doğrusal olmayan spektrumlarının istatistiksel bir analizini ele alan ilk çalışma olan bu çalışma, kaya ve alüvyon sahalarında kaydedilen on deprem yer hareketini dikkate almışlardır.

Newmark ve Hall (1982), elastik–mükemmel plastik histerisis eğrisine sahip tek serbestlik dereceli bir sistem için R_μ ile μ arasında ilişki kurmaya yönelik ilk girişimi yapmışlardır. Yazarlar; uzun periyotlar aralığında, aynı başlangıç rijitliğine sahip elastik ve elastik olmayan sünek sistemlerin hemen hemen aynı yer değiştirmeye ulaştığını gözlemlemişlerdir. Dayanım azaltma katsayısının, yer değiştirme

sünekliğine eşit olduğunu kabul etmişlerdir (eşit yer değiştirme kuralı). Kısa periyotlu yapılar için; süneklik, dayanım azaltma katsayısından daha yüksektir ve dayanım azaltma katsayısını hesaplamak için eşit enerji yaklaşımı ile elde edileceğini açıklamışlardır. Bu yaklaşım, elastik ve elastik olmayan sistemlerin ulaştığı maksimum yer değiştirmeye karşılık gelen kuvvetle ilişkili enerjinin aynı olduğu gözlemine dayanmaktadır.

Shimazaki ve Sözen (1984), kısa periyotlu bölgelerde, maksimum elastik olmayan yer değiştirmenin maksimum elastik yer değiştirmeye oranının, yapının elastik mukavemet talebine göre yanal gücüne kritik olarak bağlı olduğunu ve elastik olmayan yer değiştirme talebinin tahmininin basit bir prosedürün ötesinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Nassar ve Krawinkler (1991) Kaliforniya'daki sert zeminlerde büyüklüğü 5,7 ile 7,7 arasında olan 15 deprem yer hareketine maruz kalan, tek serbestlik dereceli doğrusal olmayan sistemlerin davranışlarını incelemişlerdir ve elde edilen dayanım azaltma katsayısı için bir ilişki geliştirmişlerdir. Doğal periyot, akma seviyesi, gerinim-rijitlik oranı ve elastik olmayan malzeme davranışının türü gibi yapısal sistem parametrelerinin yanı sıra ortalama dayanım azaltma katsayısının episantr uzaklığa duyarlılığı incelenmiştir. Ayrıca çalışmada, rijitliği azaltan sistemlerin elasto-plastik sistemlere ortalama dayanım azaltma katsayılarının oranları yer almaktadır.

Miranda (1993) farklı saha koşullarında kaydedilen 124 deprem yer hareketine maruz kalan belirli yer değiştirme süneklik seviyelerindeki tek serbestlik dereceli sistemlerinin maksimum elastik olmayan yer değiştirmesinin maksimum elastik yer değiştirmesine oranlarını incelemiştir. Araştırmanın bir parçası olarak ayrıca üç tip zemin koşulu için maksimum elastik olmayanın maksimum elastik davranışa ortalama sabit süneklik oranları hesaplanmıştır. Çalışma, kısa periyot aralığında bu orana ve eşit yer değiştirme kuralının geçerli olduğu spektral bölgelerin limit periyotlarına özel bir fikir vermiştir. Ayrıca Miranda tarafından yapılan araştırmada, dayanım azaltma katsayısı için önerilen denklem sunulmaktadır. Zemin şartları; kaya, alüvyon ve yumuşak olarak sınıflandırılmıştır. Dikkate alınan sönüm oranı %5'tir. Yer değiştirme sünekliği oranları 2 ve 6 arasında değişen ikili doğrusal TSD sistemler üzerinde çalışılmıştır.

Miranda ve Bertero (1994) çalışmalarında dayanım azaltma katsayısı üzerine yapılmış olan araştırmaların yanı sıra önceki çalışmaları gözden geçirmeyi ve depreme dayanıklı tasarım için bu sonuçların etkilerini tartışmayı amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, dayanım azaltma katsayısının öncelikle maksimum tolere edilebilir yer değiştirme sünekliği talebinden, sistemin periyodundan ve sahadaki zemin koşullarından etkilendiğini göstermektedir.

Vidic ve diğ. (1994) tarafından hesaplanan dayanım azaltma katsayıları, çift doğrusal bir eğri ile hesaplanmıştır. Çalışmada, kısa periyot aralığında (periyot 1 sn'den başlayarak) dayanım azaltma katsayısı doğrusal olarak arttığı ve süneklik katsayısına neredeyse eşit bir değerde yaklaştığı sonucuna varmıştır. Periyot aralığının geri kalan kısmında, dayanım azaltma katsayısı sabittir. Dayanım azaltma katsayısını hesaplamak için çift doğrusal tepki modeli ve rijitliği azaltan “Q – modeli” kullanılmıştır. Kütle ve rijitlik orantılı sönüm varsayılmıştır. Çalışmada, 1979 yılında Kaliforniya ve Montenegro'dan yer alan standart kayıtlar seçilmiştir.

Whittaker ve diğ. (1998) elastik olmayan yer değiştirmelerin elastik yer değiştirmelere oranı üzerine bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada düz zemin veya yumuşak kaya sahalarında kaydedilen 10 deprem yer hareketi kullanılmıştır. Çalışma, yaklaşık 1 sn'den küçük periyotlar için ortalama elastik olmayan yer değiştirmelerin ortalama elastik yer değiştirmeleri aştığı sonucuna varmıştır.

Ordaz ve Perez–Rocha (1998) tek serbestlik dereceli elasto–plastik sistemlerde dayanım azaltma faktörlerini tahmin etmek için yeni bir yaklaşım sunmuştur. Çalışmada dayanım azaltma katsayıları sadece yer değiştirme elastik spektrumlarına bağlıdır, bu nedenle onlar yapısal periyodun açık bir fonksiyonu olarak kabul edilmemiştir. Önerilen yaklaşımın, sert ve yumuşak zeminlerde kaydedilen ivme kayıtlarına ve %2, 5 ve 10'luk sönüm oranlarına uygulandığında iyi sonuçlar verdiği bulunmuş ve daha önce yayınlanmış çalışmalardan daha genel olduğu ve doğru yaklaşım verdiği gösterilmiştir.

Chopra ve Goel (2000) bilinen yanal dayanıma sahip mevcut yapıların maksimum elastik olmayan yer değiştirmesini tahmin etmek için akma yer değiştirmesini, yer değiştirme süneklik oranına μ çarparak bulabileceğini öne çıkarmışlardır. Yani yer değiştirme süneklik oranı ve titreşim periyodu T 'nin bir

fonksiyonu olarak tanımlanan ortalama dayanım azaltma katsayısı R 'nin bir tahminini sağlayan mevcut $R-\mu-T$ ilişkilerinden hesaplanabileceğini önermişlerdir. Bu yaklaşım çok basit ve maksimum elastik olmayan yer değiştirmeyi tahmin etmenin bir yolunu bulmayı sağlamıştır.

Priestley ve Kowalsky (2000) yaptığı çalışmalarda, dinamik doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizi kullanılmıştır. Binaların belirli tasarım sınır durumlarına ulaşması için ve gerekli taban kesme mukavemetini belirlemek için alternatif bir sismik tasarım prosedürü açıklanmıştır. Çok katlı çerçeve ve duvar binaları için tasarımlar sunulmuş ve hedef yer değiştirmeler elastik olmayan zaman tanım alanı analizinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçta yer değiştirmeye göre tasarım yaklaşımı, belirli bir deprem seviyesi için yer değiştirmeleri belirleme konusunda çok başarılı olduğu görülmüştür.

Fajfar (2000) tarafından yapılan çalışmada yapıların sismik analizi için nispeten basit bir doğrusal olmayan yöntem (N2 yöntemi) sunulmuştur. Yöntem, prosedürün ve sismik tepkiyi kontrol eden temel nicelikler arasındaki ilişkilerin görsel olarak yorumlanmasını sağlayan ivme-yer değiştirme formatında formüle edilmiştir. Makalede önerilen yöntem ile FEMA 273 ve ATC 40 doğrusal olmayan statik analiz prosedürleri arasındaki benzerlikler ve farklılıklar tartışılmıştır.

Borzi (2000) yaptığı çalışmalarda yapının önceden belirlenmiş bir süneklik seviyesine ulaşması ve aşmaması için gereken dayanım azaltma katsayılarına ilişkin değerleri elde etmek için iyi kontrol edilmiş ve eşit olarak dağıtılmış bir deprem veri seti kullanmaktadır. Kullanılan veri seti; büyüklük, mesafe ve zemin koşulu alanlarında tutarlı dağılım gösterecek şekilde özenle seçilmiştir.

Miranda ve Ruiz-Garcia (2002) çalışmasında, tek serbestlik dereceli sistemlerin maksimum doğrusal olmayan yer değiştirme talebini tahmin etmek için kullanılan altı yaklaşım yöntemini değerlendirmişlerdir. Tüm yöntemlerde, elastik olmayan sistemlerin maksimum yer değiştirme talebi, doğrusal elastik sistemlerin maksimum yer değiştirme talebinden tahmin edilmiştir. Burada değerlendirilen yöntemlerden dördü (Rosenblueth ve Herrera, Gülkan ve Sözen, Kowalsky, Iwan), maksimum yer değiştirmenin, elastik olmayan sisteme göre daha düşük yanıl rijitliğe ve daha yüksek sönüm katsayısına sahip doğrusal elastik bir sistemin maksimum yer

değiştirmesi olarak tahmin edildiği eşdeğer doğrusallaştırmaya dayanmıştır. Diğer iki yöntemde (Newmark ve Hall, Miranda), maksimum elastik olmayan yer değiştirme, maksimum yer değiştirmenin tahmin edildiği elastik olmayan sisteminkilerle aynı yanal rijitliğe ve aynı sönüm katsayısına sahip doğrusal elastik bir sistemin maksimum yer değiştirmesinin bir çarpımı olarak tahmin edilmiştir (arpı bir değiştirici faktör). 264 yer hareketi kaydı kullanarak Takeda, Geliştirilmiş Clough, rijitlik indirgeme (stiffness degrading) ve elasto–plastik sistemlerini karşılaştırarak elastik olmayan yer değiştirmeyi tahmin etmek amacıyla araştırma yürütmüştür.

Lestuzzi ve Badoux (2003) tarafından yapılan çalışmada eşit yer değiştirme kuralı, doğrusal olmayan yer değiştirmelerin elastik yer değiştirmelerden oldukça yüksek olduğu düşük periyotlu yapılar hariç, birçok sayısal ve deneysel araştırmayla doğrulanmıştır.

Kowalsky ve Nau (2007) tarafından yayınlayan makalede JDSS yaklaşımı (Jacobsen’s Damping Secant Stiffness) araştırılmıştır ve Jacobson’ın sekant rijitlik yöntemiyle (JDSS yaklaşımı) birleştirilmiş eşdeğer sönümleme yaklaşımının kapsamlı bir değerlendirmesi sunulmuştur. Çalışmada Ring–Spring, Large Takeda, Small Takeda ve elasto–plastik olmak üzere dört çevrim model değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde çeşitli sünelik seviyelerine sahip 100 yer hareketi kullanılmıştır. Etkin periyot aralığı 0,1 ile 5,0 saniye arasında olan 50 osilatör dikkate alınmıştır.

Blandon ve Priestley (2005) tarafından yapılan çalışmada eşdeğer viskoz sönümlemenin tahmini incelenmiştir. Analizde çeşitli çevrim enerji absorpsiyon özelliklerini temsil eden altı çevrim model ve altı yapay kayıt kullanılmıştır. Jacobsen’in kararlı durum harmonik yanıtı yaklaşımı ile tahmin edilen eşdeğer viskoz sönümleme, tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanı analizleri kullanılarak yinelemeli bir prosedürden elde edilen etkili sönümleme faktörleriyle karşılaştırılmıştır. Analitik sonuçlara dayanarak eşdeğer viskoz sönümleme için değiştirilmiş tasarım denklemleri önerilmiştir.

Genshu ve Yongfeng (2007) tek serbestlik dereceli sistemlerin elasto–plastik zaman tanım alanı analizine dayanan bu makalesinde, Geliştirilmiş Clough evrim modeli için sismik kuvvet modifikasyon faktörünün bir araştırmasını açıklamışlardır.

Her biri 74 ila 106 kayıt içeren 4 ayrı bölgeden toplam 370 deprem kaydı, yapısal tepkiyi hesaplamak için kullanılmıştır. Yapı periyotları 0,1 ile 6 sn arasında değişmekte olup yer değiştirme sünekliği sırasıyla 2, 3, 4, 5 ve 6 olarak alınmıştır. Analizde sönüm oranları 0.0, 0.035 ve 0.05 ve akma sonrası rijitlik oranları 0.0, 0.05, 0.1 ve 0.2 olarak alınmıştır. Çalışmada, farklı olan dört çevrim modeli kullanılmıştır.

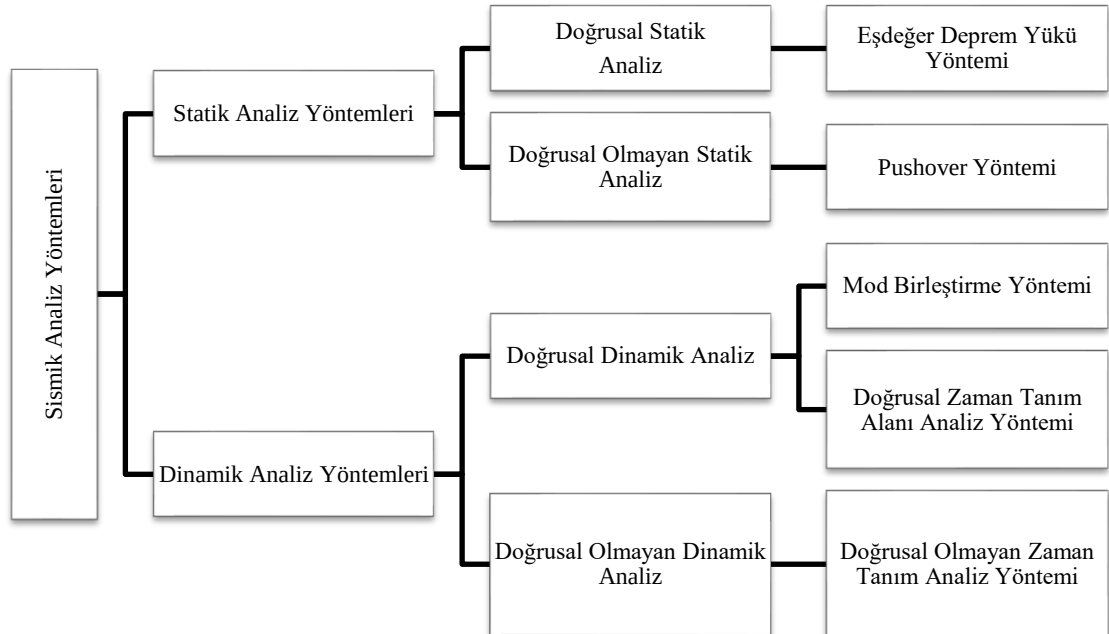
Yi ve diğ. (2007) iki doğrusal tek serbestlik dereceli sistemlerinin kapsamlı dinamik zaman tanım alanı simülasyonlarının sonuçlarının istatistiksel analizlerine dayalı olarak olasılıksal sabit mukavemetli süneklik talep spektrumlarını geliştirmek için bir prosedür sunmuşlardır. Prosedür: normalleştirilmiş dayanım ve temel sistem periyodunu göz önüne aldığında, süneklik talebinin hem ortalamasını hem de standart sapmasını tahmin etmek için bir yaklaşım önermektedir. Çalışmada, akma sonrası rijitlik oranının süneklik talebi üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

3. YAPILARIN DEPREM HESABI

3.1 Giriş

Yapıların şiddetli yer hareketi altında elastik kalmadığı iyi bilinmektedir. Bu nedenle yapıların sismik tasarımında ve değerlendirilmesinde doğrusal olmayan davranış belirlenmesi önemli bir konu haline gelmektedir. Yapısal mühendislik yaklaşımları sismik hareketin belirlenmesi için genellikle basitleştirilmiş sismik analiz yöntemlerine dayanmaktadır. Sismik analizin hem araştırma hem de uygulamada kullanımı, doğrulanmış ve kullanıcı dostu yazılımların yaygınlaşması ve hızlı bilgisayarların mevcudiyeti nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde artmıştır.

Bu bölümde deprem mühendisliğinde kullanılan ana yapısal analiz yöntemlerine genel bir bakış sunmaktadır. İncelenen yöntemler, elastik ve elastik olmayan tepki analizinde uygulanan statik ve dinamik analiz yöntemleri olarak gruplandırılmıştır. Yapının sismik analizi için kullanılan yöntemler Şekil 3.1’de verilmiştir:



Şekil 3.1:Yapının Sismik Analiz Yöntemleri

3.2 Yapı Sismik Analiz Yöntemleri

Sismik davranışların belirlenmesi için yapının sismik analizinin yapılması gereklidir. Uygulanan analiz yöntemi ile elastik veya elastik olmayan bir durumda davranıp davranmadığı belirlenir. Yapıyı analiz etmek için kullanılması gereken sismik analiz türü şunlara bağlıdır; dış etki, yapı veya yapı malzemelerinin davranışı, seçilen yapısal modelin türü. Analiz, temel olarak statik analiz ve dinamik analiz olarak ikiye ayrılır.

3.2.1 Statik Analiz Yöntemleri

Statik analiz yöntemi, genellikle yapısal sistemin deformasyon ve eylemler açısından kapasitesini değerlendirmek için kullanılır. Bu yöntemde eşit zaman aralığında eşit büyüklükte uyarma kuvvetleri etki eder. Statik analiz, sönümleme ve atalet etkisi sıfır veya neredeyse ihmal edilebilir olduğunda dinamik analizin özel bir durumu olarak görülebilir. Analiz, doğrusal statik analiz ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri olmak üzere iki türe ayrılır.

3.2.1.1 Doğrusal Statik Analiz

Yapıların doğrusal statik analizi verilen sınır koşulları ve statik yüklerin etkisi altında yapıların gerilme–şekil değiştirme durumunun belirlenmesidir. Bu analizde yapı, statik uyarma kuvveti türlerine karşılık gelen doğrusal gibi davranır ve sınırlı yüksekliğe sahip normal yapılar için kullanılabilir. Elastik analizde, yapının rijitlik özelliklerinin tüm deprem süresince sabit olduğu varsayılır. Doğrusal statik analiz, eşdeğer deprem yükü (eşdeğer statik analiz) yöntemi olarak bilinir.

3.2.1.2 Doğrusal Olmayan Statik Analiz

Bu analizde yapı, statik uyarma kuvveti türlerine karşılık gelen doğrusal olmayan davranışa izin verir ve bu analiz herhangi bir yapı sınıfı için kullanılabilir. Doğrusal olmayan statik analizde, yapının rijitliğinin küçük bir artış süresi boyunca

sabit olduğu varsayılır. Uygulanması basit bir yöntem olan pushover (itme) analiz yöntemi ile gerçekleştirilen doğrusal olmayan statik analiz; yapının mukavemeti, deformasyonu ve sünekliği ile talep dağılımı hakkında bilgi sağlar.

3.2.2 Dinamik Analiz Yöntemleri

Dinamik analiz yönteminde uyarma kuvveti zamana göre değişir. Yöntemin kullanılması daha karmaşıktır ve statik analize kıyasla daha zaman alıcıdır. Ancak dinamik analiz yöntemi, deprem tepkilerinin değerlendirilmesine yönelik en doğal yaklaşımdır. Dinamik analiz yöntemleri; doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analiz olmak üzere iki türe ayrılır.

3.2.2.1 Doğrusal Dinamik Analiz

Bu analizde yapı, zamanla değişen uyarma kuvvetine karşılık gelen elastik veya izin verilen elastik davranışa kadar davranır. Doğrusal dinamik analizde yapının rijitlik özelliklerinin tüm deprem süresince sabit olduğu varsayılır. Doğrusal dinamik analiz, davranış spektrum yöntemi veya mod birleştirme yöntemi ve elastik zaman tanım alanı yöntemi gibi çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

3.2.2.2 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Doğrusal olmayan dinamik analiz, bir deprem sırasında yapının gerçek davranışının yanıtlanabileceği doğrusal olmayan zaman tanım alanı yöntemi ile gerçekleştirilebilir ve bu analiz bir yapının gerçek davranışını tanımlamanın tek yöntemidir. Bu analizde yapı, zamanla değişen uyarma kuvvetine karşılık gelen elastik olmayan davranış altında izin verilen elastik davranışın ötesinde davranır. Doğrusal olmayan dinamik analiz yönteminde, yapının rijitliğinin küçük bir artış süresi boyunca sabit olduğu varsayılır. Yöntem, yapısal elemanın elasto-plastik deformasyonunu dikkate alarak diferansiyel hareket denklemlerinin doğrudan sayısal entegrasyonuna dayanmaktadır.

3.3 Zaman Tanım Alanı Analiz Yöntemi

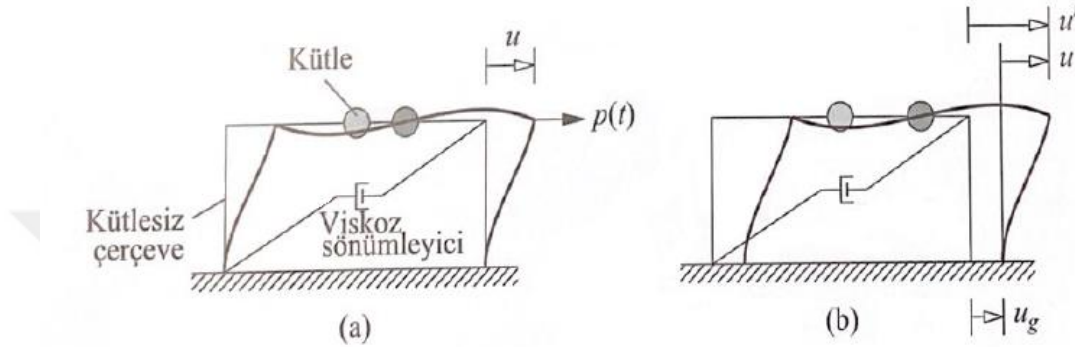
Yapısal tepkinin veya davranışın doğrusal olmadığı durumlarda zaman tanım alanı analiz yöntemi kullanılmalıdır. Zaman tanım alanı analiz yöntemi; nispeten daha fazla zaman alıcı, uzun ve maliyetlidir. Ancak günümüzde bilgisayar donanım ve yazılımlarının geliştirilmesi sayesinde zaman tanım alanı yönteminin kullanılması eskiye göre daha uygundur. Bu yüzden de yukarıdaki çizelgede (bkz. Şekil 3.1) yer alan analiz yöntemlerinden sismik olarak uyarılmış yapı için en güvenilir yöntem zaman tanım alanı analizi yöntemidir. Analizi gerçekleştirmek için değerlendirilmekte olan bir yapının yer hareketinin ivme kaydına sahip olunması gerekmektedir. Böylelikle belirli bir zaman geçmişi için yapıların tepkisini elde etmek amacıyla zamanla değişebilen belirli bir yüklemeye maruz kalan bir yapının dinamik tepkisinin adım adım analizi elde edilir. Zaman tanım alanı analizi yöntemi; doğrusal ve doğrusal olmayan analiz olmak üzere iki kısma ayrılıyor.

Doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizin arasındaki en temel fark rijitlikten kaynaklanır. Doğrusal zaman tanım alanı analizinde yapının rijitliğinin, önceki yer değiştirme geçmişinden bağımsız olduğu varsayılırsa, doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizinde zaman anında yapının rijitliği, zamanın yer değiştirme geçmişine bağlıdır ve yapının tepkisinde daha önce meydana gelmiş olabilecek akma, burkulma ve diğer davranışları hesaba katmak için değişir. Doğrusal zaman tanım alanı analizi tasarım uygulamasında nadiren kullanılır. Bunun nedeni, tasarımda genellikle yalnızca tepki büyüklüklerinin (kuvvetler ve yer değiştirmeler) maksimum değerleriyle ilgilenilmesidir ve bu büyüklükler, davranış spektrum analizi olarak bilinen alternatif bir analiz biçimi ile daha kolay bir şekilde yaklaşılabılır. Bu yüzden de tasarım projelerinde doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizi giderek daha fazla kullanılmaktadır.

3.4 Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerin Hesabı

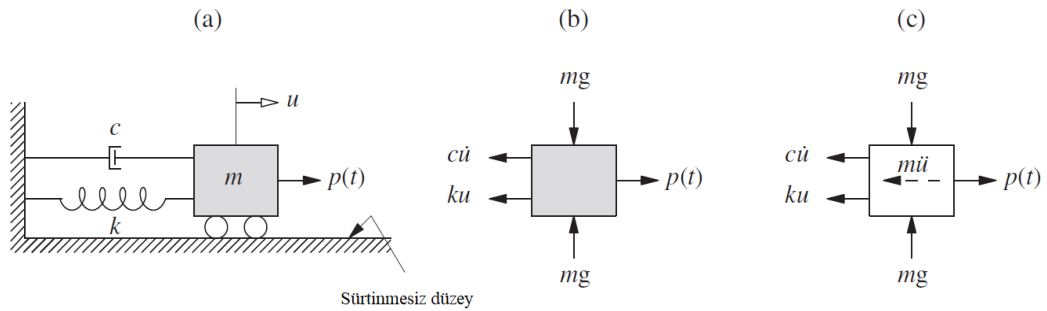
Bir yapının depremde tepkisi ve şekli, yapının kendisinin olduğu kadar yer sarsıntısının kuvvet ve dinamik özelliklerinin bir fonksiyonudur. Yapısal deprem tepkisi için önemli olan temel dinamik özellikler, yapının modal özellikleri ve sönümlemesidir.

Deprem davranışı belirlenecek en basitleştirilmiş yapı türü, tek serbestlik dereceli olarak bilinen yapı modelidir. Şekil 3.2'deki tek katlı çerçeve; tek bir yerde, tipik olarak çatı seviyesinde yoğunlaşan kütle ile idealleştirilirse, dinamik analiz için yalnızca bir serbestliğe (yanal yer değiştirme veya ötelenme) sahiptir. Bu nedenle bu model tek serbestlik dereceli (TSD) sistem olarak adlandırılır. Ele alınan sistemin çatı seviyesinde yoğunlaşan m kütlesi, sisteme rijitlik sağlayan kütsüz bir çerçeve ve sistemin titreşim enerjisini dağıtan viskoz bir sönümleyiciden oluşmaktadır.



Şekil 3.2: Tek serbestlik dereceli sistem: (a) etkiyen kuvvet $p(t)$; (b) deprem kaynaklı yer hareketi

Bu sistem, tek katlı bir yapının idealleştirilmesi olarak düşünülebilir. Gerçek yapının her bir yapısal elemanı (kiriş, kolon, duvar vb.), yapının eylemsizlik (kütle), şekildeğişimine direnç (rijitlik veya esneklik) ve enerji dağıtma (sönümleme) özelliklerine katkıda bulunur. Ancak idealleştirilmiş sistemde, bu özelliklerin her biri üç ayrı saf bileşende yoğunlaşmıştır: Kütle bileşeni, rijitlik bileşeni ve sönüm bileşeni (Anıl K.Chopra 2015).



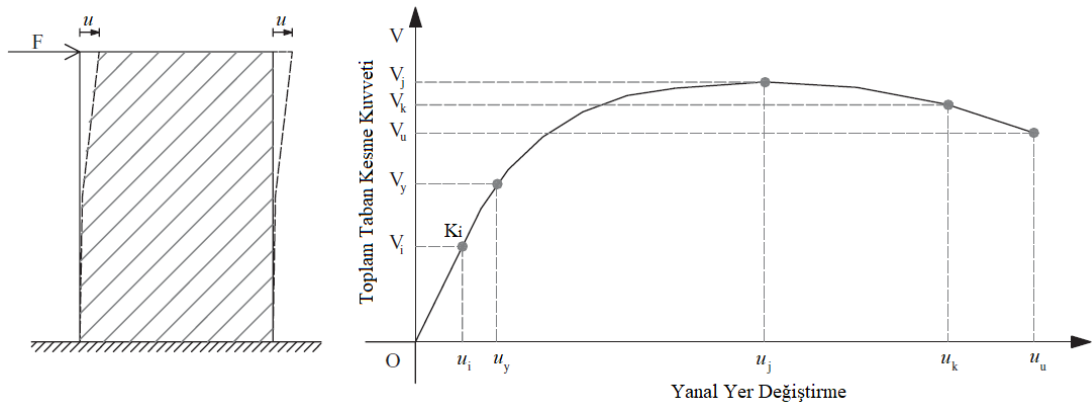
Şekil 3.3: Kütle-yay-sönümleyici sistem

Şekil 3.3'te tek serbestlik dereceli sistemin serbest cisim diyagramı gösterilmiştir. Şekil 3.3 a'daki kütle-yay-sönüm sistemidir. Şekil 3.3 b ve c'de kütle

etki eden kuvvetler gösterilmektedir; bunlar, k sertliğine sahip doğrusal bir yay tarafından uygulanan elastik direnç kuvveti $f_s=ku$ ve doğrusal viskoz bir sönümleyiciden kaynaklanan sönüm direnç kuvveti $f_D=c\dot{u}$ verir.

3.5 Taşıyıcı Sistemlerin Dayanım, Rijitlik ve Süneklik Kapasiteleri

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapı güvenliğinin temel ilkeleri; yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklik olarak bilinmektedir. Herhangi bir yapı dış yüklerin etkisinin altında kaldığı zaman bunların her biri davranışı temsil etmekte en önemli parametre olarak kabul edilmektedir (Doğangün 2007). Ortak bir terminoloji oluşturmak amacıyla bu bölümde kısaca yapıların ve temellerinin depreme maruz kaldıklarında davranışlarını tanımlayan en önemli bu üç davranış parametreler özelliği hakkında bilgi verilmiştir.



Şekil 3.4: Yatay yüklere maruz kalan yapısal sistemler için tipik tepki eğrisi

Rijitlik, Şekil 3.4'te gösterildiği gibi bir bileşenin veya bir bileşen grubunun, eylemlere maruz kaldığında deformasyonlara direnme yeteneğidir (Elnashai ve Di Sarno 2008). İki nicelikten birinin belirli bir düzeyindeki etki ve deformasyon arasındaki oran ve diğerinin karşılık gelen değeri olarak ifade edilir. Bu nedenle rijitlik sabit bir değer değildir. Şekil 3.4'te, K_i , gerekli bir deformasyon u_i 'deki rijitliktir ve kuvvet direnci V_i 'ye karşılık gelir. Deprem etkisi altında olan bir yapının hasar görmesine veya yıkılmasına yol açabilecek deformasyonlarının oluşmasını engellemek için rijitlik çok önemlidir. Yapı güvenliğini yeterli derecede sağlamasında bir yapısal elemanın rijitliği, mukavemetten daha önemlidir. Ayrıca servis kolaylığı ve

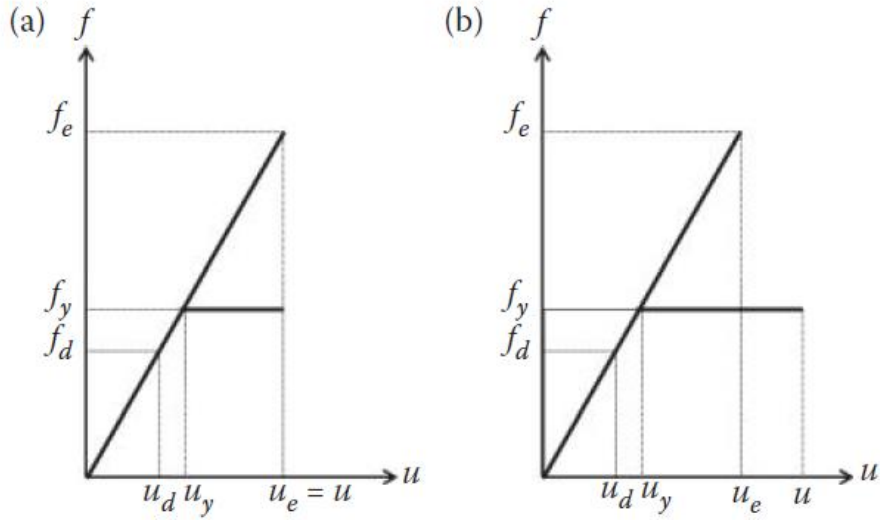
yer değiştirmelerin kontrolü için kritik öneme sahiptir. Yapıdaki deformasyon taleplerini sınırlayabildiğinden, deprem hasarı açısından avantajlıdır (Doğangün 2007).

Binanın yeterli dayanıma sahip olmasının temel amacı, taşıyıcı sistem elemanlarına etki eden yük etkilerinden kaynaklanan iç kuvvetleri sünek olarak taşıyabilmesidir (Doğangün 2007). Dayanım, bir bileşenin veya bir bileşen grubunun eylemlere direnme kapasitesidir. Şekil 3.4'te gösterildiği gibi dayanım sabit bir değer değildir. Şekilde, V_j ve V_k sırasıyla u_j ve u_k 'ye karşılık gelen kuvvet kapasiteleridir. Akma dayanımı olarak adlandırılan V_y , süneklik hesaplamaları için gerekli olan akma yer değiştirmesine u_y karşılık gelir.

Bir malzeme, bir kesit, bir eleman ya da bir yapının taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan deformasyon yapabilme ve tekrarlı yükler etkisinde büyük şekil değiştirmelerle enerji tüketebilme özelliğine; o malzemenin, kesitin, elemanın ya da yapının sünekliği denilmektedir (Doğangün 2007). Süneklik, Şekil 3.4'te gösterildiği gibi bir bileşenin veya bir bileşen montajının elastik sınırın ötesinde deforme olma yeteneğidir ve bir deformasyon miktarının maksimum değeri ile akma sınırı durumunda aynı miktar arasındaki oran olarak ifade edilir. Şekilde, yer değiştirme sünekliği μ , maksimum yer değiştirme u_u ile akma yer değiştirmesi u_y arasındaki orandır.

3.5.1 Eş-Enerji ve Eş Yer Değiştirme Prensibi

Aynı kütle ve rijitliğe ve aynı doğal periyoda sahip iki idealleştirilmiş tek serbestlik dereceli yapı sisteminin dayanım ve yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.5'te gösterilmiştir (Fardis ve diğ. 2015). Şekil 3.5'te bir sistem sınırsız bir elastik davranış gösterirken, diğeri sınırlı bir güce sahiptir. İkinci elastik olmayan sistemin akma noktası, akma dayanımı f_y ve akma yer değiştirmesi u_y ile tanımlanır. Literatürde araştırmaların çoğunda orta ve uzun periyot aralığında doğal periyotlara sahip birçok sistem için yer değiştirme cinsinden sismik talebin, u , sistemin gücünden bağımsız olduğu ve yaklaşık olarak yer değiştirme talebine, u_e , eşit olduğu gösterilmiştir. Bu, Veletsos ve Newmark (1960) tarafından belirtilen ve yarım yüzyıldan fazla bir süredir başarıyla kullanılan eşit yer değiştirme kuralıdır (Şekil 3.5 a).



Şekil 3.5: İdealleştirilmiş dayanım–yer değiştirme ilişkileri: (a) eşit yer değiştirme kuralı; (b) eş–enerji kuralı

Elastik ve elastik olmayan tepkilerin gösterildiği ve akma dayanımının f_e 'den f_y 'ye düşürmek için eşit enerji kavramının kullanıldığı Şekil 3.5 b'de gösterilmektedir. Şekilde gösterilen f_e elastik sisteme ait akma dayanım talebidir, f_y ise elasto–plastik sistemde meydana gelen akma dayanım kapasitesini temsil etmektedir. Maksimum elastik ötesi yer değiştirmenin u yapının akma yer değiştirmesine u_y oranı olarak tanımlanan μ yapının elastik olmayan deformasyonlar sebebiyle ulaştığı süneklik talebini temsil etmektedir.

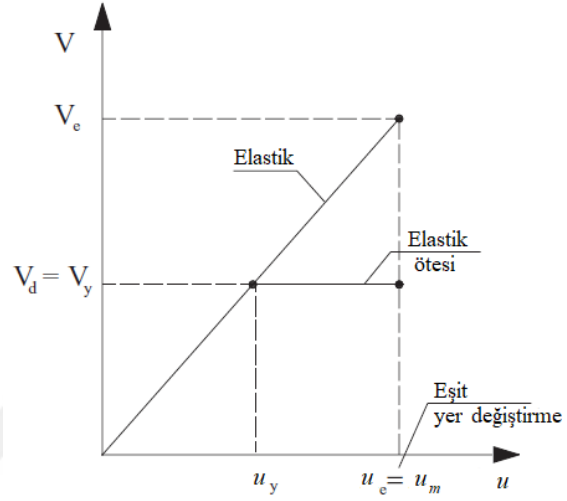
Deprem sırasında elastik aralıkta kalacak bir yapı, döngüsel hareketi atlatacak için çok büyük bir elastik geri yükleme kuvveti kazanacaktır. Bunu önlemek için deprem yönetmeliğinde (TBDY – 2018), sismik kuvveti Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) olarak adlandırılan bir faktör kadar azaltmaya çalışacaktır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı aşağıdaki (3.1) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir:

$$R = \mu D \quad (3.1)$$

Bu denklem eş yer değiştirme prensibine uyan binalar için kullanılmaktadır. Buradaki, D – Dayanım Fazlalığı Katsayısıdır aşağıdaki (3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir:

$$D = \frac{f_y}{f_d} \quad (3.2)$$

3.5.1.1 Eş Yer Değiştirme Prensibi



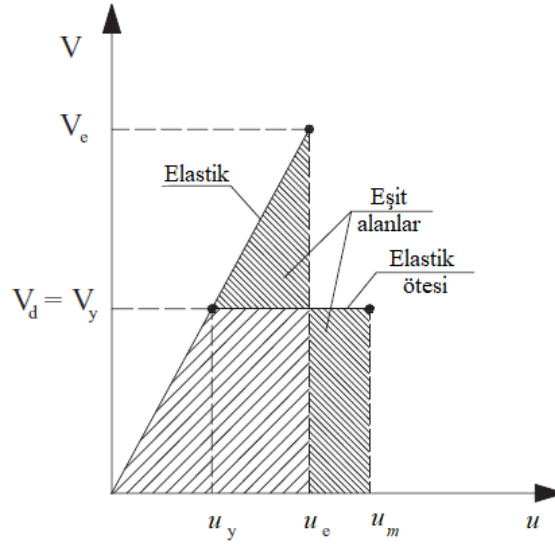
Şekil 3.6: Eşit yer değiştirme kuralı

Uzun periyotlu yapılarda elastik olmayan sistemin maksimum yer değiştirmesinin, akma kuvvetinin değerinden bağımsız ve hemen hemen sabit olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle, iki sistemi birbirine bağlamak için eşit yer değiştirmelere dayalı bir kriter kullanılmaktadır (Şekil 3.6). Aşağıda eşit yer değiştirme kuralı olarak bilinen kuralın denklemi verilmektedir:

$$u_e = u_m \quad (3.3)$$

3.5.1.1 Eş-Enerji Prensibi

Kısa periyotlu yapılarda, yer değiştirme u_y elastik olmayan sisteme ait dayanım talebi V_y ile artar (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Eş-enerji kuralı

Burada eşit enerjiye dayalı kuralı kullanmak daha iyi sonuç verir. Şekil 3.7’de gösterildiği gibi elastik ve elastik olmayan sistemler tarafından alınan denklemler eşitlenirse, eş-enerji kuralına dayanan denklem ortaya çıkar:

$$\frac{1}{2} V_e u_e = \frac{1}{2} V_y u_y + V_y (u_m - u_y) \quad (3.4)$$

$$u_m = \frac{\mu}{\sqrt{2\mu - 1}} u_e \quad (3.5)$$

3.6 Yapılarda Deprem Talebinin Tahmini İçin Önerilen $R-\mu-T$ Esaslı Hesap Yöntemleri

$R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemleri bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu ilişki hakkında çalışmalarda en çok kullanılan bağıntılar veya ilişkiler bu bölümde özetlenmiştir. Tez kapsamında Newmark ve Hall, Nassar ve Krawinkler ve TBDY-2018 yöntemlerini kullanarak analizler yapılmıştır. Bispec analizinden elde edilen sonuçlar ile aşağıda verilen yöntemlerden elde edilen sonuçlar farklı çevrim modeller üzerinde tez kapsamında karşılaştırılmıştır.

