

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



**İDEALİZE EDİLMİŞ YAPI SİSTEMLERİNİN KALINTI
DEPLASMANLARI ÜZERİNDE HIZ DARBESİNİN ETKİLERİ**

Rukiye DEĞİRMENCİ

Yüksek Lisans Tezi

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Programı

Yapı Bilim Dalı

AĞUSTOS 2020

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Programı

Yüksek Lisans Tezi

İDEALİZE EDİLMİŞ YAPI SİSTEMLERİNİN KALINTI DEPLASMANLARI ÜZERİNDE HIZ DARBESİNİN ETKİLERİ

Tez Yazarı
Rukiye DEĞİRMENCİ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Cengizhan DURUCAN

AĞUSTOS 2020
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Programı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: İdealize Edilmiş Yapı Sistemlerinin Kalıntı Deplasmanları Üzerinde Hız
Darbesinin Etkileri
Yazarı: Rukiye DEĞİRMENCİ
İlk Teslim Tarihi: 07.07.2020
Savunma Tarihi: 07.08.2020

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cengizhan DURUCAN Onayladım
Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ŞAHİN Onayladım
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hakan BAYRAK Onayladım
Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

Prof. Dr. Soner ÖZGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “İdealize Edilmiş Yapı Sistemlerinin Kalıntı Deplasman Üzerinde Hız Darbesinin Etkileri” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

07/ 08/ 2020

Rukiye DEĞİRMENCİ



ÖNSÖZ

Depremler sonucu oluşan kalıntı deplasmanların, faya yakın sahalarda meydana gelen hız darbelerinden etkilendiği bilinmektedir. Ancak hız darbesinin hangi özelliklerinin kalıntı deplasmanları hangi ölçüde etkiledikleri net olarak bilinmemektedir.

Bu tez çalışmasında basit darbe fonksiyonları kullanılarak DOZTA analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarının istatistiksel çalışmalar sonucunda hız darbesinin özellikleri olan hız darbesi genliğinin ve hız darbesi periyodunun kalıntı deplasman üzerinde ki etkilerinin ortaya konulacağı öngörülmektedir.

Çalışmanın hazırlanma sürecinde desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, yapıcı eleştiri ve önerilerde bulunan, çalışmamda her zaman motive eden, bilgilerinden ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Dr.Öğr.Uyesi Cengizhan DURUCAN'a,

Hayatımın her aşamasında her zaman yanımda olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Rukiye DEĞİRMENCİ

Elazığ, 2020

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
EKLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Kalıntı Deplasmanın Yapı Tasarımında Kullanımı ve Önemi	1
1.2. Kalıntı Deplasmanlar ve Şartnameler	2
1.3. Depremler ve Kalıntı Deplasmanlar	2
1.4. Çalışmanı Amacı.....	4
2. KAYNAK ÖZETİ	5
2.1. Literatür Taraması	5
2.1.1. Kalıntı Deplasmanlar için Yapılan Çalışmalar	5
2.1.2. Faya Yakın Sahalar için Yapılan Çalışmalar	8
2.2. Literatür Çalışmasından Elde Edilen Bulgular.....	10
3. MATERYAL VE METOT	11
4. PARAMETRELER, TANIMLANAN BASİT DARBE FONKSİYONLARI VE ÇALIŞMADA KULLANILAN MODEL	12
4.1. Hız Darbesi Periyodu (TP) Değerlerinin Seçilmesi	12
4.2. Hız Darbesi Genliği (VP) Değerlerinin Seçilmesi	13
4.3. Yanal Dayanım Oranı (R) Değerlerinin Seçilmesi.....	14
4.4. Titreşim Periyodu (T) Değerlerinin Seçilmesi	15
4.5. Basit Darbe Fonksiyonlarının Tanımlanması.....	16
4.6. Çalışmada Kullanılan Model.....	19
5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	20
5.1. Elastik Deplasman Değerlerinin Çeşitli Deprem Parametreleri ile Değişimi	20
5.1.1. Elastik Deplasman Değerlerinin Yapı Periyodu / Darbe Periyodu ile Değişimi	20
5.1.2. Elastik Deplasman Değerlerinin Darbe Genliğiyle Değişimi	22
5.2. Kalıntı Deplasman Değerlerinin Çeşitli Deprem Parametreleri ile Değişimi	23
5.2.1. Kalıntı Deplasman Değerlerinin T/T_P ve R değerleri ile Değişimi	23
5.2.2. Kalıntı Deplasman Değerlerinin V_P Değerleri ile Değişimi	38
5.3. Kalıntı Deplasman Oranlarının Çeşitli Deprem ve Yapı Parametreleri ile Değişimi	40
5.3.1. Kalıntı Deplasman Oranlarının T/T_P ve R ile Değişimi.....	40
6. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN DİĞER BULGULAR.....	48
6.1. Maksimum Deplasmanların Çeşitli Parametreler ile Değişimi	48
6.1.1. Maksimum Deplasmanların T/T_P ve R Parametreleri ile Değişimleri	48
6.1.2. Maksimum deplasmanların V_P parametresi ile değişimleri	55
6.2. Maksimum Deplasman Oranlarının Çeşitli Parametreler ile Değişimi	57

6.2.1. Maksimum Deplasman Oranlarının T/T_P ve R Değerleri ile Değişimleri.....	58
6.3. Pozitif Akma Rijitliğinin Yer Değiştirmeler ve Yer Değiştirme Oranları Üzerindeki Etkileri	64
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER	72
ÖZGEÇMİŞ	A



ÖZET

İdealize Edilmiş Yapı Sistemlerinin Kalıntı Deplasmanları Üzerinde Hız Darbesinin Etkileri

Rukiye DEĞİRMENCİ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Programı

Ağustos 2020, Sayfa: xiv + 99

Bu tez çalışmasında deprem sonrası yapı üzerinde oluşan kalıntı deplasman değeri ile seçilen deprem parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu parametrelerden yapısal sistemlerin kalıntı deplasman değerlerini etkileyen parametreler olduğu bilinen faya yakın sahalardaki hız darbelerinin, kalıntı deplasman değerleri üzerindeki etkisi detaylı olarak ortaya koyulmuştur. Bu etkileri incelemek için yanal dayanım oranı, yapının elastik titreşim periyodu, hız darbesi genliği ve hız darbesinin periyodu kullanılmıştır. Bu çalışmada tek serbestlik dereceli sistemlere doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Bu analizler yapılırken 3 adet yanal dayanım oranı, 11 adet titreşim periyodu, 7 adet hız darbesi genliği ve 12 adet hız darbesi periyodu seçilmiştir. Bu analizleri yapabilmek için yakın saha depremlerde gözlenen hız darbelerini yansıtan basit darbe fonksiyonları tanımlanarak gerçek deprem kayıtları yerine kullanılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda faya yakın sahalarda meydana gelen hız darbesinin periyodunun ve hız darbesi genliğinin kalıntı deplasman üzerindeki etkisi seçilen diğer parametrelerin etkileri ile birlikte ortaya konulmuştur. Analizler sonucunda hız darbesinin periyodunun kalıntı deplasman oranı üzerinde etkili olduğu, buna karşın hız darbesi genliğinin kalıntı deplasman oranını fazla etkilemediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Yakın saha deprem, Hız darbesi genliği, Hız darbesi periyodu, Kalıntı deplasman oranı, Tek serbestlik dereceli sistem

ABSTRACT

Effects of Velocity Pulses on The Residual Displacements of Idealized Structural Systems

Rukiye DEĞİRMENCİ

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering
Civil Engineering Technologies
August 2020, Pages: xiv + 99

In this thesis, the relationship between the residual displacement value on the structure after the earthquake and the selected earthquake parameters have been investigated. The effects of velocity pulses on the residual displacement values in field near to the fault, which are known to be the parameters affecting the residual displacement values of structural systems, have been revealed in detail. To examine these effects, lateral strength ratio, elastic vibration period of the structure, amplitude of the velocity pulse and period of the velocity impact were used. In this study, nonlinear time history analysis were performed on single degree of freedom systems. While making these analyzes, 3 lateral strength ratios, 11 vibration periods, 7 velocity pulse amplitudes and 12 velocity pulse periods were selected. In order to make these analyzes, simple pulse functions that reflect the velocity pulses observed in near-fault earthquakes are defined and used instead of real earthquake records.

As a result of the analysis, the effect of the amplitude of velocity pulse and the period of the velocity pulse occurring in the fields close to the fault on the residual displacement were determined together with the effects of other selected parameters. As a result of the analysis, it was observed that the velocity pulse period had an effect on the residual displacement rate, whereas the velocity pulse amplitude did not affect the residual displacement rate much.

Keywords: Near field earthquake, Velocity pulse amplitude, Velocity pulse period, Residual displacement rate, Single degree of freedom system

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Hız-zaman grafikleri	3
Şekil 4.1. $V_p=20$ cm/s, $T_p=1,2$ s için elde edilen ivme zaman grafiği	18
Şekil 4.2. $V_p=20$ cm/s, $T_p=1,2$ s için elde edilen hız- zaman grafiği.....	18
Şekil 4.3. TSD sistem modeli	19
Şekil 5.1. Δe değerlerinin T/T_p ve genlik değerleri ile değişimleri çalışmada kullanılan her bir yapı periyodu için sunumu.....	21
Şekil 5.2. Δe değerlerinin darbe genliği ile değişimleri çalışmada kullanılan kısa, orta ve uzun periyotlu sistemler için sunumu	22
Şekil 5.3. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi.....	23
Şekil 5.4. $T=0,4$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi.....	24
Şekil 5.5. $T=0,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	24
Şekil 5.6. $T=0,7$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	25
Şekil 5.7. $T=0,9$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	25
Şekil 5.8. $T=1$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	26
Şekil 5.9. $T=1,3$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	26
Şekil 5.10. $T=1,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	27
Şekil 5.11. $T=2$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	27
Şekil 5.12. $T=2,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi.....	28
Şekil 5.13. $T=3,0$ saniye için kalıntı deplasmanların T/ T_p ile değişimi	28
Şekil 5.14. TSD sistemlerde $R=2$ için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri için x-t grafikleri	32
Şekil 5.15. Δ_r değerinin sıfırlanması.....	32
Şekil 5.16. TSD sistemlerde $R=5$ için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri için x-t grafikleri	37
Şekil 5.17. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi.....	38
Şekil 5.18. $T=1,0$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi.....	39
Şekil 5.19. $T=3$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi.....	39
Şekil 5.20. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi	41
Şekil 5.21. $T=0,4$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi	41
Şekil 5.22. $T=0,5$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi	42
Şekil 5.23. $T=0,7$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi	42
Şekil 5.24. $T=0,9$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi	43

Şekil 5.25. T=1,0 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	43
Şekil 5.26. T=1,3 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	44
Şekil 5.27. T=1,5 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	44
Şekil 5.28. T=2,0 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	45
Şekil 5.29. T=2,5 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	45
Şekil 5.30. T=3,0 saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_P ile değişimi	46
Şekil 6.1. T=0,3 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	49
Şekil 6.2. T=0,4 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	49
Şekil 6.3. T=0,5 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	50
Şekil 6.4. T=0,7 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	50
Şekil 6.5. T=0,9 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	51
Şekil 6.6. T=1,0 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	51
Şekil 6.7. T=1,3 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	52
Şekil 6.8. T=1,5 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	52
Şekil 6.9. T=2 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	53
Şekil 6.10. T=2,5 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	53
Şekil 6.11. T=3 saniye için maksimum deplasmanların T/T_P ile değişimi	54
Şekil 6.12. T=0,3 saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi	55
Şekil 6.13. T=1 saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi	56
Şekil 6.14. T=3,0 saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi	56
Şekil 6.15. T=0,3 saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi	57
Şekil 6.16. T=0,3 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	58
Şekil 6.17. T=0,4 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	59
Şekil 6.18. T=0,5 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	59
Şekil 6.19. T=0,7 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	60
Şekil 6.20. T=0,9 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	60
Şekil 6.21. T=1,0 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	61
Şekil 6.22. T=1,3 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	61
Şekil 6.23. T=1,5 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	62
Şekil 6.24. T=2,0 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	62
Şekil 6.25. T=2,5 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	63
Şekil 6.26. T=3,0 saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi	63
Şekil 6.27. T=1,3 saniye ve R=3 için K_2 değerinin %5 alınması sonucunda Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimleri	64

Şekil 6.28. $T=1,3$ saniye ve $R=3$ için K_2 değerinin %5 alınması sonucunda elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p parametresi ile değişimlerinin, K_2 değerinin sıfır alınması sonucunda elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p parametresi ile değişimlerinin oranı..... 65



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan T_p değerleri.....	13
Tablo 4.2. Hız darbesi genliğinin değişiminin Δ_r , Δ_1 ve C_r üzerindeki etkileri.....	14
Tablo 4.3. Çalışmada yapılan analizlerde dikkate alınan titreşim periyodu değerleri.....	15
Tablo 4.4. Basit darbe fonksiyonlarının oluşturulmasında kullanılan T_p ve V_p çiftleri	16
Tablo 5.1. $R=2$ için Kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri	29
Tablo 5.2. $R=3$ için Kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri	34

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Ek- 1: Analizler Sonucu Elde Edilen Değerler	72



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C_1	: Maksimum deplasman oranı
C_r	: Kalıntı deplasman oranı
K_2	: Pozitif akma rijitliği
R	: Yanal dayanım oranı
T	: Yapı periyodu
T_g	: Zemin hakim periyodu
T_p	: Hız darbesinin periyodu
V_{s30}	: Ortalama Kayma Dalgası Hızı (30 m derinlik)
V_p	: Hız darbesinin genliği
Δ_e	: Elastik deplasman
Δ_r	: Kalıntı deplasman
Δ_1	: Maksimum deplasman

Kisaltmalar

DOZTA	: Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük yer hızı
TSD	: Tek serbestlik dereceli sistemler

1. Giriş

Deprem sonrasında yapı üzerinde kalan kalıcı yer değiştirmelere kalıntı deplasman denir. Kalıntı deplasman değeri, deprem sırasında oluşan ve yapı tasarımında kullanılan en büyük deplasman hakkında bilgi veren ölçülebilir bir parametredir. Bu gerçeğe rağmen kalıntı deplasmana gereken önem verilmemektedir. Nitekim bazı şartnameler kalıntı deplasmanların tasarım ve değerlendirme aşamasında kullanılabilmesi için bazı yöntemler ve limit değerler önermişlerdir. Kalıntı deplasman, yapı tasarımında ve deprem sonrası yapının performansının değerlendirilmesinde önem verilmesi gereken bir parametredir.

1.1. Kalıntı Deplasmanın Yapı Tasarımında Kullanımı ve Önemi

Mevcut şartnamelere göre tasarlanan yapıların çoğu, tasarım düzeyinde bir deprem durumunda, tam olarak beklendiği gibi performans gösterebilir bile, deprem sonrası bir miktar kalıntı deplasman taşıyacaklardır. Şartnameler tarafından en büyük deplasmanlar için belirlenen limitleri aşmayan bir yapı, kalıntı deplasman limitlerini aşp, tamir edilemez duruma gelebilir. Bu duruma rağmen, bir yapının deprem performansı değerlendirilirken veya tasarım aşamasında, kalıntı deplasmanlara, deplasman kriterlerinden biri olan en büyük deplasmanlara verildiği kadar önem verilmemektedir [1].

Bir yapının deprem performansı tipik olarak, deprem sırasında iletilen enerji temelinde değerlendirilebilir. Geçmiş deprem gözlemlerinden, sarsıntı tablası testlerinden ve analitik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, mevcut şartnamelere göre tasarlanan yapıların çoğunun tasarım düzeyinde bir deprem olması durumunda, tam olarak beklendiği gibi performans göstermesi durumunda bile kalıntı deplasmanlara sahip olacağını göstermektedir [1].

Kalıntı deplasmanlar yapının deprem anında yaptığı en büyük yer değiştirmeyi tahmin etmekte kullanılabilen ölçülebilir değerlerdir. Deprem esnasında yapının yaptığı en büyük deplasmanları tahmin etmek zordur, kalıntı deplasman ile en büyük deplasman arasındaki yakın ilişkiden, önemli yapı tasarım ve değerlendirme parametrelerinden olan en büyük deplasman değerleri bulunabilir [2].

Kalıntı deplasmanlar deprem sonrasında bir yapının güçlendirilip güçlendirilemeyeceği konusunda karar verilirken oldukça büyük bir öneme sahiptir. Çünkü düşey eksen den yüksek miktarda sapsmış bir yapının taşıyıcı elemanlarını tekrar tam düşey hale getirmek oldukça zor, kimi zaman ise mümkün değildir. Bu sebeple, tasarım aşamasında yapının deprem sonrası maruz kalacağı kalıntı deplasman miktarını tahmin etmek ve kontrol altında tutabilmek önem taşır [3].

Bir yapı üzenindeki kalıntı deplasman değerlerinin yüksek olması yapının onarımının ekonomik olmadığı bir göstergesi olarak karşımıza çıkar. Sonuç olarak kalıntı deplasman değerleri depremden zarar görmüş binaların rehabilitasyonu için karar aşamasında kullanılan bir parametredir. Yapının onarımına karar verirken kalıntı deplasmanların sağlamış olduğu ölçülebilir kriterlerden faydalanılmalıdır [4,5].

Kalıntı deplasmanların önemi kısaca özetlenirse; kalıntı deplasmanlar:

- (i) Deprem sonrasında yapıların, onarımına karar verme aşamasında önemli bir parametre olduğu için;
- (ii) bir yapının tasarım aşamasında performans hedefi parametresi olarak kullanılması gerektiği için ve son olarak
- (iii) bir yapının deprem anında yapmış olduğu en büyük deplasman değeri hakkında fikir sahibi olabilmek için üzerinde çokça durulması gereken değerlerdir.

1.2. Kalıntı Deplasmanlar ve Şartnameler

Japon şartnamesi [6] otoyol köprülerinin tasarımı aşamasında arasında kalıntı deplasman değerlerine atıf yapmaktadır. Buna göre kalıntı deplasmanların, tasarlanan köprünün yüksekliğinin % 1'inden daha büyük olmaması gerektiği söylenmiştir. Diğer şartnamelerde ise [7-9] çeşitli performans değerleri için kalıntı deplasmanlara ait limitler sunulmuştur. Ülkemizdeki deprem yönetmeliğinde ise kalıntı deplasmanlar ile ilgili bir atıf görülmemiştir.

1.3. Depremler ve Kalıntı Deplasmanlar

Deprem parametrelerinin özellikleri olan PGA (en büyük yer ivmesi) ve PGV (en büyük yer hızı) ve depremin yıkıcılığı hakkında bilgi veren PGA/PGV parametresi ile deprem sonucu yapılar üzerinde ortaya çıkan etkiler arasındaki ilişkiler daha önce çok sayıda çalışmada araştırılmıştır. Bu parametrelerin kalıntı deplasman değerlerinin, yapının elastik deplasmanına bölünmesiyle elde edilen C_r değerleri üzerinde ki etkileri de daha önce yapılan çalışmalarda sunulmuştur [10].

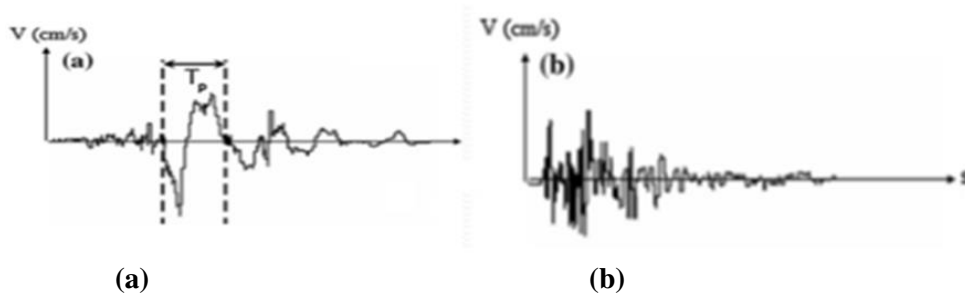
Cosenza ve Manfredi [11] yaptıkları çalışmalar sonucunda PGA/PGV parametresinin, depremin yıkıcılığının bir ölçüsü olduğunu ve PGA/PGV parametresinin oranının düştükçe depremin yıkıcılık özelliğinin arttığını sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışmalarında PGA değerlerinin depremin yıkıcılık özelliklerini yansıtmada kullanılmasının doğru olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bazı araştırmacılar [12-14] ise yaptıkları çalışmalarda PGA/PGV parametresinin depreme ait olan özelliklerden; depremin büyüklüğünü ve fay tipini temsil eden bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

Şahin [10] yaptığı analitik çalışmasında PGA/PGV ve PGV parametrelerinin, kalıntı deplasmanın normalize edilmiş hali olan kalıntı deplasman oranları (C_r) üzerinde ki etkilerini incelemiştir. Bu incelemeleri yaparken depremleri faya yakın depremler ve faya uzak depremler olarak gruplandırmıştır. İncelemelerin sonucunda hem faya yakın olan yapıların hem de faya uzak olan yapıların PGA/PGV parametresinin kalıntı deplasman oranını etkilediğini, PGA/PGV parametresinin değeri düştükçe kalıntı deplasman oranının arttığını gözlemlemiştir. Fakat PGA/PGV parametresinin, faya yakın olan yapılarda C_r üzerindeki etkilerinin, faya uzak yapılara göre daha açık olduğunu gözlemlemiştir. Bunun aksine PGV parametresi ile C_r arasında net bir ilişki gözlemlememiştir. Ayrıca Şahin, çalışmasında PGA/PGV parametresi düştükçe C_r değerinde artış olduğunu gözlemlemiştir.

Faya yakın ve faya uzak konumlanmış yapıların davranışları üzerinde gözlenen farklı eğilimler ise yer hareketinin bu tip yapılar üzerindeki etkilerinin farklı olmasına bağlıdır. Faya yakın saha ve faya uzak saha için yapılan çalışmalarda; faya uzak yer hareketlerinin, fay kırılma düzleminden birkaç kilometre içinde kaydedilen faya yakın yer hareketlerinden önemli ölçüde farklı olduğu gözlemlenmiştir [15]. Çünkü faya yakın sahalar “forward directivity” (ileri yönlülük) sonucu oluşan hız darbeleri üretirler.

Şekil 1.1a’ da faya yakın sahada meydana gelen hız-zaman grafiğini, Şekil 1.1b de ise faya uzak sahaya ait olan hız-zaman grafiği verilmiştir. Şekil 1.1a ve Şekil 1.1b görüldüğü gibi faya yakın ve faya uzak sahalarda ki hız- zaman grafiklerinin farklı olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 1.1 Hız-zaman grafikleri a) Faya yakın saha için b) Faya uzak saha için [16]

Yukarda verilen bilgiler ışığında depremlerin çeşitli özelliklerinin deprem sonrası meydana gelen kalıntı deplasmanları etkilediği görülmüştür.

Bu etkilerin birçoğu araştırmacılar tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Ancak yakın saha depremlerin sıra dışı yıkıcı özelliklerinin ortaya çıkmasında etken olan hız darbelerinin (i) darbe genliği ve (ii) darbe periyodu etkilerinin daha önce bu çalışmadaki gibi kapsamlı şekilde değerlendirilmediği görülmüştür.

1.4. Çalışmanı Amacı

Bu çalışmanın amacı tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler üzerinde doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler (DOZTA) yaparak, yapısal sistemlerin kalıntı deplasman değerlerini etkileyen parametrelerden olduğu bilinen hız darbelerinin, kalıntı deplasman değerleri üzerindeki etkisinin detaylı olarak ortaya koyulmasıdır.

Hız darbelerinin periyot ve genlik gibi özelliklerinin kalıntı deplasman değerleri üzerindeki etkileri net olarak bilinmemektedir. Bu yüzden bu çalışmada periyot ve genlik değişimlerinin kalıntı deplasmanlar üzerindeki etkilerinin bulunması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada depreme ait özellik olan T_p (hız darbesi periyodu) ve V_p (hız darbesi genliği) parametreleri R (Yanal dayanım oranı) ve T (periyot) ile beraber kullanılarak zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları kıyaslanarak parametrelerin kalıntı deplasman üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETİ

Bu bölümde, çalışma konusu ile ilgili bazı çalışmalar genel hatları ile incelenmiş. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular özetlenerek sunulmuştur.

2.1. Literatür Taraması

Bu tez çalışması kapsamında faya yakın yer hareketi kayıtlarının sistemlerin kalıntı deplasmanları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu sebeple literatür taraması kapsamında öncelikle, kalıntı deplasmanlar üzerinde duran çalışmalar incelenmiş daha sonra ise faya yakın sistemlerin deprem davranışı hakkında bilgi verebilecek bazı çalışmalar sunulmuştur.

2.1.1. Kalıntı Deplasmanlar için Yapılan Çalışmalar

McRae ve Kawashima [17] yaptıkları çalışmalarda akma sonrası farklı rijitlik oranlarına ve histeretik davranışlara sahip olan sert zeminlerde ($V_{s30} > 760$ m/s) kaydedilen yer hareketlerine maruz kalan TSD sistemlerde meydana gelen kalıntı deplasmanları incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda akma sonrası rijitliğin yapısal elemanların elastik olmayan davranışı üzerinde önemli bir parametre olduğunu bulmuşlardır. Akma sonrası rijitliğin daha çok yumuşak zemin bölgelerinde ($V_{s30} < 760$ m/s) kaydedilen yer hareketleri altında TSD sistemlerin kalıntı deplasmanlarını önemli ölçüde etkilediğini ortaya çıkarmışlardır.

Kawashima vd. [18] çalışmalarında deprem sonrası onarım ve güçlendirme sırasında problemler ortaya çıkardığı için kalıntı deplasmanların yapılar üzerinde istenmediğini belirtmişlerdir. Bu sebeple çalışmalarında kalıntı deplasman değerlerini önceden tahmin etmek için farklı doğal periyotlar, sönümleme oranları, süneklikler, akma sonrası rijitlik oranları ($r = k_2/k_1$) ve yer hareketleri parametrelerini kullanarak analizler yapmışlardır.

Çalışmalarının sonucunda TSD sistemler için kalıntı deplasmanın muhtemel en büyük kalıntı deplasman ile normalize edilmiş hali olan kalıntı deplasman oranının tepki spektrumlarını sunmuşlardır. Çalışmada kalıntı deplasman oranının, deprem büyüklüğü, yapının depremin merkez üssüne uzaklığı ve zemin koşullarından neredeyse bağımsız olduğunu, aynı şekilde doğal periyodun, zemin koşullarının ve sünekliğin kalıntı deplasman oranına bağımlılığının önemli olmadığını söylemişlerdir. Kalıntı deplasman oranının tepki spektrumunun büyük ölçüde akma sonrası rijitlik oranına bağlı olduğunun sonucuna varmışlardır. Kalıntı deplasman oranı davranış spektrumunda akma sonrası rijitlik > 0 olduğunda küçük olan kalıntı deplasman oranının,

akma sonrası rijitlik sifıra yaklaştıkça keskin bir şekilde arttığını ve akma sonrası rijitlik < -0.05 olduğunda neredeyse değerinin 1.0 olduğunu gözlemlemişlerdir.

Borzi vd.[19] çalışmalarında elastik olmayan yer değiştirme spektrumlarının türetilmesini ele almışlardır. Ayrıca kalıntı deplasman spektrumunda üretmişlerdir. Çalışmada kalıntı deplasman miktarının süneklik talebi ve akma sonrası rijitlikle oldukça yakın ilişki içinde olduğunu belirtmişlerdir.

Christopoulos vd. [1] çalışmalarında kalıntı deplasmanlara dayanan bir performans değerlendirme yöntemi sunmuşlardır. Çalışmalarında yapısal sistemler görünür hasara neden olan deplasman seviyelerine ulaşmadıklarında, yapısal performansı değerlendirmenin tek yolunun kalıntı deplasmanlar olduğunu ve kalıntı deplasmanların önemli bir tasarım kriteri olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca kalıntı deplasmanların deprem sırasında ulaşılan maksimum sünekliliğe bağlı olduğunu, yer hareketlerine ve sistemlerin histeretik özelliklerine göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Dazio [20] çalışmasında betonarme yapıların döngüsel davranışını tanımlamak için Takeda modelini kullanmıştır. Çalışmada küçük genlikli yük çevrimleri için kullanılan histerik kuralların, kalıntı deplasmanların, hesaplanmasında önemli bir rol oynadığını kabul ederek, analizler için hangi kuralların kabul edildiğini her zaman belirtmenin önemli olduğunu vurgulamıştır. Sonuç olarak yapılarda oluşan kalıntı deplasmanların kullanılan modelin histeretik şekline çok duyarlı olduğunu belirtmiştir.

Ruiz-Garcia ve Miranda [21] çalışmalarında TSD sistemlerinin kalıntı deplasman taleplerini tahmin etmeyi amaçlayan kapsamlı bir istatistiksel yöntem sunmuşlardır. Kalıntı deplasman taleplerini tahmin ederken, kalıntı deplasman taleplerini, en büyük elastik yer değiştirme talebine oranı olarak tanımlanan kalıntı deplasman oranını (C_r) kullanmışlardır. Çalışmalarında, titreşim periyodunun, yanal dayanım oranının, zemin sınıfının, deprem büyüklüğünün, faya olan uzaklığın ve histerik davranışın C_r talepleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Çalışmalarının sonucunda kısa periyot bölgesinde (örneğin $T < 0.5s$) kalıntı deplasman taleplerinin, ortalama olarak en büyük elastik yer değiştirme taleplerinden daha büyük olduğunu ve bu bölgede C_r 'nin titreşim süresine, yanal kuvvet oranına ve ayrıca histeretik davranışın özelliğine bağlı olduğunu bulmuşlardır. 1 s'den daha uzun periyotlar için, ortalama olarak C_r oranlarının titreşim periyodundaki değişikliklerden çok az etkilendiği ve öncelikle yanal kuvvet oranına ve histeretik davranışın türüne bağlı olduğunu bulmuşlardır.

Bojórquez ve Ruiz-García [22] yaptıkları çalışmada çok katlı çelik yapı çerçevelerinin yumuşak zemin bölgelerinde kaydedilen deprem hareketlerine maruz kaldıklarında daha büyük kalıntı deplasman yaşayabileceğini bulmuşlardır.

Akhavessy ve Ghanbari [23] çalışmalarında güçlü yer hareketi parametrelerinden bazılarının (frekans içeriği ve önemli süre) ortalama C_r değerleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu yer hareketi parametrelerinin ortalama C_r üzerindeki etkisinin geçerliliğinin akma sonrası rijitlik oranına bağlı olduğunu ve bu parametrelerin etkisinin akma sonrası rijitliği sıfırdan büyük olan TSD sistemler için daha belirgin hale geldiğini göstermişlerdir.

Yer hareketi parametrelerinin C_r değerleri üzerindeki etkilerini çalışmalarında aşağıdaki şekilde belirtmişlerdir:

- Uzun süreli yer hareketleri altında TSD sistemlerin, kısa süreli hareketlere maruz kalan sistemle karşılaştırıldığında daha büyük kalıntı deplasman yaşadığını ve etkin sürenin ortalama C_r değerleri üzerindeki etkisinin, TSD sistemlerinin akma sonrası rijitlik oranlarına bağlı olduğunu gözlemlemişlerdir.
- Ayrıca düşük frekans içerikli yer hareketlerinden kaynaklanan ortalama C_r değerlerinin daha yüksek frekans içeriğine sahip hareketlere maruz bırakılan sistemlerle karşılaştırıldığında, dikkate alınan tüm yer değiştirme sünegliği aralığı boyunca daha büyük olduğunu göstermişlerdir.