3.6.1 Newmark ve Hall

Newmark ve Hall (1982) çalışmasında, elastik–mükemmel plastik histeresis eğrisine sahip tek serbestlik dereceli bir sistem için dayanım azaltma katsayısı R_μ , maksimum elastik kuvvetin maksimum elastik olmayan tepkiyi bir yer değiştirme sünekliğine μ sınırlamak için gereken akma kuvvetine oranı olarak tanımlanmıştır. Çalışmada dayanım azaltma katsayısı (R_μ) sünekliğin (μ) bir fonksiyonu olarak kabul edilmiştir. Yazarlar, uzun periyot aralığında, aynı başlangıç rijitliğine sahip elastik ve elastik olmayan sünek sistemlerin hemen hemen aynı yer değiştirmeye ulaştığını gözlemlemişlerdir. Dayanım azaltma katsayısının, yer değiştirme sünekliğine eşit olduğunu kabul etmişlerdir (eşit yer değiştirme kuralı). Kısa periyotlu yapılar için, süneklik dayanım azaltma katsayısından daha yüksektir ve dayanım azaltma katsayısını hesaplamak için eşit enerji yaklaşımı ile elde edileceği açıklanmıştır. Bu yaklaşım, elastik ve elastik olmayan sistemlerin ulaştığı maksimum yer değiştirmeye karşılık gelen kuvvetle ilişkili enerjinin aynı olduğu gözlemine dayanmaktadır. Davranış faktörü için önerilen ilişkiler aşağıdaki gibidir:

$$0 \leq T < \frac{T_1}{10} \quad R_\mu = 1 \quad (3.6)$$

$$\frac{T_1}{10} \leq T < \frac{T_1}{4} \quad R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \left[\frac{T_1}{4T} \right]^{2.513 \log \left[\frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \right]} \quad (3.7)$$

$$\frac{T_1}{4} \leq T < T_1' \quad R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \quad (3.8)$$

$$T_1' \leq T < T_1 \quad R_\mu = \frac{T\mu}{T_1} \quad (3.9)$$

$$T_1 \leq T < T_2 \quad R_\mu = \mu \quad (3.10)$$

$$T_1 \leq T < 10 s \quad R_\mu = \mu \quad (3.11)$$

Buradaki T_1 , T_1' ve T_2 aşağıdaki denklemler ile hesaplanır:

$$T_1 = 2\pi \frac{\phi_{ev} V}{\phi_{ed} A} \quad (3.12)$$

$$T_1' = T_1 \frac{\sqrt{2\mu - 1}}{\mu} \quad (3.13)$$

$$T_2 = 2\pi \frac{\varphi_{ed} D}{\varphi_{ev} V} \quad (3.14)$$

A , V ve D maksimum yer ivme, maksimum yer hızı ve maksimum yer değiştirmedir; φ_{ea} , φ_{ev} ve φ_{ed} amplifikasyon faktörleridir.

Bu tez çalışmasında denklemdaki V/A ve D/V^2 oranını Newmark ve Hall çalışmasında önerdiği gibi 48 in/sec/g ve 6 olarak alınmıştır. Amplifikasyon faktörleri ise $\varphi_{ea}=2.6$, $\varphi_{ev}=1.9$ ve $\varphi_{ed}=1.4$ olarak alınmıştır.

3.6.2 Nassar ve Krawinkler

Nassar ve Krawinkler (1991) çalışmasında, büyüklüğü 5,7 ile 7,7 arasında olan 15 Batı Amerika’da yaşanan deprem yer hareketinin istatistiksel analizinden elde edilen dayanım azaltma katsayısı için bir ilişki geliştirilmiştir. Kayıtlar alüvyon ve kaya sahasında elde edilmiştir, ancak saha durumunun etkisi açık bir şekilde incelenmemiştir. Akma seviyesi ve rijitlik katsayısı α gibi davranış parametrelerinin etkisi hesaba katılmıştır. %5’lik bir sönümleme değeri varsayılmıştır. Elde edilen denklemler aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$R_\mu = [c(\mu - 1) + 1]^{1/c} \quad (3.15)$$

$$c(T, \alpha) = \frac{T^a}{1 + T^a} + \frac{b}{T} \quad (3.16)$$

Buradaki α , histeretik modelin gerinim–rijitlik parametresidir ve a ve b , regresyon sabitleridir. Sayısal katsayı c , T ve α ’nın bir fonksiyonudur ve bu, akma sonrası rijitliğin elastik rijitliğe oranı olarak tanımlanır. Tablo 3.1’de rijitlik katsayılarının değerleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1: α ve a , b parametreleri

α	a	b
0	1.00	0.42
2	1.01	0.37
10	0.80	0.29

3.6.3 Vidic, Fajfar ve Fischinger

Vidic ve diğ. (1994) tarafından hesaplanan dayanım azaltma katsayıları, çift doğrusal bir eğri ile hesaplanmıştır. Batı Amerika Birleşik Devletleri'nde ve 1979 Karadağ, Yugoslavya'da kaydedilen 20 yer hareketi için hesaplanan ortalama dayanım azaltma katsayılarına dayanarak dayanım azaltma katsayılarını tahmin etmek için basitleştirilmiş bir ifade önerilmiştir. Basitleştirilmiş ifadeler iki doğrusal parçadan oluşmuştur. Kısa periyot aralığında, periyodu 1 sn'den başlayarak dayanım azaltma katsayısı doğrusal olarak artmıştır ve süneklik katsayısına neredeyse eşit bir değerde yükselmiştir. Periyot aralığının geri kalan kısmında, azaltma katsayısı sabit olduğu gözlenmiştir. Dayanım azaltma katsayısını hesaplamak için bir çift doğrusal tepki modeli ve rijitliği azaltan “Q – modeli” kullanılmıştır. Önerilen ilişkilerin detayları sistemin histeresis davranışına ve sönümlenmesine bağlıdır. Kütle orantılı sönüm ve rijitlik orantılı sönüm varsayılmıştır. Q – modeli histeretik davranışa ve %5 kütle orantılı sönümlemeye sahip sistemler için aşağıdaki ifadeler önerilmiştir:

$$T \leq T_0 \quad R_\mu = (\mu - 1) \frac{T}{T_0} + 1 \quad (3.17)$$

$$T > T_0 \quad R_\mu = \mu \quad (3.18)$$

Buradaki T_0 , periyot aralığını iki parçaya bölen periyottur. T_1 yer hareketinin baskın periyodu ile şu şekilde ilişkilidir:

$$T_0 = 0.65 \mu^{0.3} T_1 \quad (3.19)$$

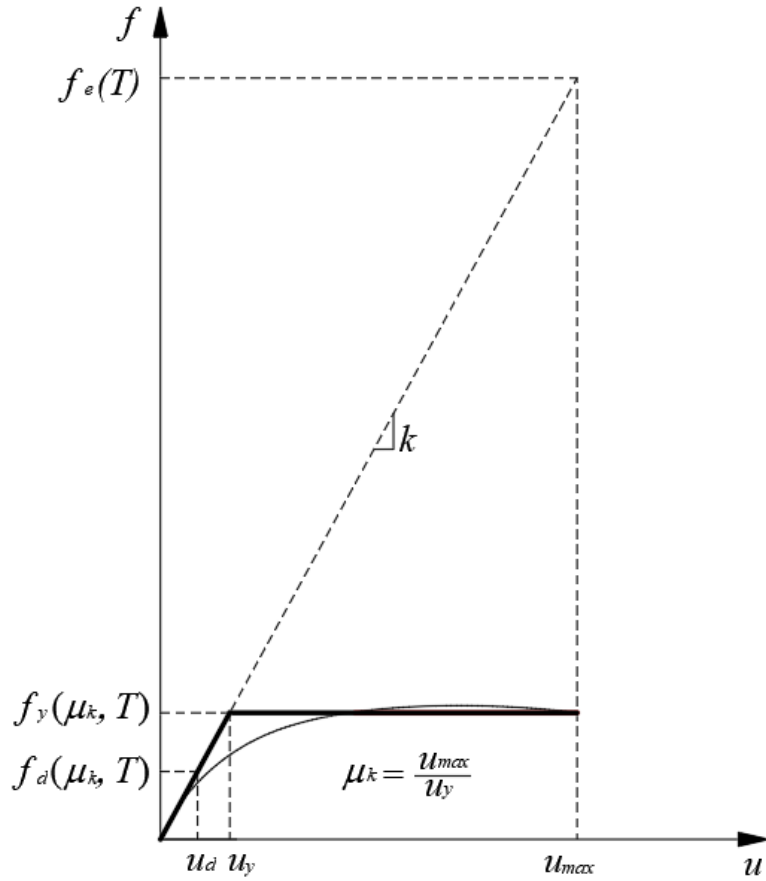
$$T_1 = 2\pi \frac{\phi_{ev} V}{\phi_{ea} A} \quad (3.20)$$

ϕ_{ev} ve ϕ_{ea} ortalama amplifikasyon faktörleri ($\phi_{ev} = 2.5$; $\phi_{ea} = 2.0$).

3.6.4 TBDY – 2018

Deprem mühendisliğinde, doğrusal olmayan zaman tanım alanı analiz yöntemlerinin genellikle şiddetli depremlere maruz kalan yapıların doğrusal olmayan yapısal davranışı için daha gerçekçi sayısal modeller sağladığı çok iyi bilinmektedir. Günümüzde böyle bir yöntemi kullanarak deprem hareketi altında olan elasto–plastik

sistemin süneklik oranları için ne kadar elastik dayanıma ihtiyaç var olduğu kolayca hesaplanabilir. Dayanıma Göre Tasarım çerçevesinde, tek serbestlik dereceli sistem için öngörülen süneklik kapasitesi – dayanım talebi ilişkisi Şekil 3.8’de gösterilmiştir (TBDY–2018).



Şekil 3.8: Süneklik Kapasitesi–Dayanım Talebi İlişkisi

TBDY–2018 yönetmeliği de bu hesap yöntemlerinden biri olan Vidic ve diğerleri tarafından önerilen $R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemini kullanmaktadır:

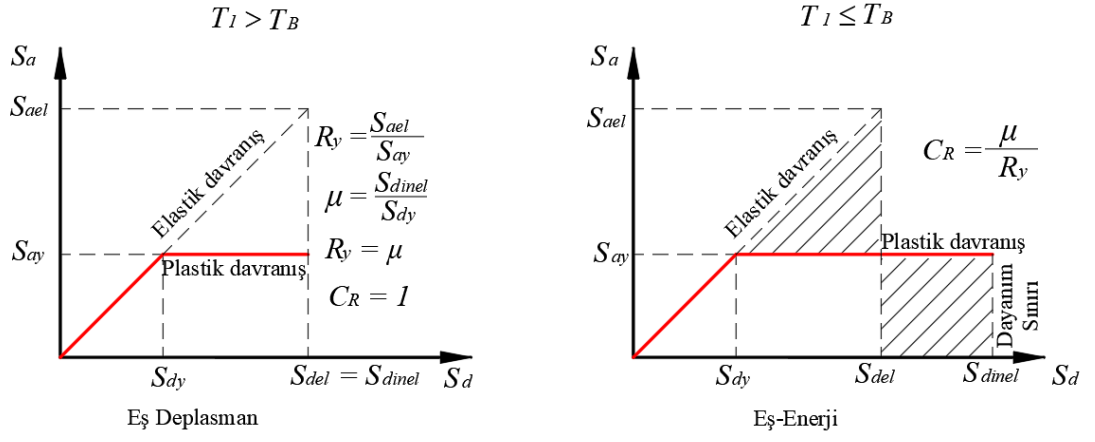
$$R_y = \frac{S_{ael}}{S_{ay}} = R_\mu \quad (3.21)$$

Vidic, Fajfar ve Fischinger önerdiği yaklaşıma dayanarak spektral yer değiştirme oranı olarak adlandırılan denklem aşağıda sunulmaktadır:

$$T_I \leq T_B \quad C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_I}}{R_y} \geq 1 \quad (3.22)$$

$$T_I > T_B \quad C_R = 1 \quad (3.23)$$

Yukarıdaki denklemler elastik ötesi yer değıştirme tanımında kullanılan 2 yaklaşıma (eş yer değıştirme ve eş-enerji) dayanmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Eş yer değıştirme ve eş-enerji kuralı

4. İVME KAYITLARININ SEÇİLMESİ

Tez çalışması kapsamında kullanılan ivme kayıtları hakkında ön bilgiler bu bölümde verilmiştir. Gerçeğe yakın sonuçlara ulaşılması için çalışma kapsamında mümkün olduğunca fazla sayıda deprem kaydı seçilmiştir. Kullanılan ivme kayıtları PEER Strong Motion Database (<https://ngawest2.berkeley.edu/>) web sitesinden alınmıştır. İyi ve kötü zeminlerden toplam olarak 420 adet ivme kaydı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ivme kayıtları hakkındaki (deprem adı ve deprem büyüklüğü) bilgiler Tablo 4.1’de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi deprem kayıtlarının büyüklükleri (M_w) 5.0 ile 7.62 arasında değişmektedir.

Tablo 4.1: İvme kayıtları

No	Deprem Adı	M_w	No	Deprem Adı	M_w
1	Whitter Narrows, California	5.99	21	Kobe, Japan	6.90
2	San Fernando, Morocco	6.61	22	Manjil, Iran	7.37
3	Greece, Greece	6.10	23	San Salvador, America	5.80
4	Northridge, California	6.69	24	Capa Mendocino, California	7.01
5	Düzce, Turkey	7.14	25	Baja, Mexico	5.50
6	Loma Prieta, California	6.93	26	Gazli, USSR	6.80
7	Izmir, Turkey	5.30	27	Hector Mine, California	7.13
8	Smart1, Taiwan	7.30	28	Kocaeli, Turkey	7.51
9	Chi-Chi, Taiwan	7.62	29	Imperial Valley, California	6.53
10	Tabas, Iran	7.35	30	Livermore, California	5.80
11	Landers, California	7.28	31	N. Palm Spring, California	6.06
12	New Zealand, Pasific Ocean	6.60	32	Chalfant Valley, Chalfant	6.19
13	Sierra Madre, California	5.61	33	New China, China	5.80
14	Coyote Lake, California	5.74	34	Managua, Nicaragua	6.24
15	Nahanni, Canada	6.76	35	Corinth, Greece	6.60
16	Mammoth Lakes, California	5.69	36	Coalinga, California	6.36
17	Friuli, Italy	6.50	37	Big Bear, California	6.46
18	Morgan Hill, California	6.19	38	Westmorland, California	5.90
19	Victoria, Mexico	6.33	39	Yountville, California	5.00
20	Superstition Hills, California	6.54	40	Dinar, Turkey	6.40

İvme kayıtları seçilirken kayma dalgası hızları esas alınmıştır ve bu 360 m/s değeri iyi ve kötü zeminlerden alınan ivme kayıtları sınıflandırmak amacıyla kullanılmıştır.

Bir depremin yapısal hasar potansiyelini ve yapısal performansını tahmin etmek için yer hareketi yoğunluğunu açıklayan bir değişken belirlemek gerekmektedir. Deprem kayıtlarının temel özelliklerini karakterize etmek için farklı yoğunluk ölçüleri

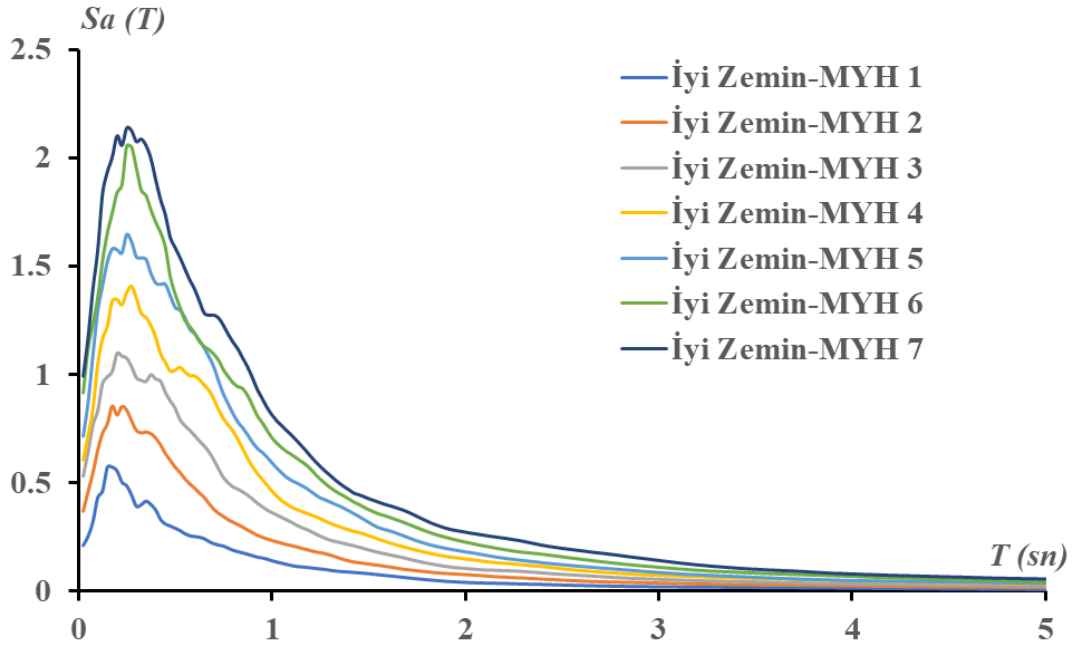
(MYH, MYD, MYİ, vs.) kullanılmaktadır. Farklı dayanım azaltma katsayıları (R) ve süneklik oranları (μ) altında başta MYİ ve MYH olmak üzere çeşitli yapısal özellikleri dikkate alan birçok çalışma yapılmıştır (Elenas ve Meskouris 2001; Akkar ve Ozen 2005). Palanci ve Şenel (2019) çalışmasında doğrusal olmayan bina modelleri yatay dayanım oranları (bina ağırlıkları cinsinden) ile temsil edilmiştir. Çalışmada kullanılan bu yer hareketi yoğunlukları ile mevcut bina modellerinin dayanım kapasitesi daha detaylı tanımlanmıştır. Bazı çalışmalarda ise MYH'nın diğer yer hareketi yoğunluğu ölçümlerine göre deformasyon talepleri ile daha iyi korelasyon gösterdiği vurgulanmıştır. Bu nedenle tez çalışmasında kullanılacak ivme kayıtları seçilirken maksimum yer hızı (MYH) değerleri de göz önüne alınmıştır ve her bir zemin grubu içinde yer alan ivme kayıtları 7 ayrı grup içinde 30'ar adet ivme olacak şekilde gruplandırılmıştır. Böylelikle her bir zemin grubu için 210 adet olmak üzere toplam 420 adet ivme kaydı elde edilmiştir. Tablo 4.2'de tez çalışmasında kullanılan ivme kayıtlarının gruplandırılan MYH'na göre MYH ağırlığı, zemin sınıflandırma kriterleri ve iyi ve kötü zeminlerinin bu gruplara ait MYH ortalamaları gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Çalışma kapsamında kullanılacak ivme kayıtlarının MYH göre sınıflandırılması

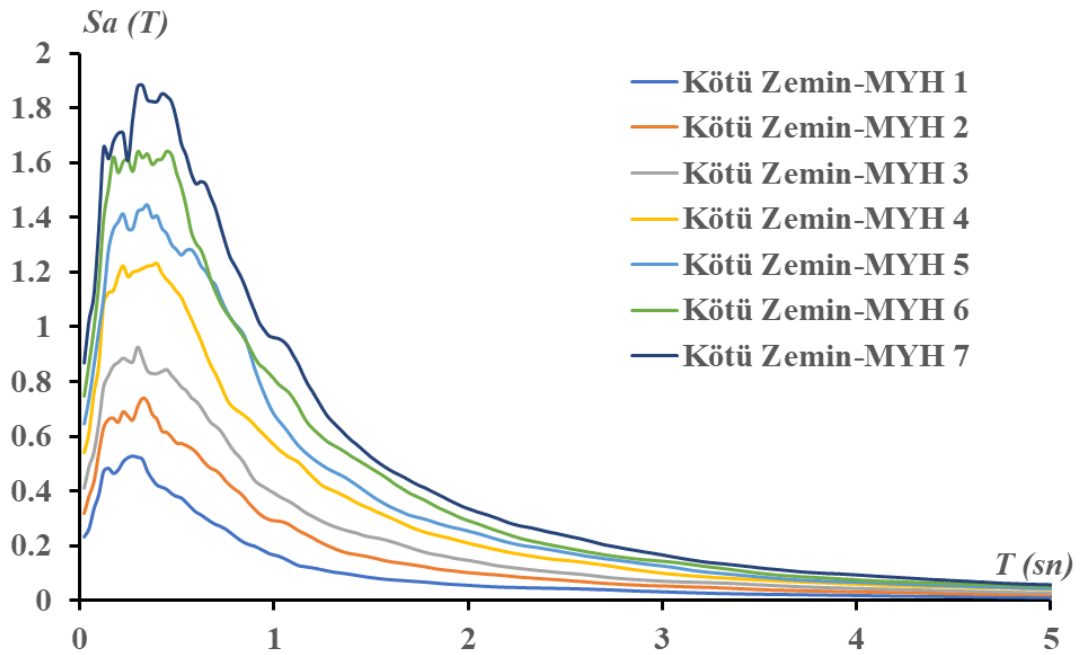
MYH Grup Adı	MYH Aralığı	Kötü Zemin		İyi Zemin	
		$V_s < 360$ m/s	MYH (cm/s)	$V_s > 360$ m/s	MYH (cm/s)
MYH 1	10–20	30	15.27	30	13.41
MYH 2	20–30	30	24.91	30	23.85
MYH 3	30–40	30	35.08	30	34.1
MYH 4	40–50	30	45.01	30	45.43
MYH 5	50–60	30	55.37	30	54.69
MYH 6	60–70	30	64.52	30	62.53
MYH 7	70–80	30	75.27	30	74.85
TOPLAM		$\Sigma=210$		$\Sigma=210$	

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi kullanılan ivme kayıtları MYH değerlerine göre 30'ar adet ivme olacak şekilde 7 gruba ayrılmıştır. Grup numaralarının artmasıyla birlikte iyi ve kötü zeminde de MYH değerlerinin arttığı görülmektedir. $V_s > 30$ kayma dalgası hızına bağlı olarak yapılan sınıflandırmada iyi ve kötü zemin sınıfları için seçilmiştir.

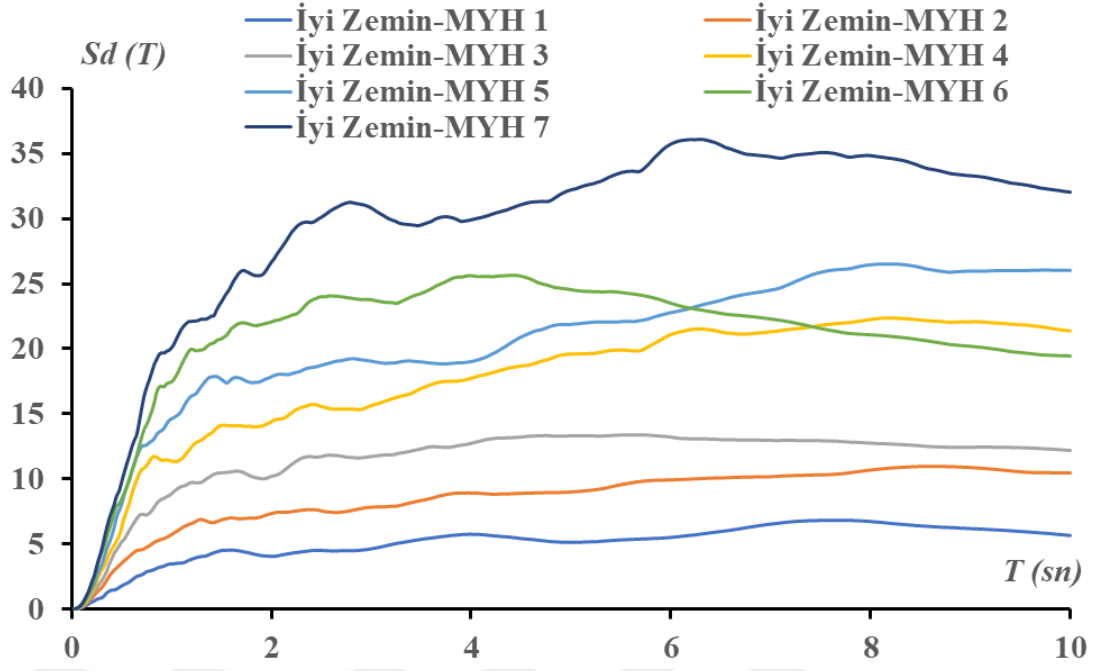
Şekil 4.1 ve 4.2'de kullanılan ivme kayıtlarının MYH gruplarına göre elde edilen 7 farklı ivme mukabele ve Şekil 4.3 ve 4.4 ise yer değiştirme mukabele spektrumları gösterilmiştir.



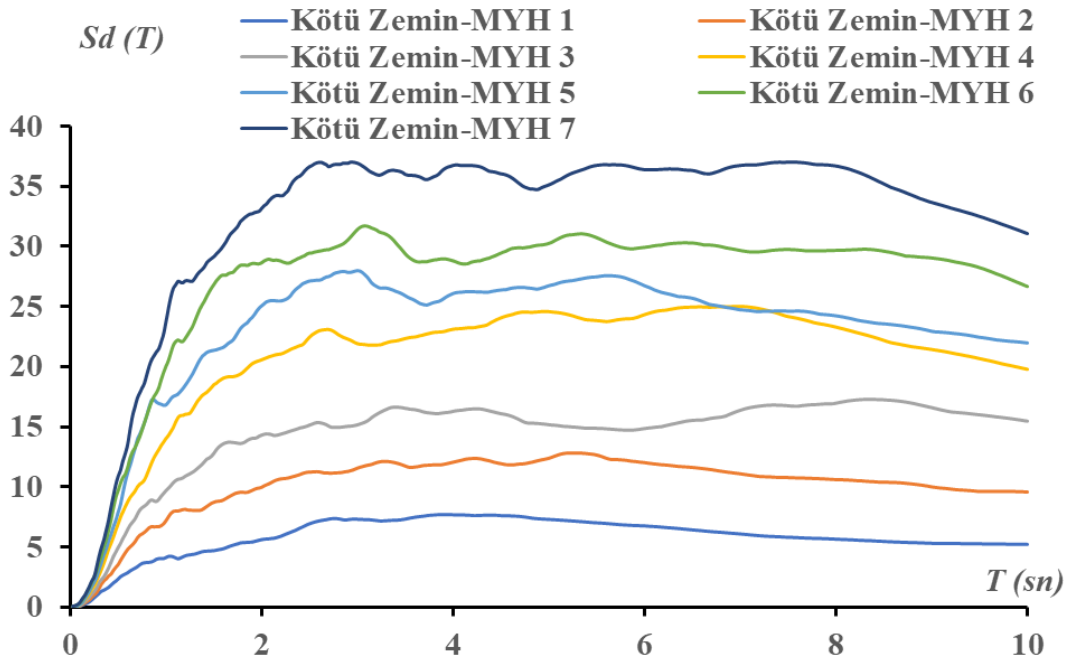
Şekil 4.1: MYH gruplarına göre ivme mukabele spektrumu (iyi zemin)



Şekil 4.2: MYH gruplarına göre ivme mukabele spektrumu (kötü zemin)



Şekil 4.3: MYH gruplarına göre yer değiştirme mukabele spektrumu (iyi zemin)



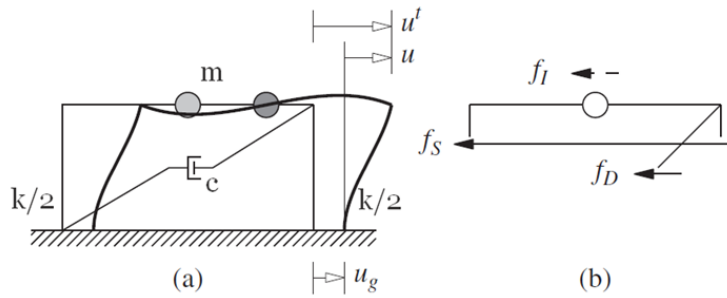
Şekil 4.4: MYH gruplarına göre yer değiştirme mukabele spektrumu (kötü zemin)

5. TSD Sistemler İçin $R-\mu-T$ İlişkilerinin Hesabı

Bu tez çalışmasında tek serbestlik dereceli sistemleri kullanmaktaki temel amaç deprem talebini hesaplamaktır. Söz konusu tez kapsamında kullanılacak ivme kayıtlarının zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan analiz ile belirlenecek sonuçlar için talep spektrumları elde edilecektir. Ardından bu farklı MYH gruplarını temsil eden ivme kayıtları için ortalama talep spektrumları elde edilecektir. Bu ortalama talep spektrumları kullanılarak seçilen $R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemleri kullanılarak tek serbestlik dereceli sistemler için elastik ve elastik ötesi yer değiştirme ve ivme mukabele spektrumları elde edilecektir. Aşağıdaki bölümlerde ise deprem yükü için doğrusal ve doğrusal olmayan bir tepki spektrumunun hesaplanmasına bir giriş sunar, mukabele spektrumları ile ilgili terimleri tanımlar ve analizden elde edilen talep spektrumlarının zemine, maksimum yer hızına (MYH) ve çevrim modellerine göre etkilerini incelemektedir.

5.1 TSD Bina Sistemlerinin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analizi

Bu bölüm zamana bağlı dinamik uyarıya maruz kalan sönümlü bir doğrusal TSD sistem için hareket denkleminin formülasyonunu ve çözümünü gözden geçirmektedir.



Şekil 5.1: Mesnet hareketinin tek serbestlik dereceli sistemin dengesine etkisi: (a) sistemin hareketi; (b) denge kuvvetleri

Şekil 5.1’de gösterildiği gibi sistemi etkileyen herhangi bir dış kuvvet yoktur. Depremden oluşacak yer değiştirme ve gerilmeler yapının mesnet noktalarının hareketinden oluşmaktadır.

Denklem 5.1’de yer ivmesine maruz kalan Şekil 5.1 a’daki doğrusal elastik yapının görelî yer değıştirmesini yöneten hareket denklemi gösterilmiştir:

$$m\ddot{u}+c\dot{u}+ku=-m\ddot{u}_g(t) \quad (5.1)$$

Burada m , c ve k sırasıyla sistemin kütlesi, sönüm katsayısı ve rijitliğidir; u yapının görelî ötelenmesidir, u_g yer hareketinin yer değıştirmesidir; buradaki her bir üst nokta, zamana göre bir türevi belirtmektedir; dolayısıyla $\dot{u}$ kütlenin hızını, $\ddot{u}$ ise ivmesini gösterir.

Buradaki k –mesnetlerin deprem hareketi yönündeki rijitliğidir (yatay deprem hareketi düşünöldüğünde k , mesnetlerin karşılık gelen yatay rijitliği, düşey deprem hareketi düşünöldüğünde k mesnetlerin düşey rijitliğidir).

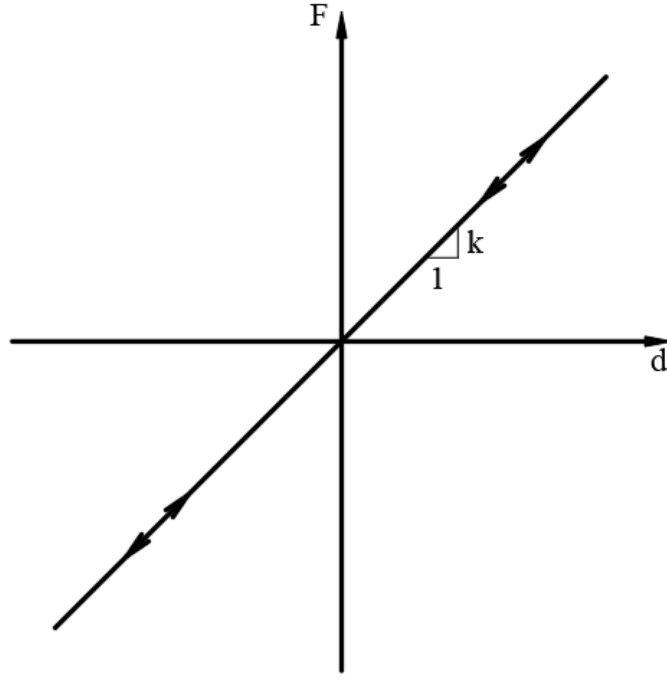
Deprem analizinde önemli olan dinamik özellik, yapının etkin sönümlenmesidir (Şekil 5.1). Sönüm yapıların dinamik tepki sırasında enerjiyi dağıtma yeteneğini karakterize etmek ve titreşimi azaltmak için kullanılır. Klasik dinamik teoride; sönüm, herhangi bir andaki yapının hızıyla orantılı, viskoz bir enerji dağılımı biçimi olarak görölür. Gerçek yapılarda sönüm, histeresis olarak da adlandırılan doğrusal olmayan yapısal davranış tarafından yayılan viskoz enerji kayıplarının, sürtünmenin ve enerjinin bir fonksiyonudur. Denklem 5.2’de tek serbestlik dereceli sistem analizlerinde kullanılacak sönüm oranının denklemi gösterilmiştir:

$$\zeta = \frac{c}{c_r} \quad (5.2)$$

Denklemdeki, c_r –kritik sönüm katsayı aşğıdaki denklem ile hesaplanır:

$$c_r = 2\sqrt{mk} \quad (5.3)$$

Tez çalışmasında TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal analizi Bispec programındaki Doğrusal Elastik (Linear Elastic) adlandırılan çevrim modeli ile gerçekleştirilmiştir. Doğrusal elastik modele ait davranış modeli Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

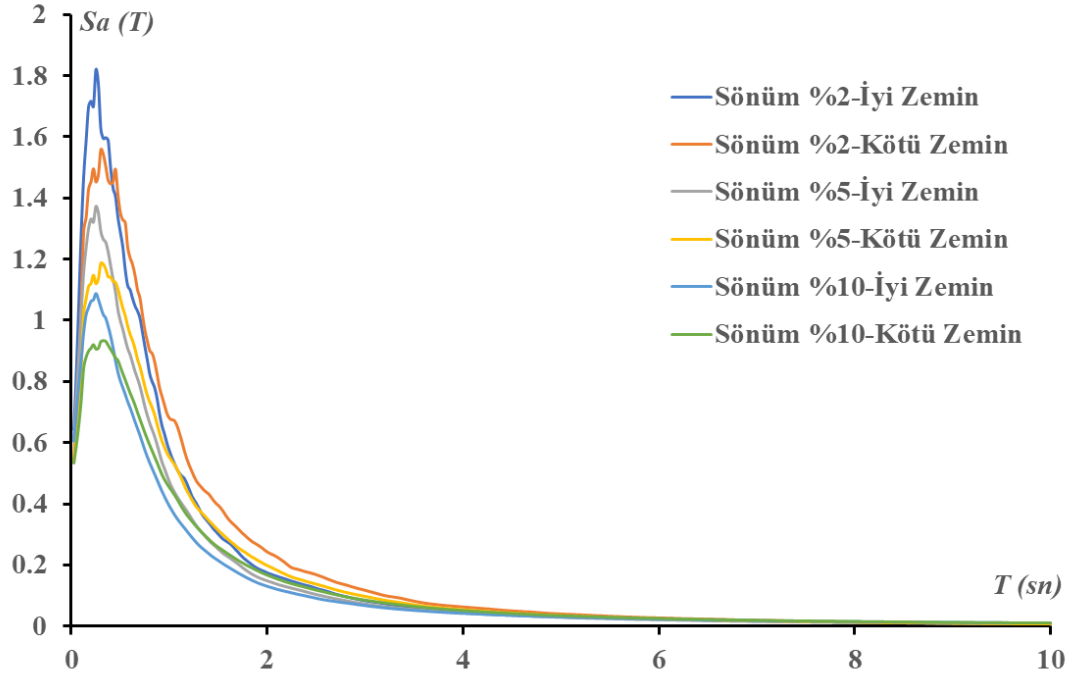


Şekil 5.2: Doğrusal elastik davranış modeli

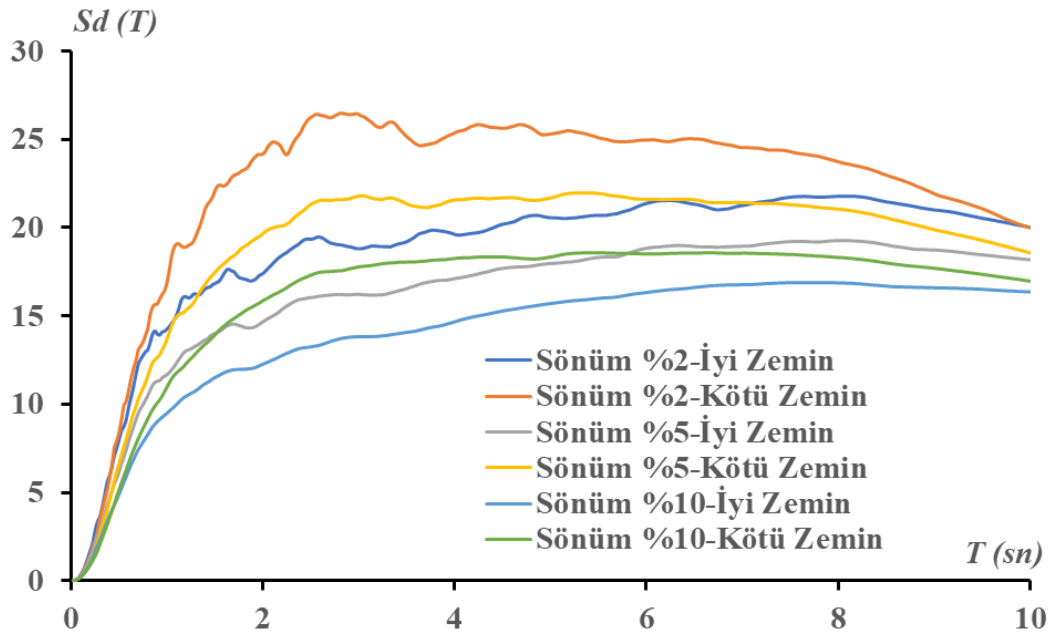
Şekil 5.2’de gösterildiği gibi doğrusal olarak tepki veren bir yapı, maruz kaldığı kuvvet seviyesinden bağımsız olarak sabit bir rijitliğe sahiptir. Böyle bir yapı sonsuz olarak güçlü dayanıma sahiptir.