Guerrero vd. [24] çalışmalarında yumuşak zemin bölgelerinde kaydedilen yer hareketleri etkisindeki TSD sistemlerin kalıntı deplasman taleplerinin istatistiksel bir değerlendirmesini sunmuşlardır. Bu değerlendirme çerçevesinde normalize edilmiş kalıntı deplasmanları (C_r), T/T_g (sistemin temel titreşim periyodu / zemin hakim periyodu) oranına karşı çizdirmişlerdir. C_r değerlerinin T/T_g oranına oldukça duyarlı olduğunu, T/T_g oranının düşük değerleri için T/T_g oranın küçüldükçe C_r 'nin arttığını ortaya koymuşlardır. Öte yandan T/T_g oranı 1'e yaklaştıkça C_r değerlerinin diğer bölgelerden daha küçük değerler aldığınıda göstermişlerdir. T/T_g 'nin 1.5'ten büyük değerleri için ise C_r 'nin hemen hemen sabit kaldığını bulmuşlardır.

Klasik TSD sistemlerde akma sonrası rijitlik oranı pozitif yönde arttıkça kalıntı deplasmanların azaldığını, akma sonrası rijitlik oranı negatif yönde artmasının ise kalıntı deplasmanları arttırdığını belirtmişlerdir. Akma sonrası rijitlik oranının baskın etkisine bağlı olarak sünegliği talebi ve yanal dayanım oranı gibi parametrelerin belli koşullar altında beklenenin zıddı yönde etki yaptığını tespit etmişlerdir.

Ayrıca çalışmalarında sönüm oranı ne kadar yüksek olursa, kalıntı deplasman ve en büyük yer değiştirme taleplerinin o kadar küçük olduğunu; yani sönüm oranının artırılmasının hem kalıntı hem de en büyük yer değiştirmelerinin azaltılmasında fayda sağladığını göstermişlerdir. Öte yandan histerik model tipinin, maksimum yer değiştirme sünegliği, elastikten-plastikliğe geçiş tipi ve yanal dayanım oranının kalıntı deplasman üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir. Histeretik davranış karakteristiğinde C_r değerlerini önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır.

Ruiz Garcia ve Guerrero [25] çalışmalarında yumuşak zeminlerde yer alan ivmeölçer istasyonlarında kaydedilen farklı yer hareketlerinin sonucu ortaya çıkan kalıntı deplasmanların çeşitli yapı ve deprem parametreleri ile olan ilişkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda kalıntı deplasman oranının tahmin edilmesine kullanılabilecek bir formül geliştirmişlerdir.

Duofa vd. [26] çalışmalarında yumuşak zeminlerde kaydedilen yer hareketlerine maruz kalan TSD sistemlerinin çeşitli parametrelerinin kalıntı deplasman oranları (Cr) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu etkileri incelemek için çeşitli yanal dayanım oranlarına sahip sistemleri ve çeşitli akma sonrası rijitlik oranlarına sahip sistemleri ayrı ayrı araştırmışlardır ve çalışmalarında sönüm oranını % 5 almışlardır.

Kalıntı deplasman oranlarının $T/T_g < 0.5$ 'ten düşük değerleri, için daha yüksek saçılım gözlemlenmiştir ve Cr değerlerinin yanal kuvvet oranı, R, değerlerinden etkilendiğini bulmuşlardır. Sistemin akma sonrası rijitliğindeki artışın, sistemlerin yanal dayanım oranı ve tüm T/T_g aralığı için hesaplanan ortalama Cr değerlerinde azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır.

Şahin [10] çalışmasında TSD sistemler kullanarak kalıntı deplasmanların tahmini için denklem geliştirmiştir. Bu denklemde kullandığı PGA/PGV değerinin kalıntı deplasman denklemlerinde görülen yüksek saçılım değerlerini azalttığı sonucuna varmıştır.

Quinde vd.[27] çalışmalarında yumuşak zemin bölgelerinde kaydedilen uzun süreli yer hareketlerine maruz kalan tek serbestlik dereceli sistemlerin kalıntı deplasman taleplerinden maksimum yer değiştirme talebini tahmin etmek için basit ifadeler geliştirmişlerdir. Çalışmada mevcut bilgileri tamamlamak için simüle edilmiş yer hareketleri kullanmışlardır ve çalışmalarında % 5'lik bir kritik sönüm oranı dikkate almışlardır.

2.1.2. Faya Yakın Sahalar için Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada faya yakın sahalarda bulunan sistemler üzerinde yoğunlaşıldığı için bu bölümde faya yakın kayıtlar kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları hakkında bilgi verilmiştir. Faya yakın yer hareketleri sebebiyle ortaya çıkan yapı davranışının faya uzak yer hareketlerine bağlı davranışa kıyasla oldukça farklı olabildiği öteden beri bilinmektedir. Aşağıda bu konu üzerinde duran çalışmalardan bazılarını kısaca değinilmiştir. En sonda ise faya yakın yer hareketlerine maruz kalan yapıların kalıntı deplasmanları ile ilgilenen güncel çalışmalara dair özet verilmiştir.

Housner ve Trifunac [28] faya yakın yer hareketlerini, genellikle faya uzak yer hareketlerinden açıkça ayıran şeyin nispeten uzun süreli, belirgin hız darbeleri ve kalıcı yer değiştirme olduğunu çalışmalarında gözlemlenmiştir.

Somerville [29] fay yakınındaki istasyonlarda doğrultu etkileri kaydedilen yer hareketlerinin yatay yer hareketi genliklerinin normal doğrultulu ve paralel doğrultulu bileşenleri arasında farklılıklar olduğu görmüştür. Çalışmasında faya yakın yer hareketlerindeki doğrultu etkisini temsil etmek ve yer hareketi parametreleri ile ilişkilerindeki belirsizliği dikkate almak için fay ilerleme yönü ile faydan bölgeye giden dalgaların yönü arasındaki açının basit fonksiyonel biçimlerini kullanmıştır.

Baker [30] yaptığı çalışmada kullandığı yer hareketlerinin faya normal bileşenlerinde görülen hız darbelerinin çoğunun faya yakın doğrultu etkilerinden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Bu hız darbelerinin bir nedeninin, faya yakın bölgedeki forward directivity (ileri yönlülük) etkileri olduğunu gözlemlemiştir.

Mavroeidis ve Papageorgiou [31], Mavroeidis vd. [32] Fu ve Menun [33] çalışmalarında çok sayıda gerçek yakın yer hareket kaydı kullanıp kalibre ederek analitik modeller önermişlerdir. Önerdikleri modellerde T_p (hız darbesi periyodu) ve V_p (hız darbesi genliği) parametrelerinin, gerçek faya yakın kayıtlara maruz kalan TSD sistemlerin elastik ve elastik olmayan tepki spektrumlarını etkin bir şekilde normalize etmek için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Alavi ve Krawinkler [34] fay yakınında ki deprem yer hareketlerinin (tipik olarak 20 km'den daha az) büyük yanal elastik ve elastik olmayan yer değiştirme taleplerini meydana getirebileceği sonucuna varmışlardır.

Ruiz-Garcia [35] çalışmasında forward directivity (ileri yönlülük) oluşmayan ve faya uzak tek serbestlik dereceli (TSD) sistemlerin, forward directivity (ileri yönlülük) oluşan ve faya yakın TSD sistemleri kullanmıştır. Çalışmasında, yapı periyotlarını zemin hakim periyoduna göre normalize ederek sonuçlardaki saçılımı düşürmüştür.

Liossatos ve Fardis [36] çalışmalarında hız darbeleri olan ve olmayan deprem kayıtları için TSD sistemlerinin histeretik özelliklerinin kalıntı deplasmanlar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, histeretik modellerin değişiminin kalıntı deplasmanı etkilediğini ve hız darbeleri içeren yer hareketlerinin kalıntı deplasman değerlerini arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu artışın maksimum deplasmanlarda ki artışla yaklaşık aynı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında kalıntı deplasmanların, maksimum deplasmana oranla yer hareketi detaylarına karşı daha hassas olduğunu gözlemlemiştir.

Liossatos ve Fardis [37] çalışmalarında faya yakın yerlerde ki yer hareketlerinde meydana gelen hız darbeleri nedeniyle TSD sistemlerde oluşan kalıntı deplasmanları yapı periyodunun bir fonksiyonu ve yapı periyodunun darbe periyoduna oranının bir fonksiyonu olarak farklı dört histerik davranış için sunmuşlardır. Yaptıkları analizler sonucunda faya yakın yer hareketlerinin hız darbesi periyotlarının, çeşitli histeretik davranışlara sahip TSD sistemlerin elastik olmayan davranışları üzerinde çok etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca Kawashima vd. Mc Cormick vd, Fahmy vd. Ramirez ve Miranda, Yazgan ve Dazio, Cheng Fang ve Wei Wang [18, 38-42] çalışmaları incelendiğinde kalıntı deplasmanların sistemlerin performansa dayalı tasarım ve değerlendirmesine ilişkin önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Kalıntı deplasmanların önemi ile ilgili ayrıntılı bilgiler daha önceki bölümde verilmiştir.

2.2. Literatür Çalışmasından Elde Edilen Bulgular

Tez konusu ile ilgili yapılan literatür taraması ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Sistemin akma sonrası rijitliği kalıntı deplasman değerleri üzerinde etkili olan önemli bir faktördür. Akma sonrası rijitlik değeri pozitif olduğunda kalıntı deplasmanlar küçülmekte, akma sonrası rijitlik değeri negatif olduğunda ise kalıntı deplasmanlar büyümektedir.
- Ayrıca sistemin histeretik davranışı, sistemin periyodu, sistemin sünekliliği, yanal dayanım oranı, yer hareketi parametreleri ve zemin sınıfı kalıntı deplasman değerleri üzerinde etkili olan diğer önemli faktörlerdir.
- Öte yandan sistemin faya olan uzaklığı kalıntı deplasmanlar üzerinde etkilidir. Bunun sebebi faya yakın sahalarda meydana gelen yer hareketlerinin faya uzak sahalarda meydana gelen yer hareketlerinden farklı olmasıdır. Özellikle faya yakın sahalarda meydana gelen hız darbeleri kalıntı deplasmanlar üzerinde etkilidir.
- Faya yakın sahalarda meydana gelen yer hareketlerinin basit darbe fonksiyonları ile ifade edilebileceği sonucuna varılmıştır.
- Faya yakın sahalarda meydana gelen yer hareketleri sonucu ilgili sistemler büyük yer değiştirme talepleri oluştururlar.
- Hız darbesinin özelliği olan darbe periyodu değerleri, sistemlerin elastik ve elastik olmayan yer değiştirme talepleri için önemli bir parametredir.

Yapılan çalışmalarda hız darbelerinin özelliklerinin detaylı biçimde kalıntı deplasmanları net olarak ne kadar etkilediğini gösteren çalışma sayısı çok sınırlıdır. Bunun yanında hız darbesinin genliğinin kalıntı deplasmanlar ile ilişkisini doğrudan ortaya koyan hiç bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu sebeple, hız darbesi periyodu ve hız darbesi genliği gibi parametrelerin kalıntı deplasman değerleri üzerindeki etkileri bu çalışma kapsamında incelenecektir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde tez çalışmasında takip edilen çalışma yöntemi anlatılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikli olarak malzeme kaynaklı doğrusal olmayan davranış gösterme özelliği olan TSD sistemlerle tanımlanmıştır. Bu TSD sistemlerin yanal dayanım oranı, temel titreşim periyodu gibi özellikleri parametre olarak seçilmiş ve sonuçların analizlerinde dikkate alınmıştır.

TSD sistemler oluşturulduktan sonra faya yakın bölgelerden elde edilen deprem kayıtlarında belli koşulların oluşması durumunda görülebilen yüksek genlikli hız darbelerini benzeştirmek için basit hız darbesi fonksiyonları tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlar TSD sistemlere deprem yükü olarak verilerek, yapıların bu deprem yükleri altında oluşan davranışları incelenmiştir. Tanımlanan hız darbesi fonksiyonlarındaki hız darbesi genliği ve hız darbesi periyodu gibi değerler parametre olarak seçilmiş ve yapısal parametrelerle birlikte çalışmadan elde edilen sonuçları analiz etmek için kullanılmıştır.

Oluşturulan basit darbe fonksiyonları, TSD sistemler üzerinde doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz (DOZTA) yöntemi kullanılarak yapılara etki ettirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen elastik deplasmanlar, kalıntı deplasmanlar ve en büyük deplasmanlar çalışma kapsamında kullanılmak için not edilmiştir.

Analizler sonucunda elde edilen deplasman değerleri değerlendirilerek, faya yakın sahalardaki hız darbelerinin özelliği olan periyot ve genlik değişiminin kalıntı deplasman üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Son olarak kalıntı deplasmanları etkileyen parametrelerin, kalıntı deplasmanın elastik deplasmanla normalize edilmiş hali olan kalıntı deplasman oranı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada seçilen parametreler ile ilgili detaylar 4. Bölümde verilmiştir.

4. PARAMETRELER, TANIMLANAN BASİT DARBE

FONKSİYONLARI VE ÇALIŞMADA KULLANILAN MODEL

Çalışmanın bu bölümünde kalıntı deplasmanlar üzerinde etkisi incelenen parametrelerin seçilmesindeki ve parametrelerin değerlerinin belirlenmesindeki sebepler anlatılmıştır. Daha sonra analizler sırasında kullanılan basit darbe fonksiyonlarının seçilmesinin sebebi ve basit darbe fonksiyonlarının nasıl tanımlandığı anlatılmıştır. Son olarak analizlerde kullanılan model hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

4.1. Hız Darbesi Periyodu (T_p) Değerlerinin Seçilmesi

Bilindiği gibi meydana gelen depremler fay kırığının yakın çevresindeki bölgelerde daha uzak çevrede ki bölgelere kıyasla yapılar üzerinde bazı sıra dışı yıkıcı etkileri oluşmasına sebep olabilirler. Geçmiş yıllarda yapılan birçok çalışma ile bu sıra dışı yıkıcı etkilerin fay kırığına yakın bölgelerde kaydedilen deprem kayıtlarının hız-zaman ilişkilerinde görülen oldukça belirgin haldeki hız darbelerine bağlı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Şekil 1.1a' da hız-zaman ilişkilerinde görülen bu hız darbelerine bir örnek sunulmuştur. Bu hız darbeleri depremde açığa çıkan enerjinin büyük bölümünün tek bir yükleme çevrimi ile yapıya aniden iletilmesini sağladığı için yapılarda yüksek deplasman talepleri oluşmasına yol açarlar. Bu yüksek deplasman taleplerini karşılayamayan yapılar ise ciddi miktarda hasar görebilirler. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları Bölüm 2'de tanıtılmıştır.

Hız-zaman kayıtlarında görülen hız darbelerinin ortaya çıkan deplasman taleplerini nasıl etkilediği üzerine yapılan çok sayıda çalışma vardır. Bu deplasman talepleri, en büyük deplasmanlar ve kalıntı deplasmanlar olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada temel olarak hız darbelerinin oluşturduğu kalıntı deplasmanlar üzerinde durulmuştur. Buna bağlı olarak hız T_p ile gösterilen darbelerinin periyotlarındaki (Şekil 1.1a) değişimin ortaya çıkan kalıntı deplasmanların büyüklüğünü nasıl etkilediği detaylı olarak incelenmiştir.

Çalışmada kullanmak için 12 adet T_p değeri seçilmiştir. T_p 'nin alt ve üst limitleri ile ara değerlerinin seçilmesi için hız darbesi içeren deprem kayıtları kullanarak analiz yapan Chang ve diğerleri'nin [43] çalışması referans alınmıştır. Chang ve diğerleri'nin [43] analizlerinde kullandıkları gerçek deprem kayıtlarının T_p değerleri incelenerek bu kayıtlarda gözlenen en büyük ve en küçük T_p değerleri alt ve üst limitler olarak seçilmiştir. İncelenen depremlerde en düşük darbe periyodunun 0,4 s, en yüksek darbe periyodunun 5,7 s olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak T_p değerlerinde alt sınır 0,4 s ve üst sınır ise tam sayı değerine yuvarlanarak 6,0 s olarak seçilmiştir.

Daha sonra aralardaki 10 tane T_P değerini seçmek için deprem kayıtlarında en çok oluşan T_P değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu T_P değerleri 10 tane den fazla olduğu için ortalama olarak değerler alınmıştır. Tablo 4.1' de seçilen T_P değerleri çalışma kapsamında kullanılan T_P değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan T_P değerleri

$T_P(s)$	0,4	0,8	1,0	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----

4.2. Hız Darbesi Genliği (V_P) Değerlerinin Seçilmesi

Bölüm 4.1'de bahsedilen hız darbelerinin bir diğer özelliğide hız darbesi genlikleridir (V_P). Yapılan literatür taramasında hız darbesi genliklerinin kalıntı deplasmanlar üzerine etkilerini doğrudan ve detaylı olarak inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu çalışmada hız darbesi genlikleri de bir deprem parametresi olarak seçilerek sonuçları analiz etmek için kullanılmıştır.

V_P değerleri seçilirken T_P değerinde de olduğu gibi daha önce meydana gelen depremlerden hız darbesi içeren depremler referans alınmıştır [39]. İncelenen depremlerde en düşük V_P değerinin 20cm/s, en yüksek V_P değerinin 150 cm/s olduğu görülmüştür. Buna dayanarak bu çalışmada alt sınır 20 cm/s, üst sınır 150 cm/s seçilmiştir. V_P değerlerinin kalıntı deplasmanlar üzerinde ki etkilerini daha net görmek için V_P değerleri daha sık tutularak 7 tane seçilmiştir. Bu değerler seçilirken depremlerde en çok oluşan V_P değerleri alınmıştır. Bu değerler: 20 cm/s, 40 cm/s, 60 cm/s, 80 cm/s, 100 cm/s, 120 cm/s ve 150 cm/s değerleridir.

C_r değerleri DOZTA analizleri sonucu elde edilen kalıntı deplasman (Δ_r) değerlerinin, yapının elastik kalması için yapacağı en büyük deplasman olan elastik deplasmana (Δ_e) oranlamasıyla elde edilir. Bu çalışmada V_P ve T_P değerlerinin değişiminin kalıntı deplasmanın, elastik deplasmanla normalize edilmiş hali olan C_r değerleri üzerinde ki etkileri incelenecektir.

Önden yapılan DOZTA analizler sonucunda V_P değerlerinin değişimlerinden, C_r (en büyük elastik deplasmana göre normalize edilmiş kalıntı deplasman) değerlerinin çok fazla etkilenmediği görülmüştür. Bu sebeple seçilen V_P değerlerinin sayısı azaltılmıştır. V_P değerlerinde; üst limit, alt limit ve ortada ki bir değer olan 80 cm/s değeri seçilmiştir. Sonuç olarak V_P değerleri 20 cm/s, 80 cm/s ve 150 cm/s olarak seçilmiştir.

Tablo 4.2' de örnek olarak $T_P=0,8$ ve $V_P= 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150$ kombinasyonu ile oluşturulan basit darbe fonksiyonları kullanılarak yapılan DOZTA analizleri sonucunda elde edilen Δ_e , Δ_r ve C_r değerleri verilmektedir.

Tablo 4.2. Hız darbesi genliğinin değişiminin Δ_r , Δ_1 ve C_r üzerindeki etkileri

Basit darbe Fonksiyonları (T_p-V_p)	Δ_e (mm)	Δ_r (mm)	C_r
0,8-20	6,0532	0,2718	0,045
0,8-40	12,1064	0,5461	0,045
0,8-60	18,1596	0,818	0,045
0,8-80	24,2128	1,1072	0,046
0,8-100	30,266	1,4474	0,048
0,8-120	36,3192	1,5344	0,042
0,8-150	45,399	2,0449	0,045

Tablo 4.2' de T_p değeri sabit tutulduğunda, V_p değerlerinin değişiminin Δ_e , Δ_r ve C_r üzerlerindeki etkileri görülmektedir. V_p değişiminin Δ_e ve Δ_r değerlerini aynı oranda doğrusal biçimde arttırdığı tablodan görülmektedir. Bu iki değer hem hemen hemen aynı oranda artıyor olması ise bu değerlerin birbirlerine oranlanması yoluyla elde edilen C_r değerlerinin neredeyse hiç değişmemesine yol açmıştır. Bu sebeple çalışma kapsamında elde edilmesi planlanan C_r sonuçları üzerinde etkileri kısıtlı olduğu görülen V_p parametresinin daha az sayıda ve ayırık değer kullanılarak dikkate alınmasına karar verilmiştir. Çalışma kapsamında tek bir V_p değeri yerine yukarda belirtildiği şekilde alt limit, ara değer ve üst limit olmak üzere üç adet V_p değeri kullanılmıştır. Bunun temel sebebi ise çalışma kapsamında C_r ile birlikte Δ_e ve Δ_r değerlerindeki değişiminde incelenecek olmasıdır.

4.3. Yanal Dayanım Oranı (R) Değerlerinin Seçilmesi

Çalışma kapsamında yapısal parametre olarak sistemlerin temel titreşim periyodu ve yanal dayanım oranı kullanılmıştır. Bu bölümde DOZTA analizlerde kullanılmak üzere yanal dayanım oranı (R) değerlerinin nasıl elde edildiği açıklanmıştır.

R değerleri, deprem yüklemesi altında yapının elastik kalması için gereken kuvvetin, yapının akma kuvveti kapasitesine oranlanmasıyla elde edilen değerlerdir. Düşük R değerleri görece güçlü yapıları, yüksek R değerleri ise görece zayıf yapıları temsil etmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanmak için 3 adet R değeri seçilmiştir. R değerleri için Şahin [10] tarafından önerilen değerler bu çalışmada da kullanılmıştır. Şahin [10] tarafından yapılan çalışmada R değerlerinin seçimi aşağıda verilen bilgilere dayandırılarak yapılmıştır.

Liossatos ve Fardis [36] kalıntı deplasmanlar ile ilgili yaptıkları çalışmalarda, yanal dayanım oranının (R), kalıntı deplasman üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. R değerleri artışının

kalıntı deplasman değerlerini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Ancak bu artışın $R=2$ ile $R=5$ değerlerinin arasındayken yoğun olduğunu belirtmişlerdir.

Ruiz Garcia ve Miranda [3] yaptıkları çalışmalarda C_r - R arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarında R değeri, 3 olduğunda C_r - R arasındaki ilişkinin eğiminde değişim olduğunu göstermişlerdir. Şahin [10] tarafından yapılan çalışmada R değerleri ile ilgili yapılan bu çalışmalar dikkate alınıp R değerleri 2, 3 ve 5 olarak seçilmiştir. Bu çalışmada ise Şahin [10] tarafından seçilen R değerleri kullanılmıştır.

4.4. Titreşim Periyodu (T) Değerlerinin Seçilmesi

Çalışmada kullanılan TSD sistemlerin yapısal parametrelerinden olan temel titreşim periyotlarının nasıl seçildiği bu bölümde anlatılmıştır.

Çalışma kapsamında toplam 11 adet temel titreşim periyodu, T , değeri seçilmiştir. T değerlerinin seçiminde yine Şahin [10] tarafından kullanılan yöntem dikkate alınmıştır. İlgili çalışmada T değerlerinin seçilmesinde ki sebepler aşağıda verilen bilgilere dayandırılarak yapılmıştır.

Kalkan ve Kunnath [15] yaptıkları çalışma sonucunda T ve R değerlerinin birbiriyle bağlantılı olduğunu sonucuna varmışlardır. Buna göre, R değeri bilinen bir yapıya sayısal olarak istenen T değeri atanabilmesine rağmen bu yaklaşım gerçekçi değildir. Çünkü yapıların rijitliği ile yakın ilişki içinde olan temel titreşim periyodu değeri rijitlik ile ilişkisine bağlı olarak yapının yanal dayanım oranıyla da ilişki içindedir. Örneğin $R=8$ yanal dayanım oranına sahip bir yapıya temel titreşim periyodu olarak $T=0.1$ s atayarak analiz yapmak elde edilen sonuçları gerçek hayatın pratiklerinden uzaklaştırmış olacaktır. Bu bilgiye dayanarak, çalışmada kullanılan T parametresi için alt sınır olarak $T=0,3$ s değeri seçilmiştir.

Şahin [10] çalışmasında yaptığı analizler sonucunda T değerlerinin C_r değerleri üzerinde etkisinin azalmaya başladığı bölgenin $T=2$ s'den sonra başladığını gözlemlemiştir. T üst sınırı seçilirken bu bilgidен yararlanılmıştır. T değeri emniyetli tarafta kalınarak 3s olarak seçilmiştir.

Alt ve üst sınır arasındaki T değerleri ise Şahin [10] çalışmasında gösterdiği şekilde, kısa periyot bölgelerindeki C_r değerlerinin değişiminin daha fazla olduğu bilgisine dayanarak kısa periyot aralığında daha sık seçilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan T değerleri Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Çalışmada yapılan analizlerde dikkate alınan titreşim periyodu değerleri

T(s)	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

4.5. Basit Darbe Fonksiyonlarının Tanımlanması

Bu bölümde, çalışmada yer hareketlerini temsil etmek üzere kullanılan basit darbe fonksiyonlarının özellikleri ve bu darbe fonksiyonlarının tanımlanması hakkında bilgi verilmiştir.

Faya yakın sahalarda meydana gelen yer hareketlerinin basitleştirilmiş hız darbesi içeren fonksiyonlarla tam olarak temsil edilebileceğini beklemek gerçekçi değildir. Çünkü faya yakın sahalardan elde edilen zamana bağlı yer hareketi kayıtları, fay sisteminin çevresinde ki zemin özelliklerinden, fayın kırılma mekanizmalarından ve kırılmanın yönünden önemli ölçüde etkilenirler. Gerçek depremlerden elde edilen yer hareketi kayıtları yüksek frekanslı bileşenlerin yanı sıra birkaç adet farklı büyüklükte hız tepe noktası içerebilirler [15].

Bu sebeple, gerçek kayıt çok basit olmadıkça basitleştirilmiş fonksiyonların gerçek kayıtlarla tam olarak örtüşmesi mümkün olmaz [15]. Gerçek yer hareketlerinin etkisini parametrik olarak görmek için bazı daha karmaşık fonksiyonlar kullanılabilir. Ancak bu fonksiyonlar da yukarda sayılan kısıtlamalara tabi olacaktır. Öte yandan bu çalışmadaki gibi, gerçek kayıtların incelenen sonuçlar üzerindeki doğrudan etkisi yerine, yer hareketinin bazı bileşenlerindeki değişimin etkisi incelendiğinde bu basit darbe fonksiyonları oldukça kullanışlı hale gelir. Kunnath ve Kalkan [15] bu basit darbe fonksiyonlarının hız darbesi özelliklerindeki değişimin incelenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ayrıca Alavi ve Krankwinkler [34], Sasani ve Bertero [38] yaptıkları çalışmalar sonucunda, sınırlamalar dahilinde faya yakın yer hareketlerine maruz kalan yapıların önemli olan davranış özelliklerini yakalamak için basit darbe fonksiyonlarının kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Gerçek kayıtlarda görülen karmaşık etkileri hesaba katmadan, sadece deprem parametrelerinin yapı üzerinde ki etkisini net olarak görmek için bu çalışmada gerçek deprem kayıtları yerine basit ivme fonksiyonları kullanılmıştır.

Yer hareketi kayıtlarının hız-zaman grafiklerinde hız darbesi ortaya çıkmasına yol açan bu basit ivme fonksiyonları oluşturulurken, hız darbelerinin özelliği olan hız darbesi periyodu, T_p , ve hız darbesi genliklerinin, V_p , birleşimi dikkate alınmıştır. Aşağıda verilen tabloda (Tablo 4.4) basit darbe fonksiyonlarının elde edilmesinde kullanılan T_p ve V_p çiftlerinin değerleri verilmiştir.

Tablo 4.4. Basit darbe fonksiyonlarının oluşturulmasında kullanılan T_p ve V_p çiftleri

T_p (saniye)	V_p (cm/saniye)
0,4	20,0
0,4	80,0
0,4	150,0

Tablo 4.4 (Devamı)

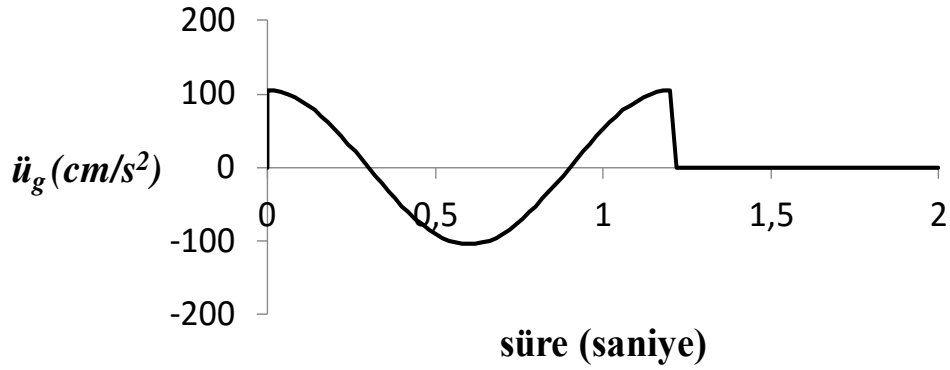
0,8	20,0
0,8	80,0
0,8	150,0
1,0	20,0
1,0	80,0
1,0	150,0
1,2	20,0
1,2	80,0
1,2	150,0
1,8	20,0
1,8	80,0
1,8	150,0
2,4	20,0
2,4	80,0
2,4	150,0
3,0	20,0
3,0	80,0
3,0	150,0
3,6	20,0
3,6	80,0
3,6	150,0
4,2	20,0
4,2	80,0
4,2	150,0
4,8	20,0
4,8	80,0
4,8	150,0
5,4	20,0
5,4	80,0
5,4	150,0
6,0	20,0
6,0	80,0
6,0	150,0

Yer hareketi kayıtlarının hız - zaman grafiklerinde hız darbesi ortaya çıkmasına yol açan basit ivme fonksiyonlarını oluşturmak için aşağıdaki denklem (Denklem 4.5) kullanılmıştır.

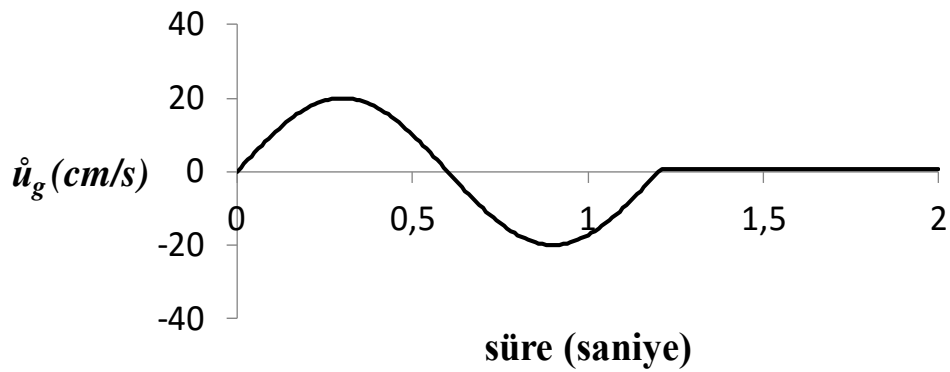
$$\ddot{u}_g(t) = \omega_p v_p \cos(\omega_p t); \quad 0 \leq t \leq T_p \quad (4.5)$$

Denklem 4.5' de $\ddot{u}_g(t)$ yer hareketini ivmesini, ω_p hız darbesinin frekansını, v_p hız darbesinin genliğini, t zamanı, T_p ise hız darbesinin periyodunu temsil etmektedir.