Tez çalışmasında zamana bağlı dinamik uyarıma maruz kalan sonsuz doğrusal tek serbestlik dereceli sistemlerin ivme ve yer değiştirme mukabele spektrum değerleri sadece sönüm oranlarını göz önüne alarak elde edilmiştir. Analizden elde edilen %2, %5 ve %10 sönüm oranı için ortalama ivme mukabele spektrumu Şekil 5.3’te çizilmiştir. Grafik incelendiğinde sönüm oranı arttıkça yapının ivme talebi genel olarak azalmaktadır. Buradan yapının ivme talebinin azaltılması için sönüm oranlarının artırılması gerektiği görülmektedir.

Bu tez çalışmasında akma sonrası rijitlik artışı göz önüne alınmamıştır ($K_h/K=0$).



Şekil 5.3: %2, %5, %10 sönüm oranları için ortalama ivme mukabele spektrumu



Şekil 5.4: %2, %5, %10 sönüm oranları için ortalama yer değiştirme mukabele spektrumu

Aynı şekilde analizden elde edilen %2, %5 ve %10 sönüm oranları için ortalama yer değiştirme mukabele spektrumu Şekil 5.4'te çizilmiştir. Buradan da grafik incelendiğinde sönüm oranı arttıkça yapının yer değiştirme talebi genel olarak azalmaktadır.

5.2 TSD Bina Sistemlerinin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi

Doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli (TSD) sisteminin deprem yer hareketi kaydına tepkisinin zaman tanım alanındaki diferansiyel denklemi aşağıda verilmektedir:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + f_s(u) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (5.4)$$

Burada m , c ve $f_s(u)$ sırasıyla sistemin kütlesi, sönüm katsayısı ve direnç kuvvetidir; u yapının görelî ötelenmesidir, u_g yer hareketinin yer değıştirmesidir; buradaki her bir üst nokta, zamana göre bir türevi belirtmektedir; dolayısıyla $\dot{u}$ kütlenin hızını, $\ddot{u}$ ise ivmesini gösterir.

Çalışmada böyle bir TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile hesaplamaların temel amacı 420 adet ivme kaydı için farklı ve değışen yatay dayanım oranları, süneklik ve deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak ivme ve yer değıştirme mukabele spektrum taleplerini elde etmektir. Bu amaç doğrultusunda elde edilen sonuçların ortalaması ile yani ortalama ivme ve yer değıştirme mukabele spektrumlarının yapı üzerinde davranışını karakterize etmek için farklı çevrim modelleri kullanılmıştır ve sonuçları grafikler üzerinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca kullanılacak bu farklı çevrim modelleri için sönüm oranı da göz önüne alınmıştır. Ardından elde edilen sonuçlar literatürde esas alınan yaklaşımlar ile değeriendirilmiştir. Çalışmada akma sonrası rijitlik artışı göz önüne alınmamıştır ($K_h/K=0$).

Depreme maruz kalan yapıların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi, bir yapısal eleman modelinin yük–yer değıştirme ilişkisini temsil edebilen gerçekçi çevrim modellerini gerektirir. Yukarıda bahsedildiği gibi bu çalışmada sistemin bir veya iki yönde çevrimsel davranışını karakterize etmek için farklı çevrim modelleri kullanılmıştır: Elastik–Tam Plastik (Bilinear), Clough ve Geliştirilmiş Clough (Modified Clough). Bispec programında uygulanmış bu çevrim modellerinin özellikleri ve Bispec programının genel özellikleri Bölüm 5.3’te kısaca açıklanmıştır.

5.3 Bispec Programı

Bispec, deprem kayıtlarının zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan spektrumlarını hesaplayabilen bir yazılım programıdır. Bispec programı sayesinde aşağıda verilen amaçlara kolayca ulaşılabilir:

- Yer hareketinin mukabele spektrumlarını hesaplar ve çok sayıda yer hareketi kaydının parametrik analizlerini gerçekleştirir;
- TSD sisteminin kütle, rijitlik, periyot ve sönümleme gibi dinamik özelliklerini değiştirmek için büyük esneklik sunar ve süneklik ve mukavemet spektrumlarını kolayca hesaplamak için olanak sağlar;
- Yapı davranışı hakkında bilgi verir.

The screenshot shows the BISPEC program's main selection screen. The interface includes a menu bar (File, Edit, Earthquake, Model, Ranges, Options, Help) and a toolbar with icons for file operations and analysis. The main area is divided into several sections:

- Problem Type:** Radio buttons for Unidirectional, Single Analysis, Bidirectional, and Spectral Analysis.
- General Properties:** Input fields for Mass (Kip*s²/in), Weight (Kip), Damping (%), and P-Delta Ratio.
- Spectra Parameters:** Fields for Period/Frequency Range (First, Last, Number) and Target Strength/Ductility Range (First, Last, Number).
- Nonlinear Properties:** A list of model types (Linear Elastic, Bilinear, Clough, etc.) and checkboxes for Coupled and Interaction Surface.
- Strength and Stiffness Ratios:** Checkboxes for K2/K1, Yneg/Ypos, Y2/Y1, and Rflag.
- Model Properties:** A table for Direction 1 and Direction 2 properties including Period, Stiffness, Yield, and Hardening ratios.

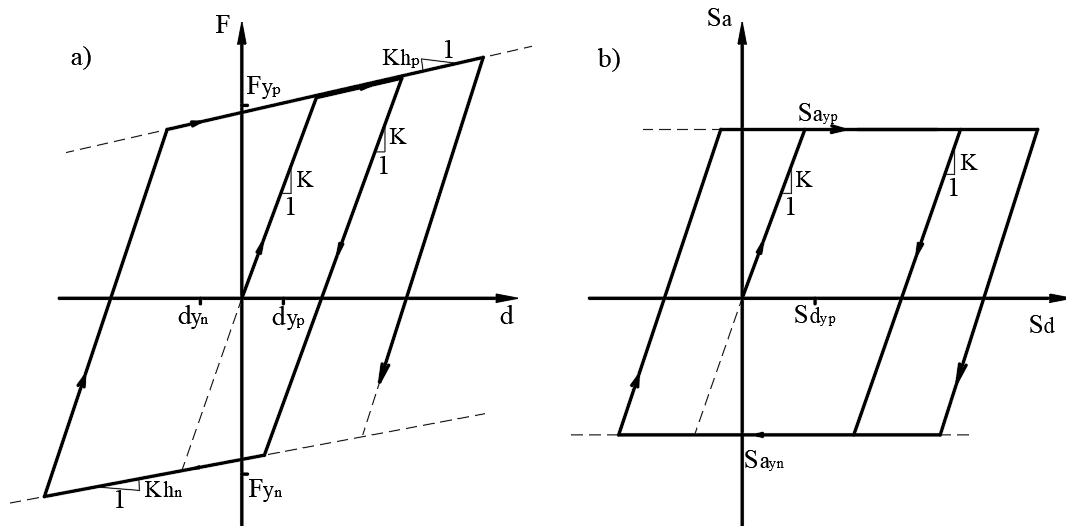
Şekil 5.5: Bispec programının ana seçim ekranı

Bu tez çalışmasında doğrusal olmayan spektrumları hesaplamak için programda yer alan sabit normalleştirilmiş mukavemet (Normalized Strength), sabit R (Constant R) ve süneklik (Ductility) araçları kullanılmıştır. Analiz için minimum periyot “0.025” ve maksimum periyot “10” saniye olarak alınmıştır. Spektrumun

hesaplanması için maksimum ve minimum periyot aralığı “400” olarak seçilmiştir. Çalışmada akma sonrası rijitlik artışı göz önüne alınmamıştır ($K_h/K=0$).

5.3.1 Elastik–Tam Plastik Davranış ile Doğrusal Olmayan Analiz

Doğrusal olmayan dinamik analizin ilk geliştirme aşamasında, birçok araştırmacı tarafından Elastik–Tam Plastik Davranış Modeli (Bilinear), genellikle sallanma davranışı gibi önemli enerji kaybı olmaksızın doğrusal olmayan davranış sergileyen sistemler için bir idealleştirme olarak kullanılmıştır. Bu açıdan Elastik–Tam Plastik model oldukça idealize edilmiş bir sistemdir. Şekil 5.6 a’da Elastik–Tam Plastik çevrim modelinin yük–yer değiştirme ilişkisi gösterilmiştir. Şekilde gösterildiği gibi, Elastik–Tam Plastik model akma dayanımı sınırına kadar doğrusal bir davranış sergilemektedir, bu arada döngüler sergileyen modelin rijitliği de azalmaktadır ve bu daha yumuşak bir akma sonrası davranış sonucuna getirmektedir. Şekil 5.6 b’da ise Elastik–Tam Plastik çevrim modeline göre spektral ivme ve yer değiştirme talebinin hesabı gösterilmiştir. Resimde görüldüğü gibi yük kaldırıldığında rijitlik değişmemektedir ve yük kaldırıldığında elastik şekil değiştirmeler geri dönmektedir.



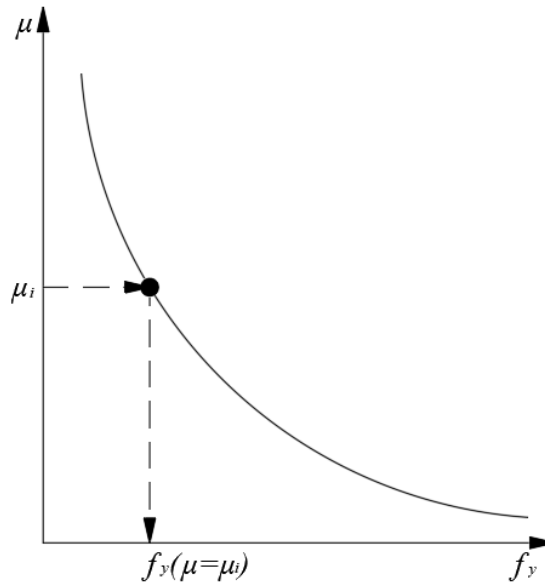
Şekil 5.6: Elastik–Tam Plastik çevrim modeli: (a) yük–yer değiştirme ilişkisi; (b) spektral ivme ve yer değiştirme talebinin hesabı

5.4.1 Dayanım Azaltma Katsayısı

R olarak tanımlanan dayanım azaltma katsayısı belirli bir periyotta elastik ve elastik olmayan sabit süneklik spektrumlarından elde edilen belirli bir süneklik seviyesine karşılık gelen minimum azalma katsayısını temsil eder (Şekil 5.9). Dayanım azaltma katsayısı elastik dayanım talebinin (f_e) elastik olmayan dayanım talebine veya yapının akma dayanımına (f_y) oranı olarak aşağıdaki (5.5) denklem yardımıyla hesaplanabilir:

$$R = \frac{f_e(\mu=1)}{f_y(\mu=\mu_i)} \quad (5.5)$$

Buradaki, $f_e(\mu=1)$ belirli bir yer hareketi altında sistemde akmayı önlemek için gerekli olan yanal akma dayanımıdır ve $f_y(\mu=\mu_i)$ aynı yer hareketine maruz kaldığında, önceden belirlenmiş bir hedef süneklik oranından (μ_i) küçük veya ona eşit yer değiştirme süneklik oranı talebini (μ) korumak için gereken yanal akma dayanımıdır. Genel olarak deprem yer hareketleri sırasında elastik olmayan yapılar için, Şekil 5.9’da gösterildiği gibi, yapının yanal akma dayanımı azaldıkça (veya dayanım azaltma katsayısı arttıkça) elastik olmayan deformasyonlar artar.



Şekil 5.9: Sistemin yanal mukavemetindeki değişikliklerle yer değiştirme süneklik talebinin değişimi

Dayanım azaltma katsayısının değeri 1'den küçükse, yapı hala elastik altında demektir ve yapı davranışını analiz etmek için elastik davranış spektrum analizi kullanılacaktır; 1'den büyük ise yapı elasto-plastik yani elastik olmayan davranış aşamasında demektir ve yapı davranışı elastik davranışının bir süneklik katsayısıyla (μ) çarpılması ile hesaplanacaktır.

Bu tez çalışmasında dayanım azaltma katsayısı elastik ötesi sisteminin davranışını tarif etmek için kullanılan ilk parametredir. Bispec programında sabit R (Constant R) sekmesini kullanarak farklı çevrim modelleri için 1'den 9'a kadar değişen sabit R değerleri ($R=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) ile TSD sistemin davranış spektrumları elde edilmiştir. Kuvvet-deformasyon ilişkisine sahip elastik ötesi TSD sistemin dayanım azaltma katsayısı elastik ve elastik olmayan sistemlere karşılık gelen ivmeleri bölerek aşağıdaki (5.6) eşitlik yardımıyla hesaplanabilir:

$$R = \frac{S_{ael}}{S_{ainel}} \quad (5.6)$$

Böylece spektral ivmelerin T yapısının doğal periyodunun bir fonksiyonu olarak tanımlanan S_{ael} 'yi R kadar bir katsayı ile azaltıldığında daha az ivme değerine ulaşılabilecektir ve bu binanın doğrusal davranışını gösterecektir, dolayısıyla doğrusal davranış göstermenin bir yolu olan dayanım azaltma katsayısı ile hesaplamamanın amacı daha az elastik ivme değerine karşılık gelen kuvveti taşıyacak bina tasarlamaktır.

5.4.2 Süneklik

Süneklik maksimum elastik ötesi yer değiştirmesinin akma yer değiştirmesine oranıdır. Süneklik Denklem 5.7 eşitliği yardımıyla hesaplanır:

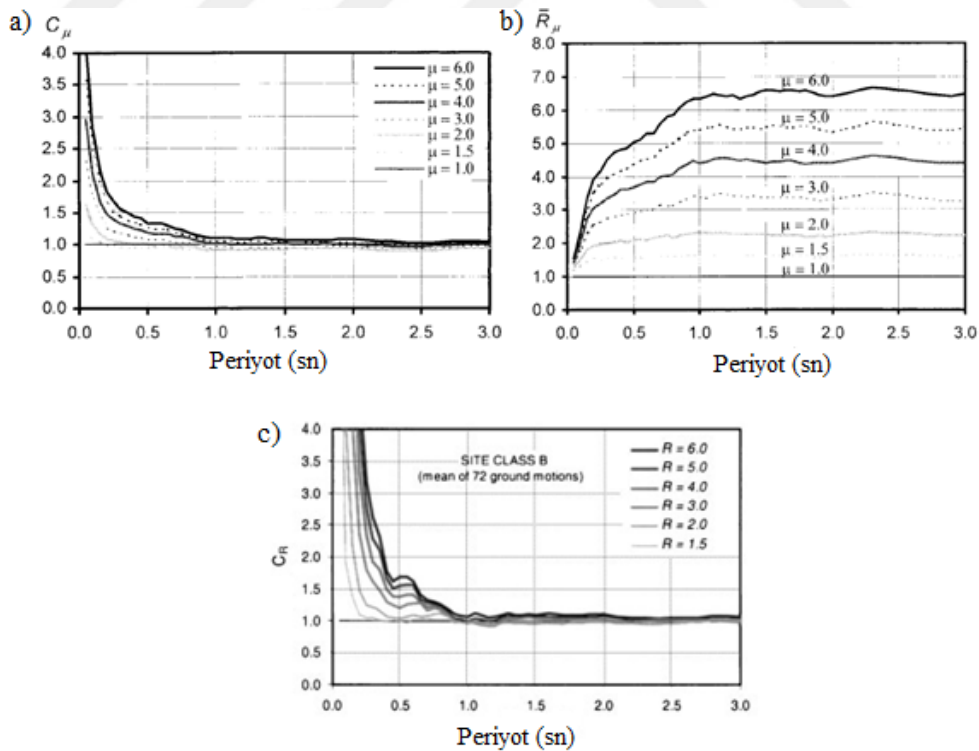
$$\mu = \frac{u_m}{u_y} \quad (5.7)$$

Çalışmada süneklik (Ductility) sekmesi kullanarak farklı çevrim modelleri için 1'den 9'a kadar ($\mu = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) değişen süneklik değerleri ile TSD sistemin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve yer değiştirme

mukabele spektrumu elde edilmiştir (Denklem 5.8). Süneklik ne kadar büyürse elastik ötesi davranışı da o kadar fazla olacaktır.

$$\mu = \frac{S_{dinel}}{S_{del}} \quad (5.8)$$

Farklı dayanım azaltma katsayıları ve farklı süneklik değerleri kullanılarak R – μ – T esaslı talep hesabına ilişkin yaklaşımları temsil eden grafiksel gösterimler Şekil 5.10’da verilmektedir. Şekil 5.10 a’da elastik ötesi yer değiştirmesinin elastik yer değiştirme oranını temsil eden farklı süneklik seviyelerine sahip yer değiştirme süneklik talebi şekilsel olarak gösterilmektedir. Şekil 5.10 b’de R – μ – T esaslı hesap yaklaşımında farklı dayanım azaltma katsayısı seviyelerine sahip binalarda ivme mukabele talebi şekilsel olarak ifade edilmektedir. İki şekilde de görüldüğü gibi R ve μ ne kadar büyük olursa, elastik ötesi davranış o kadar büyük olmaktadır. Şekil 5.10 c ise elastik ötesi yer değiştirmesinin elastik yer değiştirme oranını temsil eden farklı dayanım azaltma katsayıları seviyelerine sahip yer değiştirme sünekliği talebi gösterilmektedir.



Şekil 5.10: R – μ – T esaslı talep hesabına ilişkin yaklaşımlar: (a) ve (b) Miranda (2001); (c) Ruiz–Garcia ve Miranda (2003)

Bu parametrelerin tez çalışmasında kullanımının temel amacı ise elastik ötesi davranışı temsil etmektir. 420 adet ivme kaydı ile analizinden elde edilen sonuçlar zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile bu parametreler kullanarak belirlenecektir. Ardından bu farklı MYH gruplarını temsil eden ivme kayıtları için ortalama talep spektrumları elde edilecektir. Söz konusu bu talep spektrumları kullanılarak seçilen $R-\mu-T$ esaslı hesap yöntemleri ile tek serbestlik dereceli binaların elastik ötesi davranışını temsil etmek amacıyla elastik ve elastik ötesi yer değiştirme ve ivme talepleri elde edilecektir.

5.4.3 Yatay Dayanım Oranı

Yatay dayanım oranı elastik ötesi ivmenin yer çekimi ivmesine oranını temsil etmektedir.

$$\frac{V_t}{W} = \frac{mS_{ainel}}{mg} = \frac{S_{ainel}}{g} \quad (5.9)$$

V_t binaya etkileyen eşdeğer deprem yüküdür (taban kesme kuvveti); W bina ağırlığıdır. Bispec programında sabit normalleştirilmiş mukavemet (Normalized Strength) sekmesini kullanarak farklı çevrim modelleri için değişen yatay dayanım oranları değerleri ile TSD sistemin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve deprem parametreleri (ivme ve yer değiştirme) elde edilmiştir. Yatay dayanım oranı ne kadar azalırsa elastik ötesi sistem davranışı o kadar fazla olacaktır. Bu tarz açısından yatay dayanım oranı elastik ötesi davranışını temsil etmeye yarayan parametresidir. Tez çalışmasında kullanılan V_t/W oranları aşağıdaki tabloda verilen değerler olarak ele alınmıştır.

Tablo 5.1: Yatay dayanım oranları

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V_t/W	%5	%10	%20	%30	%40	%50	%60	%70	%80	%90	%100

5.5 Elastik ve Elastik Ötesi Dayanım Talebinin Karşılaştırılması (R_y)

Elastik dayanım talebinin elastik ötesi dayanım talebine oranı, binaların elastik ötesi davranışını etkileyen önemli göstergelerdendir. R_y değerinin büyümesi elastik ötesi davranışın artmasına, binaların deprem sebebiyle oluşan talebi karşılayabilmesi için daha fazla yer değiştirme yapmasına sebep olmaktadır. Çalışma kapsamında R_y katsayılarının periyoda bağlı değişimi incelenmiştir.

$$R_y = \frac{S_{ael}}{S_{ainel}} \quad (5.10)$$

Söz konusu talepler arasındaki ilişkiler araştırılırken kullanılan yapısal parametrelerin (V_t/W , R , μ) zemin tipine (iyi ve kötü), çevrim model türüne (Elastik–Tam Plastik, Clough ve Geliştirilmiş Clough) ve maksimum yer hızına etkisi incelenmiştir. Kullanılan yapısal parametreler Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2: Yapısal analiz parametrelerinin değişiminin tablo olarak gösterilmesi

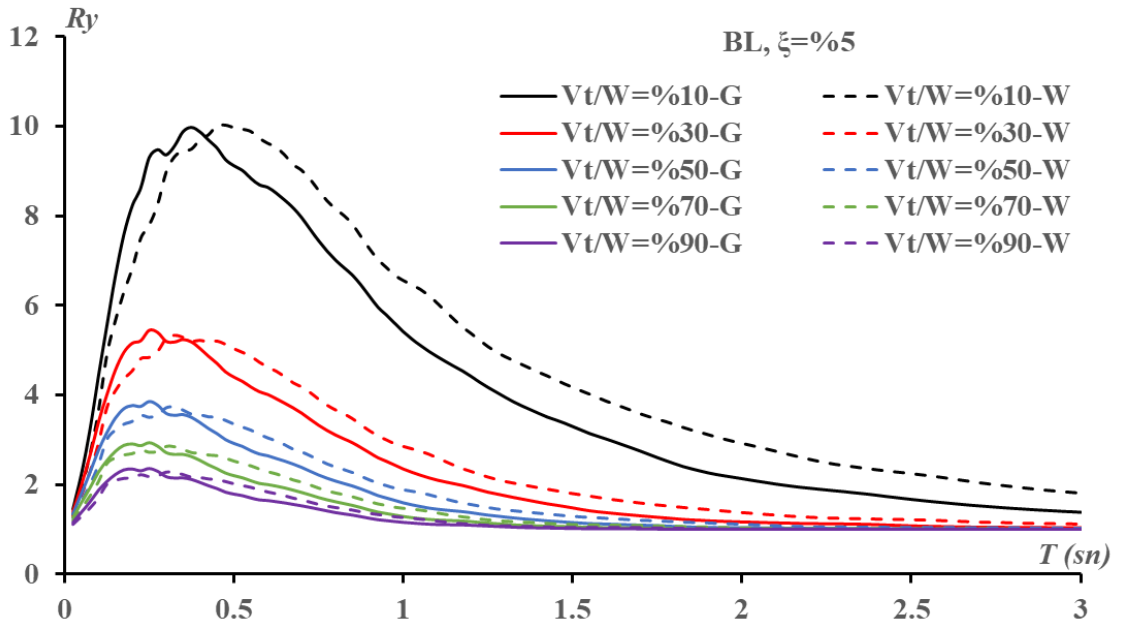
$\begin{matrix} \text{№} \\ \text{Parametre} \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V_t/W	%5	%10	%20	%30	%40	%50	%60	%70	%80	%90	%100
R	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

5.5.1 R_y Değerlerinin Yatay Dayanım Oranına (V_t/W) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç yatay dayanım oranı değiştikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin dayanım azaltma katsayılarının bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.5.1.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Şekil 5.11’de yatay dayanım oranlarının iyi ve kötü zemin üzerindeki etkileri gösterilmiştir. R_y katsayılarının etkisi Elastik–Tam Plastik (Bilinear) modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5’tir. Şekil 5.11’de görüldüğü gibi yatay dayanım oranı azaldıkça R_y katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Örneğin, yatay dayanım oranı %10 civarında iken R_y katsayıları 10’un üzerindeki değerleri alırken yatay dayanım oranı %90’lara ulaştığında R_y katsayıları 2 üzerindeki değerleri almaktadır. Bu durum özellikle 1 saniyeden küçük ($T < 1$) olan kısa periyotlu binalarda çok daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. 1 saniyenin ötesine geçtiği zaman uzun periyotlu binalarda ($T > 1$) R_y katsayıları birbirine çok daha yakın değerlere ulaşmaktadır.



Şekil 5.11: Yatay dayanım oranının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

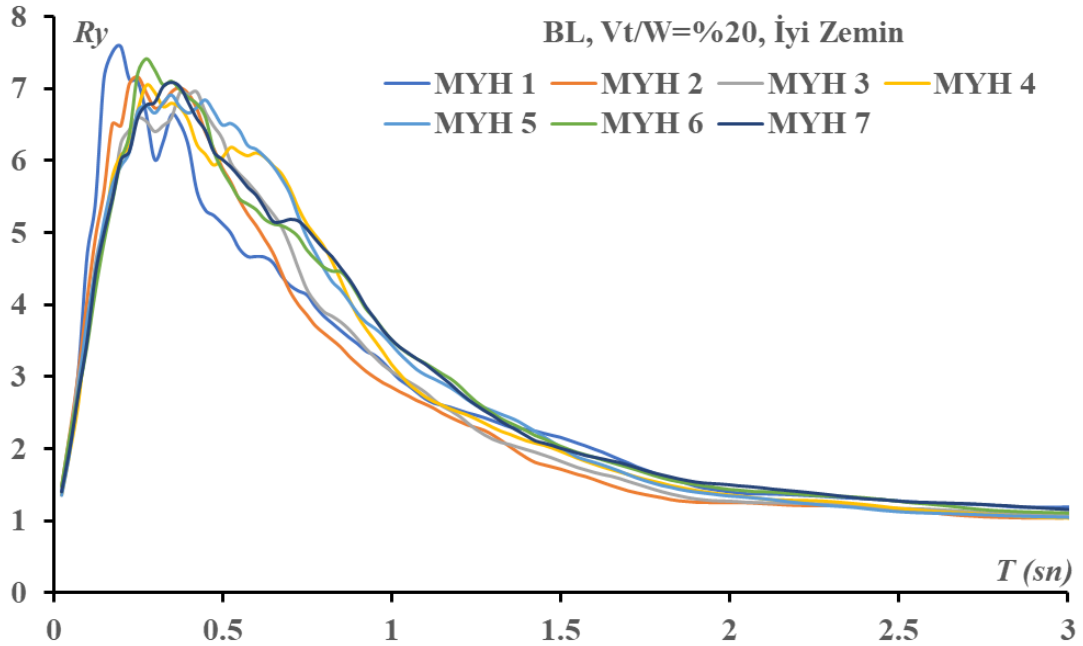
Şekilde görüldüğü gibi kötü zeminlerden ölçtüğümüz R_y katsayıları iyi zeminlere kıyasla daha büyük değerleri vermektedir. İyi zeminlerde bulunan binalarda ise maksimum R_y değerlerine daha küçük periyotlarda ulaşılmaktadır. Özellikle kısa periyotlu ve yatay dayanım oranı düşük binalarda R_y katsayıları maksimum değerlerine ~0.5 sn gibi seviyelerde oluşurken yatay dayanım oranı yükseldikçe R_y katsayıları maksimum seviyelerine daha küçük periyot seviyelerinde (~0,25 sn) ulaşmaktadır. Uzun periyotlu yapılarda ise ($T > 1$ sn) R_y katsayıları küçülmektedir.

Şekilden anlaşılacağı gibi kötü zeminleri yansıtan analizlerden elde edilen sonuçlar, iyi zeminlere kıyasla daha büyük R_y değerleri vermektedir. Bu zemin davranışı, kötüleştikçe elastik ötesi yatay dayanım talebinin düşük değerlere ulaşacağı anlamını vermektedir.

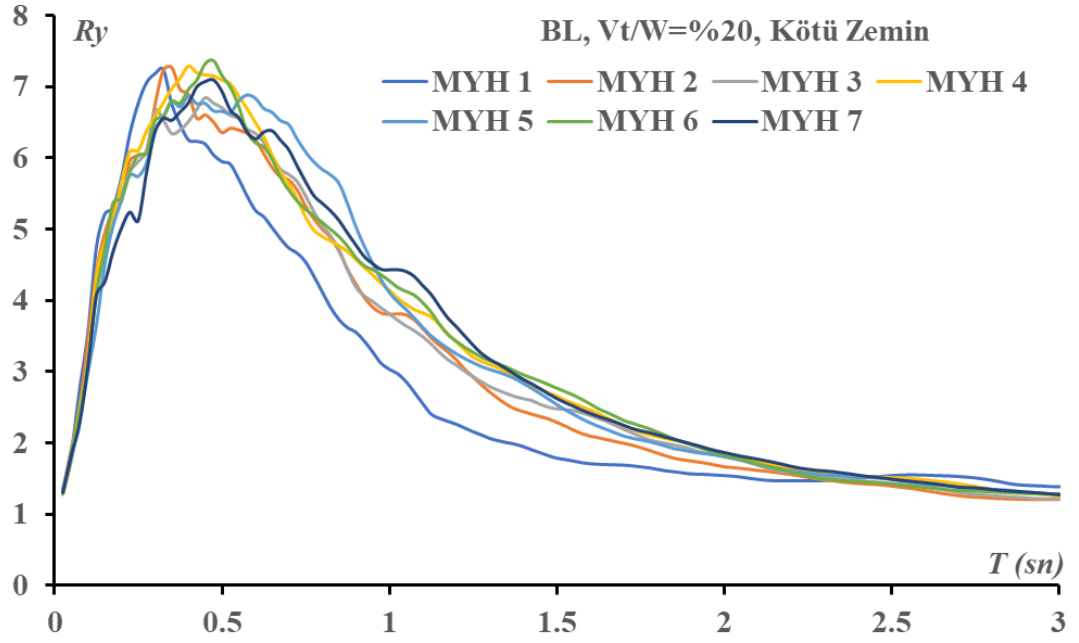
5.5.1.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.12, 5.14 ve 5.16'da iyi zemin için ve Şekil 5.13, 5.15 ve 5.17'de kötü zemin için yatay dayanım oranlarının MYH grupları üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Elastik–Tam Plastik (Bilinear) çevrim modelinin üzerinde yapılan analiz sonuçları kullanılmıştır. Grafik, farklı maksimum yer hızının R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan R_y katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.

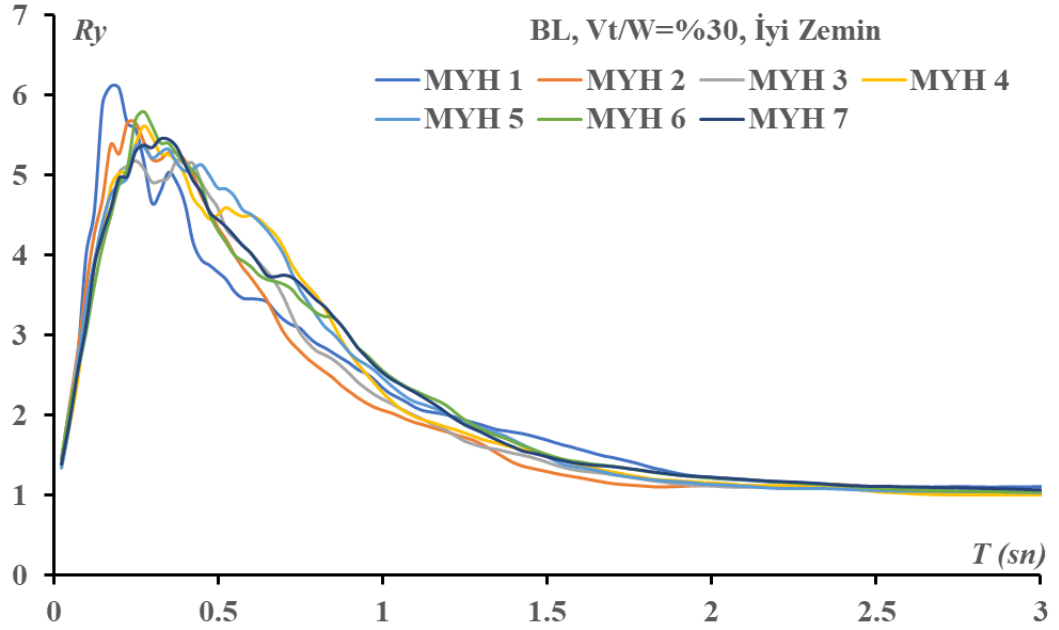
Başka bir husus ise iyi zeminleri yansıtan analizlerden elde edilen sonuçlar kötü zeminlere kıyasla daha büyük R_y değerleri vermektedir. Ayrıca yatay dayanım oranı arttıkça MYH'nın R_y katsayıları azalmaktadır.