Şekil 4.1' de bir basit darbe fonksiyonunun ivme kaydı örneği görülmektedir. Şekil 4.2' de ise şekil 4.1'de verilen kayıt kullanılarak elde edilen ve genliği 20 cm/s, periyodu ise 1,2 s olan hız- zaman grafiği görülmektedir.



Şekil 4.1. $V_p=20$ cm/s, $T_p=1,2$ s için elde edilen ivme zaman grafiği



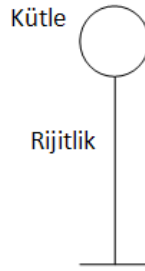
Şekil 4.2. $V_p=20$ cm/s, $T_p=1,2$ s için elde edilen hız- zaman grafiği

4.6. Çalışmada Kullanılan Model

Bu bölümde kalıntı deplasman değerleri üzerinde hız darbesinin etkilerini incelemek için kullanılan yapısal model hakkında bilgi verilmiştir.

Kalıntı deplasmanlar incelerken, geniş bir yelpaze içinde değişebilecek yapı özelliklerini mümkün olduğunca dışarda tutmak için tek serbestlik dereceli sistemleri kullanarak analiz yapmak oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Örneğin detaylı ve çok serbestlik dereceli sistemlere ait modelleri kullanmak beraberinde istenmeyen ve sonucu değiştirerek, irdelenen parametrelerin etkilerinin net olarak ortaya çıkmasını engelleyebilecek plastik mekanizmalar oluşmasını sağlayabilir. Bu istenmeyen plastik mekanizmalara örnek olarak; yumuşak kat, zayıf kat, ikinci mertebe etkileri, kısa kolon gibi sebeplerle ortaya çıkabilen plastikleşmeler gösterilebilir.

Bu sebeple literatürdeki çalışmalardan birçoğunda, parametrik analizler yapılırken tek serbestlik dereceli sistemlerin kullanıldığı görülmektedir. Şekil 4.3’de bu çalışmada da kullanılan TSD sistemleri temsil eden bir çizim sunulmuştur.



Şekil 4.3. TSD sistem modeli

Çalışmada kullanılan TSD sistemin deprem yükleri altındaki davranışını temsil etmek üzere Takeda modeli kullanılmıştır [44]. Takeda modeli, DOZTA analizleri yapılırken betonarme elemanların doğrusal olmayan eğilme özelliklerini temsil eden bir modeldir. İlki ve Kumbasar [45] yaptıkları çalışmada Takeda Modeli'nin histeretik modeller arasında betonarme elemanların doğrusal olmayan eğilme davranışlarını temsil etmede, diğer modellere göre daha çok tercih edilen bir model olduğunu söylemişlerdir.

Bu çalışma kapsamında, toplam 3 adet V_p ve 12 adet T_p değeri ile 36 adet basit darbe fonksiyonu tanımlanmıştır. Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi 11 adet T değeri ve 3 adet R değeri seçilmiştir, sonuç olarak Takeda modeline ait 1188 (36x11x3) zarf eğrisi çizdirilmiştir ve Takeda modeli kullanılarak sistemin çevrimsel yükler altındaki davranışı DOZTA analizler ile elde edilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

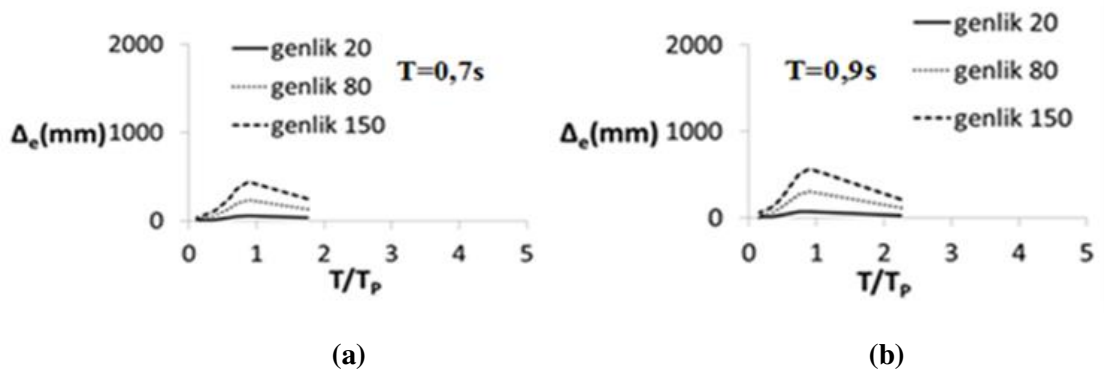
Bu bölümde DOZTA analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Sonuçlar elastik deplasmanlar (Δ_e), kalıntı deplasmanlar (Δ_r) ve kalıntı deplasman oranları (C_r) cinsinden verilmiştir. Bu değerlerin; (i) yapı periyodu, (ii) hız darbesinin periyodu, (iii) hız darbesinin genliği, (iv) yapı periyodu / darbe periyodu ve (v) yanal dayanım oranı değerleri ile değişimi incelenmiştir. Elde edilen grafikler kullanılarak analizi yapılan sistemlerin davranışları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

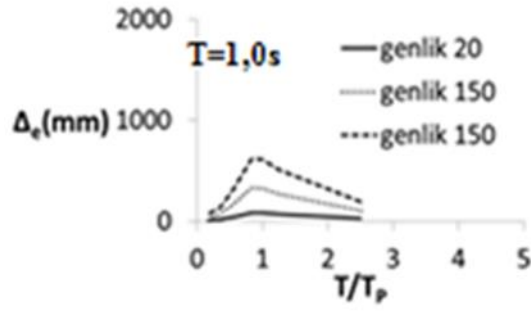
5.1. Elastik Deplasman Değerlerinin Çeşitli Deprem Parametreleri ile Değişimi

TSD sistemlerin elastik deplasmanlarının; (i) yapı periyodu / darbe periyodu (T/T_p), (ii) hız darbesinin genliği (V_p) ile değişimleri yapılan analizler sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir.

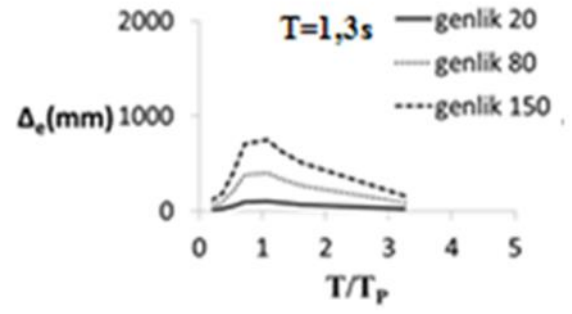
5.1.1. Elastik Deplasman Değerlerinin Yapı Periyodu / Darbe Periyodu ile Değişimi

Bu bölümde TSD sistemler üzerinde yapılan doğrusal elastik analizlerden elde edilen elastik deplasman taleplerinin yapının temel titreşim periyodunun depremin hız darbesi periyoduna oranı ile nasıl değiştiği incelenmiştir. Aşağıda verilen şekilde TSD sistemlerin elastik deplasmanlarının, yapı periyodu / darbe periyodu (T/T_p) ile değişimleri incelenmiştir. Şekil 5.1'de verilen grafiklerde çalışma kapsamında kullanılan her bir T değeri için elde edilen $T/T_p - \Delta_e$ ilişkisi ayrı ayrı sunulmuştur.

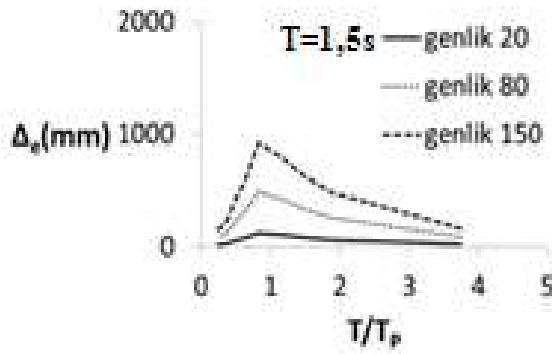




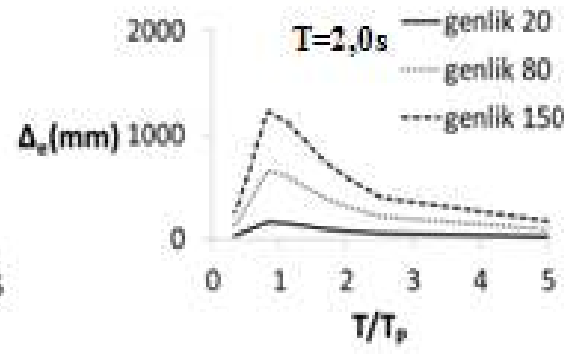
(c)



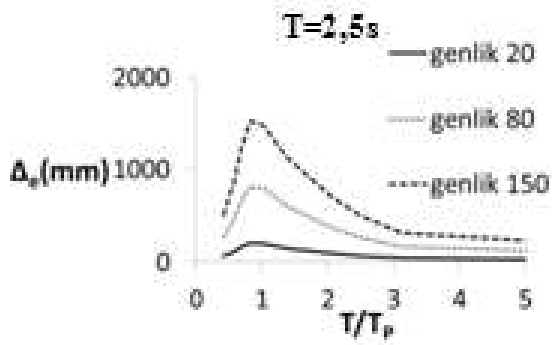
(d)



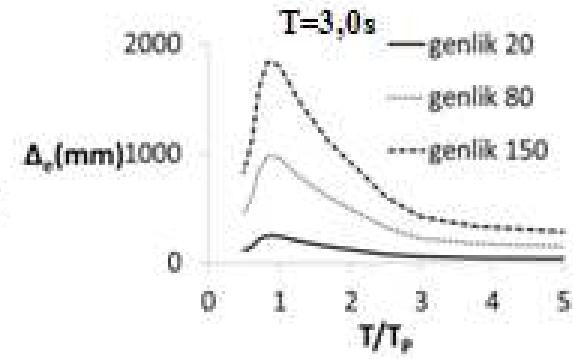
(e)



(f)



(g)



(h)

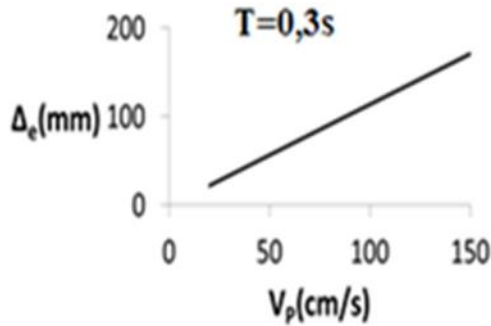
Şekil 5.1. Δ_e değerlerinin T/T_p ve genlik değerleri ile değişimleri çalışmada kullanılan her bir yapı periyodu için sunumu; (a) $T=0,7$, (b) $T=0,9$, (c) $T=1,0$, (d) $T=1,3$, (e) $T=1,5$, (f) $T=2,0$, (g) $T=2,5$, (h) $T=3,0$

TSD sistemler için farklı hız darbesi genliklerinde elde edilen Δ_e değerleri üzerinde T/T_p oranının etkili olduğu görülmektedir. Elde edilen şekiller incelendiğinde T/T_p değeri 1'e yaklaştıkça Δ_e 'nin en büyük değerlerini aldığı görülmektedir. Yapı periyodu ile hız darbesi periyodunun eşleşmesi yapının rezonansa girdiğini göstermektedir.

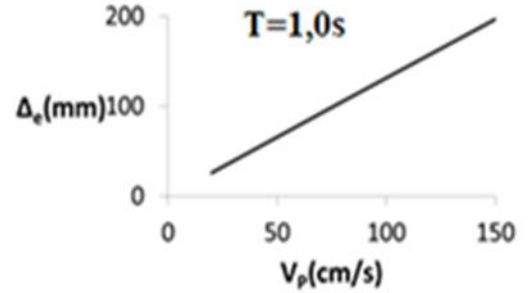
T/T_p oranı 1'den uzaklaştıkça Δ_e değerindeki azalmanın T değerlerine bağlı olarak belirli bir noktaya kadar devam ettiği, sonra sabit kaldığı görülmektedir. Ayrıca çalışmada kullanılan 3 adet farklı genlikteki basit darbe fonksiyonu kendi aralarında kıyaslandığında Δ_e - T/T_p ilişkilerinde V_p değeri büyüdükçe, tüm T/T_p aralığı boyunca Δ_e değerlerinin büyüdüğü görülmektedir.

5.1.2. Elastik Deplasman Değerlerinin Darbe Genliğiyle Değişimi

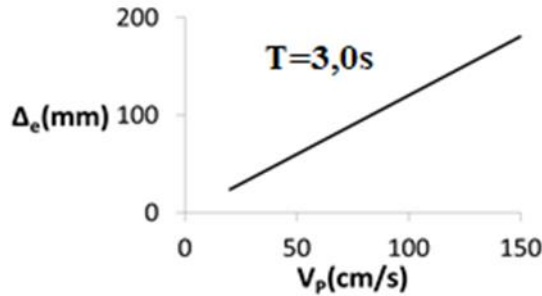
Bu bölümde elastik deplasman değerinin darbe genliği ile değişimi incelenmiştir. Şekil 5.2'de çeşitli periyot (kısa, orta ve uzun) değerleri için elastik deplasman değerlerindeki değişim darbe genliğinin bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Şekil 5.2'de verilen grafikler elde edilirken $T_p=0,4$ alınmıştır. Grafiklerden elde edilen sonuçlar bütün durumlarda benzer olduğu için diğer T_p ve T değerleri için ayrıca şekil verilmemiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.2. Δ_e değerlerinin darbe genliği ile değişimleri çalışmada kullanılan kısa, orta ve uzun periyotlu sistemler için sunumu (a) $T=0,3s$, (b) $T=1,0s$, (c) $T=3,0s$

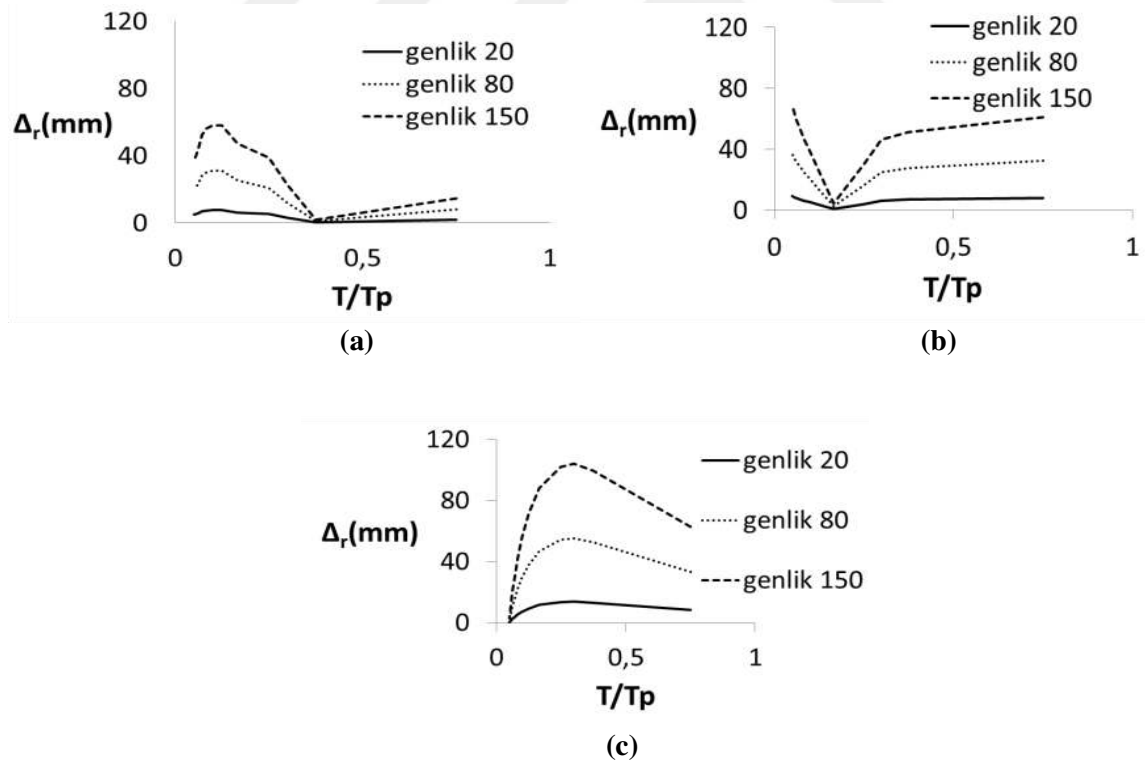
Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda V_P değerlerinin Δ_e değerlerini etkilediği Şekil 5.2’de görülmektedir. İlgili şekil incelendiğinde V_P değerlerinin artmasıyla Δ_e değerlerinin doğrusal olarak arttığı gözlenmiştir.

5.2. Kalıntı Deplasman Değerlerinin Çeşitli Deprem Parametreleri ile Değişimi

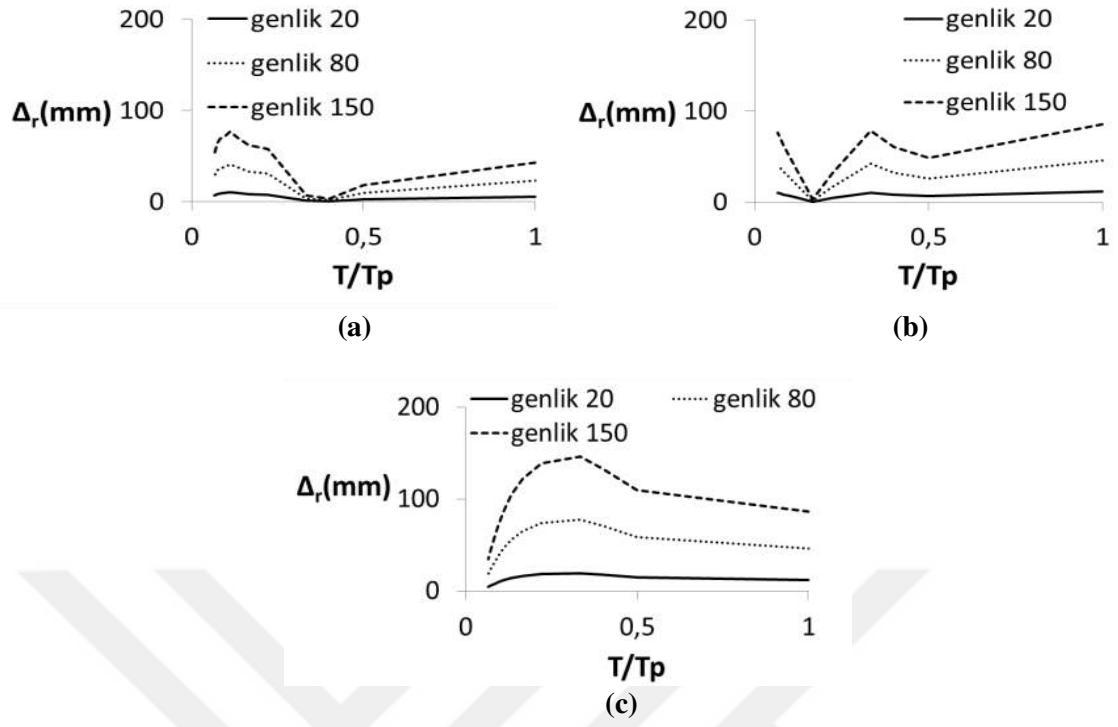
Bu bölümde kalıntı deplasman değerlerinin; (i) yapı periyodu / darbe periyodu (T/T_P), (ii) hız darbesinin genliği (V_P), (iii) yanal dayanım oranı (R) ile değişimleri yapılan DOZTA analizler sonucu elde edilen şekiller incelenerek değerlendirilmiştir.

5.2.1. Kalıntı Deplasman Değerlerinin T/T_P ve R değerleri ile Değişimi

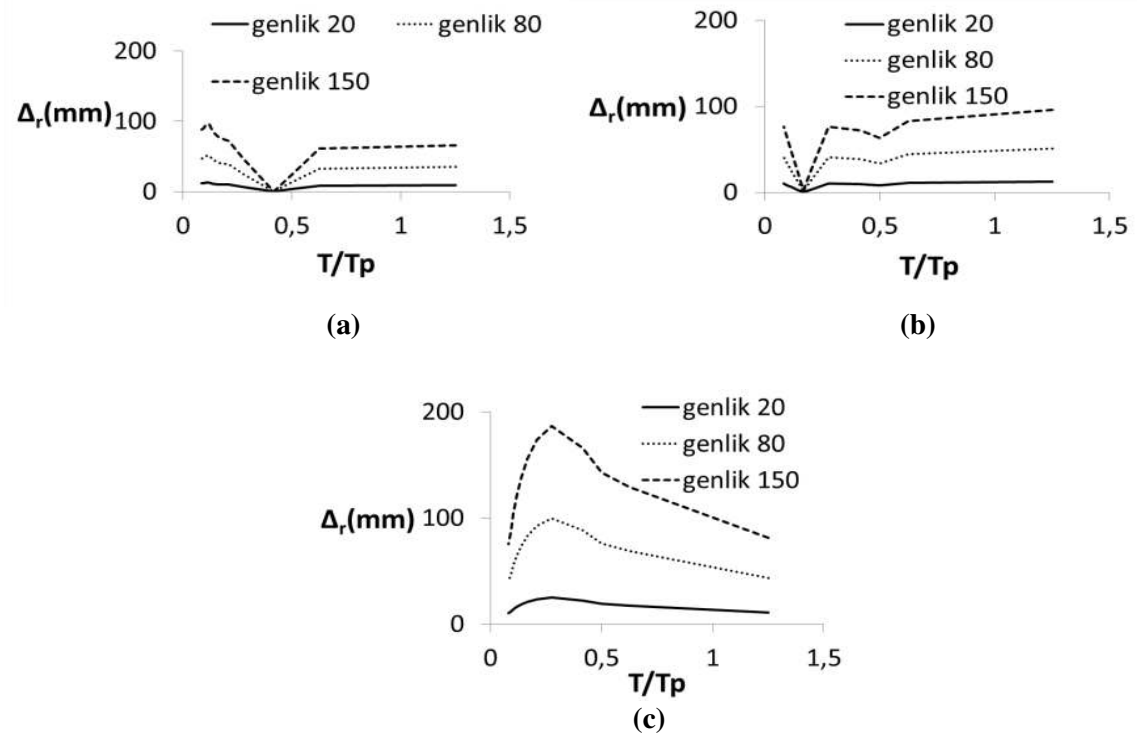
Aşağıda verilen şekillerde (Şekil 5.3-5.13) TSD sistemler için kalıntı deplasmanların, T/T_P değerleri ile değişimi yapıya ait bir özellik olan farklı yanal dayanım oranları (R) ile beraber incelenmiştir.



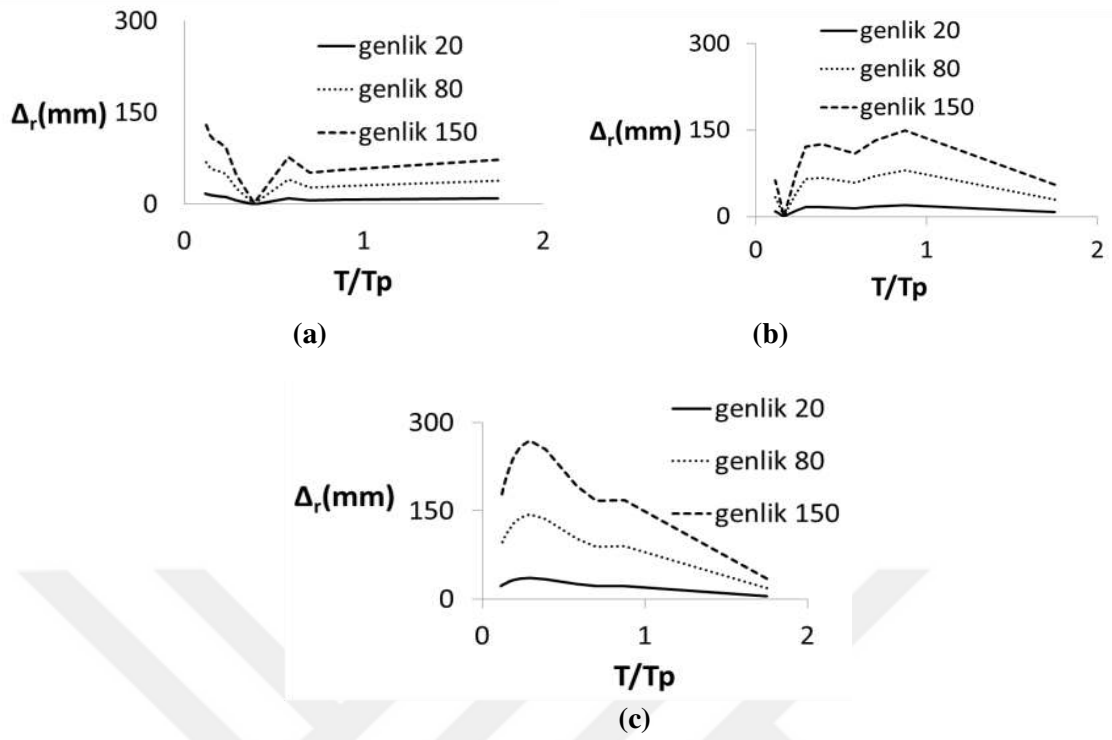
Şekil 5.3. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_P ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



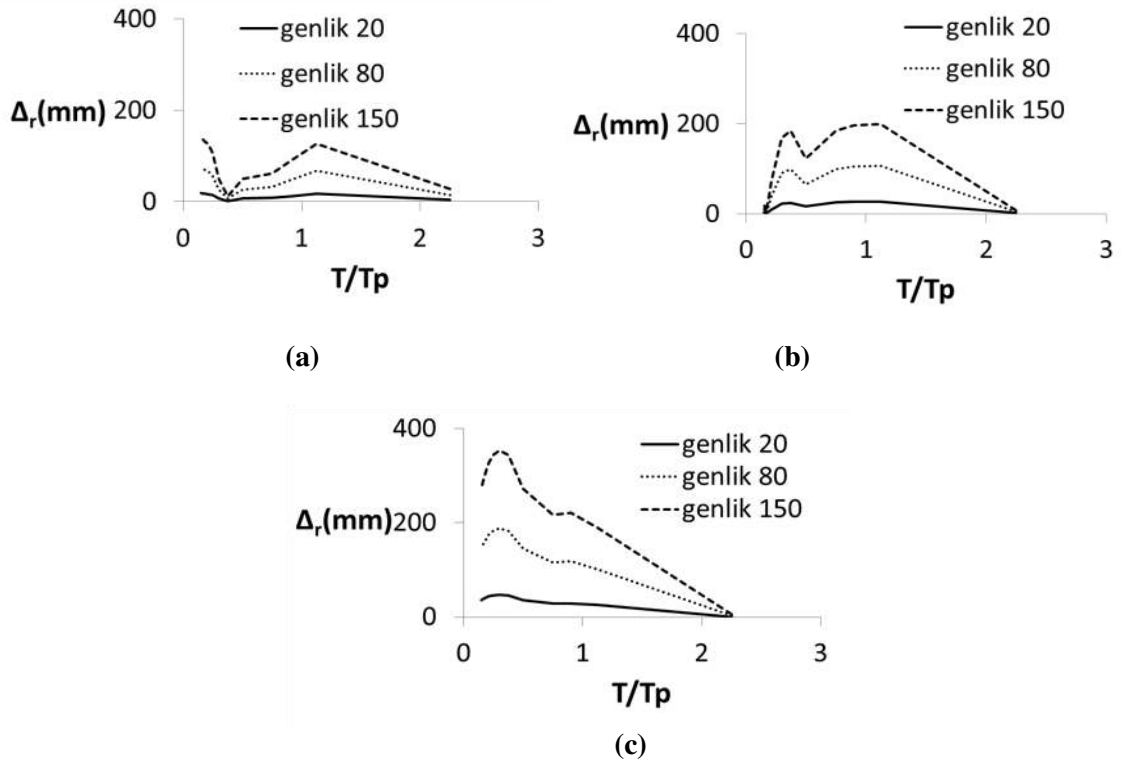
Şekil 5.4. $T=0,4$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



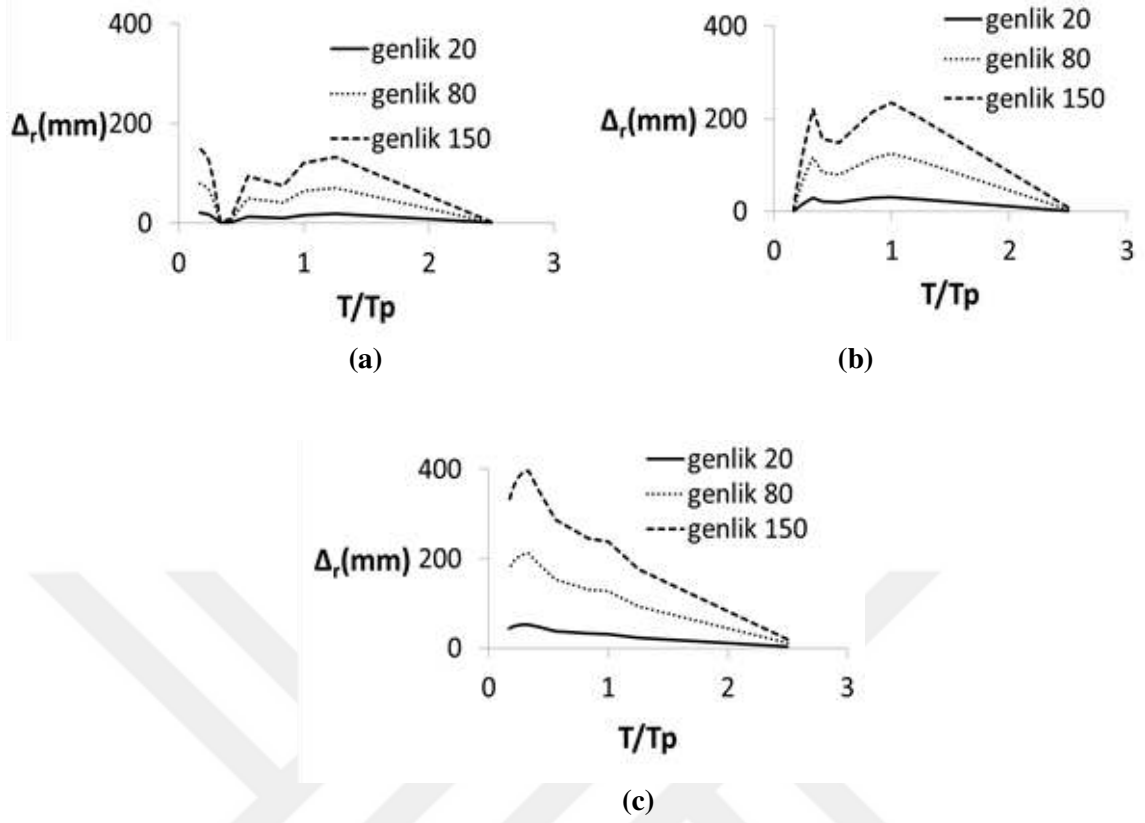
Şekil 5.5. $T=0,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