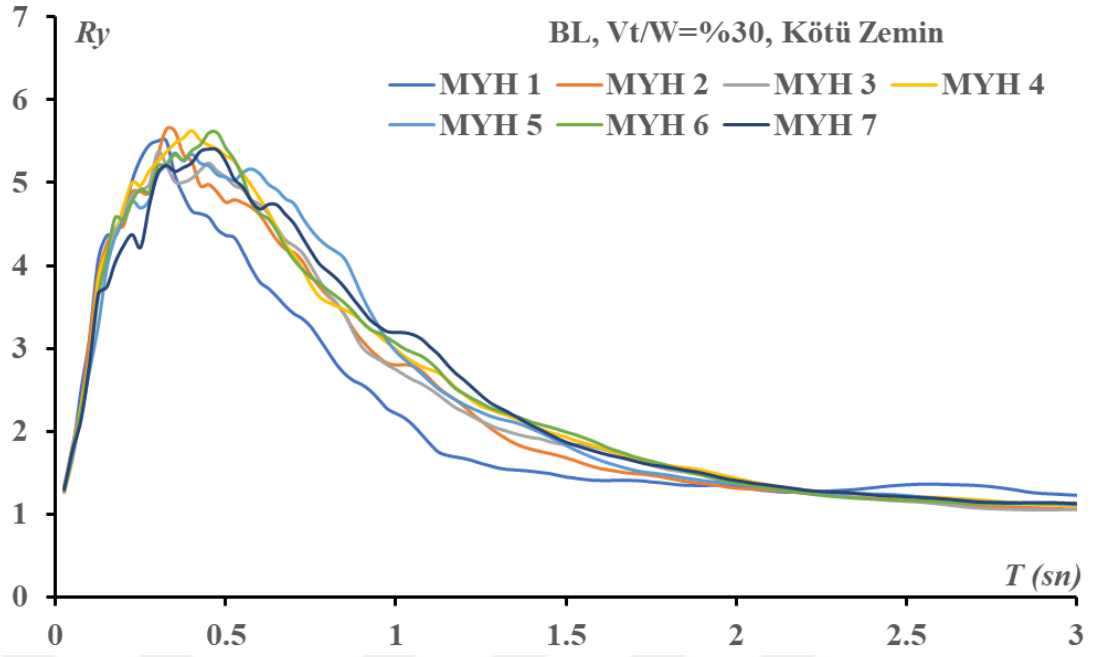
Şekil 5.12: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=\%20$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)



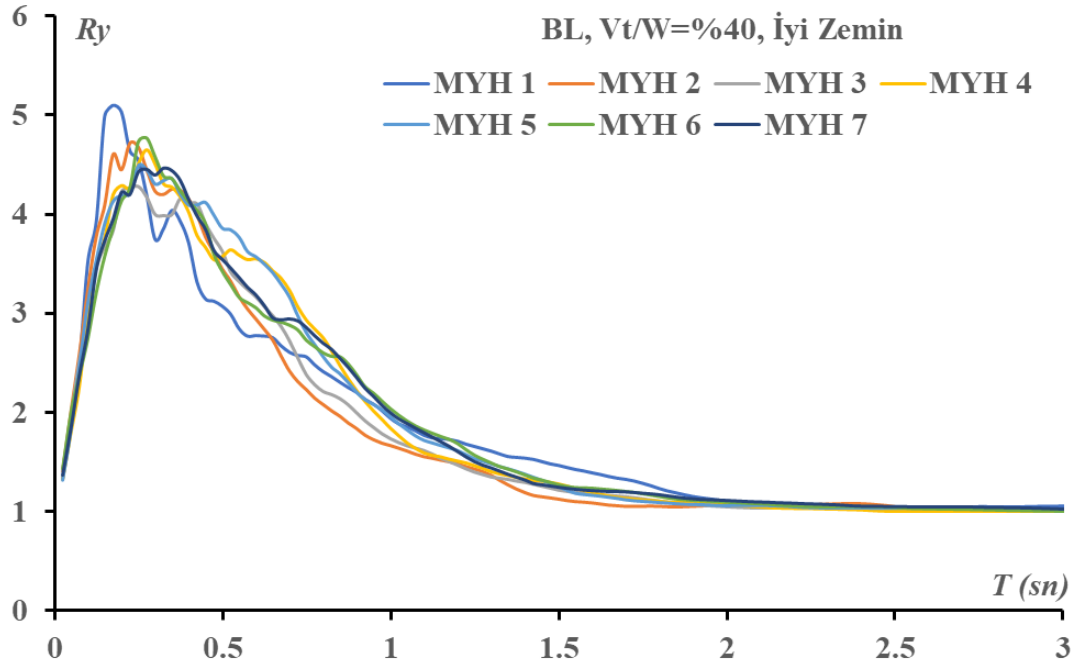
Şekil 5.13: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=20\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)



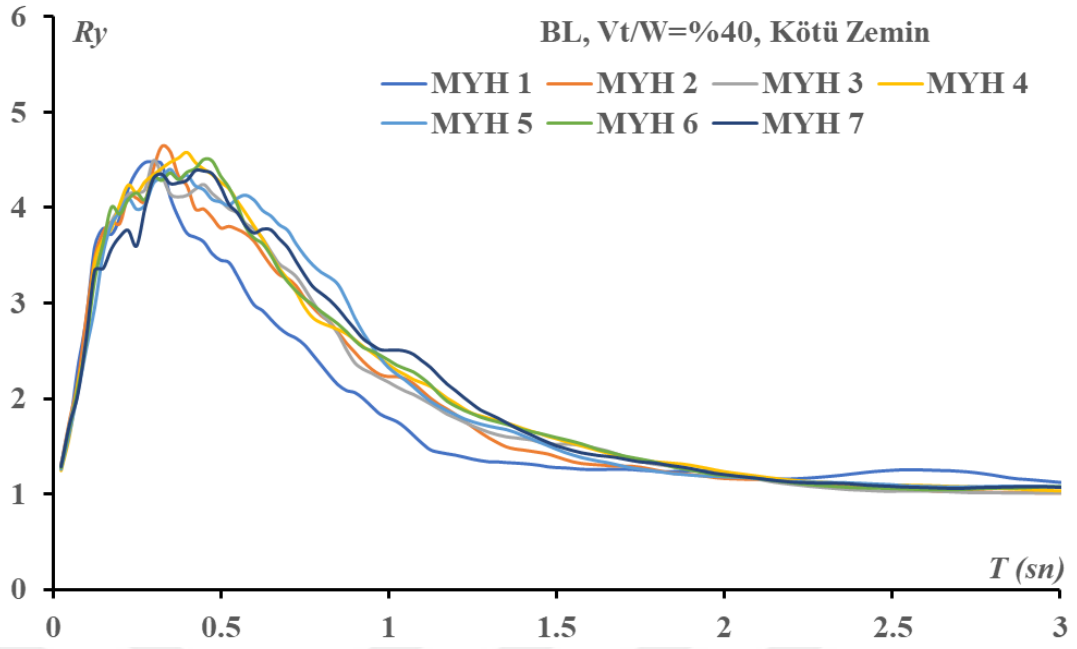
Şekil 5.14: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.15: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)



Şekil 5.16: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=40\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)

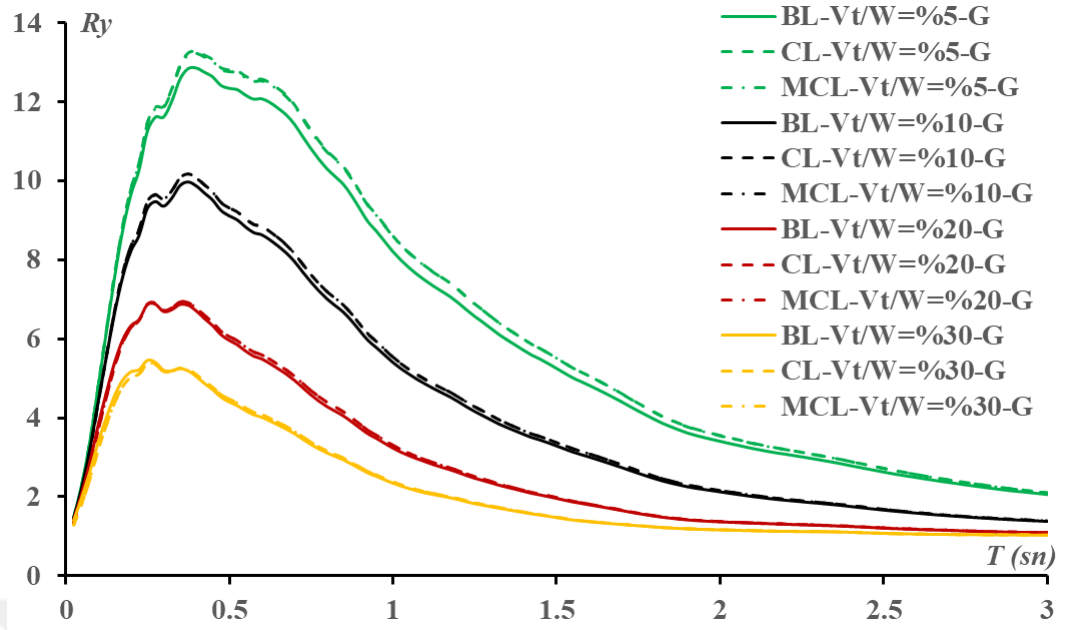


Şekil 5.17: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=40\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)

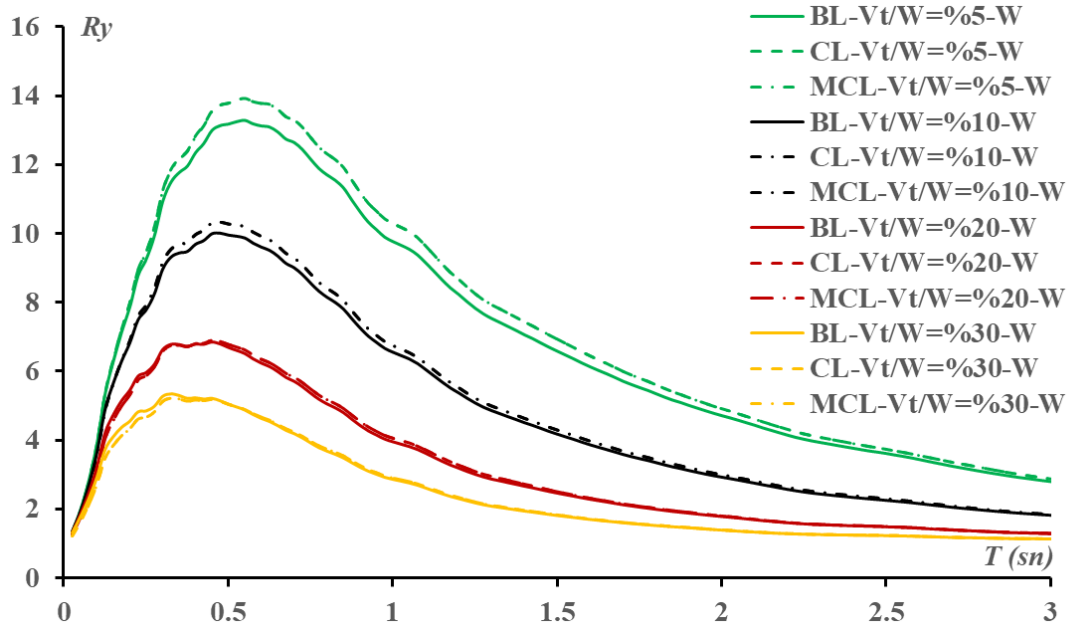
5.5.1.3 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.18’de iyi zemin için yatay dayanım oranlarının çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı çevrim modeller için farklı V_t/W oranlarına tekabül eden R_y katsayılarının değişimi, çevrim modellerinin R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir.

Şekil 5.19’da kötü zemin için yatay dayanım oranlarının çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi aynı yatay dayanım oranlarının farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark görülmemektedir. Modellerden elde edilen değerler benzer sonuçları vermektedir.



Şekil 5.18: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.19: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)

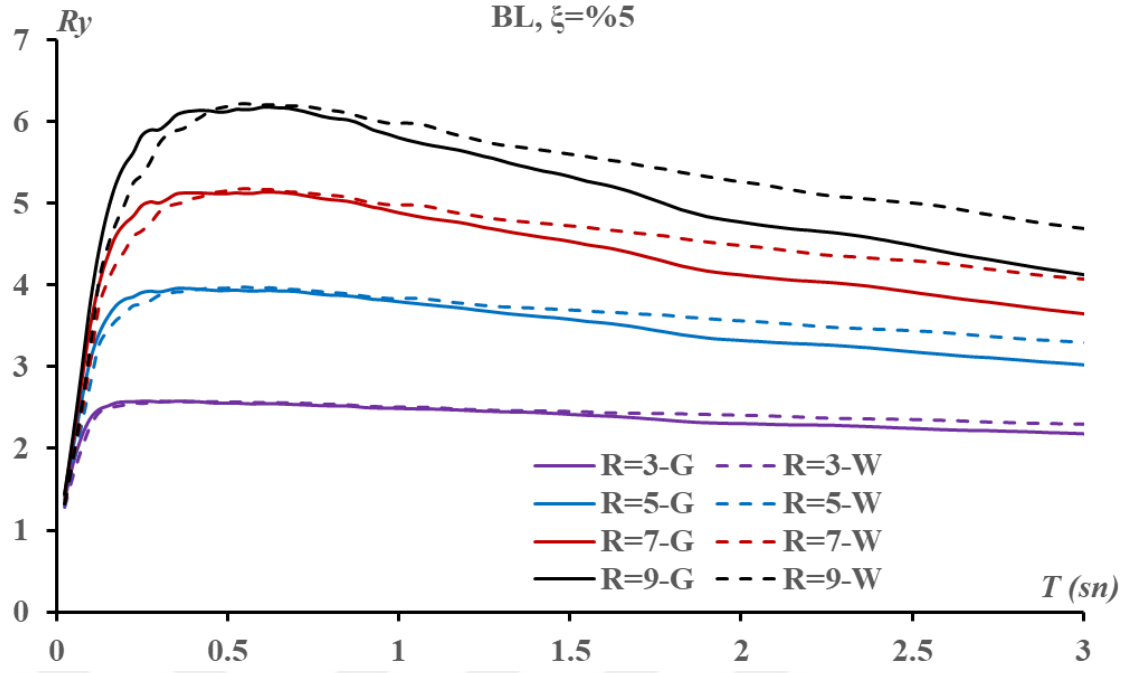
5.5.2 R_y Değerlerinin Dayanım Azaltma Katsayısına (R) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç dayanım azaltma katsayısı değiştikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin dayanım azaltma katsayılarının bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.5.2.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Şekil 5.20’da dayanım azaltma katsayılarının iyi ve kötü zemin üzerindeki etkileri gösterilmiştir. R_y katsayılarının etkisi Clough çevrim modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5’tir. Şekil 5.20’de görüldüğü gibi dayanım azaltma katsayısı arttıkça R_y katsayıları çok daha büyük değerlere ulaşmaktadır. Örneğin, dayanım azaltma katsayısı $R=9$ civarında iken R_y katsayıları 6’nın üzerindeki değerleri alırken dayanım azaltma katsayısı $R=3$ ulaştığında R_y katsayıları 2 ve 3 arasındaki değerleri almaktadır. Bu husus 1 saniyeden küçük ($T<1$) olan kısa periyotlu binalarda çok daha açık bir şekilde görülür ve bu durumda iyi ve kötü zeminler için elde edilen sonuçlar birbirine çok daha yakın değerlere ulaşmaktadır. 1 saniyenin ötesine geçtiği zaman uzun periyotlu binalarda ($T>1$) kötü zeminlerden ölçtüğümüz R_y katsayıları iyi zeminlere kıyasla büyük değerler vermektedir. İyi zeminlerde bulunan binalarda ise maksimum R_y değerlerine daha küçük periyotlarda ulaşılmaktadır.

Özellikle kısa periyotlu ve dayanım azaltma katsayısı düşük binalarda R_y katsayıları maksimum değerlerine 0.2 sn gibi seviyelerde oluşurken dayanım azaltma katsayısı yükseldikçe R_y katsayıları maksimum değerlere 0,5 sn gibi seviyelerde ulaşmaktadır. Uzun periyotlu yapılarda ise ($T>1$ sn) R_y katsayıları küçülmektedir.

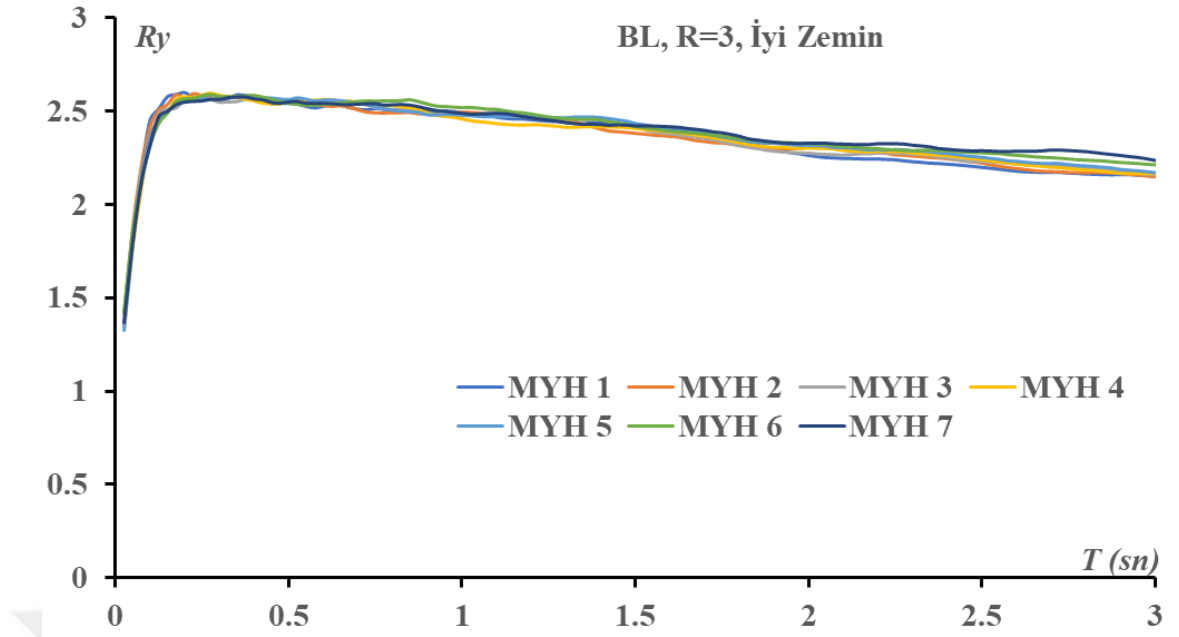


Şekil 5.20: Dayanım azaltma katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

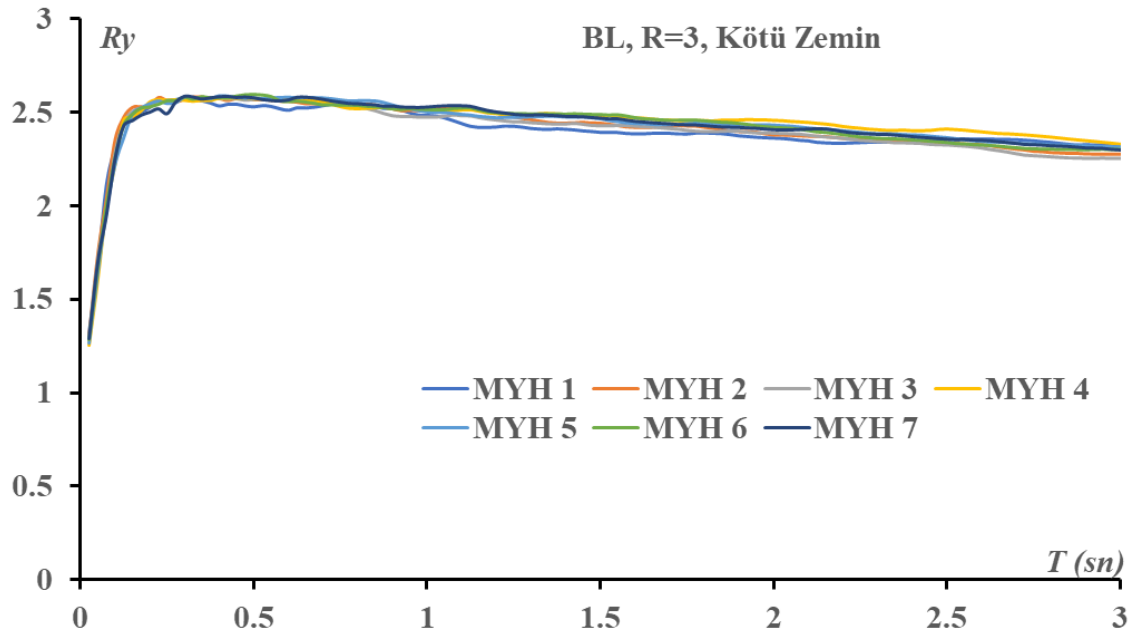
5.5.2.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.21, 5.23 ve 5.25'te iyi zeminler için ve Şekil 5.22, 5.24 ve 5.26'da kötü zeminler için dayanım azaltma katsayısına sahip yapıların elastik ivme taleplerinin elastik ötesi ivme taleplerine oranı gösterilmektedir. Grafikte Bilinear çevrim model üzerinde farklı dayanım azaltma katsayısının MYH'na göre etkisi incelenmiştir. Sönüm oranı %5'tir. Şekilde dayanım azaltma katsayısı arttıkça MYH'na göre R_y katsayılarının da arttığı görülmektedir. Bu da elastik ötesi davranışın artacağı sonucunu vermektedir. Söz konusu şekiller farklı maksimum yer hızının R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan R_y katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.

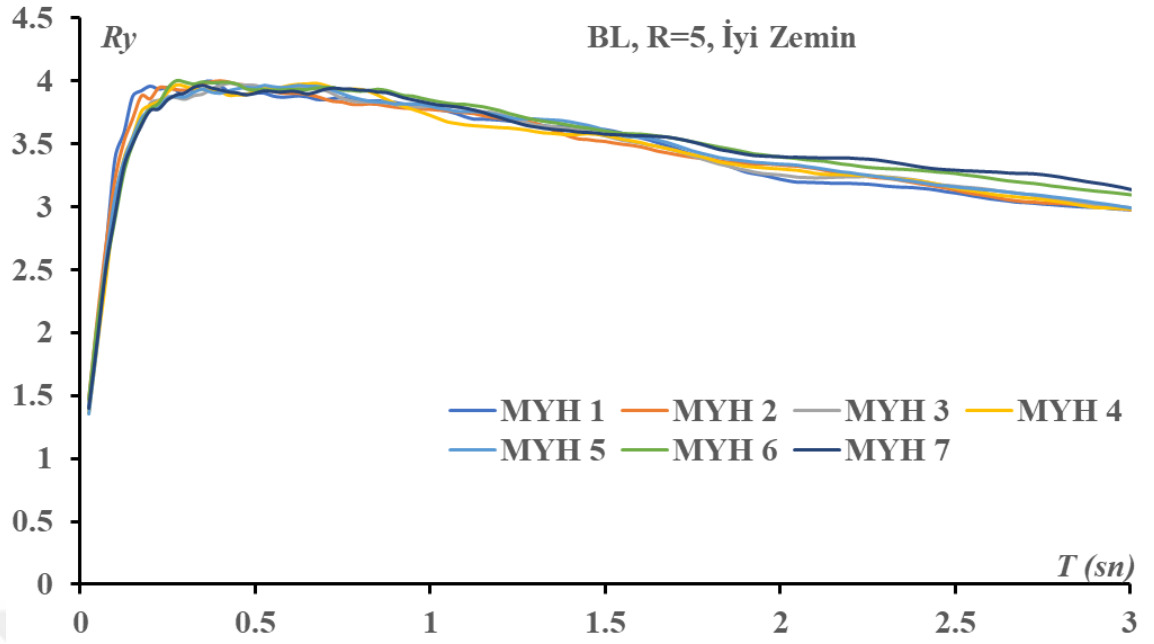
Başka bir husus ise iyi zeminleri yansıtan incelemelerden elde edilen sonuçlar ve kötü zeminleri yansıtan incelemelerden elde edilen sonuçlar arasında büyük bir fark görülmemektedir.



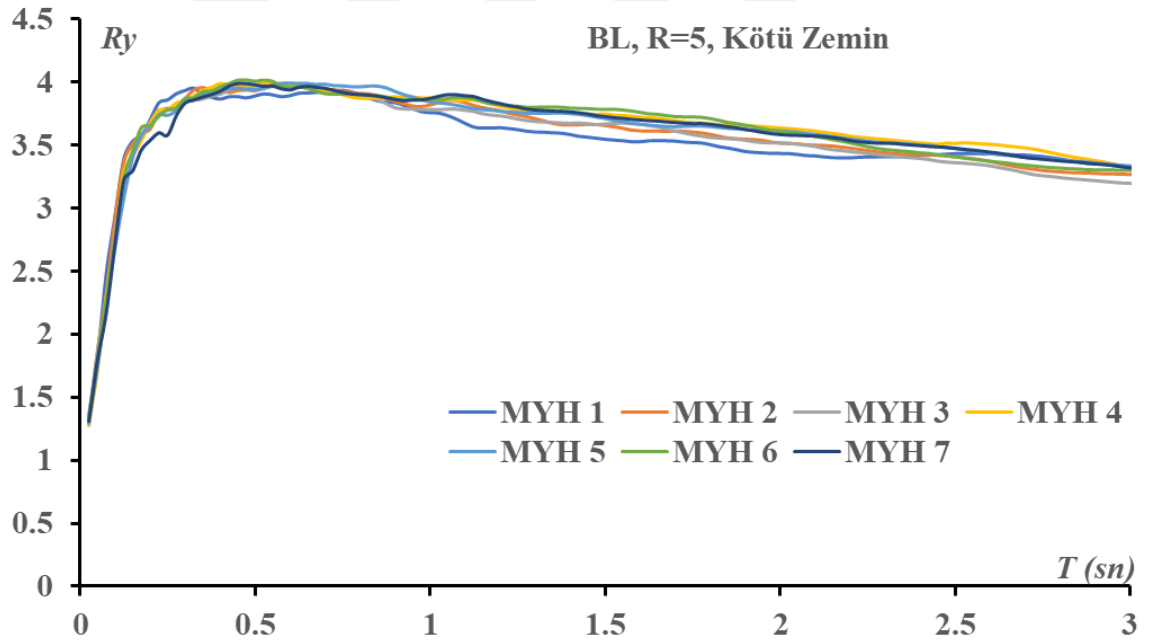
Şekil 5.21: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



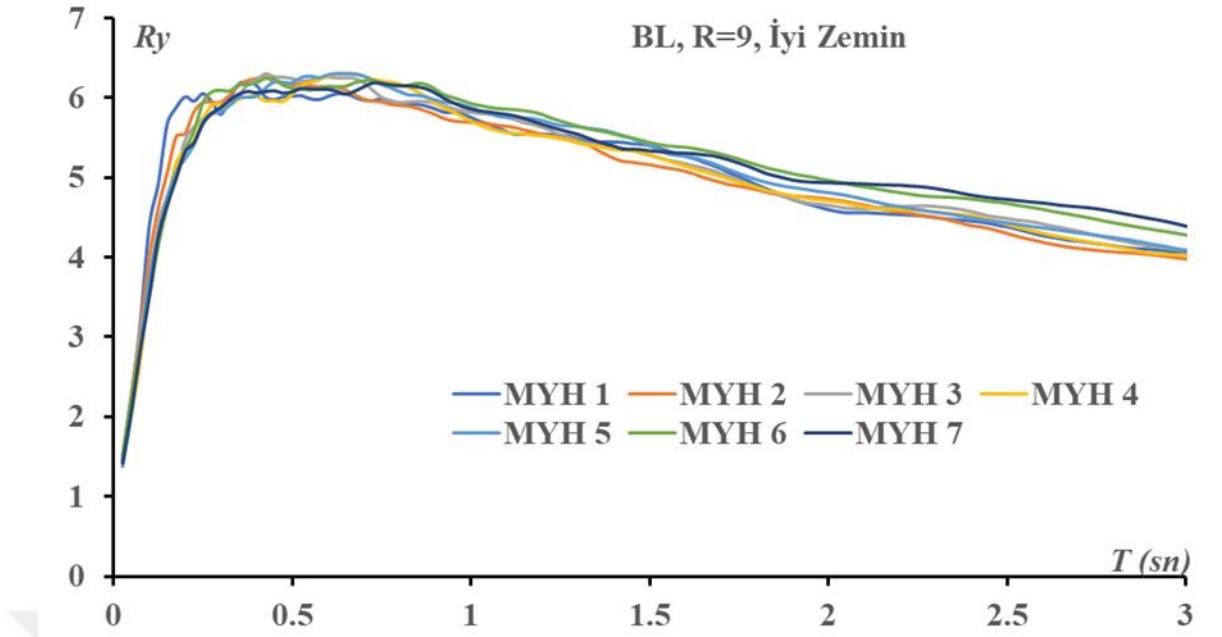
Şekil 5.22: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)



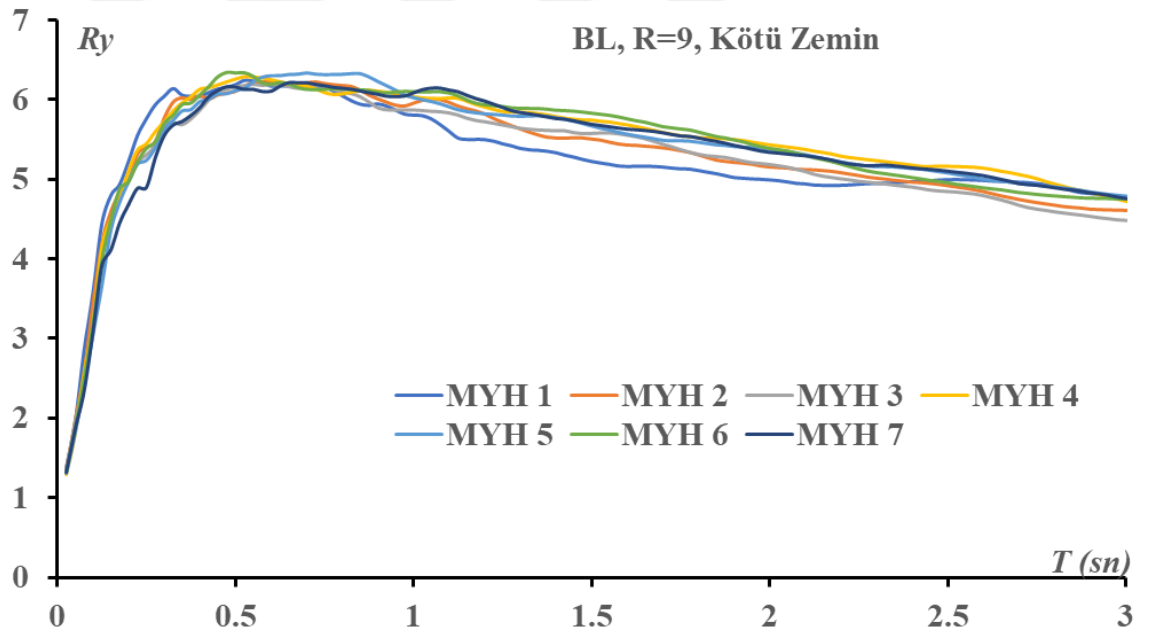
Şekil 5.23: Dayanım azaltma katsayısının ($R=5$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.24: Dayanım azaltma katsayısının ($R=5$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)



Şekil 5.25: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)

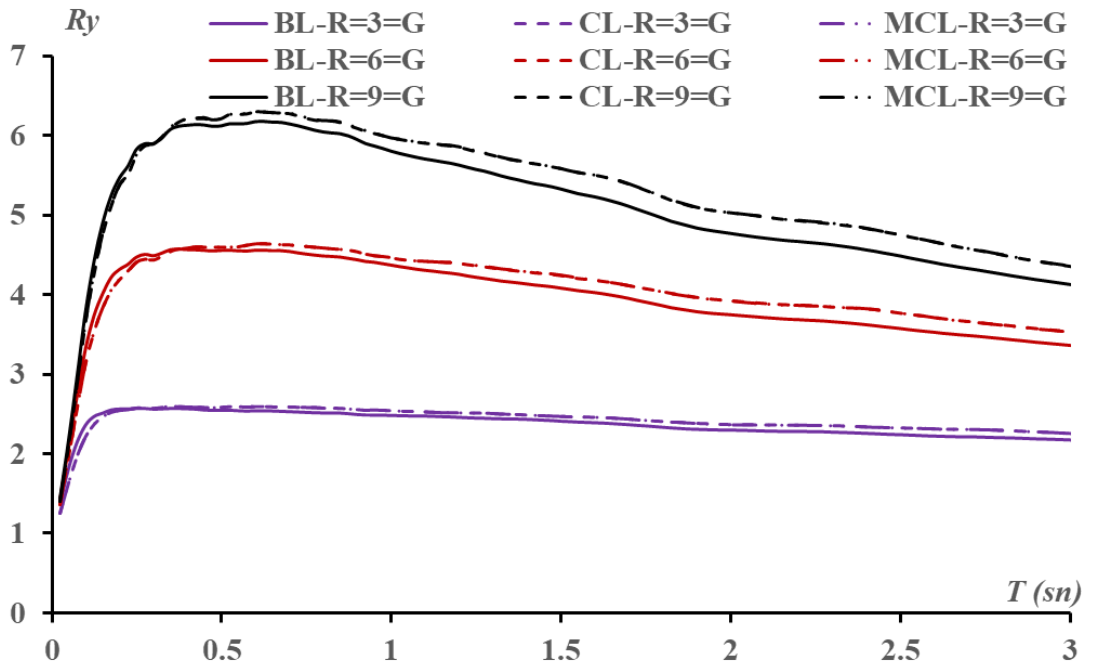


Şekil 5.26: Dayanım azaltma katsayısının ($R=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

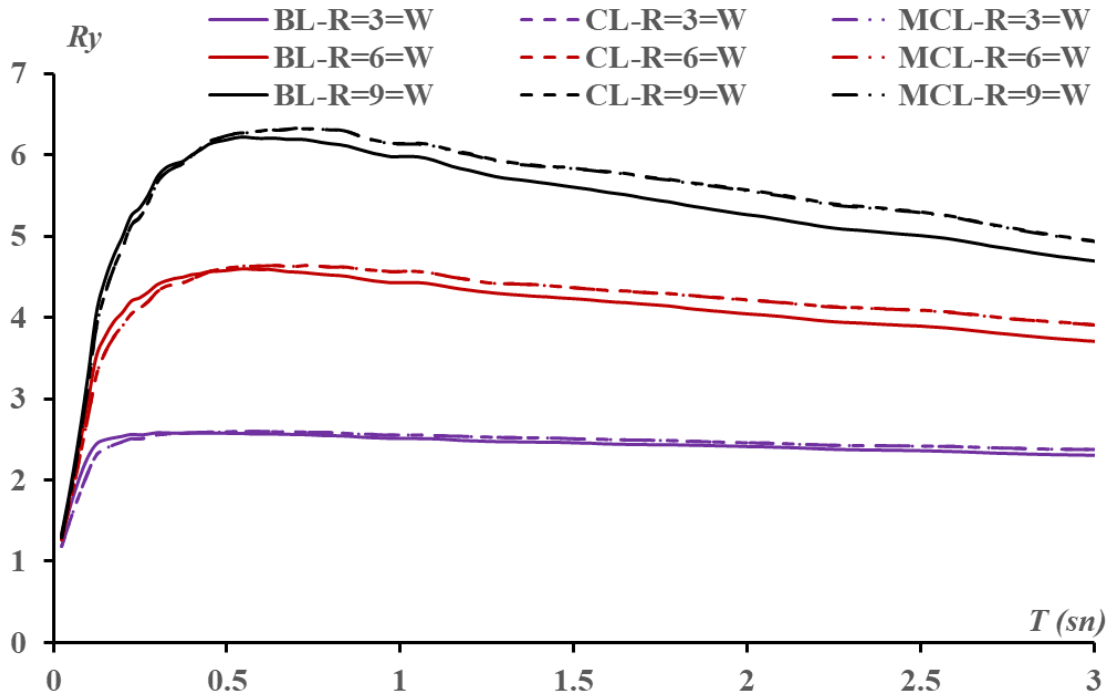
5.5.2.3 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.27 ve 5.28’de dayanım azaltma katsayısının farklı çevrim model üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi aynı dayanım azaltma katsayısının

farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark gösterilmemektedir ve iyi veya kötü zeminin de R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir.



Şekil 5.27: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin)

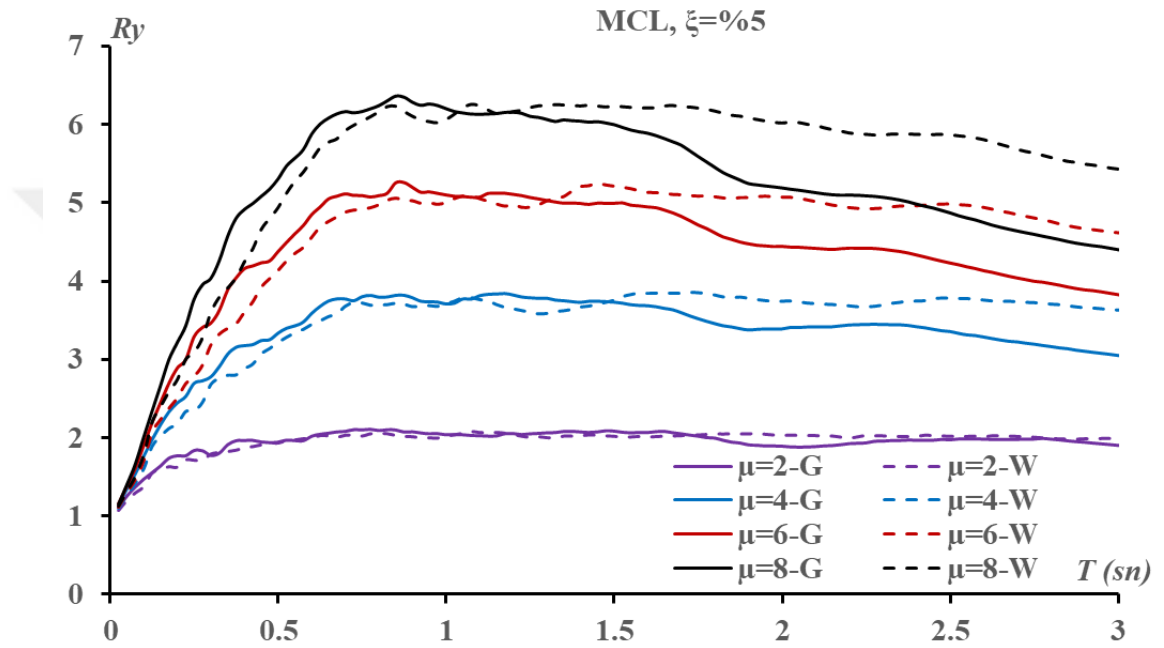


Şekil 5.28: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)

5.5.3 R_y Değerlerinin Sünekliğe (μ) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç süneklik değiştikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin dayanım azaltma katsayılarının bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.5.3.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması



Şekil 5.29: Süneklik katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

Şekil 5.29'a bakıldığında farklı süneklik katsayılarına sahip yapıların elastik ivme taleplerinin elastik ötesi ivme taleplerine oranı iyi ve kötü zeminler için görülmektedir. R_y katsayılarının etkisi Geliştirilmiş Clough (Modified Clough) modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5'tir. Bu şekil süneklik arttıkça R_y katsayıları küçük periyotlarda ($\sim 0,8$ sn gibi) maksimum değerlere ulaştığını göstermektedir. Daha küçük periyotlu sistemler için dayanım azaltma katsayısının ortalama olarak μ 'den daha küçük olduğu görülmektedir ($T \rightarrow 0$ iken $R_y \rightarrow 1$). Uzun periyotlu yapılarda ise ($T > 1$ sn) R_y katsayıları hemen hemen azalmaktadır.

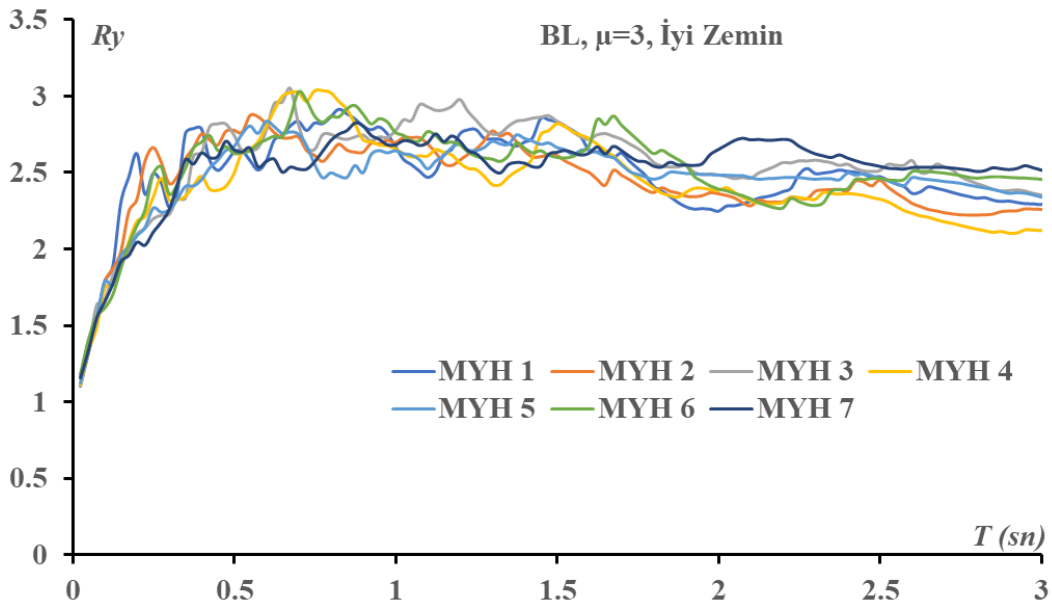
Şekilde görüldüğü gibi süneklik arttıkça R_y katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Örneğin, süneklik $\mu=2$ civarında iken R_y katsayıları 1 ve 2 arasındaki değerleri alırken süneklik $\mu=8$ 'e ulaştığında R_y katsayıları 6'nın üzerindeki

değerleri almaktadır. Bu durum özellikle 1 saniyeden küçük ($T < 1$) olan kısa periyotlu binalarda çok daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. 1 saniyenin ötesine geçtiği zaman uzun periyotlu binalarda ($T > 1$) R_y katsayıları birbirine çok daha yakın değerler olduğu bilgisine ulaşılmaktadır.

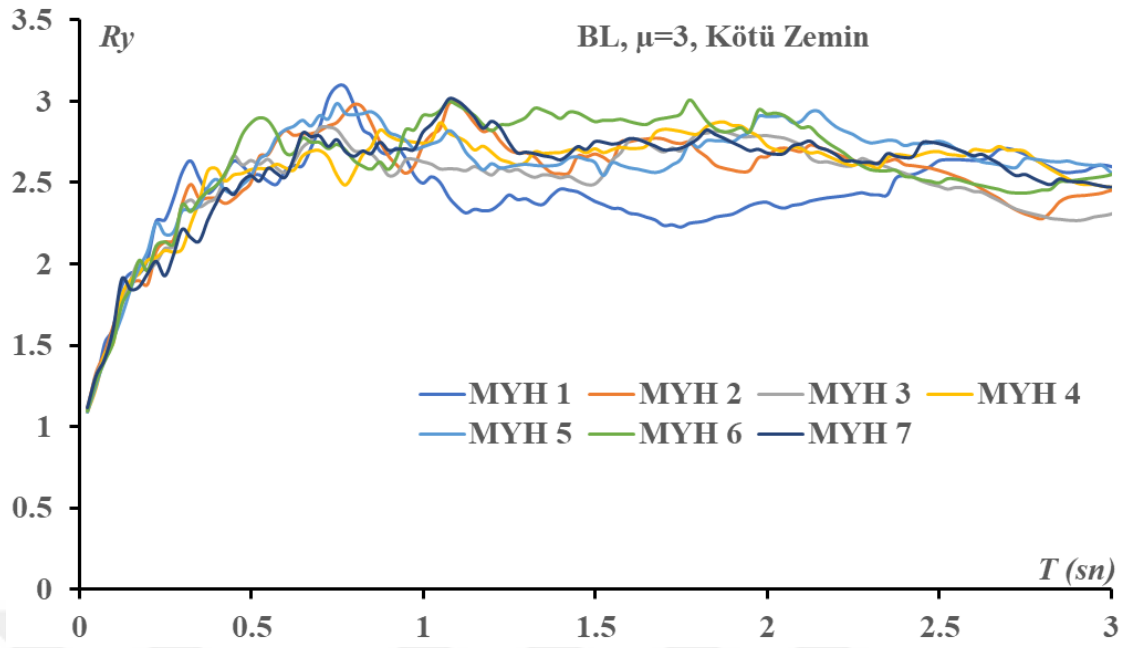
Şekilde görüldüğü gibi kötü zeminlerden ölçtüğümüz R_y katsayıları iyi zeminlere kıyasla daha büyük değerleri uzun periyodun ötesine geçtiği zaman (yaklaşık 1,1 sn ile 2,5 sn arasında) vermektedir. İyi zeminlerde bulunan binalarda ise maksimum R_y değerlerine daha küçük periyotlar da ulaşılmaktadır.