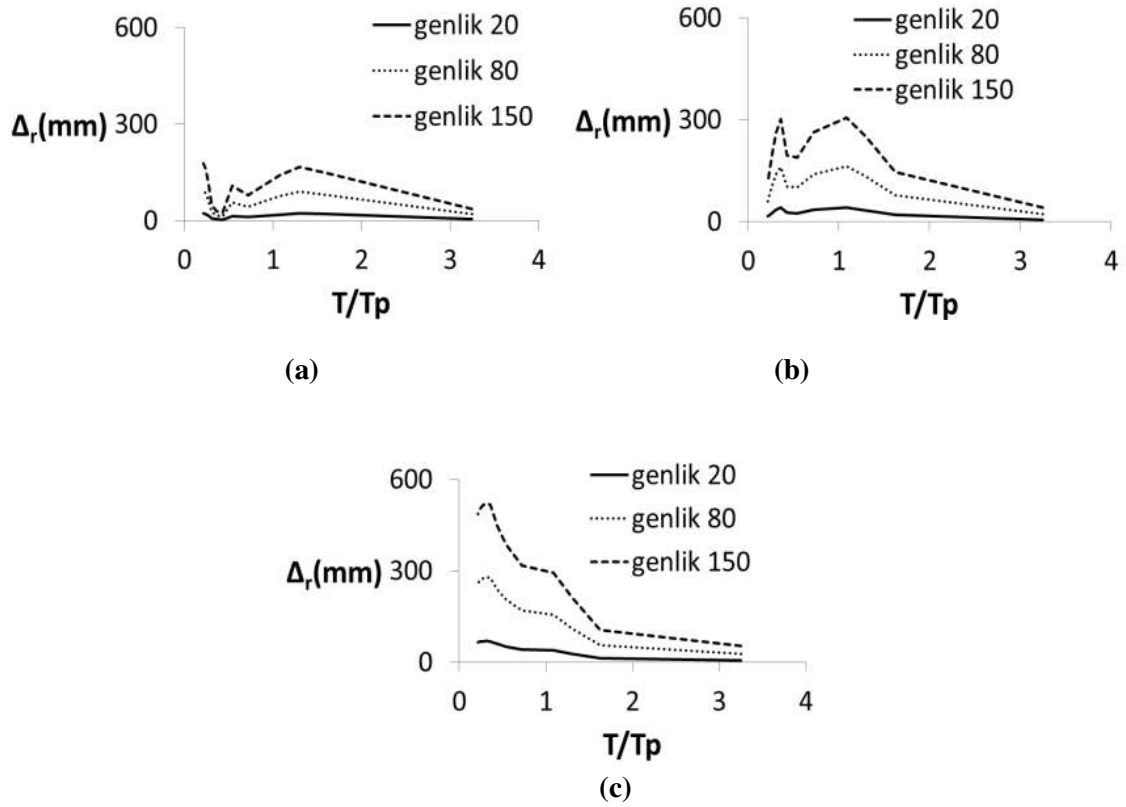
Şekil 5.6. $T=0,7$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



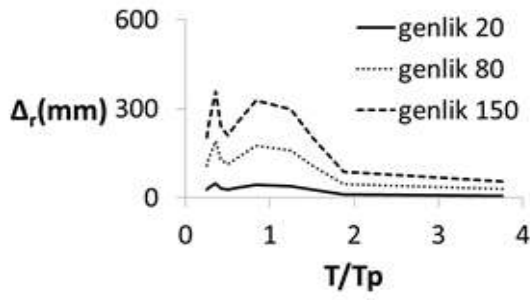
Şekil 5.7. $T=0,9$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



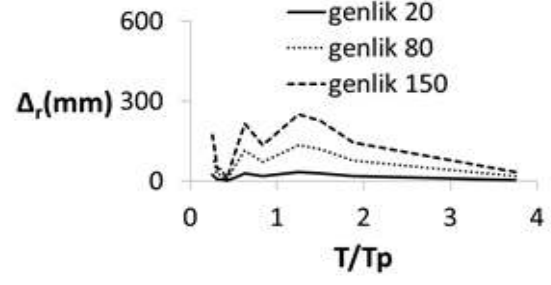
Şekil 5.8. $T=1$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



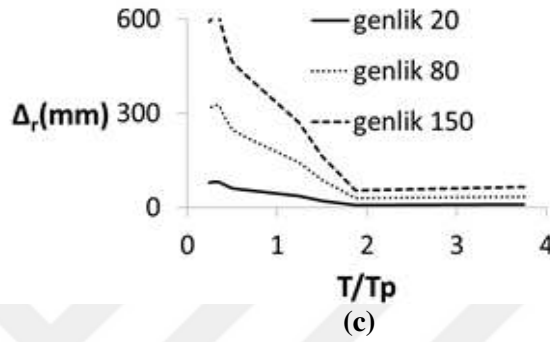
Şekil 5.9. $T=1,3$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



(a)

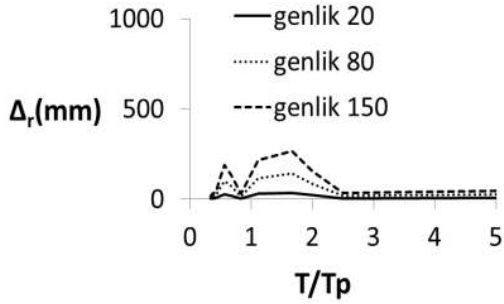


(b)

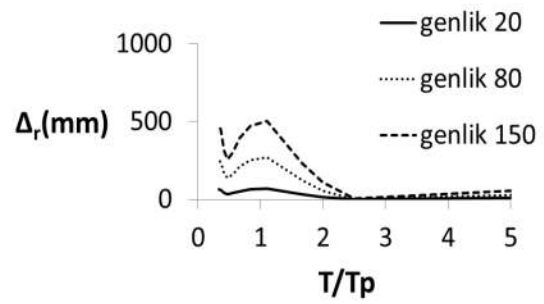


(c)

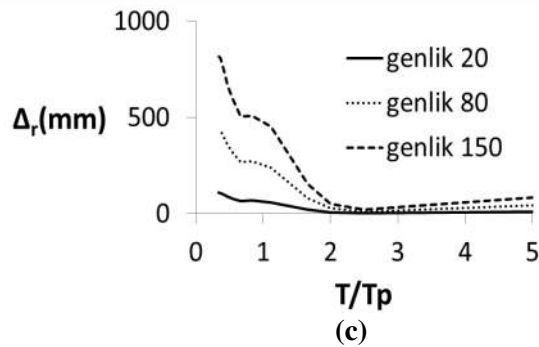
Şekil 5.10. $T=1,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



(a)

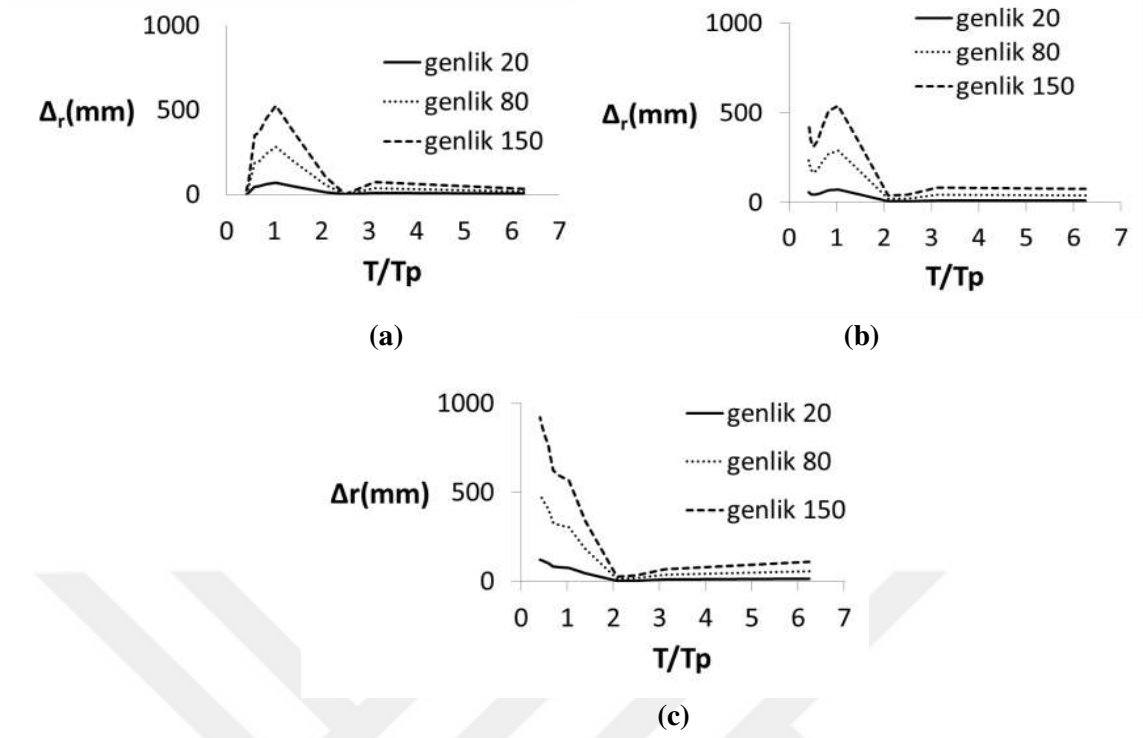


(b)

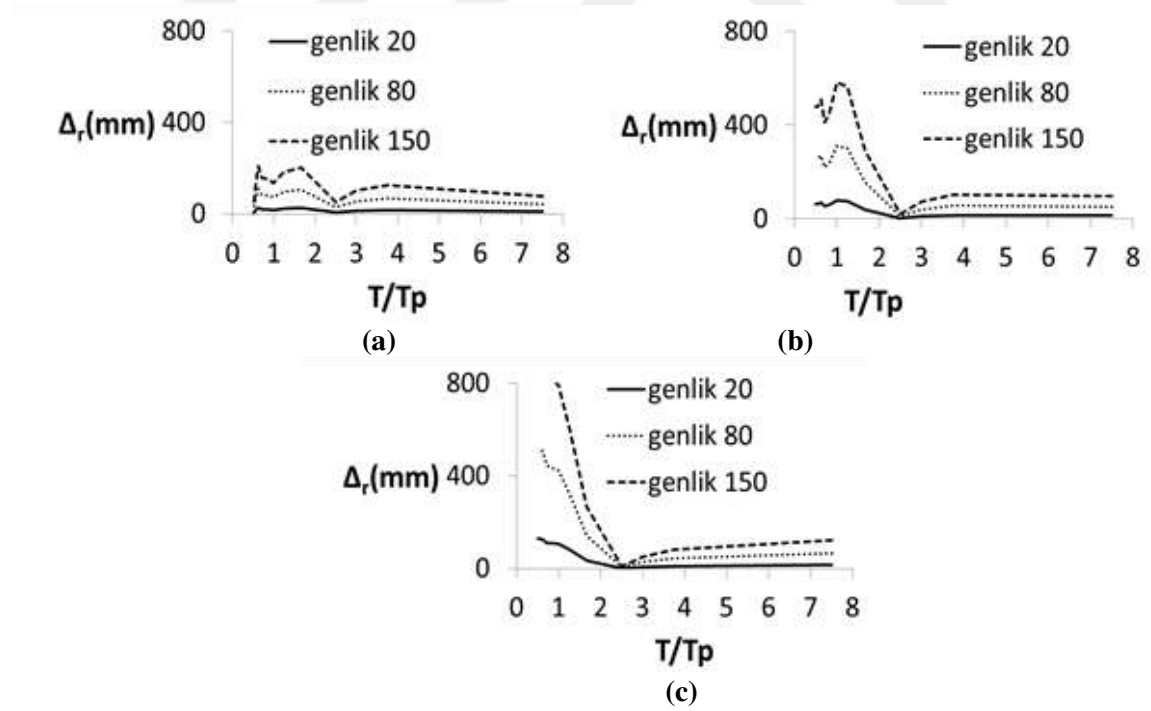


(c)

Şekil 5.11. $T=2$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.12. $T=2,5$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.13. $T=3,0$ saniye için kalıntı deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

Şekil 5.3-5.13 incelendiği zaman, TSD sistemler için T/T_p değişiminin Δ_r değerleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu çalışmada T/T_p değerlerinin Δ_r değerleri üzerindeki etkileri araştırılırken her bir yapısal periyot değeri (T) ve çalışma kapsamında kullanılan her bir R değeri ayrı ayrı incelenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan analizlerden elde edilen analiz sonuçlarını gösteren şekillerde görüldüğü gibi (Şekil 5.3a-5.9a) görece olarak kuvvetli yapılarda ($R=2$), $T=1,5$ s' den küçük olan sistemlerde genellikle $T/T_p=0,4$ değeri etrafında kalıntı deplasmanların sıfıra yaklaştığı görülmüştür. Kuvvetli yapılarda ($R=2$) daha uzun periyot bölgelerindeki yapılarda ($T>1,5$ s) $T/T_p=2,5$ ve $T/T_p=0,4$ değeri etrafında kalıntı deplasmanların sıfıra yaklaştığı görülmüştür. Bunun yanında, V_p değeri arttıkça kalıntı deplasman değerinin arttığı görülmüştür. $R=2$ olan TSD sistemlerde kalıntı deplasmanların sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 5.1) verilmiştir.

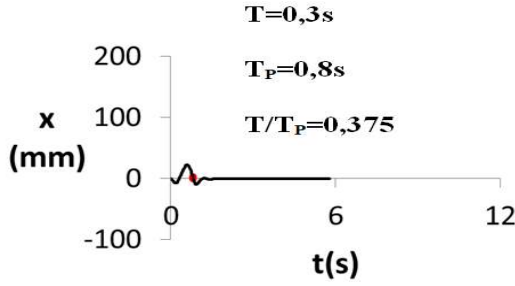
Tablo 5.1. $R=2$ için Kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri

T (s)	$V_p=20$ cm/s	$V_p=80$ cm/s	$V_p=150$ cm/s
0,3	0,375	0,375	0,375
0,4	0,400	0,400	0,400
0,5	0,417	0,417	0,417
0,7	0,389	0,389	0,389
0,9	0,375	0,375	0,375
1,0	0,333	0,333	0,333
1,3	0,433	0,433	0,433
1,5	0,417	0,417	0,417
2,0	0,333-0,833-2,5	0,333-0,833-2,5	0,333-0,833-2,5
2,5	0,417-2,5	0,417-2,5	0,417-2,5
3,0	0,5-2,5	0,5-2,5	0,5-2,5

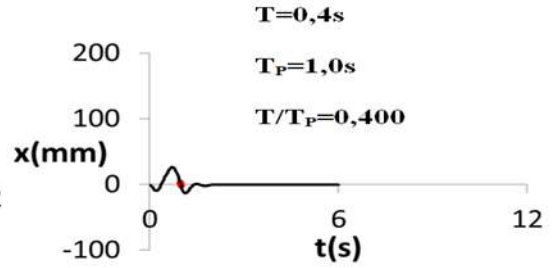
$R=2$ için kısa periyotlu yapılarda (Şekil 5.3a-5.6a) T/T_p değerlerinin minimum olduğu başlangıç değerinde Δ_r değerlerinin büyük olduğu görülmektedir. T/T_p değerlerinin artmasıyla Δ_r değerlerinin yaklaşık T/T_p nin 0,4 değerine kadar azaldığı ve sıfıra yaklaştığı gözlenmiştir. Δ_r minimum değerinden sonra T/T_p oranının artmasına bağlı olarak arttığı görülmüştür.