5.5.3.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması

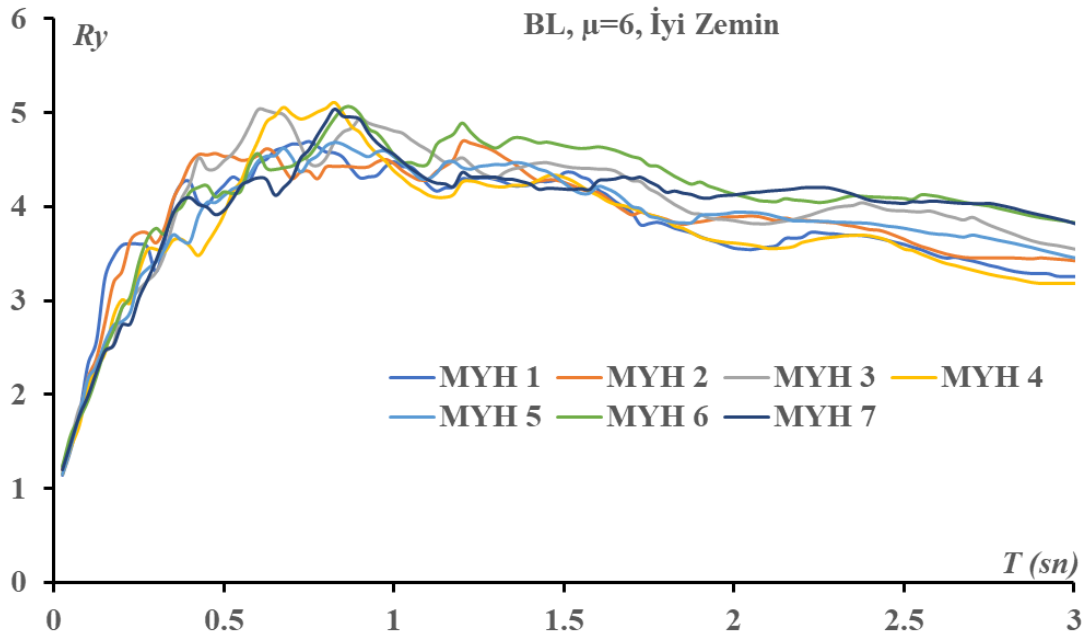
Şekil 5.30, 5.32 ve 5.34'te iyi zemin için ve Şekil 5.31, 5.33 ve 5.35'te kötü zemin için farklı süneklik katsayısının Bilinear çevrim model üzerinde MYH'na etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi süneklik değerleri arttıkça elastik ötesi davranış da o kadar fazla olmaktadır. Grafik farklı maksimum yer hızının R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan R_y katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.



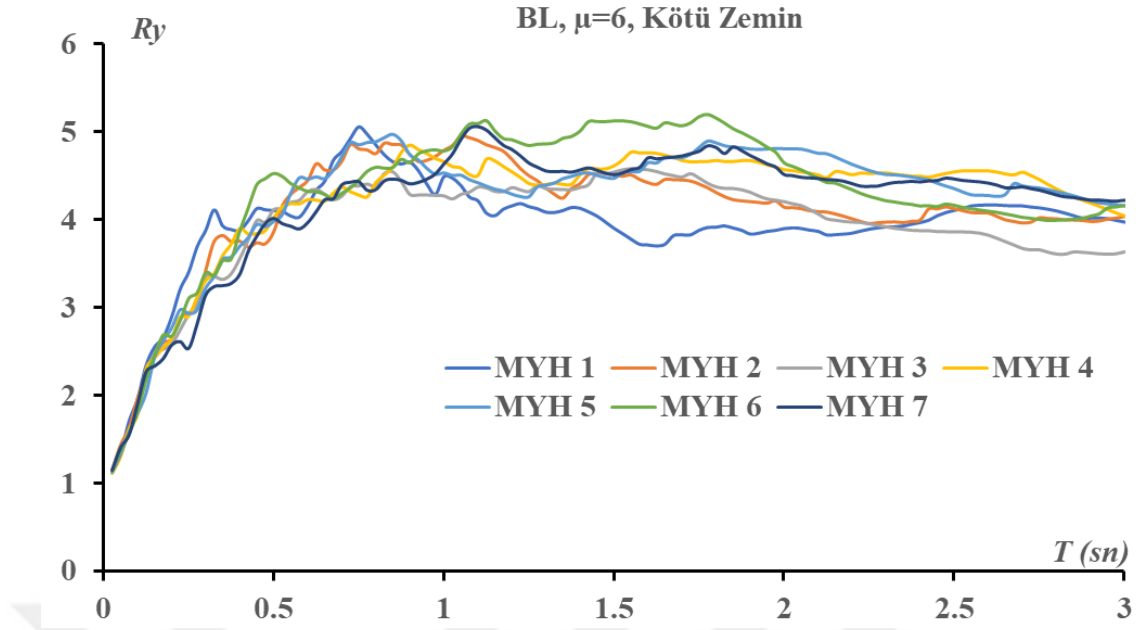
Şekil 5.30: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



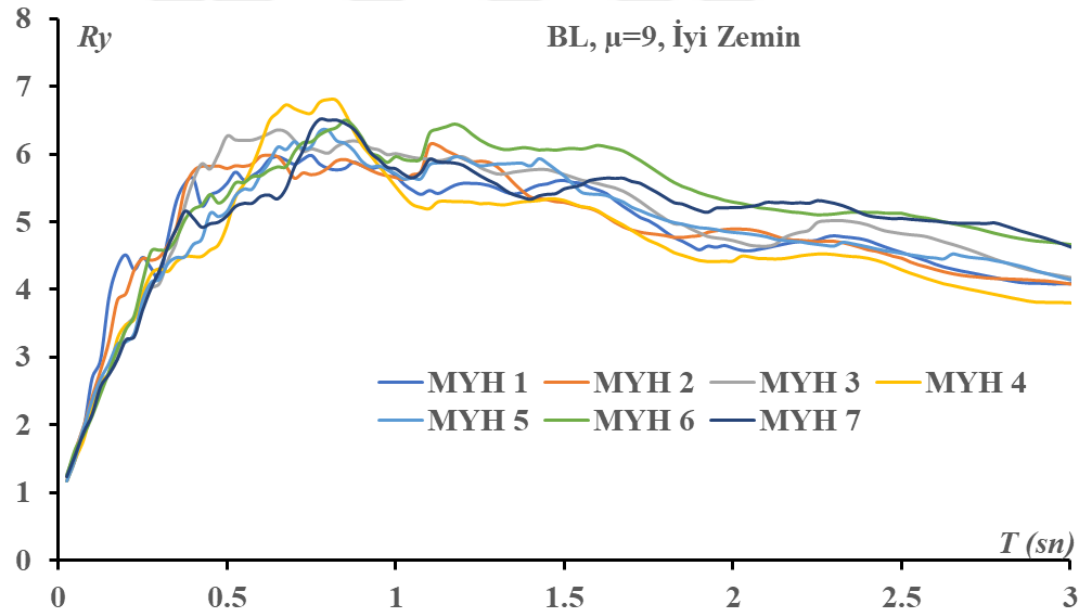
Şekil 5.31: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)



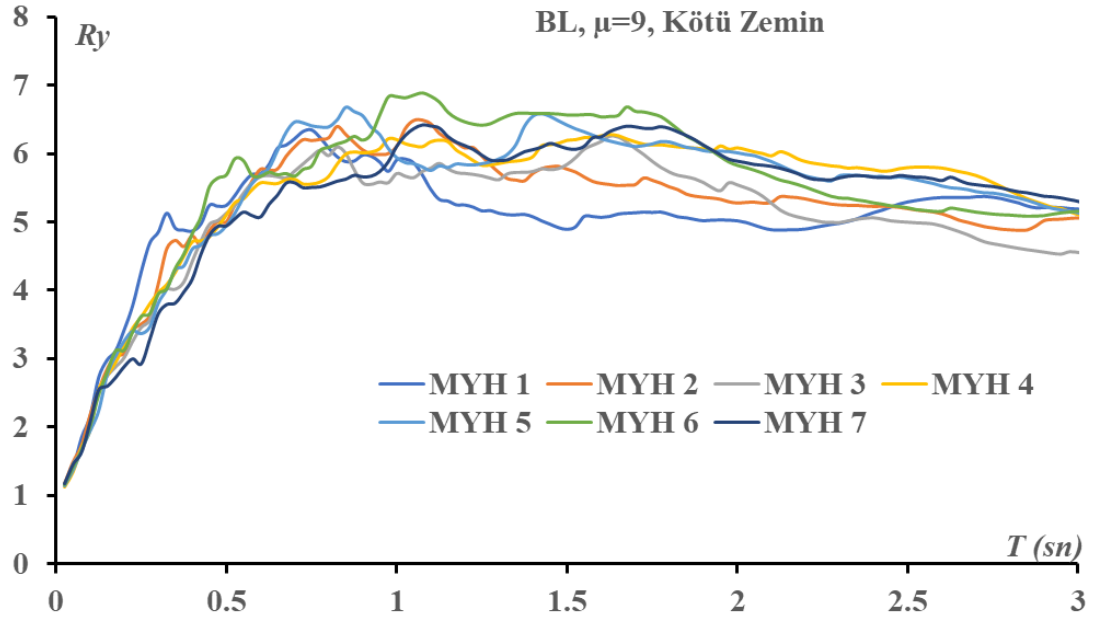
Şekil 5.32: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.33: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

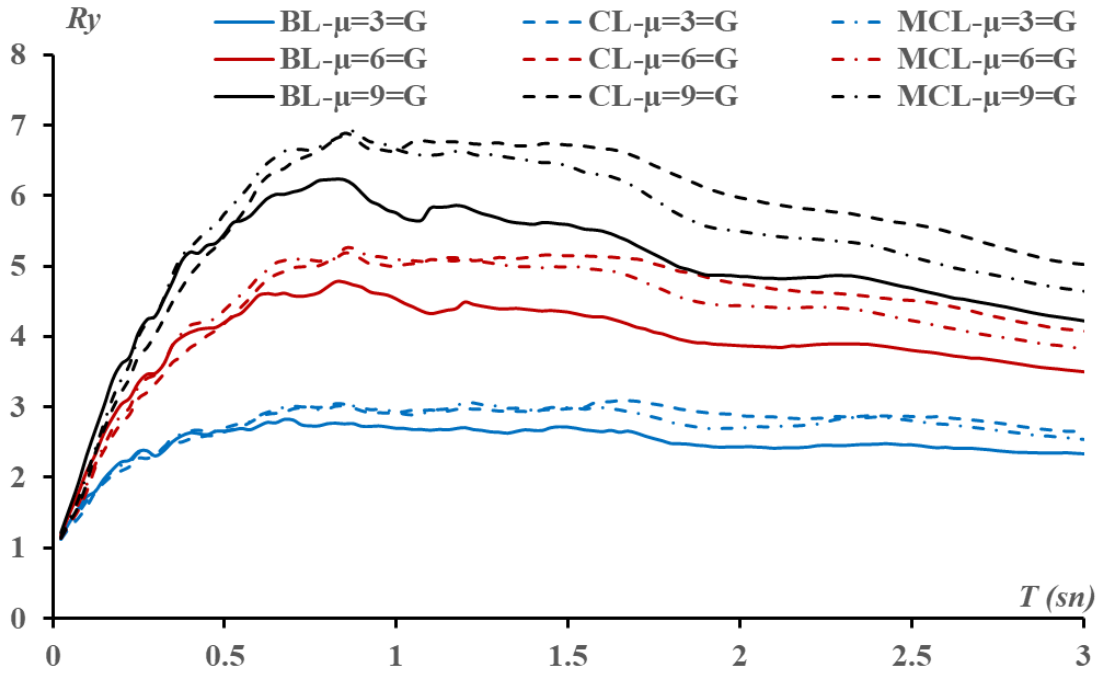


Şekil 5.34: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)

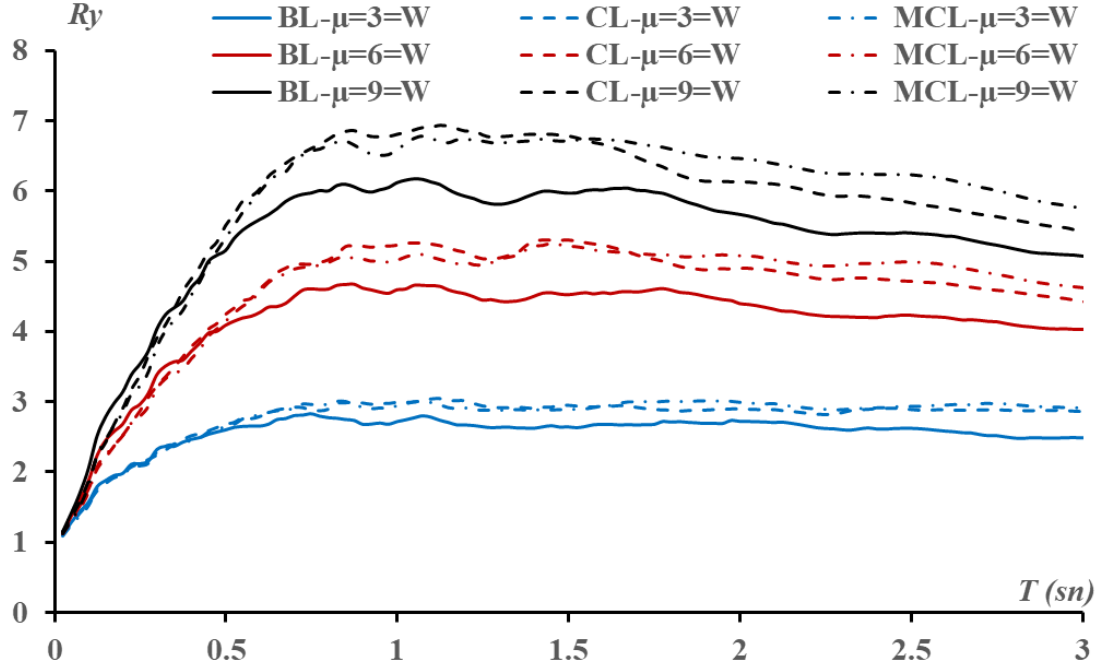


Şekil 5.35: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

5.5.3.1 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan R_y Katsayılarının Karşılaştırılması



Şekil 5.36: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.37: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)

Şekil 5.36'da iyi zemin için ve Şekil 5.37'de kötü zemin için süneklik katsayısının farklı çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi süneklik katsayısı arttıkça elastik ötesi davranış da o kadar fazla olmaktadır. Aynı süneklik katsayısının farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark görülmemektedir. Ancak Şekil 5.36'da görüldüğü gibi modellerden ölçtüğümüz R_y katsayıları BL ve MCL'a kıyasla daha büyük değerleri uzun periyodun ötesine geçtiği zaman CL modelinden elde edilen sonuçlar vermektedir. Şekil 5.37'de ise modellerden ölçtüğümüz R_y katsayıları BL ve CL'a kıyasla daha büyük değerleri uzun periyodun ötesine geçtiği zaman MCL modelinden elde edilen sonuçlar vermektedir.

5.6 Elastik ve Elastik Ötesi Yer Değiştirme Talebinin Karşılaştırılması (C_R)

Elastik ötesi yer değiştirme talebi ile elastik yer değiştirme talebini karşılaştırırken son yapısal parametre olarak süneklik (μ) göz önüne alınmıştır. Bu bölümde elastik ötesi yer değiştirme talebinin elastik yer değiştirme talebine oranına bakarak sünekliğin C_R katsayıları üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

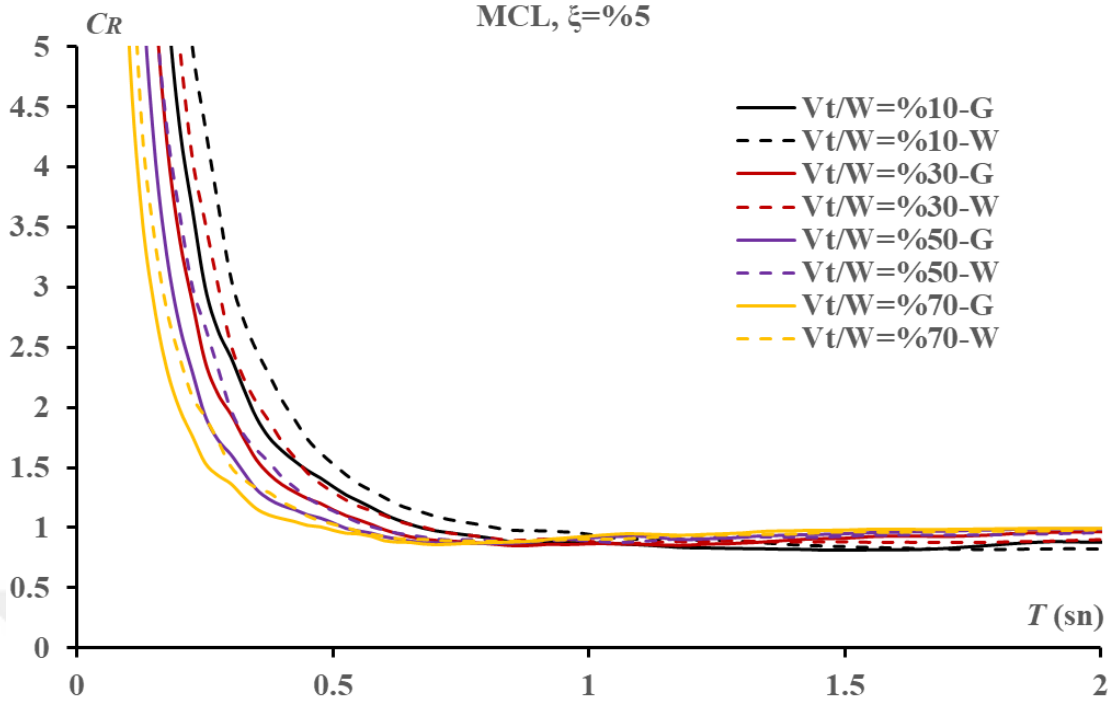
$$C_R = \frac{S_{dinel}}{S_{del}} \quad (5.11)$$

5.6.1 C_R Değerlerinin Yatay Dayanım Oranına (V_t/W) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç yatay dayanım oranı değişikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin yer değiştirme talebinin bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.6.1.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

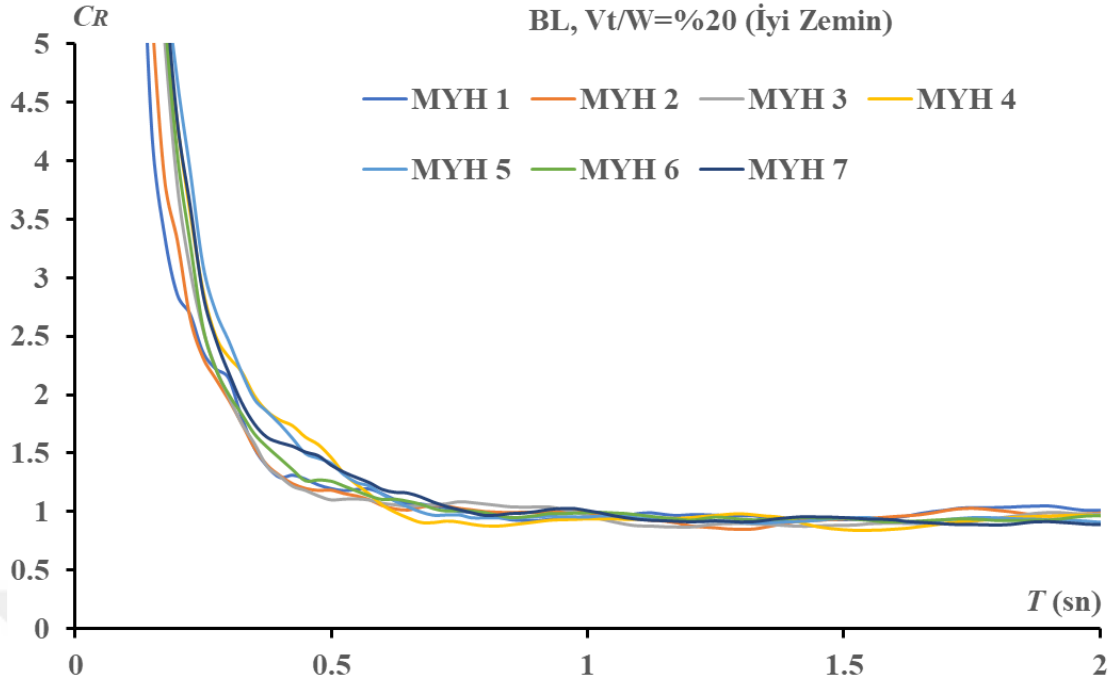
Şekil 5.38’de yatay dayanım oranlarının iyi ve kötü zemin üzerindeki etkileri gösterilmiştir. C_R katsayılarının etkisi Elastik–Tam Plastik (Bilinear) modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5’tir. Şekil 5.38’de görüldüğü gibi yatay dayanım oranı azaldıkça C_R katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Kısa periyot bölgesinde maksimum elastik olmayan yer değiştirmenin maksimum elastik yer değiştirmeden daha büyük olduğu görülmektedir. C_R ne kadar büyük olursa, maksimum elastik olmayan yer değiştirme, maksimum elastik yer değiştirmeye göre ortalama olarak o kadar büyük olacaktır. 1 sn’den daha uzun periyotlar için ise maksimum elastik olmayan yer değiştirme ortalama olarak maksimum elastik yer değiştirmeye yaklaşık olarak eşittir. Şekilde görüldüğü gibi kötü zeminlerden ölçtüğümüz C_R katsayıları iyi zeminlere kıyasla daha büyük değerleri vermektedir.



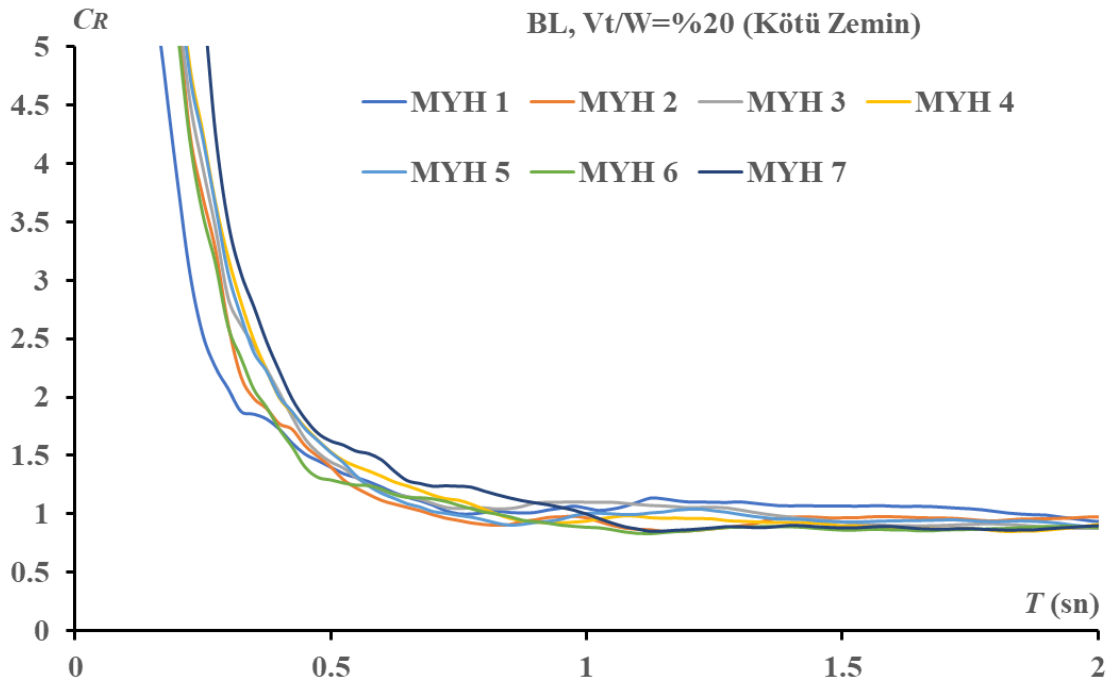
Şekil 5.38: Yatay dayanım oranının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

5.6.1.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması

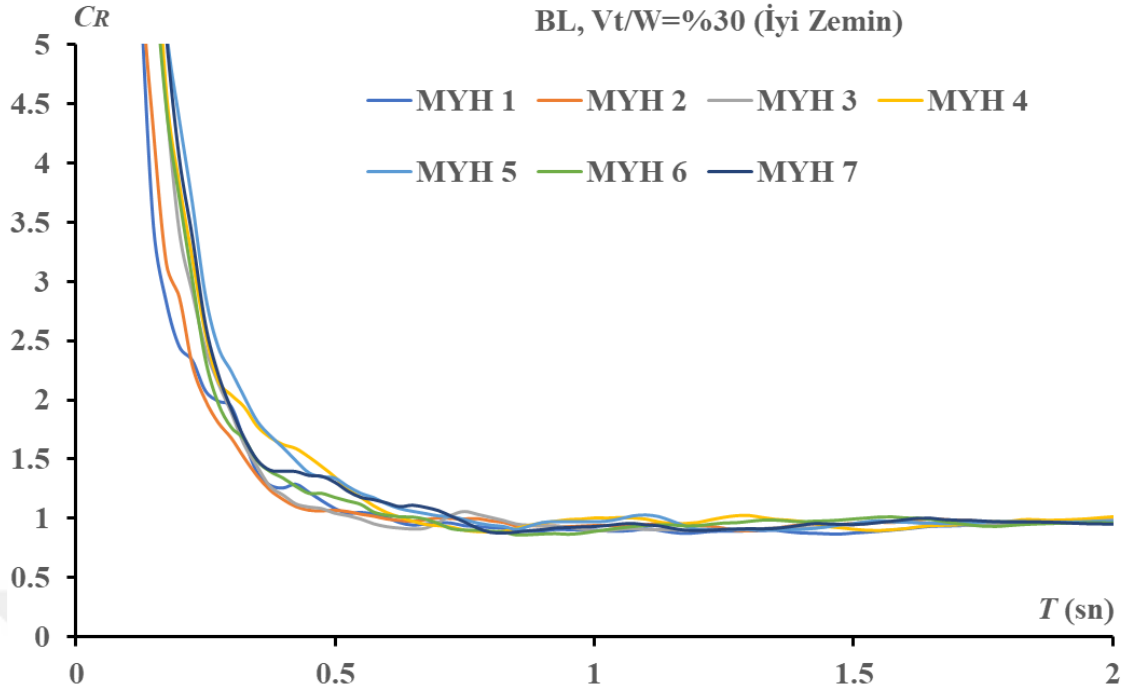
Şekil 5.39, 5.41 ve 5.43'te iyi zemin için ve Şekil 5.40, 5.42 ve 5.44'te kötü zemin için yatay dayanım oranlarının MYH grupları üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Elastik–Tam Plastik (Bilinear) çevrim modelinin üzerinde yapılan inceleme sonuçları kullanılmıştır. Grafik farklı maksimum yer hızının C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan C_R katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.



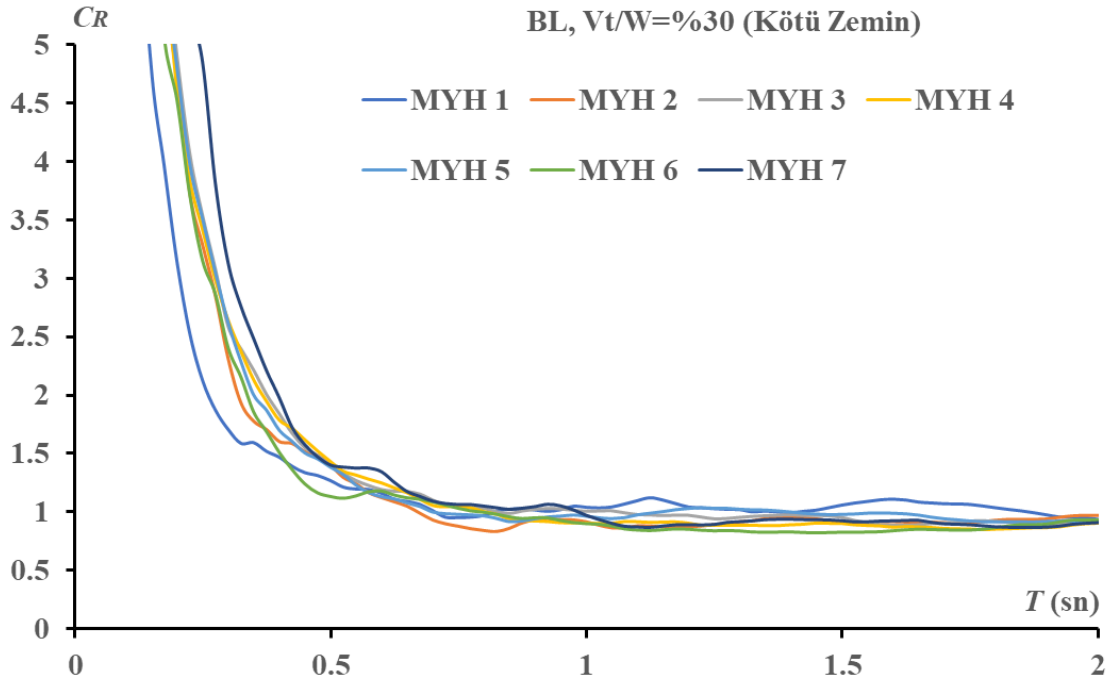
Şekil 5.39: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=20\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)



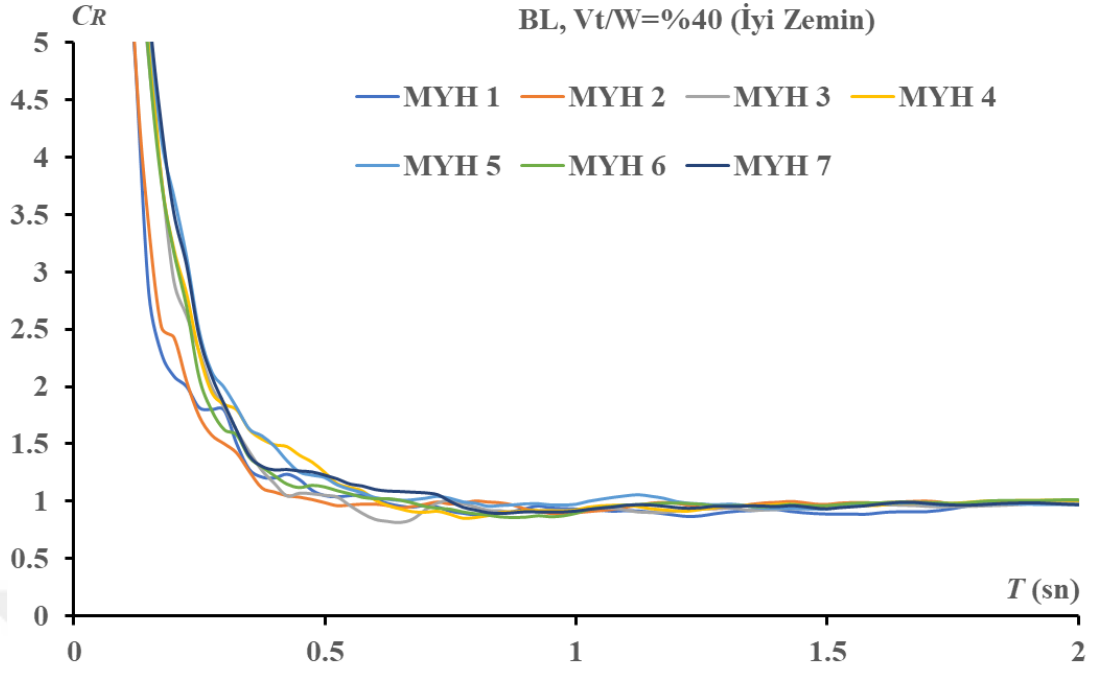
Şekil 5.40: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=20\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)



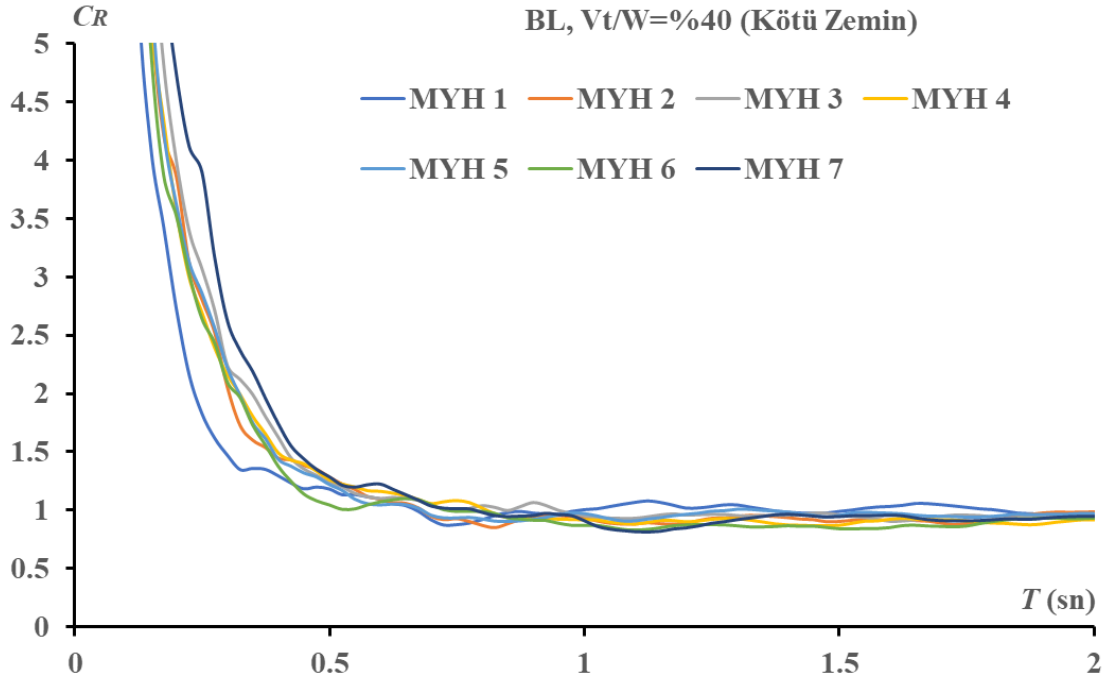
Şekil 5.41: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.42: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=30\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)



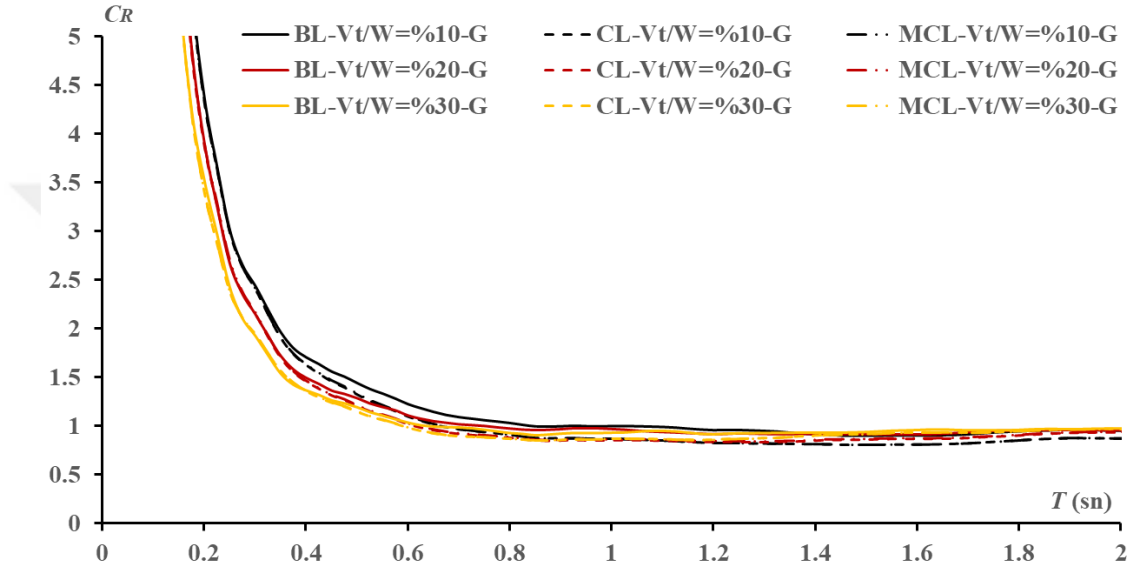
Şekil 5.43: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=40\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (iyi zemin)



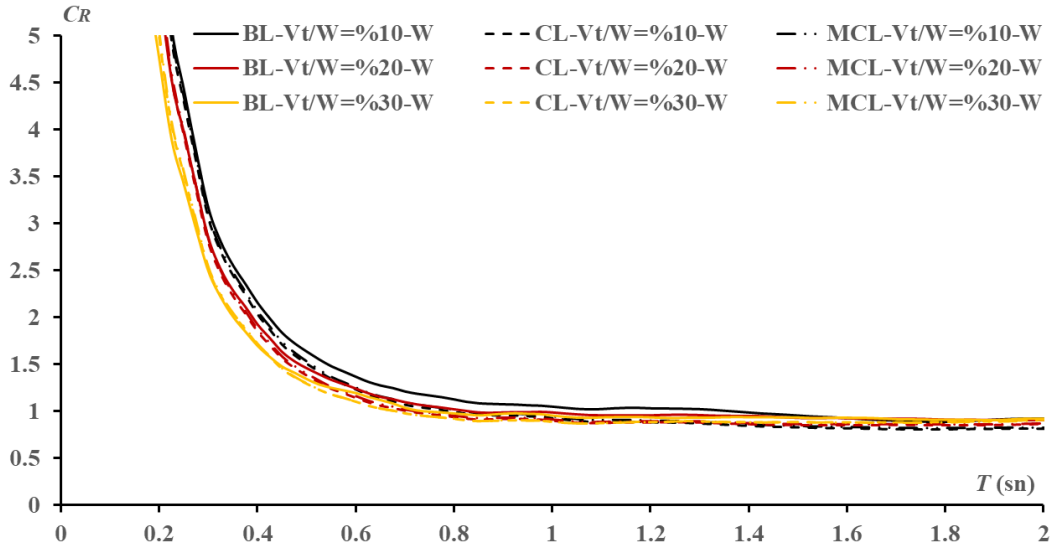
Şekil 5.44: Yatay dayanım oranının ($V_t/W=40\%$) maksimum yer hızı üzerine etkisi (kötü zemin)

5.6.1.3 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.45'te iyi zemin için yatay dayanım oranlarının çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı çevrim modeller için farklı V_t/W oranlarına karşılık gelen C_R katsayılarının değişimi, çevrim modellerinin C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir.



Şekil 5.45: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.46: Yatay dayanım oranının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)

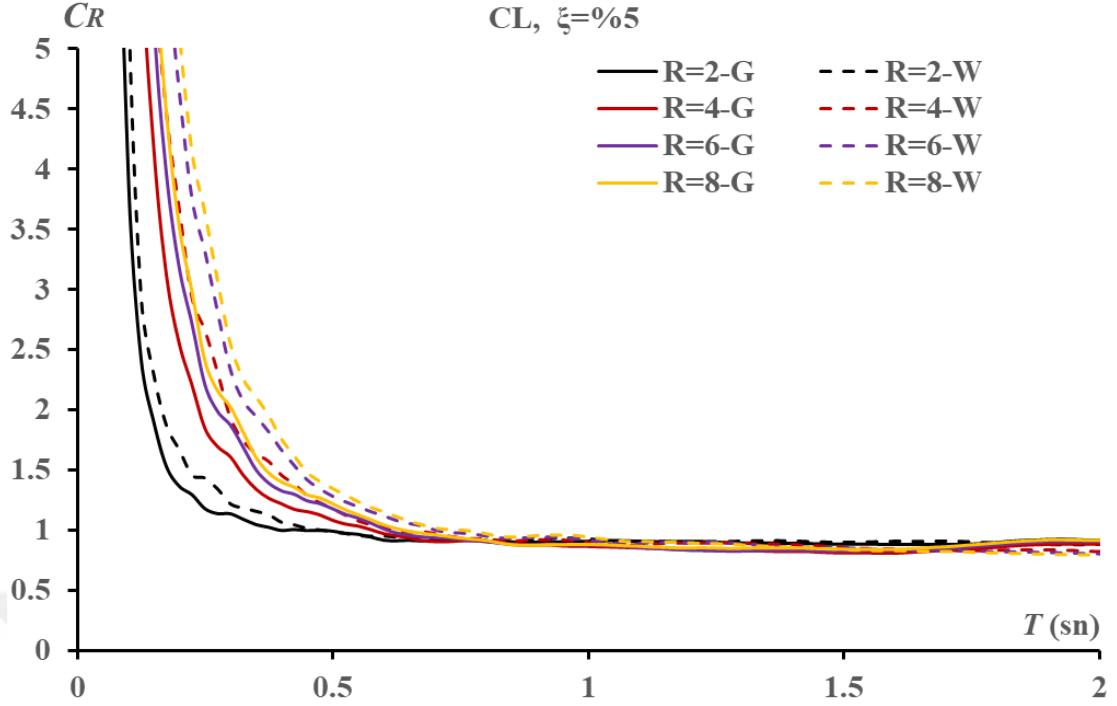
Şekil 5.46’da kötü zemin için yatay dayanım oranlarının çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi aynı yatay dayanım oranlarının farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark gösterilmemektedir.

5.6.2 C_R Değerlerinin Dayanım Azaltma Katsayısına (R) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç dayanım azaltma katsayısı değiştikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin yer değiştirme talebinin bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.6.2.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

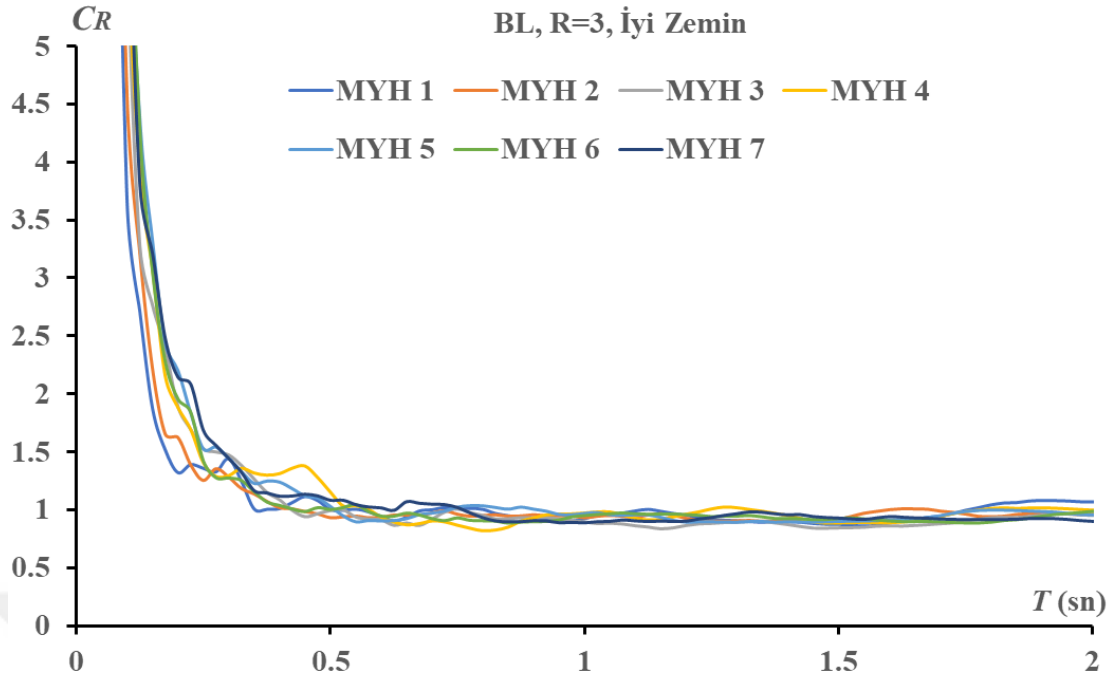
Şekil 5.47’de dayanım azaltma katsayılarının iyi ve kötü zemin üzerindeki etkileri gösterilmiştir. C_R katsayılarının etkisi Clough çevrim modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5’tir. Şekil 5.47’de görüldüğü gibi TSD sistemler için dayanım azaltma katsayısı arttıkça C_R katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Kısa periyot bölgesinde maksimum elastik olmayan yer değiştirmenin maksimum elastik yer değiştirmeden daha büyük olduğu görülmektedir. Dayanım azaltma katsayısı sabit olan sistemlerde $T \rightarrow 0$ iken $C_R \rightarrow \infty$. Bu, çok kısa periyotlara sahip mevcut yapıların, yanıl dayanımları olmadıkça, elastik muadillerine göre çok büyük elastik olmayan yer değiştirme taleplerine maruz kalabileceği anlamına gelir. C_R ne kadar büyük olursa, maksimum elastik olmayan yer değiştirme, maksimum elastik yer değiştirmeye göre ortalama olarak o kadar büyük olacaktır. 1 sn’den daha uzun periyotlar için ise maksimum elastik olmayan yer değiştirme ortalama olarak maksimum elastik yer değiştirmeye yaklaşık olarak eşittir. Şekilde görüldüğü gibi kötü zeminlerden ölçtüğümüz C_R katsayıları iyi zeminlere kıyasla daha büyük değerleri vermektedir.



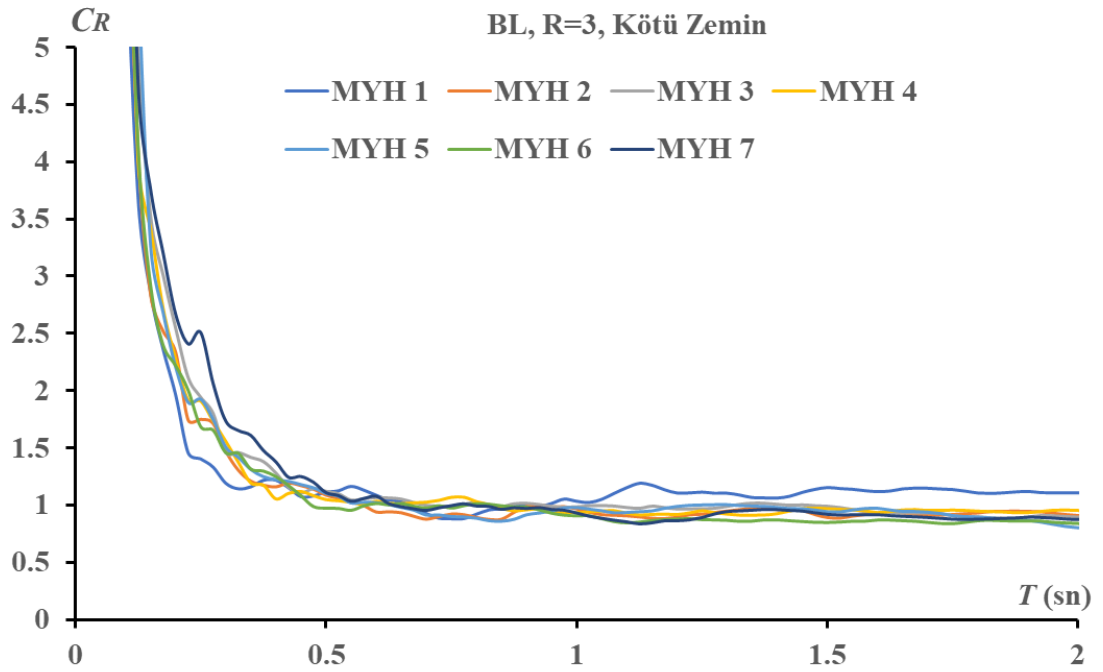
Şekil 5.47: Dayanım azaltma katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

5.6.2.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması

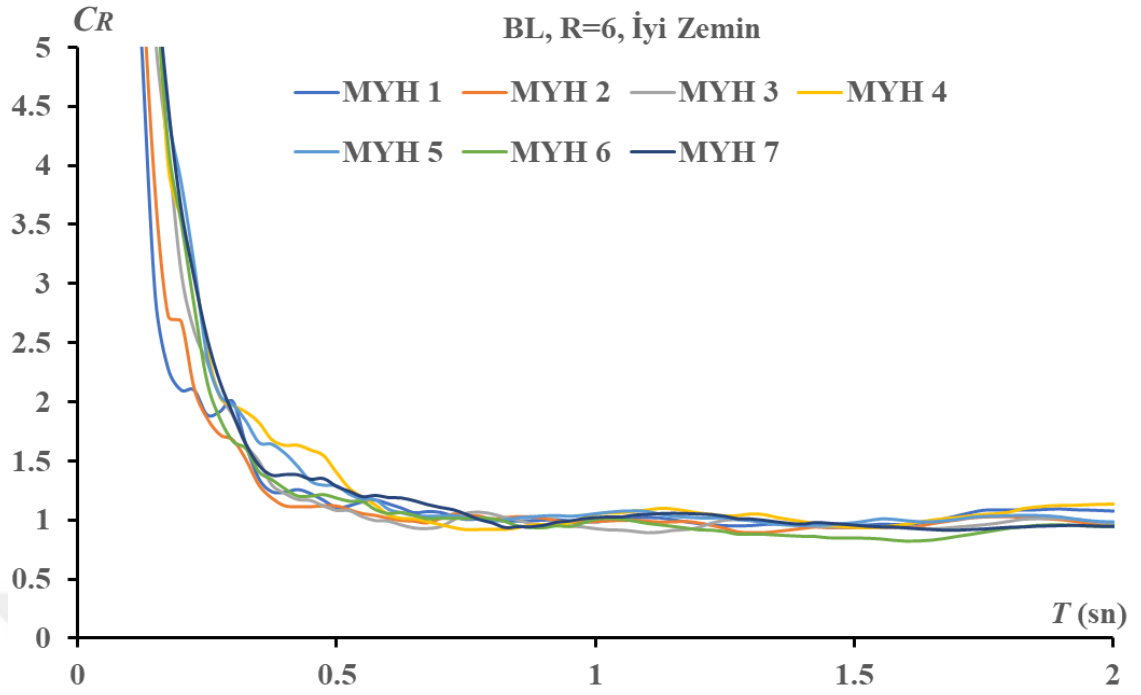
Şekil 5.48, 5.50 ve 5.52’te iyi zemin için ve Şekil 5.49, 5.51 ve 5.53’te kötü zemin için dayanım azaltma katsayılarının MYH grupları üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Elastik–Tam Plastik (Bilinear) çevrim modelinin üzerinde yapılan inceleme sonuçları kullanılmıştır. Grafik farklı maksimum yer hızının C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan C_R katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.



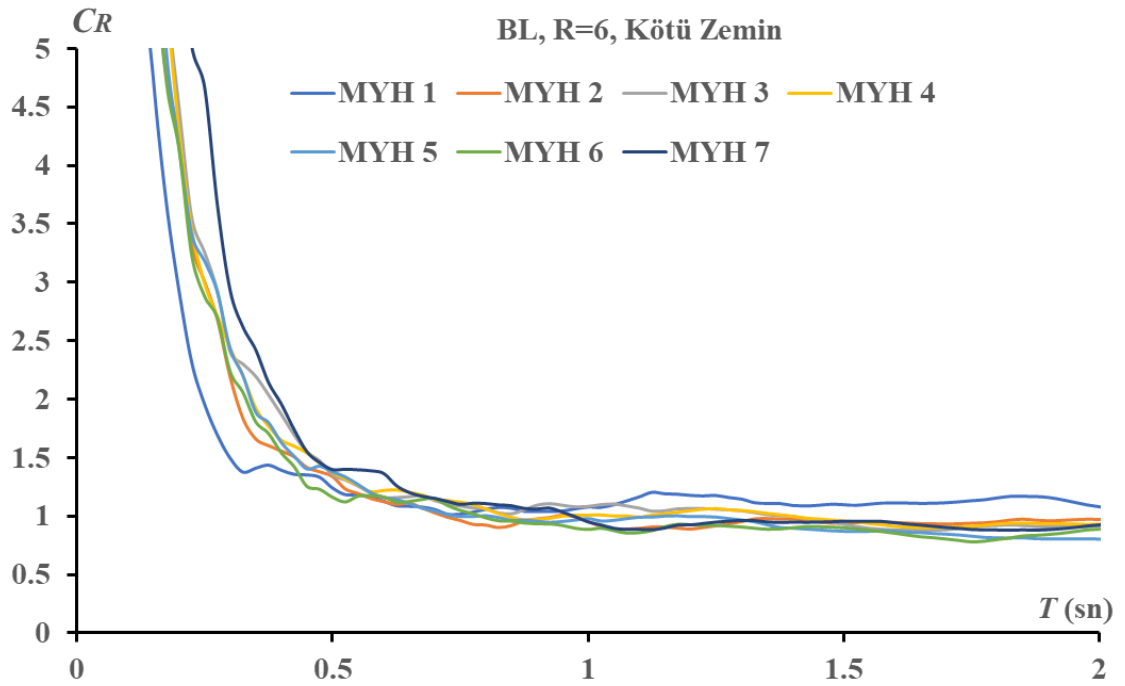
Şekil 5.48: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



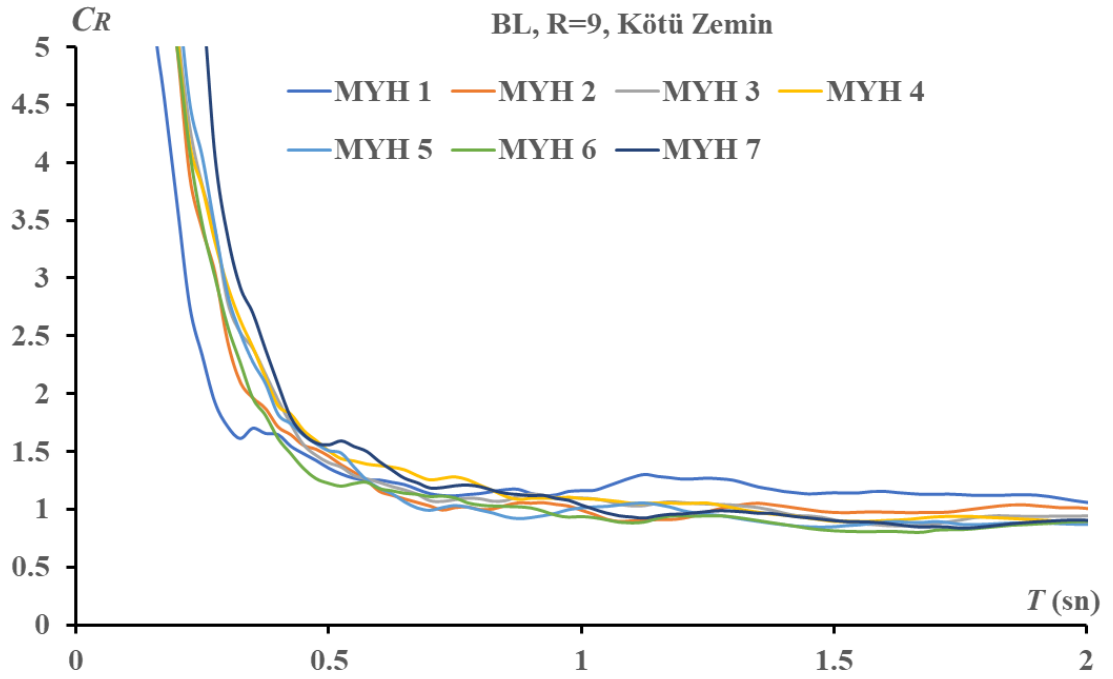
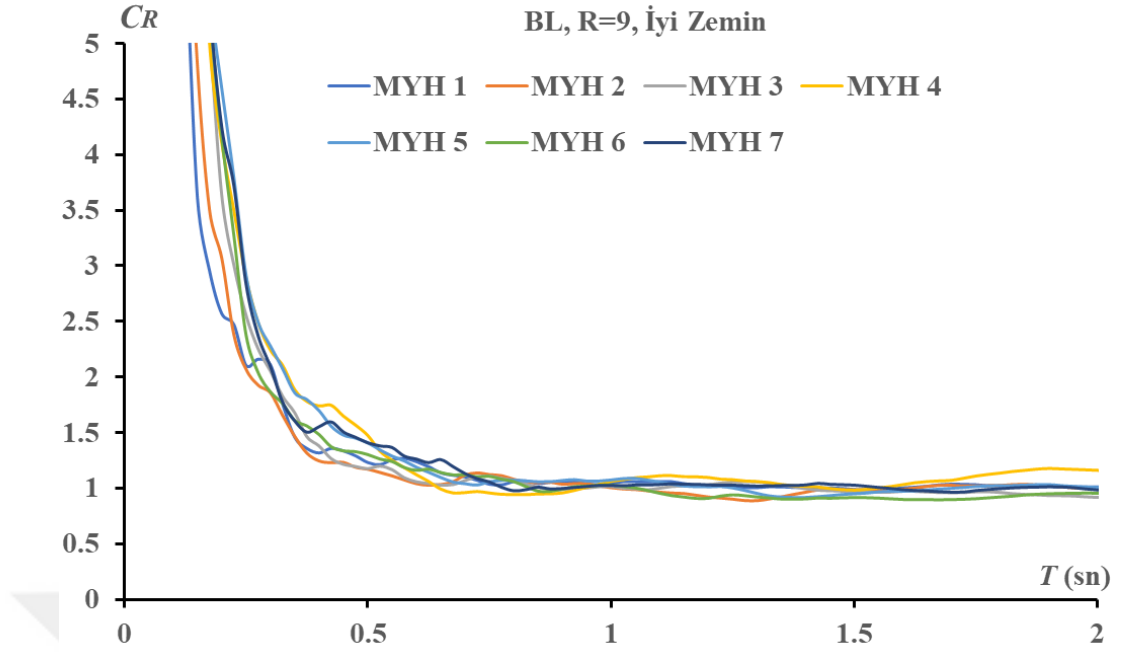
Şekil 5.49: Dayanım azaltma katsayısının ($R=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)



Şekil 5.50: Dayanım azaltma katsayısının ($R=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)

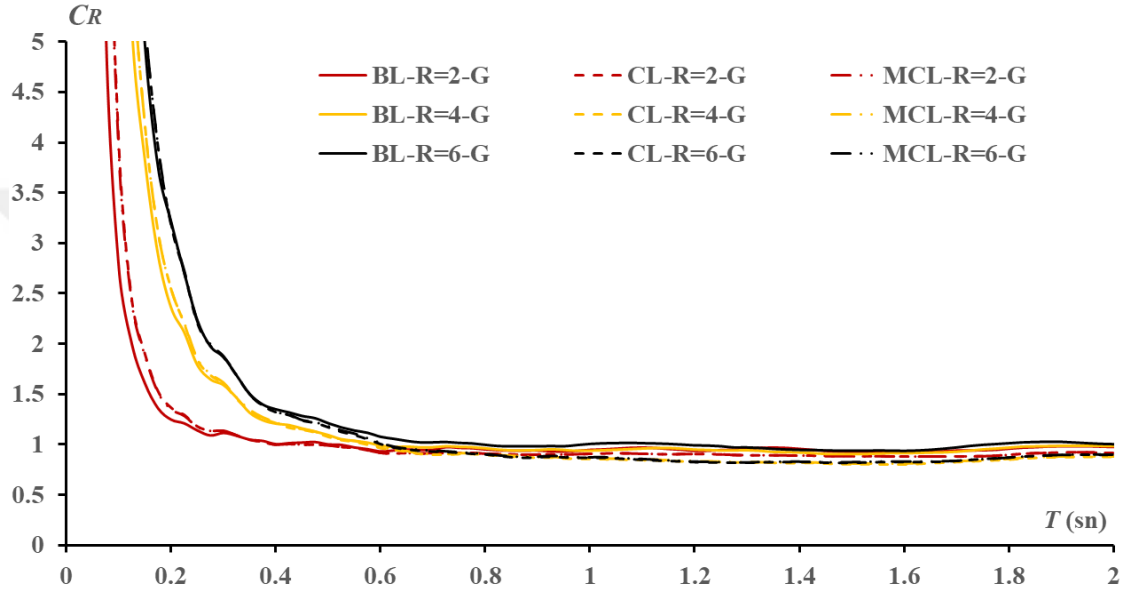


Şekil 5.51: Dayanım azaltma katsayısının ($R=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

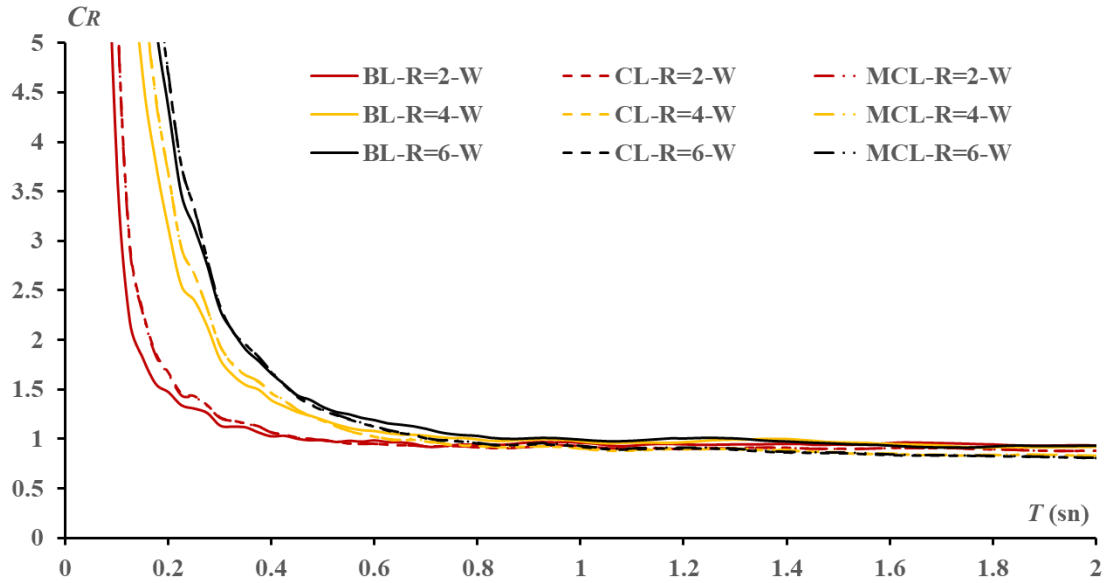


5.6.2.3 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması

Şekil 5.54 ve 5.55’te dayanım azaltma katsayısının farklı çevrim model üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi aynı dayanım azaltma katsayısının farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark gösterilmemektedir ve iyi veya kötü zeminin de C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir.



Şekil 5.54: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modelleri üzerine etkisi (İyi zemin)

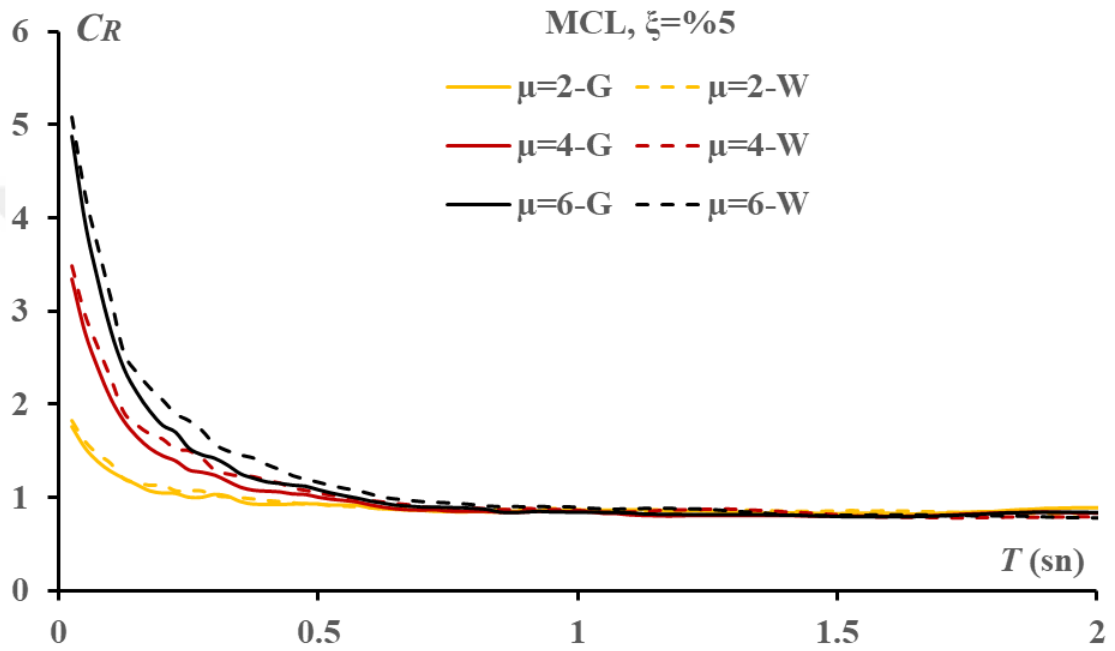


Şekil 5.55: Dayanım azaltma katsayısının çevrim modelleri üzerine etkisi (Kötü zemin)

5.6.3 C_R Değerlerinin Süneklığe (μ) Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümdeki amaç süneklilik değiştikçe elastik ve elastik olmayan sistemlerin dayanım azaltma katsayılarının bundan nasıl etkileneceğini araştırmaktır.

5.6.3.1 İyi ve Kötü Zeminler İçin Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

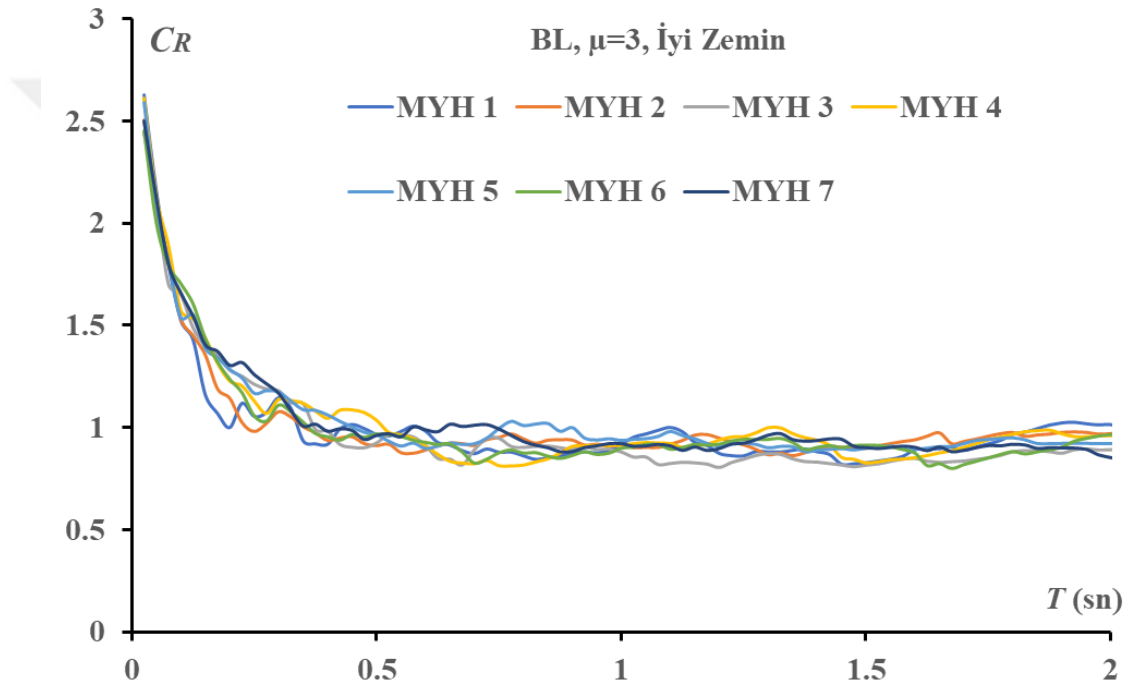


Şekil 5.56: Süneklilik katsayısının iyi ve kötü zemin üzerine etkisi

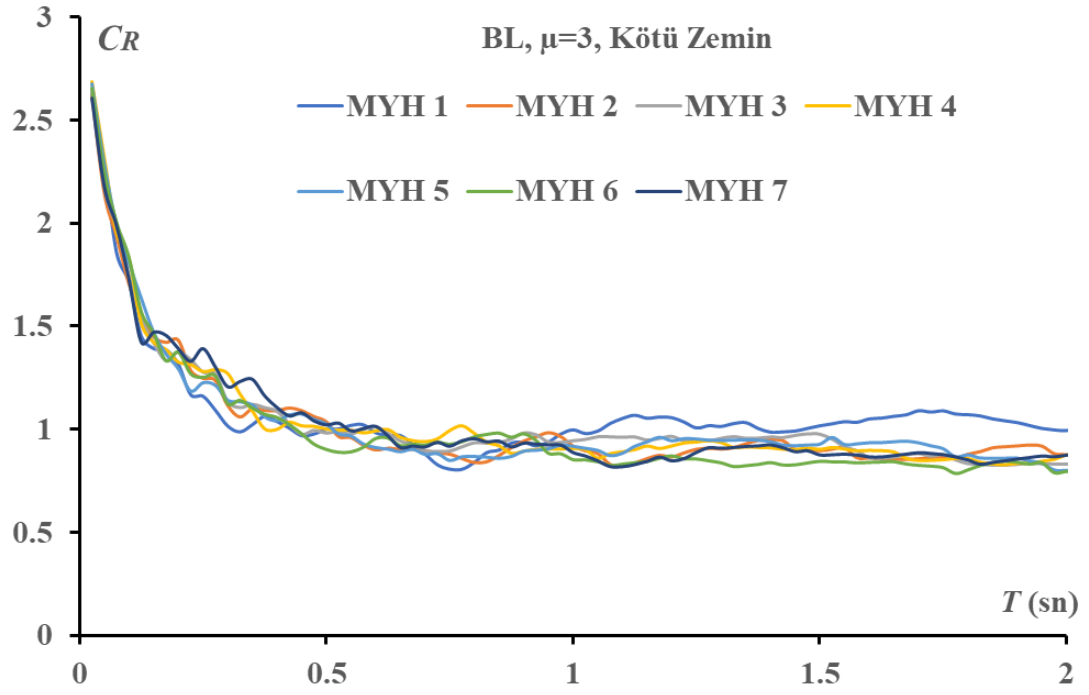
Şekil 5.56'da bakıldığında farklı süneklilik katsayılarına sahip yapıların elastik ivme taleplerinin elastik ötesi ivme taleplerine oranı iyi ve kötü zeminler için görülmektedir. C_R katsayılarının etkisi Geliştirilmiş Clough (Modified Clough) modelinin üzerinde incelenmiştir. Sönüm oranı %5'tir. Süneklilik katsayısı arttıkça C_R katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Kısa periyot bölgesinde maksimum elastik olmayan yer değiştirmenin maksimum elastik yer değiştirmeden daha büyük olduğu görülmektedir. Sünekliliği sabit olan sistemlerde $T \rightarrow 0$ iken $C_R \rightarrow \mu$. 1 sn'den daha uzun periyotlar için ise maksimum elastik olmayan yer değiştirme ortalama olarak maksimum elastik yer değiştirmeye yaklaşık olarak eşittir. Şekilde görüldüğü gibi kötü zeminlerden ölçtüğümüz C_R katsayıları iyi zeminlere oranla daha büyük değerleri vermektedir.

5.6.3.2 Farklı MYH Grupları İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması

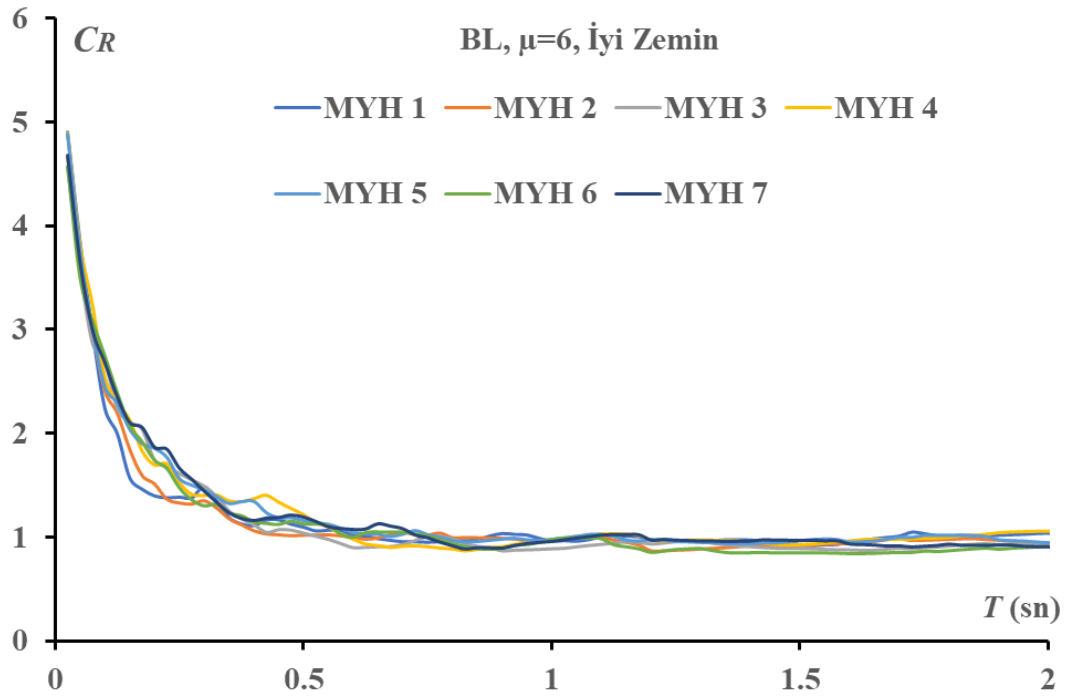
Şekil 5.57, 5.59 ve 5.61’de iyi zemin için ve Şekil 5.58, 5.60 ve 5.62’de kötü zemin için farklı süneklik katsayısının Bilinear çevrim model üzerinde MYH’na etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi süneklik değerleri arttıkça elastik ötesi davranış da o kadar fazla olmaktadır. Grafik farklı maksimum yer hızının C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle farklı maksimum yer hızları için hesaplanan C_R katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamaktadır.



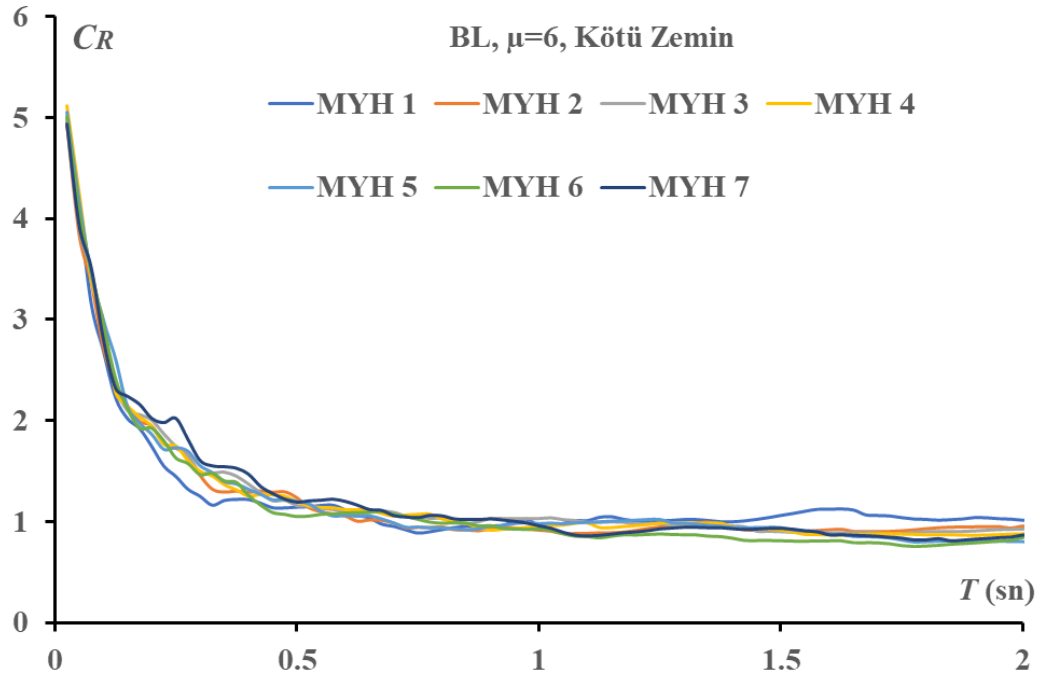
Şekil 5.57: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



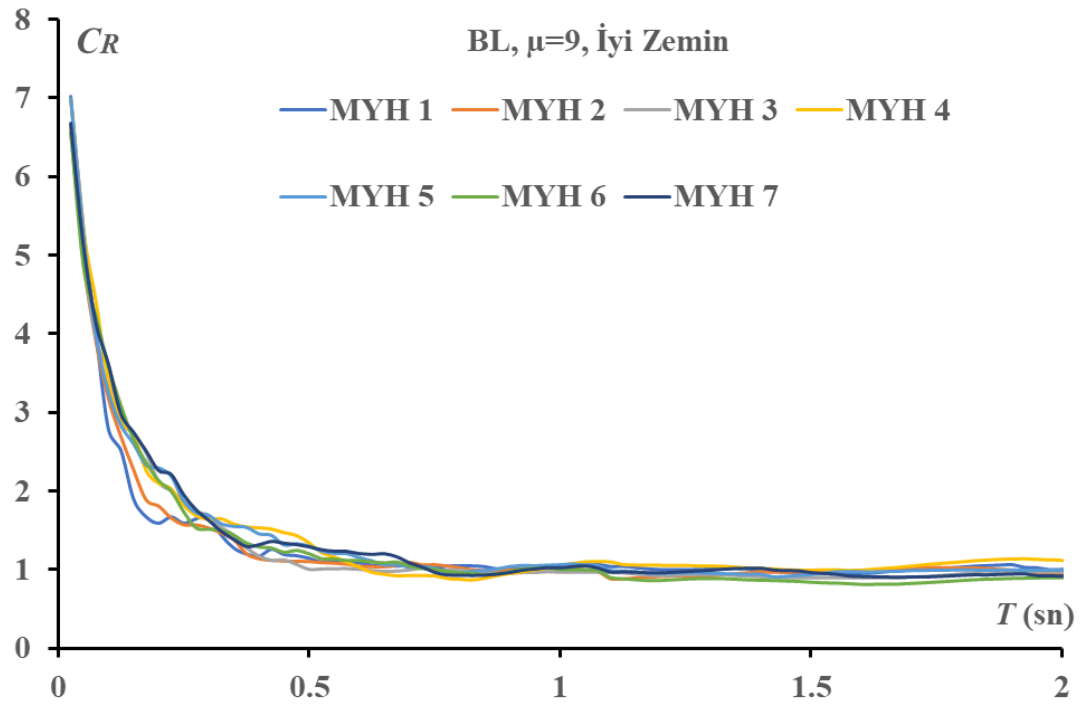
Şekil 5.58: Süneklik katsayısının ($\mu=3$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)



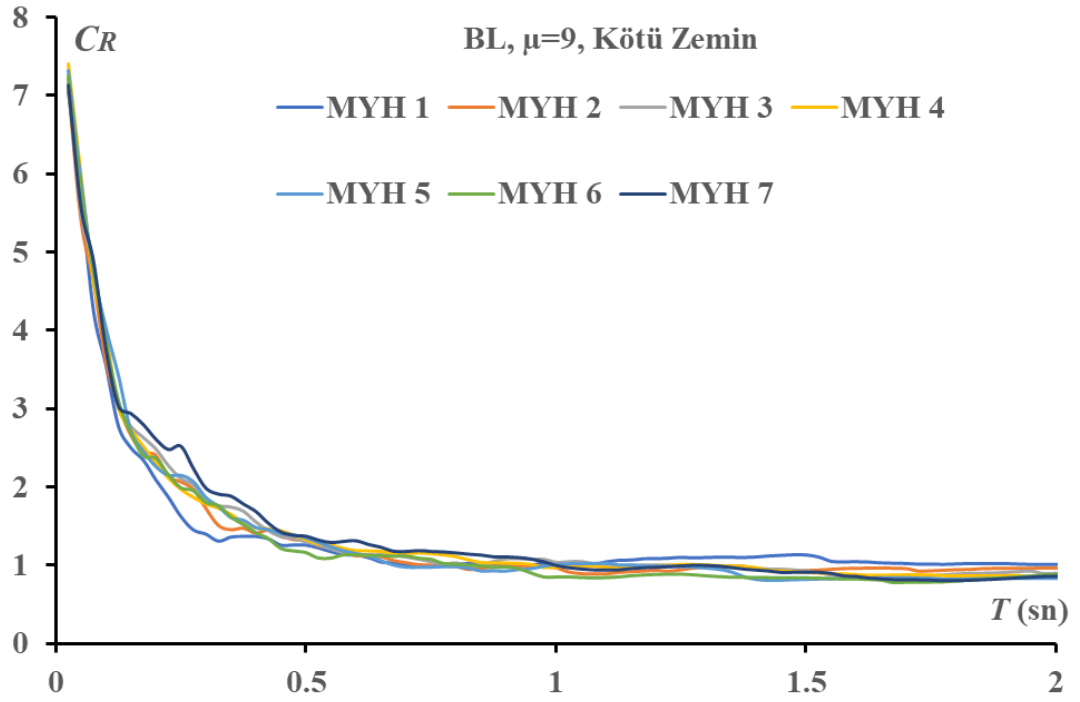
Şekil 5.59: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.60: Süneklik katsayısının ($\mu=6$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

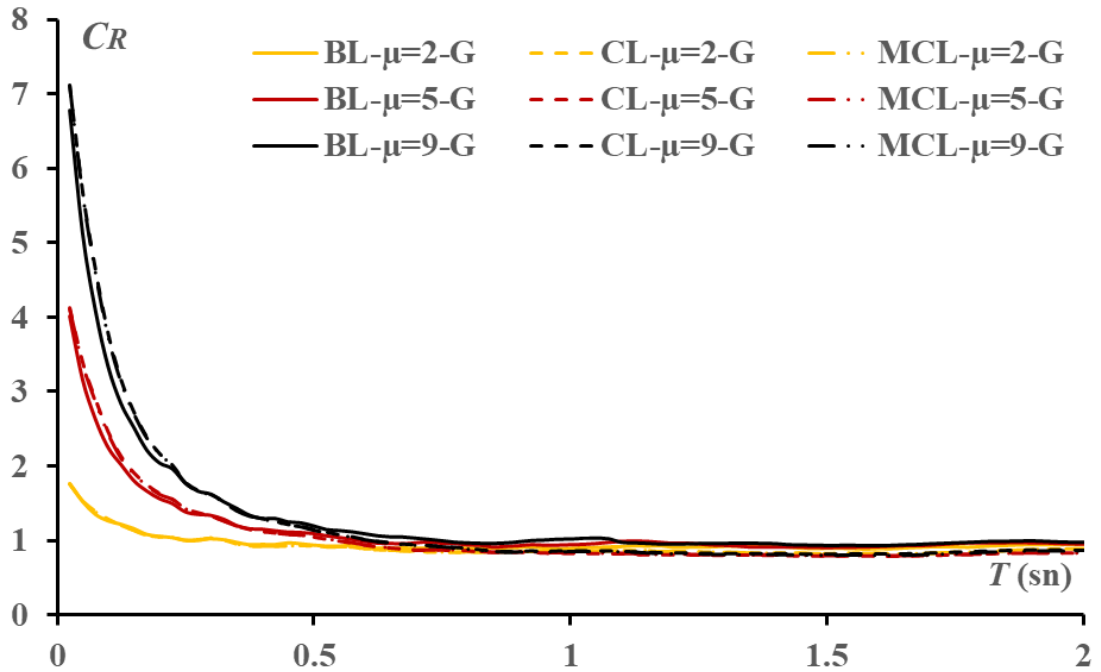


Şekil 5.61: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (iyi zemin)

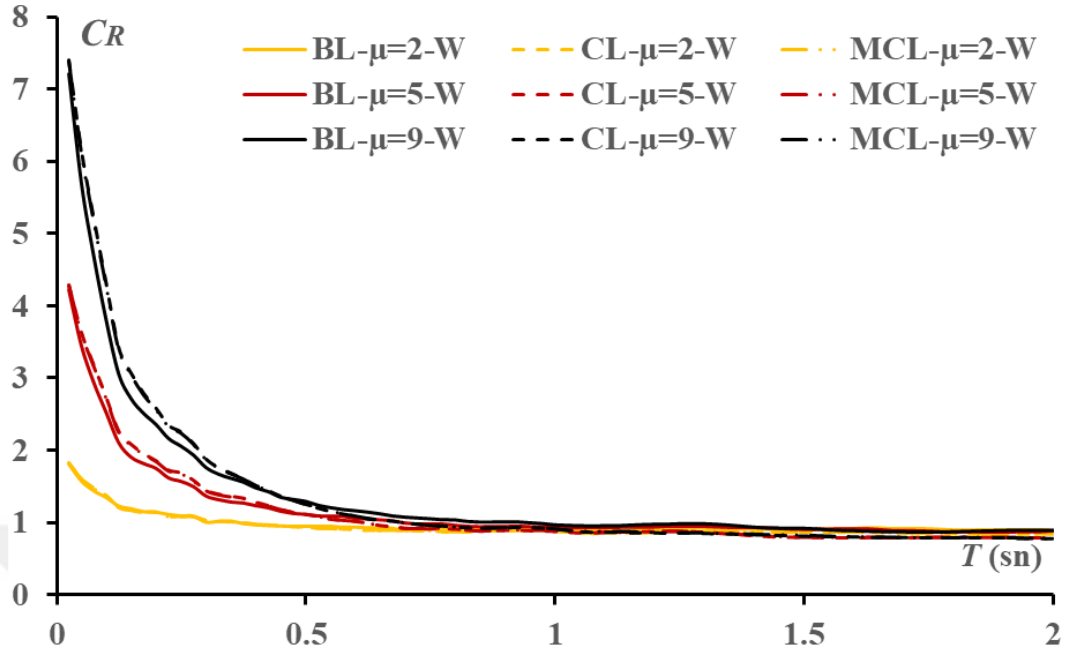


Şekil 5.62: Süneklik katsayısının ($\mu=9$) maksimum yer hızına etkisi (kötü zemin)

5.6.3.3 Farklı Çevrim Modelleri İçin Hesaplanan C_R Katsayılarının Karşılaştırılması



Şekil 5.63: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (iyi zemin)



Şekil 5.64: Süneklik katsayısının çevrim modeller üzerine etkisi (kötü zemin)

Şekil 5.63'te iyi zemin için ve Şekil 5.64'te kötü zemin için süneklik katsayısının farklı çevrim modeller üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi süneklik katsayısı arttıkça elastik ötesi davranış da o kadar fazla olmaktadır. Aynı süneklik katsayısının farklı modeller üzerine etkisi arasında büyük bir fark görülmemektedir.

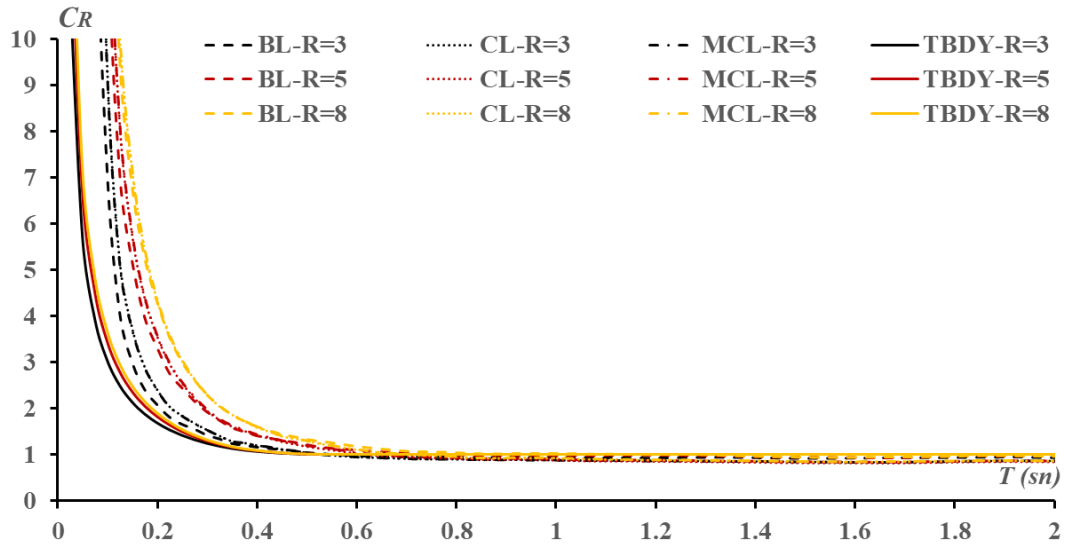
5.7 Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Yönetmelik ve Literatürde Kullanılan Çalışmalar ile Karşılaştırılması

Elastik dayanım taleplerinin elastik ötesi dayanım taleplerine oranını (R_y) ve elastik ötesi yer değiştirme taleplerinin elastik yer değiştirme talebine (C_R) oranını tahmin etmeyi amaçlayan ve yönetmeliklere de girmiş teorik hesap modelleri de literatürde yer almaktadır. Çalışmanın bu bölümünde söz konusu teorik modellerden elde edilen sonuçlar ile analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.7.1 Analizlerden Elde Edilen Sonuçların TBDY–2018 ile Karşılaştırılması

Dayanım azaltma katsayısı (R) üzerinden hesaplanan elastik ötesi ve elastik yer değiştirme talepleri TBDY–2018 ve zaman tanım alanı analiz yöntemini kullanarak bulunmuştur. Hesaplanan C_R grafiğinin periyoda bağlı olarak değişimi Şekil 5.65’te gösterilmiştir. Şekilde dayanım azaltma katsayısının iyi zemin üzerindeki etkileri bu TBDY–2018 ve zaman tanım alanı analiz yöntemine göre incelenmiştir. Sönüm oranı %5’tir. Şekilde görüldüğü gibi dayanım azaltma katsayısı (R) arttıkça, analizlerden bulunan C_R katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Halbuki TBDY–2018’de verilen yaklaşım değişen R katsayılarından önemli ölçüde etkilenmemektedir. Ayrıca Şekil 5.65’te verilen değerler kısa periyot bölgesinde analizlerden elde edilen yer değiştirme oranlarının (C_R) kuramsal TBDY–2018 modelinden çok daha büyük olabileceğini, tasarımda kullanılan R katsayıları arttıkça C_R katsayılarının daha da büyüdüğünü göstermiştir. Başka bir ifade ile kısa periyotlu binalar için TBDY–2018 yönetmeliğine göre hesaplanan C_R katsayıları daha güvenli bir yer değiştirme tahmini vermemektedir. Ayrıca Şekil 5.65’te verilen değerler eş yer değiştirme sınırına karşılık gelen periyot değerinin TBDY–2018 yönetmeliğine göre yapılan hesap sonucunda çok daha küçük periyot değerlerinde oluşacağını göstermektedir. Halbuki analizlerden elde edilen sonuçlar özellikle R değerleri büyüdükçe eş yer değiştirme sınırına karşılık gelen periyot değerinin ciddi şekilde uzayabildiğini göstermektedir.

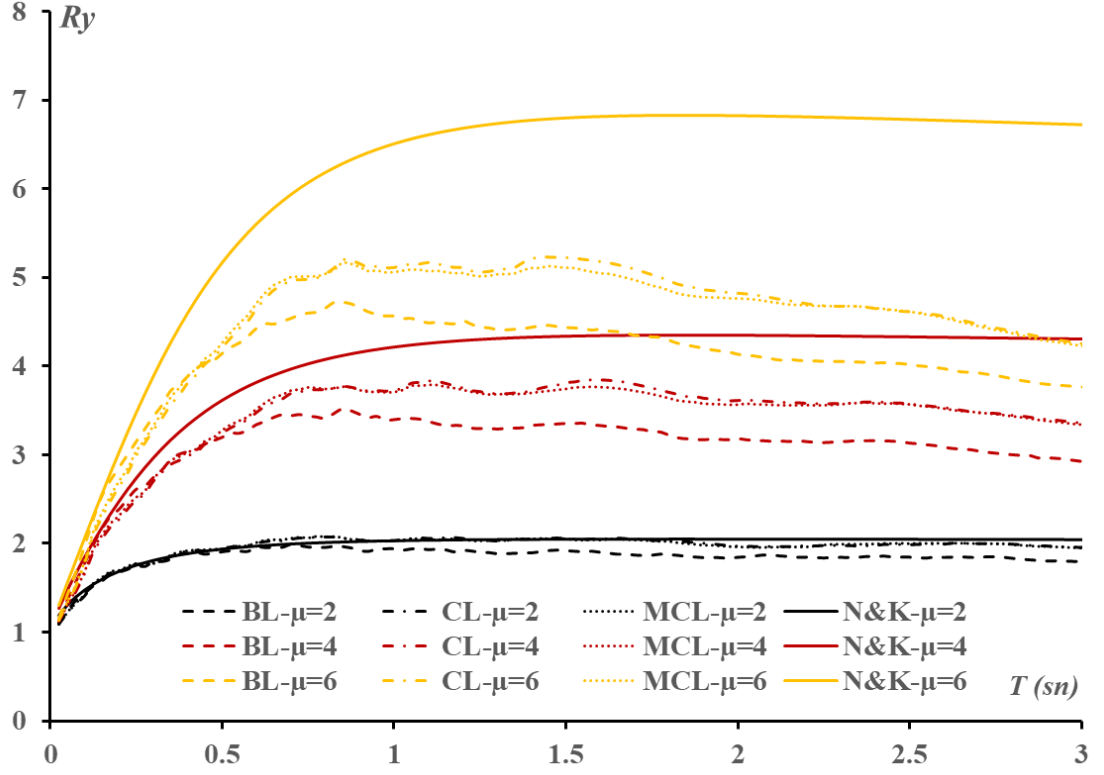
Ortaya çıkan bu durum periyodu daha uzun binaların da aslında eş yer değiştirme yaklaşımı ile değil de eş enerji yaklaşımına uyabileceğini ve bu binalarda deprem sebebiyle ortaya çıkacak yer değiştirme taleplerinin elastik sistem için hesaplanan yer değiştirme değerinden çok daha büyük olabileceğini göstermektedir. Bu durum spektrum köşe periyodundan daha uzun periyoda sahip binalarda hesaplanacak yer değiştirme taleplerinin aslında TBDY–2018’den bulunan taleplerden daha büyük olabileceğini ve TBDY–2018 yönteminin bu açıdan da güvenli sonuçlar vermediğini göstermiştir.



Şekil 5.65: TBDY–2018 ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

5.7.2 Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Nassar ve Krawinkler Yöntemi ile Karşılaştırılması

Bölüm 3.6.2’de bahsedildiği gibi Nassar ve Krawinkler yöntemi için kullanılan kayıtlar alüvyon ve kaya alanlarından elde edilmiştir, ancak zemin koşullarının etkisi açık bir şekilde incelenmemiştir. Akma seviyesi ve rijitlik katsayısının yanı sıra davranış parametrelerinin etkisi dikkate alınmıştır ve %5 sönüm değeri için analizler yapılmıştır. Nassar ve Krawinkler önerdiği denklemlerle hesaplanan dayanım azaltma katsayısının değerleri Şekil 5.66’da gösterilmektedir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Nassar ve Krawinkler yönteminin daha büyük R_y katsayıları verdiğini göstermektedir. Şekil 5.66’da görüldüğü gibi süneklik değeri arttıkça Nassar Krawinkler yönteminden bulunan değerler ile analizlerden bulunan değerler arasındaki fark açılmaktadır. Örneğin, süneklik katsayısı $\mu=6$ iken MCL çevrim modeli ile analizden bulunan R_y katsayıları ile Nassar ve Krawinkler yönteminden bulunan R_y değerleri özellikle uzun periyot değerlerinde ciddi bir biçimde ayrılmaktadır. Bu durum Nassar ve Krawinkler yöntemi ile hesaplanan dayanım azaltma katsayılarının analizlerden bulunanlara göre çok daha büyük olabileceğini, dolayısı ile elastik deprem kuvvetlerinin çok daha büyük R değerlerine bölünmesi ile tasarım kuvvetlerinin hesaplanacağını ve bunun da analizlerden bulunan sonuçlara kıyasla daha güvenli bir tasarım dayanımı vermeyeceğini göstermiştir.



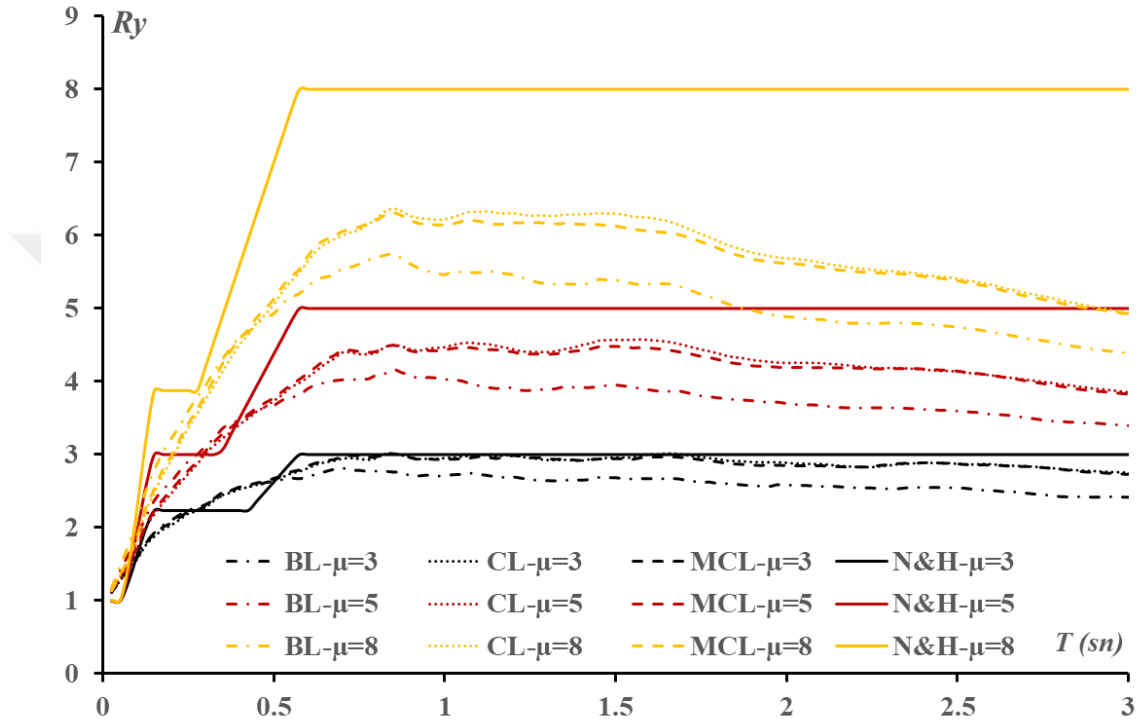
Şekil 5.66: Nassar ve Krawinkler yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

5.7.3 Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Newmark ve Hall Yöntemi ile Karşılaştırılması

Şekil 5.67’de Bispec analizlerinden elde edilen sonuçların ve Newmark ve Hall yöntemi ile bulunan R_y değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Bölüm 3.6.3’te bahsedildiği gibi Newmark ve Hall yönteminde dayanım azaltma katsayısı sünekliğin bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir. Aslında Şekil 5.67’de verilen eğriler Nassar ve Krawinkler yaklaşımı için yapılan değerlendirmelerin Newmark ve Hall yönteminden bulunan sonuçlar için de geçerli olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşımda da özellikle artan süneklik değerleri altında analizlerden bulunan sonuçlar ile Newmark ve Hall yönteminden bulunan sonuçlar arasında önemli farklılıklar oluşmaya başladığı ve periyot değerleri uzadıkça da ortaya çıkan bu farklılıkların daha da belirgin hale geldiği görülmüştür.

Şekil 5.67’de verilen değerler Newmark Hall yöntemi ile bulunan R_y katsayılarının da analizlerden bulunan katsayılardan çok daha büyük olabileceğini

göstermektedir. Bu durum Newmark ve Hall yöntemine göre yapılan hesap neticesinde elastik dayanım talebinin daha büyük R katsayılarına bölünmesi anlamına gelmektedir ki bu da binaların daha küçük dayanım taleplerine göre tasarlanması sonucunu doğurmaktadır. Dolayısı ile bulunan sonuçlar Newmark ve Hall yaklaşımı ile hesaplanan yatay dayanım taleplerinin analizlerden bulunan değerlere kıyasla daha güvenli sonuçlar vermediğini göstermiştir.



Şekil 5.67: Newmark ve Hall yöntemi ve doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında $R-\mu-T$ ve sönüm esaslı hesap yaklaşımlarından elde edilen elastik ötesi dayanım ve yer değiştirme talepleri zaman tanım alanında analiz yöntemleri kullanılarak elde edilmiş ve bulunan sonuçlar kullanılarak zemin özelliklerinin, çevrim modellerinin farklı yapısal özelliklere tek serbestlik dereceli sistemler ile temsil edilen bina modelleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Analizler sırasında Elastik–Tam Plastik, Clough ve Geliştirilmiş Clough çevrim modelleri kullanılmıştır. Mevcut binaları temsil edebilmek amacıyla tek serbestlik dereceli doğrusal olmayan analiz modelleri oluşturulurken farklı yatay dayanım oranları (V_t/W), süneklik kapasiteleri (μ) ve dayanım azaltma katsayıları (R) göz önüne alınmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler Bispec programı kullanarak yapılmıştır ve analizler sırasında sönüm oranının %5 olduğu kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıca 2018 tarihli Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY–2018), Newmark ve Hall (1973) ve Nassar ve Krawinkler (1991) tarafından önerilen yaklaşımlar ile karşılaştırılmıştır.

Doğrusal olmayan dinamik analiz hesabı için kullanılan ivme kayıtları Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veri tabanından (<https://ngawest2.berkeley.edu/>) alınmıştır. İyi ve kötü olarak 2 tip zemin sınıfı için toplamda 420 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Deprem kayıtları seçilirken maksimum yer hızı (MYH) değeri göz önüne alınmıştır ve MYH değerine bağlı olarak çeşitli deprem düzeylerini dikkate alan 7 farklı deprem grubu oluşturulmuştur. Her bir deprem grubunda 30’ar adet ivme kaydı yer almaktadır.

Doğrusal olmayan davranışı hesaplamak için çalışmada 3 farklı çevrim modeli kullanılmıştır (Elastik–Tam Plastik, Clough, Geliştirilmiş Clough). Bu farklı çevrim modeller için 1’den 9’a kadar ($\mu=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) değişen süneklik değerleri ile TSD sistemin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve yer değiştirme mukabele spektrumu elde edilmiştir. 1’den 9’a kadar değişen sabit R değerleri ($R=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) ve %5, %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100’e değişen yatay dayanım oranları (V_t/W) ile TSD sistemin davranış spektrumları elde edilmiştir.

Analiz sonuçları aşağıdaki hususları göz önüne alınarak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Elastik ve elastik ötesi dayanım talebinin (R_y) karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

- Yatay dayanım oranları arttıkça analizden elde edilen elastik ve elastik ötesi dayanım talebi (R_y) azalmaktadır. Kötü zeminlerden elde edilen R_y katsayılarının iyi zeminlere kıyasla daha büyük olduğu gözlenmiştir. İyi zeminlerde bulunan binalarda ise maksimum R_y değerlerine daha küçük periyotlarda ulaşılmıştır.
- Farklı MYH grupları için elde edilen R_y değerlerinin değişen zemin koşullarından önemli ölçüde etkilenmediği görülmüştür.
- Farklı çevrim modeller için farklı V_t/W oranlarına karşılık gelen R_y katsayıların değişimi incelendiğinde, çevrim modellerinin R_y katsayıları üzerinde çok etkili olmadığı gözlenmiştir.
- Süneklik parametresi (μ) kullanılarak elde edilen analiz sonuçları belirli bir periyot değerine kadar ($T < \sim 0.75$ sn), R_y katsayılarının periyot ile orantılı olarak arttığını, ancak bu periyot değerinden sonra R_y katsayılarının yatay bir seyir izlediğini göstermiştir.
- Süneklik parametresine göre elde edilen R_y katsayılarının değişimi incelendiğinde kötü zeminler için elde edilen R_y katsayılarının daha büyük olduğu görülmüştür.
- Süneklik parametresi için elde edilen dayanım azaltma katsayılarının farklı çevrim modellerinden etkilenmediği, çevrim modelini değiştirmenin R_y katsayıları üzerinde önemli bir etkiye sebep olmadığı gözlenmiştir.

Elastik ve elastik ötesi yer değiştirme talebinin (C_R) karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

- Yatay dayanım oranı azaldıkça hesaplanan C_R katsayıları çok daha büyük seviyelere ulaşmaktadır. Özellikle kısa periyot bölgesi için hesaplanan C_R katsayıları çok büyük seviyelere ulaşmakta, başka bir ifade ile elastik yer değiştirme talebinin kat kat üzerine çıkmaktadır. Bu durumun oluşmasında kısa periyotlu binalarda oluşan yer değiştirme taleplerinin çok küçük değerler

alması ve bunun sonucu olarak hesaplanan oranların göreceli olarak büyük çıkması da önemli bir etkidir. Daha uzun periyotlar için ise ($T > T_B$) hesaplanan C_R katsayıları 1 seviyelerinde oluşmaktadır. Bu durum ise uzun periyotlu binaların eş yer değiştirme prensibine uyduğunu göstermektedir.

- Analizlerden elde edilen sonuçlar kötü zeminlerden alınan kayıtlar kullanılarak hesaplanan C_R katsayılarının iyi zeminlerden elde edilen katsayılarla kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir. Başka bir ifade ile kötü zeminlerde C_R katsayıları 1 değerine daha uzun periyot seviyelerinde ulaşabilmektedir.
- Farklı çevrim modeller için farklı V_t/W oranlarına karşılık gelen analiz modelleri için hesaplanan C_R katsayılarının değişimi, çevrim modellerinin C_R katsayıları üzerinde çok etkili olmadığını göstermiştir.
- Farklı maksimum yer hızları için hesaplanan C_R katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmadığı belirlenmiştir. Bu durum C_R katsayılarının depremi tarif eden şiddet parametresinden önemli ölçüde etkilenmediğini göstermiştir.
- Dayanım azaltma katsayısı (R) arttıkça C_R katsayısının arttığı gözlenmiştir. Bu durum özellikle kısa periyotlar için geçerlidir ($T < 0.5$ sn). Daha uzun periyotlar için hesaplanan elastik ve elastik olmayan yer değiştirme talepleri ise yaklaşık olarak eşittir. Kötü zeminler için elde edilen C_R katsayıları iyi zeminlere kıyasla daha büyük değerler vermekte, C_R katsayıları 1 değerine daha uzun periyot değerlerinde ulaşabilmektedir.
- Özdeş süneklik (μ), dayanım azaltma (R) katsayıları ve yatay dayanım oranları (V_t/W) için farklı MYH gruplarına göre hesaplanan C_R katsayıları arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır. Bu durum çevrim modelini değiştirmenin C_R katsayıları üzerinde önemli bir etkiye sebep olmadığını göstermiştir.

Analizlerden Elde Edilen Sonuçların Yönetmelik ve Literatürde Kullanılan Çalışmalar ile Karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

- Düşük periyot değerlerinde ($T < T_B$) TBDY–2018’e göre hesaplanan C_R değerlerinin analizlerden elde edilen C_R değerlerine kıyasla daha küçük olduğu gözlenmiştir. Başka bir ifade ile kısa periyotlu binalarda TBDY–2018 göre hesaplanan C_R katsayıları daha güvenli bir yer değiştirme tahmini vermemekte, C_R katsayıları 1 değerine çok daha küçük periyot değerlerinde ulaşmaktadır.

Bu durum TBDY–2018 yönetmeliğinde belirtilen hesap yaklaşımının kısa periyotlu binalarda güvenli tarafta kalmadığını göstermektedir.

- Doğrusal olmayan dinamik analizi sonuçlarından elde edilen R_y değerlerinin, Nassar ve Krawinkler yöntemine göre hesaplanan R_y değerlerinden daha büyük olduğu ve bu durumun periyot büyüdükçe daha da belirgin hale geldiği belirlenmiştir. Nassar ve Krawinkler yöntemi ile hesaplanan dayanım azaltma katsayılarının analizlerden bulunan sonuçlara kıyasla daha büyük hesaplanması, bu yaklaşıma göre belirlenecek dayanım taleplerinin de daha küçük olması anlamına gelmektedir. Bu da Nassar ve Krawinkler yöntemi ile yapılan hesaplamaların daha güvenli tarafta kalan bir yaklaşım vermediğini göstermektedir.
- Newmark ve Hall yönteminde dayanım azaltma katsayısı sünekliğin bir fonksiyonu olarak tarif edilmekte, süneklik (μ) arttıkça dayanım azaltma katsayısı da (R_y) artmaktadır. Analizlerden elde edilen sonuçlar özellikle yüksek süneklik seviyelerinde Newmark ve Hall yaklaşımı ile belirlenen R_y katsayıları ile hesaplanan değerler arasındaki farkın önemli ölçüde büyüdüğünü, Newmark ve Hall yöntemine göre çok daha büyük R_y katsayılarının hesaplandığını göstermiştir. Bu durum Newmark ve Hall yaklaşımı ile hesaplanan yatay dayanım taleplerinin analizlerden bulunan değerlere kıyasla daha küçük olduğunu ve dayanım talebinin hesabı açısından güvenli sonuçlar vermediğini göstermiştir.

7. KAYNAKLAR

Akka, S., and Ozen, O., “Effect of peak ground velocity on deformation demands for SDOF systems”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 34 (13), 1551– 1571, (2005).

Blandon, C.A. and Priestley, M.J.N., “Equivalent viscous damping equations for direct displacement–based design”, *Journal of Earthquake Engineering*, 9, 257–278, (2005).

Borzi, B. and Elnashai, A.S., “Refined force reduction factors for seismic design”, *Journal of Engineering Structure*, 22 (5), 1244–1260, (2000).

Chopra, A.K. and Goel, R.K., “Evaluation of NSP to estimate seismic deformations: SDF systems”, *Journal of Structural Engineering*, 126 (4), 482–490, (2000).

Doğangün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, İstanbul: Birsan Yayınevi, 98–111, (2007).

Elenas, A. and Meskouris, K., “Correlation study between seismic acceleration parameters and damage indices of structures”, *Engineering Structures*, 23 (6), 698–704, (2001).

Elnashai, A.S. and Di-Sarno, L., Fundamentals of Earthquake Engineering, United Kingdom: A John Wiley & Sons, Ltd., (2008).

Fajfar P., “A nonlinear analysis method for performance–based seismic design”, *Earthquake Spectra*, 16 (3), 573–592, (2000).

Fardis, M.N., Carvalho, E.C., Fajfar, P. and Pecker, A., Seismic Design of Concrete Buildings to Eurocode 8, New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, (2015).

Genshu, T. and Yongfeng, Z., “Seismic force modification factors for modified–Clough hysteretic model”, *Engineering Structures*, 29 (11), 3053–3070, (2007).

Kowalsky, M.J. and Nau, J.M., “Equivalent damping in support of direct displacement-based design”, *Journal of Earthquake Engineering*, 11, 512–530, (2007).

Lestuzzi, P. and Badoux, M., “An experimental confirmation of the equal displacement rule for RC structural walls”, *Proceedings of the FIB Symposium: Concrete Structures in Seismic Regions*, 127, (2003).

Miranda, E. and Bertero, V.V., “Evaluation of strength reduction factors for earthquake-resistant design”, *Earthquake Spectra*, 10 (2), 357–379, (1994).

Miranda, E. and Ruiz-Garcia, J., “Evaluation of the approximate methods to estimate maximum inelastic displacement demands”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 31, 539–560, (2002).

Miranda, E., “Site-dependent strength reduction factors”, *Journal of Structural Engineering*, 119 (12), (1993).

Nassar, A.A. and Krawinkler, H., “Seismic demands for SDOF and MDOF systems”, *Report No. 95, The John A. Blume Earthquake Engineering Centre*, Stanford University, Stanford, California, (1991).

Newmark, N.M. and Hall, W.J., “Seismic design criteria for nuclear reactor facilities”, *Report No.46, Building Practices for Disaster Mitigation, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce*, 209–236, (1973).

Ordaz, M. and Perez-Rocha, L.E., “Estimation of strength-reduction factors for elastoplastic systems: a new approach”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 27 (9), 889–901, (1998).

Pacific Earthquake Engineering Research (PEER), Strong Ground Motion Database, <https://ngawest2.berkeley.edu/>.

Palanci, M. and Senel S.M., “Correlation of earthquake intensity measures and spectral displacement demands in building type structures”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 121, 306–326, (2019).

Priestley, M.J.N. and Kowalsky, M.J., “Direct Displacement–Based Seismic Design of Concrete Buildings”, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 33 (4), 421–444, (2000).

Riddell, R. and Newmark, N.M., “Statistical Analysis of the Response of Nonlinear Systems Subjected to Earthquakes”, *Structural Research Series No.468*, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Champaign, Illinois, (1979).

Shimazaki, K. and Sozen, M.A., “Seismic drift of reinforced concrete structures”, *Technical Research Reports of Hazama–Gumi, Ltd.*, 145–166, (1984).

TBDY, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, Ankara: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2018).

Veletsos, A.S. and Newmark, N.M., “Effect of inelastic behavior on the response of simple systems to earthquake motions”, *Proc. 2nd World Conference on Earthquake Engineering*, 2, 895–912, (1960).

Vidic, T., Fajfar, P. and Fischinger, M., “Consistent inelastic design spectra: strength and displacement”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 23 (5), 507–521, (1994).

Whittaker, A.S., Constantinou, M. and Tsopelas, P., “Displacement estimates for performance–based seismic design”, *Journal of Structural Engineering*, 124 (8), 905–912, (1998).

Yi, W.J., Zhang, H.Y. and Kunnath, S.K., “Probabilistic constant–strength ductility demand spectra”, *Journal of Structural Engineering*, 133 (4), 567–575, (2007).



EKLER

8. EKLER

EK A Analizde Kullanılan İvme Kayıtları

Tablo A.1: Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
1	WHITTIER	WHITTIER\A-NYA180.AT2	1.000	5.99	G	MYH 1
2	SFERN	SFERN\PDL120.AT2	1.000	6.61	G	MYH 1
3	GREECE	GREECE\L-EDE-NS.AT2	1.000	6.1	G	MYH 1
4	WHITTIER	WHITTIER\A-BRL130.AT2	1.000	5.99	G	MYH 1
5	COALINGA	COALINGA\C-ATC270.AT2	1.000	5.18	G	MYH 1
6	NORTHR	NORTHR\VAS000.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
7	WHITTIER	WHITTIER\A-CCB360.AT2	1.000	5.99	G	MYH 1
8	CHICHI06	CHICHI06\TCU129-N.AT2	1.000	6.3	G	MYH 1
9	DUZCE	DUZCE\1059-N.AT2	1.000	7.14	G	MYH 1
10	CHICHI03	CHICHI03\TCU071-N.AT2	1.000	6.2	G	MYH 1
11	LOMAP	LOMAP\HWB220.AT2	1.000	6.93	G	MYH 1
12	COALINGA	COALINGA\C-OLC270.AT2	1.000	5.18	G	MYH 1
13	NORTHR	NORTHR\LAC180.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
14	CHICHI05	CHICHI05\CHY024-N.AT2	1.000	6.2	G	MYH 1
15	CHICHI03	CHICHI03\TCU116-N.AT2	1.000	6.2	G	MYH 1
16	LOMAP	LOMAP\UC2000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 1
17	IZMIR	IZMIR\IZM-L.AT2	1.000	5.3	G	MYH 1
18	NORTHR	NORTHR\ALH090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
19	DUZCE	DUZCE\1058-E.AT2	1.000	7.14	G	MYH 1
20	CHICHI06	CHICHI06\CHY074-E.AT2	1.000	6.3	G	MYH 1
21	COALINGA	COALINGA\A-CPL000.AT2	1.000	5.09	G	MYH 1
22	SMART1	SMART1\45E02NS.AT2	1.000	7.3	G	MYH 1
23	NORTHR	NORTHR\BRC090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
24	WHITTIER	WHITTIER\A-CIR180.AT2	1.000	5.99	G	MYH 1
25	NORTHR	NORTHR\FLE144.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
26	COALINGA	COALINGA\D-SKH360.AT2	1.000	5.77	G	MYH 1
27	LOMAP	LOMAP\FRE000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 1
28	NORTHR	NORTHR\VAS090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 1
29	CHICHI	CHICHI\HWA031-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 1
30	CHICHI	CHICHI\HWA059-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 1
31	NORTHR	NORTHR\CWC270.AT2	1.000	6.69	G	MYH 2
32	TABAS	TABAS\DAY-LN.AT2	1.000	7.35	G	MYH 2
33	COALINGA	COALINGA\D-PLM360.AT2	1.000	5.77	G	MYH 2
34	NORTHR	NORTHR\LA0000.AT2	1.000	6.69	G	MYH 2
35	COALINGA	COALINGA\A-ATP360.AT2	1.000	5.09	G	MYH 2
36	WHITTIER	WHITTIER\A-CAM009.AT2	1.000	5.99	G	MYH 2

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
37	LANDERS	LANDERS\JOS000.AT2	1.000	7.28	G	MYH 2
38	NEWZEAL	NEWZEAL\A-MAT083.AT2	1.000	6.6	G	MYH 2
39	NORTHR	NORTHR\CWC180.AT2	1.000	6.69	G	MYH 2
40	WHITTIER	WHITTIER\A-GRN180.AT2	1.000	5.99	G	MYH 2
41	SMADRE	SMADRE\altde000.AT2	1.000	5.61	G	MYH 2
42	COYOTELK	COYOTELK\CYC250.AT2	1.000	5.74	G	MYH 2
43	NAHANNI	NAHANNI\S2240.AT2	1.000	6.76	G	MYH 2
44	MAMMOTH	MAMMOTH\J-MLS344.AT2	1.000	5.69	G	MYH 2
45	LOMAP	LOMAP\SJTE225.AT2	1.000	6.93	G	MYH 2
46	CHICHI	CHICHI\NST-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 2
47	NEWZEAL	NEWZEAL\A-MAT353.AT2	1.000	6.6	G	MYH 2
48	FRIULI	FRIULI\A-TMZ000.AT2	1.000	6.5	G	MYH 2
49	CHICHI06	CHICHI06\TCU080-E.AT2	1.000	6.3	G	MYH 2
50	WHITTIER	WHITTIER\A-ALH180.AT2	1.000	5.99	G	MYH 2
51	COALINGA	COALINGA\D-OLC360.AT2	1.000	5.77	G	MYH 2
52	CHICHI	CHICHI\CHY041-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 2
53	NORTHR	NORTHR\MRP180.AT2	1.000	6.69	G	MYH 2
54	NORTHR	NORTHR\UCL090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 2
55	SFERN	SFERN\ORR291.AT2	1.000	6.61	G	MYH 2
56	CHICHI	CHICHI\NST-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 2
57	LOMAP	LOMAP\GIL337.AT2	1.000	6.93	G	MYH 2
58	LOMAP	LOMAP\GIL067.AT2	1.000	6.93	G	MYH 2
59	MORGAN	MORGAN\AND250.AT2	1.000	6.19	G	MYH 2
60	COYOTELK	COYOTELK\G06320.AT2	1.000	5.74	G	MYH 2
61	CHICHI06	CHICHI06\TCU078-N.AT2	1.000	6.3	G	MYH 3
62	CHICHI	CHICHI\TCU045-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 3
63	CHICHI06	CHICHI06\TCU080-N.AT2	1.000	6.3	G	MYH 3
64	LOMAP	LOMAP\WAH000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 3
65	VICT	VICT\CPE045.AT2	1.000	6.33	G	MYH 3
66	CHICHI06	CHICHI06\TCU079-N.AT2	1.000	6.3	G	MYH 3
67	NORTHR	NORTHR\5082A-235.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
68	NORTHR	NORTHR\KAT090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
69	FRIULI	FRIULI\A-TMZ270.AT2	1.000	6.5	G	MYH 3
70	LOMAP	LOMAP\WAH090.AT2	1.000	6.93	G	MYH 3
71	NORTHR	NORTHR\SUN190.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
72	LOMAP	LOMAP\G01000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 3
73	MORGAN	MORGAN\G06090.AT2	1.000	6.19	G	MYH 3
74	CHICHI03	CHICHI03\TCU078-E.AT2	1.000	6.2	G	MYH 3
75	NORTHR	NORTHR\LA0090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
76	SUPERST	SUPERST\B-SUP045.AT2	1.000	6.54	G	MYH 3
77	NORTHR	NORTHR\PAC265.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
78	LOMAP	LOMAP\CYC285.AT2	1.000	6.93	G	MYH 3
79	LANDERS	LANDERS\LCN345.AT2	1.000	7.28	G	MYH 3

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	M _w	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
80	CHICHI04	CHICHI04\CHY074-E.AT2	1.000	6.2	G	MYH 3
81	NORTHR	NORTHR\MU2125.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
82	LOMAP	LOMAP\G01090.AT2	1.000	6.93	G	MYH 3
83	KOBE	KOBE\KBU090.AT2	1.000	6.9	G	MYH 3
84	CHICHI	CHICHI\CHY029-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 3
85	NORTHR	NORTHR\SCR090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
86	NORTHR	NORTHR\UNI005.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
87	KOBE	KOBE\NIS090.AT2	1.000	6.9	G	MYH 3
88	CHICHI	CHICHI\CHY041-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 3
89	NORTHR	NORTHR\5082-235.AT2	1.000	6.69	G	MYH 3
90	KOBE	KOBE\NIS000.AT2	1.000	6.9	G	MYH 3
91	MANJIL	MANJIL\ABBAR--L.AT2	1.000	7.37	G	MYH 4
92	LOMAP	LOMAP\BRN090.AT2	1.000	6.93	G	MYH 4
93	LOMAP	LOMAP\CLS090.AT2	1.000	6.93	G	MYH 4
94	COYOTELK	COYOTELK\G06230.AT2	1.000	5.74	G	MYH 4
95	SANSALV	SANSALV\GIC180.AT2	1.000	5.8	G	MYH 4
96	LOMAP	LOMAP\LGP090.AT2	1.000	6.93	G	MYH 4
97	NORTHR	NORTHR\MU2035.AT2	1.000	6.69	G	MYH 4
98	CAPEMEND	CAPEMEND\PET000.AT2	1.000	7.01	G	MYH 4
99	LOMAP	LOMAP\STG000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 4
100	CHICHI	CHICHI\TCU071-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 4
101	CHICHI	CHICHI\TCU095-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 4
102	CHICHI	CHICHI\WNT-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 4
103	NORTHR	NORTHR\UCL090.AT2	2.182	6.69	G	MYH 4
104	NORTH392	NORTH392\00BN22E.AT2	2.850	5.28	G	MYH 4
105	LOMAP	LOMAP\AND340.AT2	2.437	6.93	G	MYH 4
106	COALINGA	COALINGA\H-SCN045.AT2	2.972	6.36	G	MYH 4
107	FRIULI	FRIULI\A-TMZ000.AT2	1.821	6.5	G	MYH 4
108	NORTHR	NORTHR\SUN190.AT2	1.465	6.69	G	MYH 4
109	WHITTIER	WHITTIER\A-CWC270.AT2	2.881	5.99	G	MYH 4
110	CHICHI03	CHICHI03\TCU078-E.AT2	1.339	6.2	G	MYH 4
111	LOMAP	LOMAP\GIL337.AT2	2.167	6.93	G	MYH 4
112	FRIULI	FRIULI\A-TMZ270.AT2	1.381	6.5	G	MYH 4
113	LOMAP	LOMAP\GIL067.AT2	1.679	6.93	G	MYH 4
114	CHICHI	CHICHI\TCU047-N.AT2	1.157	7.62	G	MYH 4
115	WHITTIER	WHITTIER\A-LBR000.AT2	2.751	5.99	G	MYH 4
116	NORTHR	NORTHR\CYP053.AT2	2.681	6.69	G	MYH 4
117	CHICHI	CHICHI\NLA067-N.AT2	2.666	7.62	G	MYH 4
118	MAMMOTH	MAMMOTH\J-MLS344.AT2	1.815	5.69	G	MYH 4
119	NORTHR	NORTHR\PTM090.AT2	2.513	6.69	G	MYH 4
120	LOMAP	LOMAP\CYC195.AT2	2.864	6.93	G	MYH 4
121	MANJIL	MANJIL\ABBAR--T.AT2	1.000	7.37	G	MYH 5

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	M _w	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
122	LOMAP	LOMAP\BRN000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 5
123	LOMAP	LOMAP\CLS000.AT2	1.000	6.93	G	MYH 5
124	MORGAN	MORGAN\CYC195.AT2	1.000	6.19	G	MYH 5
125	SANSALV	SANSALV\GIC090.AT2	1.000	5.8	G	MYH 5
126	NORTHR	NORTHR\ORR090.AT2	1.000	6.69	G	MYH 5
127	NORTHR	NORTHR\ORR360.AT2	1.000	6.69	G	MYH 5
128	CHICHI03	CHICHI03\TCU076-E.AT2	1.000	6.2	G	MYH 5
129	CHICHI06	CHICHI06\TCU079-E.AT2	1.000	6.3	G	MYH 5
130	LOMAP	LOMAP\GIL067.AT2	2.060	6.93	G	MYH 5
131	LOMAP	LOMAP\BRN090.AT2	1.248	6.93	G	MYH 5
132	NORTHR	NORTHR\MU2125.AT2	1.730	6.69	G	MYH 5
133	CHICHI06	CHICHI06\TCU078-N.AT2	1.469	6.3	G	MYH 5
134	WHITTIER	WHITTIER\A-LBR090.AT2	2.989	5.99	G	MYH 5
135	COALINGA	COALINGA\D-PLM360.AT2	2.575	5.77	G	MYH 5
136	CHICHI03	CHICHI03\TCU075-E.AT2	2.367	6.2	G	MYH 5
137	NORTHR	NORTHR\PAC265.AT2	1.799	6.69	G	MYH 5
138	LOMAP	LOMAP\GIL337.AT2	2.668	6.93	G	MYH 5
139	CHICHI	CHICHI\NST-N.AT2	2.217	7.62	G	MYH 5
140	CHICHI03	CHICHI03\CHY080-N.AT2	2.312	6.2	G	MYH 5
141	NORTHR	NORTHR\MRP090.AT2	2.837	6.69	G	MYH 5
142	LOMAP	LOMAP\SJTE315.AT2	2.789	6.93	G	MYH 5
143	LOMAP	LOMAP\AND340.AT2	2.993	6.93	G	MYH 5
144	NEWZEAL	NEWZEAL\A-MAT353.AT2	2.407	6.6	G	MYH 5
145	CHICHI	CHICHI\TCU129-E.AT2	0.866	7.62	G	MYH 5
146	KOBE	KOBE\NIS000.AT2	1.412	6.9	G	MYH 5
147	CHICHI	CHICHI\TCU079-E.AT2	0.931	7.62	G	MYH 5
148	MAMMOTH	MAMMOTH\J-MLS254.AT2	2.273	5.69	G	MYH 5
149	CHICHI	CHICHI\TCU078-E.AT2	1.302	7.62	G	MYH 5
150	CHICHI	CHICHI\LA067-N.AT2	2.976	7.62	G	MYH 5
151	NORTHR	NORTHR\0655-292.AT2	1.000	6.69	G	MYH 6
152	CHICHI	CHICHI\CHY028-N.AT2	1.000	7.62	G	MYH 6
153	BAJA	BAJA\CPE251.AT2	1.000	5.5	G	MYH 6
154	GAZLI	GAZLI\GAZ000.AT2	1.000	6.8	G	MYH 6
155	NORTHR	NORTHR\JEN292.AT2	1.000	6.69	G	MYH 6
156	CHICHI	CHICHI\TCU079-E.AT2	1.000	7.62	G	MYH 6
157	CHICHI	CHICHI\WNT-E.AT2	0.880	7.62	G	MYH 6
158	SMADRE	SMADRE\altde000.AT2	2.280	5.61	G	MYH 6
159	WHITTIER	WHITTIER\A-ALH180.AT2	2.855	5.99	G	MYH 6
160	LOMAP	LOMAP\WAH000.AT2	2.027	6.93	G	MYH 6
161	LOMAP	LOMAP\SLC360.AT2	2.111	6.93	G	MYH 6
162	MAMMOTH	MAMMOTH\J-MLS254.AT2	2.579	5.69	G	MYH 6
163	NEWZEAL	NEWZEAL\A-MAT353.AT2	2.828	6.6	G	MYH 6
164	LOMAP	LOMAP\BRN000.AT2	1.132	6.93	G	MYH 6

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	M _w	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
165	WHITTIER	WHITTIER\A-CAM009.AT2	2.938	5.99	G	MYH 6
166	NORTHR	NORTHR\SUN190.AT2	1.988	6.69	G	MYH 6
167	FRIULI	FRIULI\A-TMZ000.AT2	2.822	6.5	G	MYH 6
168	NORTHR	NORTHR\SCR000.AT2	2.219	6.69	G	MYH 6
169	LOMAP	LOMAP\LGP090.AT2	1.281	6.93	G	MYH 6
170	WHITTIER	WHITTIER\A-GRN180.AT2	2.883	5.99	G	MYH 6
171	NAHANNI	NAHANNI\S2240.AT2	2.073	6.76	G	MYH 6
172	NORTHR	NORTHR\CWC180.AT2	2.502	6.69	G	MYH 6
173	NORTHR	NORTHR\MU2035.AT2	1.496	6.69	G	MYH 6
174	NORTHR	NORTHR\SCR090.AT2	1.616	6.69	G	MYH 6
175	COALINGA	COALINGA\A-ATP360.AT2	2.626	5.09	G	MYH 6
176	CHICHI04	CHICHI04\CHY074-E.AT2	1.910	6.2	G	MYH 6
177	CHICHI06	CHICHI06\CHY029-E.AT2	2.609	6.3	G	MYH 6
178	NORTHR	NORTHR\ORR360.AT2	1.167	6.69	G	MYH 6
179	CHICHI06	CHICHI06\TCU078-N.AT2	1.804	6.3	G	MYH 6
180	LANDERS	LANDERS\JOS000.AT2	2.298	7.28	G	MYH 6
181	NORTHR	NORTHR\0637-270.AT2	1.000	6.69	G	MYH 7
182	NORTHR	NORTHR\0637-360.AT2	1.000	6.69	G	MYH 7
183	GAZLI	GAZLI\GAZ090.AT2	1.000	6.8	G	MYH 7
184	MANJIL	MANJIL\ABBAR-T.AT2	1.498	7.37	G	MYH 7
185	NORTHR	NORTHR\LA0000.AT2	2.818	6.69	G	MYH 7
186	LOMAP	LOMAP\G01090.AT2	2.214	6.93	G	MYH 7
187	NORTHR	NORTHR\PAC265.AT2	2.545	6.69	G	MYH 7
188	CHICHI	CHICHI\WNT-N.AT2	1.761	7.62	G	MYH 7
189	LOMAP	LOMAP\CYC285.AT2	1.796	6.93	G	MYH 7
190	CHICHI03	CHICHI03\TCU076-E.AT2	1.279	6.2	G	MYH 7
191	NORTHR	NORTHR\0655-292.AT2	1.111	6.69	G	MYH 7
192	SANSALV	SANSALV\GIC090.AT2	1.253	5.8	G	MYH 7
193	NORTHR	NORTHR\MU2125.AT2	2.608	6.69	G	MYH 7
194	MANJIL	MANJIL\ABBAR-L.AT2	1.796	7.37	G	MYH 7
195	LOMAP	LOMAP\G01000.AT2	2.254	6.93	G	MYH 7
196	CHICHI	CHICHI\TCU084-N.AT2	1.650	7.62	G	MYH 7
197	LOMAP	LOMAP\BRN090.AT2	1.816	6.93	G	MYH 7
198	NORTHR	NORTHR\SCR090.AT2	1.849	6.69	G	MYH 7
199	CHICHI04	CHICHI04\CHY074-N.AT2	2.052	6.2	G	MYH 7
200	NORTHR	NORTHR\MU2035.AT2	1.810	6.69	G	MYH 7
201	HECTOR	HECTOR\HEC000.AT2	2.737	7.13	G	MYH 7
202	CHICHI06	CHICHI06\TCU079-E.AT2	1.399	6.3	G	MYH 7
203	NORTHR	NORTHR\LA0090.AT2	1.845	6.69	G	MYH 7
204	CHICHI	CHICHI\TCU045-N.AT2	1.814	7.62	G	MYH 7
205	NORTHR	NORTHR\ORR090.AT2	1.494	6.69	G	MYH 7
206	CAPEMEND	CAPEMEND\PET000.AT2	1.601	7.01	G	MYH 7
207	LOMAP	LOMAP\WAH000.AT2	2.362	6.93	G	MYH 7

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
208	CHICHI06	CHICHI06\TCU078-E.AT2	2.760	6.3	G	MYH 7
209	CHICHI06	CHICHI06\TCU080-N.AT2	2.022	6.3	G	MYH 7
210	LANDERS	LANDERS\JOS000.AT2	2.709	7.28	G	MYH 7
211	WHITTIER	WHITTIER\B-116270.AT2	1.000	5.27	W	MYH 1
212	SMADRE	SMADRE\opark090.AT2	1.000	5.61	W	MYH 1
213	MAMMOTH	MAMMOTH\A-CVK090.AT2	1.000	5.91	W	MYH 1
214	KOCAELI	KOCAELI\FAT090.AT2	1.000	7.51	W	MYH 1
215	IMPVALL	IMPVALL\H-CMP015.AT2	1.000	6.53	W	MYH 1
216	NORTH392	NORTH392\E-SCF052.AT2	1.000	5.28	W	MYH 1
217	CHALFANT	CHALFANT\B-ZAK270.AT2	1.000	5.77	W	MYH 1
218	MAMMOTH	MAMMOTH\H-CVK180.AT2	1.000	5.94	W	MYH 1
219	CHICHI06	CHICHI06\CHY036-E.AT2	1.000	6.3	W	MYH 1
220	MORGAN	MORGAN\G04360.AT2	1.000	6.19	W	MYH 1
221	COALINGA	COALINGA\D-PVP360.AT2	1.000	5.77	W	MYH 1
222	MAMMOTH	MAMMOTH\B-CVK090.AT2	1.000	5.7	W	MYH 1
223	LIVERMOR	LIVERMOR\A-KOD180.AT2	1.000	5.8	W	MYH 1
224	CHICHI04	CHICHI04\CHY101-N.AT2	1.000	6.2	W	MYH 1
225	CHICHI05	CHICHI05\TCU059-E.AT2	1.000	6.2	W	MYH 1
226	IMPVALL	IMPVALL\A-E11230.AT2	1.000	5.01	W	MYH 1
227	PALMSPR	PALMSPR\PSA090.AT2	1.000	6.06	W	MYH 1
228	LOMAP	LOMAP\A2E000.AT2	1.000	6.93	W	MYH 1
229	CHICHI04	CHICHI04\CHY101-E.AT2	1.000	6.2	W	MYH 1
230	MORGAN	MORGAN\HVR150.AT2	1.000	6.19	W	MYH 1
231	WHITTIER	WHITTIER\A-116270.AT2	1.000	5.99	W	MYH 1
232	LOMAP	LOMAP\AGW090.AT2	1.000	6.93	W	MYH 1
233	CHICHI05	CHICHI05\CHY030-E.AT2	1.000	6.2	W	MYH 1

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
234	CHALFANT	CHALFANT\A-LAD180.AT2	1.000	6.19	W	MYH 1
235	CHICHI06	CHICHI06\TCU125-E.AT2	1.000	6.3	W	MYH 1
236	COALINGA	COALINGA\H-PVB135.AT2	1.000	6.36	W	MYH 1
237	NWCHINA	NWCHINA 1-2-3-4\J415N270.AT2	1.000	5.8	W	MYH 1
238	WHITTIER	WHITTIER\A-ING090.AT2	1.000	5.99	W	MYH 1
239	WHITTIER	WHITTIER\A-BUE340.AT2	1.000	5.99	W	MYH 1
240	WHITTIER	WHITTIER\A-RO3090.AT2	1.000	5.99	W	MYH 1
241	KOBE	KOBE\SHI090.AT2	1.000	6.9	W	MYH 2
242	KOBE	KOBE\MRG000.AT2	1.000	6.9	W	MYH 2
243	MAMMOTH	MAMMOTH\I-LUL000.AT2	1.000	6.06	W	MYH 2
244	WHITTIER	WHITTIER\A-JAB297.AT2	1.000	5.99	W	MYH 2
245	CHALFANT	CHALFANT\B-ZAK360.AT2	1.000	5.77	W	MYH 2
246	LOMAP	LOMAP\CAP090.AT2	1.000	6.93	W	MYH 2
247	NORTHR	NORTHR\PEL360.AT2	1.000	6.69	W	MYH 2
248	KOBE	KOBE\KAK090.AT2	1.000	6.9	W	MYH 2
249	NORTHR	NORTHR\ARL360.AT2	1.000	6.69	W	MYH 2
250	MAMMOTH	MAMMOTH\I-CVK180.AT2	1.000	6.06	W	MYH 2
251	COYOTELK	COYOTELK\G04360.AT2	1.000	5.74	W	MYH 2
252	COALINGA	COALINGA\D-PVP270.AT2	1.000	5.77	W	MYH 2
253	NORTHR	NORTHR\STC090.AT2	1.000	6.69	W	MYH 2
254	IMPVALL	IMPVALL\H-AEP315.AT2	1.000	6.53	W	MYH 2
255	KOBE	KOBE\ABN000.AT2	1.000	6.9	W	MYH 2
256	LOMAP	LOMAP\NAS180.AT2	1.000	6.93	W	MYH 2
257	MANAGUA	MANAGUA\A-MAN090.AT2	1.000	6.24	W	MYH 2
258	CORINTH	CORINTH\COR—L.AT2	1.000	6.6	W	MYH 2
259	NORTHR	NORTHR\WST270.AT2	1.000	6.69	W	MYH 2
260	WHITTIER	WHITTIER\A-TAR000.AT2	1.000	5.99	W	MYH 2

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
261	NORTHR	NORTHR\CCN360.AT2	1.000	6.69	W	MYH 2
262	IMPVALL	IMPVALL\H-CXO225.AT2	1.000	6.53	W	MYH 2
263	COALINGA	COALINGA\H-CAK360.AT2	1.000	6.36	W	MYH 2
264	BIGBEAR	BIGBEAR\BLC270.AT2	1.000	6.46	W	MYH 2
265	IMPVALL	IMPVALL\I-ELC180.AT2	1.000	6.95	W	MYH 2
266	LOMAP	LOMAP\GOF250.AT2	1.000	6.93	W	MYH 2
267	WHITTIER	WHITTIER\A-DWN180.AT2	1.000	5.99	W	MYH 2
268	WHITTIER	WHITTIER\B-OBR360.AT2	1.000	5.27	W	MYH 2
269	IMPVALL	IMPVALL\I-ELC270.AT2	1.000	6.95	W	MYH 2
270	COYOTELK	COYOTELK\G03140.AT2	1.000	5.74	W	MYH 2
271	IMPVALL	IMPVALL\H-E02140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
272	MAMMOTH	MAMMOTH\L-LUL090.AT2	1.000	5.94	W	MYH 3
273	WESTMORL	WESTMORL\WSM180.AT2	1.000	5.9	W	MYH 3
274	IMPVALL	IMPVALL\H-SHP270.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
275	MORGAN	MORGAN\HVR240.AT2	1.000	6.19	W	MYH 3
276	IMPVALL	IMPVALL\H-CHI282.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
277	SUPERST	SUPERST\B-POE360.AT2	1.000	6.54	W	MYH 3
278	PALMSPR	PALMSPR\WWT180.AT2	1.000	6.06	W	MYH 3
279	NORTHR	NORTHR\STN020.AT2	1.000	6.69	W	MYH 3
280	WHITTIER	WHITTIER\A-OR2010.AT2	1.000	5.99	W	MYH 3
281	IMPVALL	IMPVALL\H-DLT352.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
282	CHICHI	CHICHI\CHY036-E.AT2	1.000	7.62	W	MYH 3
283	LOMAP	LOMAP\G02000.AT2	1.000	6.93	W	MYH 3
284	COALINGA	COALINGA\H-PVB045.AT2	1.000	6.36	W	MYH 3
285	WHITTIER	WHITTIER\A-EJS048.AT2	1.000	5.99	W	MYH 3
286	NORTHR	NORTHR\RO3090.AT2	1.000	6.69	W	MYH 3

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
287	LOMAP	LOMAP\G02090.AT2	1.000	6.93	W	MYH 3
288	BIGBEAR	BIGBEAR\BLC360.AT2	1.000	6.46	W	MYH 3
289	LOMAP	LOMAP\HDA255.AT2	1.000	6.93	W	MYH 3
290	IMPVALL	IMPVALL\H-E04140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
291	SUPERST	SUPERST\B-POE270.AT2	1.000	6.54	W	MYH 3
292	IMPVALL	IMPVALL\H-QKP085.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
293	MANAGUA	MANAGUA\B-MAN090.AT2	1.000	5.2	W	MYH 3
294	YOUNTVL	YOUNTVL\2016a090.AT2	1.000	5	W	MYH 3
295	COALINGA	COALINGA\H-PVY135.AT2	1.000	6.36	W	MYH 3
296	CHALFANT	CHALFANT\A-ZAK270.AT2	1.000	6.19	W	MYH 3
297	IMPVALL	IMPVALL\H-E11140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
298	NWCHINA	NWCHINA 1-2-3-4\J411N270.AT2	1.000	6.1	W	MYH 3
299	YOUNTVL	YOUNTVL\2016b360.AT2	1.000	5	W	MYH 3
300	IMPVALL	IMPVALL\H-AGR003.AT2	1.000	6.53	W	MYH 3
301	IMPVALL	IMPVALL\H-BCR140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 4
302	IMPVALL	IMPVALL\H-BCR230.AT2	1.000	6.53	W	MYH 4
303	IMPVALL	IMPVALL\H-E05140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 4
304	IMPVALL	IMPVALL\H-E08230.AT2	1.000	6.53	W	MYH 4
305	IMPVALL	IMPVALL\H-EDA360.AT2	1.000	6.53	W	MYH 4
306	NORTHR	NORTHR\LOS000.AT2	1.000	6.69	W	MYH 4
307	NORTHR	NORTHR\LOS270.AT2	1.000	6.69	W	MYH 4
308	NORTHR	NORTHR\PAR—T.AT2	1.000	6.69	W	MYH 4
309	CAPEMEND	CAPEMEND\RIO360.AT2	1.000	7.01	W	MYH 4
310	COALINGA	COALINGA\H-PV1090.AT2	1.786	6.36	W	MYH 4
311	NORTHR	NORTHR\RO3090.AT2	1.120	6.69	W	MYH 4

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
312	DUZCE	DUZCE\1062-E.AT2	2.879	7.14	W	MYH 4
313	CHICHI06	CHICHI06\CHY036-E.AT2	2.638	6.3	W	MYH 4
314	COALINGA	COALINGA\H-CAK270.AT2	2.111	6.36	W	MYH 4
315	MAMMOTH	MAMMOTH\A-CVK180.AT2	2.642	5.91	W	MYH 4
316	WHITTIER	WHITTIER\A-W70000.AT2	2.184	5.99	W	MYH 4
317	IMPVALL	IMPVALL\H-E12140.AT2	2.798	6.53	W	MYH 4
318	CHALFANT	CHALFANT\A-ZAK270.AT2	1.103	6.19	W	MYH 4
319	SMART1	SMART1\40C00NS.AT2	2.395	6.32	W	MYH 4
320	BIGBEAR	BIGBEAR\DHP360.AT2	2.492	6.46	W	MYH 4
321	CHALFANT	CHALFANT\A-BEN360.AT2	2.692	6.19	W	MYH 4
322	CHALFANT	CHALFANT\B-ZAK270.AT2	2.573	5.77	W	MYH 4
323	LOMAP	LOMAP\GMR000.AT2	2.755	6.93	W	MYH 4
324	NORTHR	NORTHR\MUL279.AT2	0.784	6.69	W	MYH 4
325	COYOTELK	COYOTELK\G04270.AT2	1.926	5.74	W	MYH 4
326	NORTHR	NORTHR\BLD360.AT2	2.869	6.69	W	MYH 4
327	WHITTIER	WHITTIER\A-BUE250.AT2	2.998	5.99	W	MYH 4
328	KOBE	KOBE\KAK000.AT2	2.247	6.9	W	MYH 4
329	LOMAP	LOMAP\A01000.AT2	1.790	6.93	W	MYH 4
330	IMPVALL	IMPVALL\H-CHI012.AT2	1.620	6.53	W	MYH 4
331	DUZCE	DUZCE\BOL000.AT2	1.000	7.14	W	MYH 5
332	IMPVALL	IMPVALL\H-E08140.AT2	1.000	6.53	W	MYH 5
333	NORTHR	NORTHR\MUL009.AT2	1.000	6.69	W	MYH 5
334	LOMAP	LOMAP\CAP090.AT2	1.861	6.93	W	MYH 5
335	SMART1	SMART1\45O06NS.AT2	2.470	7.3	W	MYH 5
336	LOMAP	LOMAP\CLD285.AT2	2.390	6.93	W	MYH 5
337	KOBE	KOBE\AMA090.AT2	1.214	6.9	W	MYH 5
338	IMPVALL	IMPVALL\I-ELC180.AT2	1.961	6.95	W	MYH 5
339	NORTHR	NORTHR\WST270.AT2	2.460	6.69	W	MYH 5
340	LOMAP	LOMAP\G02000.AT2	1.625	6.93	W	MYH 5
341	PALMSPR	PALMSPR\WWT180.AT2	1.635	6.06	W	MYH 5

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
342	KOBE	KOBE\TDO000.AT2	2.223	6.9	W	MYH 5
343	MAMMOTH	MAMMOTH\L- LUL090.AT2	1.726	5.94	W	MYH 5
344	COALINGA	COALINGA\H- CAK360.AT2	2.319	6.36	W	MYH 5
345	DINAR	DINAR\DIN180.AT2	2.233	6.4	W	MYH 5
346	NORTHR	NORTHR\STC090.AT2	1.769	6.69	W	MYH 5
347	LOMAP	LOMAP\SFO090.AT2	1.890	6.93	W	MYH 5
348	CHICHI03	CHICHI03\TCU065- E.AT2	2.108	6.2	W	MYH 5
349	NORTHR	NORTHR\CNP106.AT2	1.698	6.69	W	MYH 5
350	WESTMORL	WESTMORL\WSM180. AT2	1.744	5.9	W	MYH 5
351	SANSALV	SANSALV\NGI270.AT2	0.882	5.8	W	MYH 5
352	PALMSPR	PALMSPR\NPS210.AT2	0.692	6.06	W	MYH 5
353	SMART1	SMART1\45O02NS.AT2	2.081	7.3	W	MYH 5
354	DUZCE	DUZCE\BOL090.AT2	0.964	7.14	W	MYH 5
355	PALMSPR	PALMSPR\DSP000.AT2	1.840	6.06	W	MYH 5
356	MORGAN	MORGAN\HVR240.AT2	1.413	6.19	W	MYH 5
357	WHITTIER	WHITTIER\A- DEL000.AT2	2.010	5.99	W	MYH 5
358	CORINTH	CORINTH\COR—T.AT2	2.055	6.6	W	MYH 5
359	CHALFANT	CHALFANT\A- ZAK360.AT2	1.194	6.19	W	MYH 5
360	COYOTELK	COYOTELK\G02140.AT 2	2.280	5.74	W	MYH 5
361	DUZCE	DUZCE\BOL090.AT2	1.000	7.14	W	MYH 6
362	COALINGA	COALINGA\H- PVY045.AT2	1.000	6.36	W	MYH 6
363	SANSALV	SANSALV\NGI270.AT2	1.000	5.8	W	MYH 6
364	KOBE	KOBE\TAZ000.AT2	1.000	6.9	W	MYH 6
365	LOMAP	LOMAP\GOF250.AT2	2.505	6.93	W	MYH 6
366	NORTHR	NORTHR\PAR—T.AT2	1.477	6.69	W	MYH 6
367	COALINGA	COALINGA\H- Z14090.AT2	2.184	6.36	W	MYH 6
368	WHITTIER	WHITTIER\A- EJS048.AT2	1.855	5.99	W	MYH 6
369	WESTMORL	WESTMORL\WSM180. AT2	1.990	5.9	W	MYH 6
370	PALMSPR	PALMSPR\DSP000.AT2	2.182	6.06	W	MYH 6
371	SMART1	SMART1\45O02NS.AT2	2.397	7.3	W	MYH 6
372	MAMMOTH	MAMMOTH\L- LUL090.AT2	1.857	5.94	W	MYH 6

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
373	CHICHI03	CHICHI03\TCU065–E.AT2	2.492	6.2	W	MYH 6
374	IMPVALL	IMPVALL\H–DLT262.AT2	2.350	6.53	W	MYH 6
375	NORTHR	NORTHR\SCS142.AT2	0.628	6.69	W	MYH 6
376	IMPVALL	IMPVALL\H–E02140.AT2	2.136	6.53	W	MYH 6
377	SUPERST	SUPERST\B–POE360.AT2	1.992	6.54	W	MYH 6
378	NORTHR	NORTHR\CCN360.AT2	2.593	6.69	W	MYH 6
379	LOMAP	LOMAP\SFO000.AT2	2.520	6.93	W	MYH 6
380	IMPVALL	IMPVALL\H–SHP270.AT2	1.998	6.53	W	MYH 6
381	SUPERST	SUPERST\B–POE270.AT2	1.840	6.54	W	MYH 6
382	MANAGUA	MANAGUA\A–MAN180.AT2	2.550	6.24	W	MYH 6
383	CAPEMEND	CAPEMEND\RIO360.AT2	1.629	7.01	W	MYH 6
384	IMPVALL	IMPVALL\H–E11230.AT2	1.637	6.53	W	MYH 6
385	NORTHR	NORTHR\STC090.AT2	2.233	6.69	W	MYH 6
386	PALMSPR	PALMSPR\WWT180.AT2	1.787	6.06	W	MYH 6
387	COYOTELK	COYOTELK\G02140.AT2	2.442	5.74	W	MYH 6
388	NORTHR	NORTHR\ARL090.AT2	1.707	6.69	W	MYH 6
389	IMPVALL	IMPVALL\H–E11140.AT2	1.913	6.53	W	MYH 6
390	NORTHR	NORTHR\STN110.AT2	1.550	6.69	W	MYH 6
391	NORTHR	NORTHR\PAR—L.AT2	1.000	6.69	W	MYH 7
392	NORTHR	NORTHR\TAR360.AT2	1.000	6.69	W	MYH 7
393	CHICHI	CHICHI\TCU065–N.AT2	1.000	7.62	W	MYH 7
394	NORTHR	NORTHR\STM360.AT2	2.881	6.69	W	MYH 7
395	KOBE	KOBE\AMA090.AT2	1.730	6.9	W	MYH 7
396	CORINTH	CORINTH\COR—T.AT2	2.822	6.6	W	MYH 7
397	IMPVALL	IMPVALL\H–QKP085.AT2	2.171	6.53	W	MYH 7
398	KOBE	KOBE\KAK090.AT2	2.804	6.9	W	MYH 7
399	IMPVALL	IMPVALL\H–E02140.AT2	2.492	6.53	W	MYH 7
400	NORTHR	NORTHR\CCN360.AT2	2.948	6.69	W	MYH 7
401	LOMAP	LOMAP\CAP090.AT2	2.426	6.93	W	MYH 7
402	LOMAP	LOMAP\G03000.AT2	2.103	6.93	W	MYH 7

Tablo A.1 (devam): Analizde kullanılan ivme kayıtları

#	Deprem Adı	İvme Kaydı Adı	Ölçüm Katsayı	Mw	Zemin Sınıfı	MYH Grup No
403	COYOTELK	COYOTELK\G04360.AT2	2.728	5.74	W	MYH 7
404	SUPERST	SUPERST\B-POE270.AT2	2.167	6.54	W	MYH 7
405	IMPVALL	IMPVALL\H-AGR003.AT2	2.152	6.53	W	MYH 7
406	SMART1	SMART1\45O02NS.AT2	2.986	7.3	W	MYH 7
407	NORTHR	NORTHR\STN110.AT2	1.921	6.69	W	MYH 7
408	COALINGA	COALINGA\H-Z14090.AT2	2.611	6.36	W	MYH 7
409	COALINGA	COALINGA\H-CAK270.AT2	2.995	6.36	W	MYH 7
410	LOMAP	LOMAP\SFO090.AT2	2.536	6.93	W	MYH 7
411	MANAGUA	MANAGUA\A-MAN180.AT2	2.766	6.24	W	MYH 7
412	SUPERST	SUPERST\B-PTS315.AT2	1.765	6.54	W	MYH 7
413	SANSALV	SANSALV\NGI270.AT2	1.216	5.8	W	MYH 7
414	IMPVALL	IMPVALL\H-BCR140.AT2	1.692	6.53	W	MYH 7
415	COYOTELK	COYOTELK\G03140.AT2	2.666	5.74	W	MYH 7
416	LOMAP	LOMAP\A01000.AT2	2.913	6.93	W	MYH 7
417	LOMAP	LOMAP\GOF250.AT2	2.992	6.93	W	MYH 7
418	COALINGA	COALINGA\H-PVY045.AT2	1.283	6.36	W	MYH 7
419	COALINGA	COALINGA\H-PVY135.AT2	1.993	6.36	W	MYH 7
420	MORGAN	MORGAN\HVR240.AT2	1.969	6.19	W	MYH 7