Orta periyotlu yapılar da (Şekil 5.7a-5.10a) Δ_r değerlerinin minimum değerlerinden sonra yaklaşık T/T_p oranının 1-1,5 aralığına kadar Δ_r değerlerinin T/T_p artışı ile arttığı sonrasında T/T_p artışı ile Δ_r değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Yapı periyodu uzun olduğunda (Şekil 5.11a-5.13a) ise Δ_r sıfır değerine yaklaştıktan sonra T/T_p artışının Δ_r değerlerini belli bir noktadan sonra etkilemediği görülmüştür.

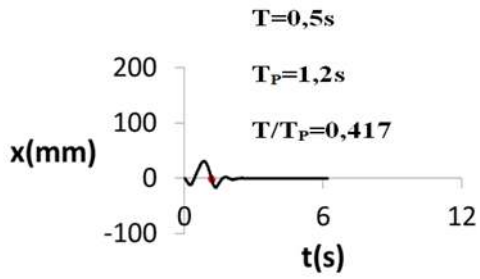
R=2 olan, TSD sistemler için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri için yer değiştirme (x)- zaman (t) grafikleri aşağıdaki şekilde (Şekil 5.14) verilmiştir.



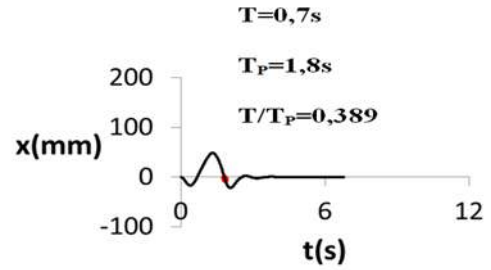
(a)



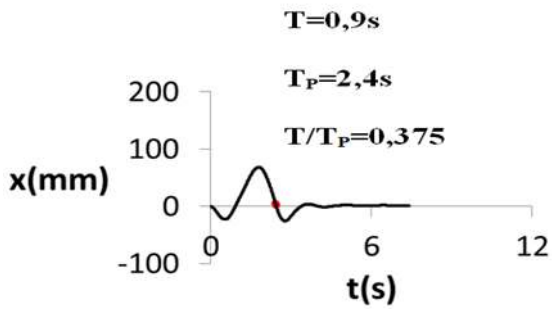
(b)



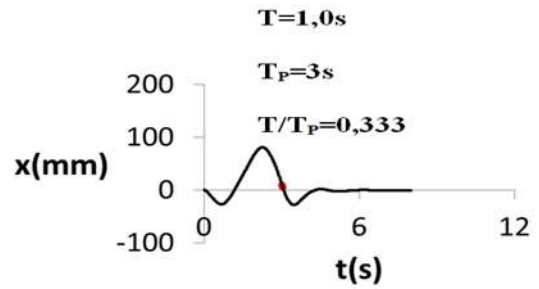
(c)



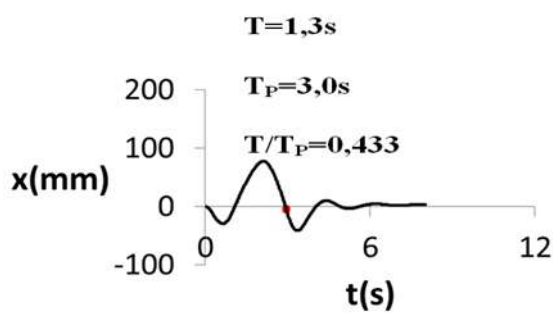
(d)



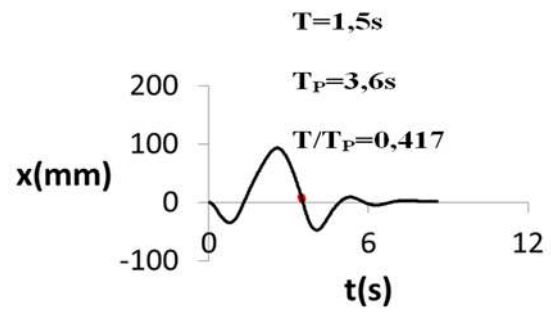
(e)



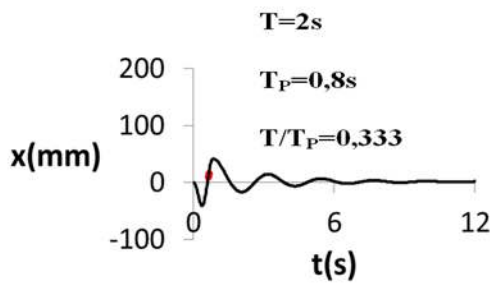
(f)



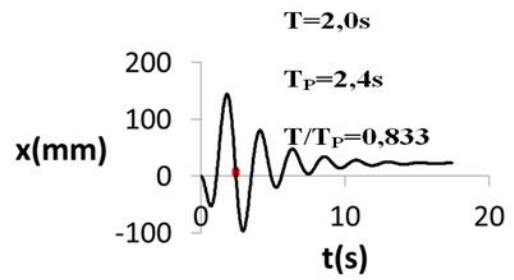
(g)



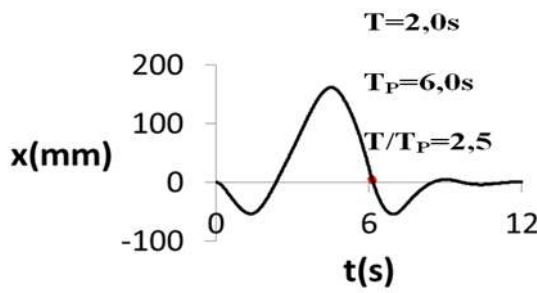
(h)



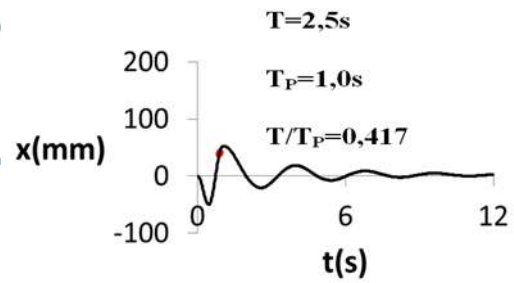
(i)



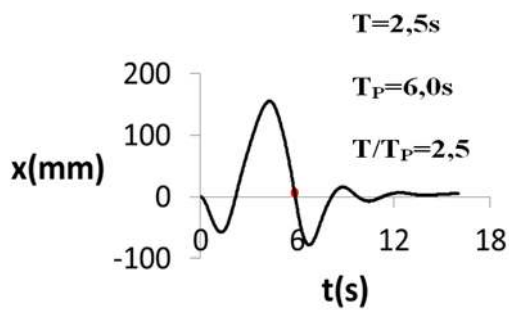
(j)



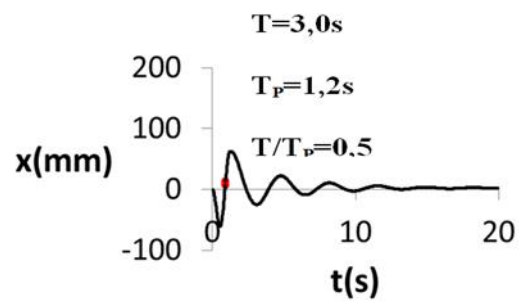
(k)



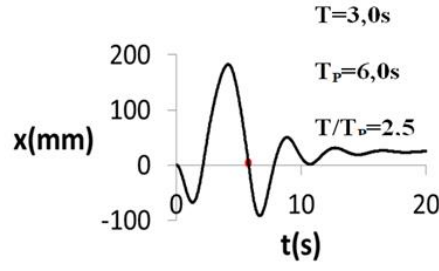
(l)



(m)



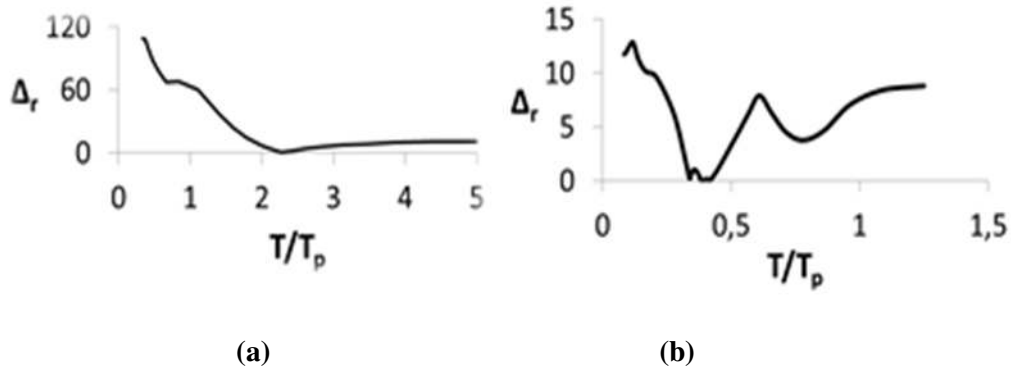
(n)



(o)

Şekil 5.14. TSD sistemlerde $R=2$ için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri için $x-t$ grafikleri

TSD sistemler de $R=2$ olan yapılar için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri Şekil 5.14 te verilmiştir. Şekil 5.14 incelendiğinde TSD sistemlere basit darbe fonksiyonları deprem yükü olarak uygulandığında yapının her iki yönde belli bir miktar yer değiştirdiği gözlenmiştir. Burada akılda tutulması gereken nokta, R değeri 1'den büyük olduğu için yapı kesinlikle en az bir yönde akma bölgesine geçmiştir. Deprem etkisinde titreşimine devam eden yapının, sonrasında ilk konumuna geri döndüğü, yer değiştirmenin ise sıfırlandığı şekilde görülmüştür. Akan bir yapının bu şekilde plastik deplasman yaptıktan sonra tekrar ilk konumuna dönmesi durumu gerçek deprem kayıtlarıyla analiz yapılan çalışmalarda da ortaya çıkmaktadır. Bazı çalışmalarda bu durumun rastgele veya deprem yükünün herhangi bir özelliğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada kullanılan basit darbe fonksiyonları karmaşık olmadığı için bu durumun daha net ortaya koyulmasına katkı sağlamıştır. Yapılan analizlerden görülmektedir ki akma sonrası yapının tekrar ilk konumuna dönüyor olması rastgele olmayabilir. Çünkü bu durumun hız darbesi genliğinden etkilenmeksizin sadece belli bazı T/T_p değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu duruma örnek olarak bu çalışma da $R=5$ ve $T=2$ s (Şekil 5.15a) ve $R=2$ ve $T=0,5$ s (Şekil 5.15b) için kalıntı deplasman değerinin sıfırlandığı $\Delta_r - T/T_p$ ilişkisi aşağıdaki şekilde verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 5.15. Δ_r değerinin sıfırlanması;(a) $T=2$ s, $R=5$ için, (b) $T=0,5$ s, $R=2$ için

Şekil 5.15' de Δ_r - T/T_p grafiğinde Δ_r değerinin T/T_p değerine bağlı olarak sıfırlandığı görülmüştür. Bu sistem için Δ_r değerinin sıfırlandığı T/T_p değerinin etrafında ki değerler için aralıklar sık tutularak analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Δ_r değerinin sıfırlanmasının bir anda olmadığı T/T_p artışı ile Δ_r değerlerinin azaldığı ve Δ_r 'nin sıfırlandığı görülmüştür. Uç veri olduğu veya depremin karakteristik özelliklerine bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülen bu çok düşük kalıntı deplasman değerleri bir parametreye bağlı olarak oluşuyor olabilir. Bu durumun ileride yapılacak kapsamlı analizlerle değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında DOZTA analizler yapılırken deprem yükü sona erdikten sonra TSD sistemin hareketinin sönümlenerek sona ermesi için yapılan DOZTA analizlerine 5s daha eklenmiştir. Ancak bazı TSD sistemlerin bu süre içerisinde hareketlerinin sona ermediği görülmüştür. Bu durumlarda analizlere yapının durmasına yetecek kadar süre verilmiştir ve analizler tekrar edilmiştir. Şekil 5.14 (ı-j-l-n-o) bu duruma örnektir. Ayrıca Şekiller üzerinde uygulanan deprem yüklerinin sona erdiği noktalar işaretlenmiştir (Şekil 5.14). Çalışma kapsamında, $R=2$ değeri için yer değiştirmenin sıfıra yaklaştığı TSD sistemlerde, uygulanan deprem yükü sona erdikten sonra yapıların durmasının çalışma kapsamında kullanılan T ve T_p değerlerine göre değiştiği görülmüştür. Çalışmada yapı periyodu kısa olan yapılarda (Şekil 5.14a-5.14f) T ve T_p değerlerinin artmasıyla yapıların durması için gereken sürenin arttığı görülmüştür. Şekil 5.14g- 5.14ı da ki yapılarda T ve T_p değerlerinin artmasının yapıların durması için gereken süreyi fazla etkilemediği gözlenmiştir. Uzun periyotlu olan yapılarda ise (Şekil 5.14j-5.14o) yapıların durması için gereken sürelerin arttığı ancak yapının durması ile T ve T_p değerleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmüştür.

TSD sistemlerde yapılan analizler sonucunda $R=3$ olan yapılarda da kalıntı deplasmanların bazı T/T_p değerlerinde sıfıra yakın olduğu görülmüştür. Kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 5.2) verilmiştir.

Tablo 5.2. R=3 için Kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri

T (s)	$V_p=20$ cm/s	$V_p=80$ cm/s	$V_p=150$ cm/s
0,3	0,167	0,167	0,167
0,4	0,167	0,167	0,167
0,5	0,167	0,167	0,167
0,7	0,167	0,167	0,167
0,9	0,167	0,167	0,167
1,0	0,167	0,167	0,167
1,3	3,25	3,25	3,25
1,5	3,75	3,75	3,75
2,0	2,5	2,5	2,5
2,5	2,5	2,5	2,5
3,0	2,5	2,5	2,5

R=3 olan kısa periyotlu yapılarda (Şekil 5.3b-5.5b) T/T_p oranının minimum olduğu değerlerde Δ_r değerlerinin büyük olduğu görülmüştür. T/T_p oranının artması ile Δ_r değerlerinin azaldığı ve T/T_p oranının 0,167 olduğu değerde Δ_r değerlerinin sıfıra yaklaştığı gözlenmiştir. Δ_r değerleri minimum değerlere ulaştıktan sonra T/T_p oranında ki artış ile Δ_r değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Orta periyotlu yapılarda (Şekil 5.6b-5.9b) yaklaşık olarak başlangıç değerleri olan T/T_p oranının 0,167 olan değerlerde Δ_r değerlerinin minimum olduğu gözlenmiştir. Δ_r değerlerinin minimum değerinden sonra T/T_p oranının artması ile Δ_r değerlerinin de arttığı ve Δ_r değerlerinin maksimum değerlere ulaştıkları gözlenmiştir. Uzun periyotlu yapılarda Şekil (5.10b-5.13b) ise T/T_p oranının düşük olduğu değerlerde Δ_r değişimlerinin fazla olduğu görülmüştür. T/T_p oranı arttıkça Δ_r değerlerinin minimum olduğu ve belli bir noktadan sonra T/T_p artışının Δ_r değerlerini etkilemediği gözlenmiştir.

R=5 olan yapılarda R=2 ve R=3 yapılarına benzer olarak kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra yakın olduğu T/T_p değerleri bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 5.3) kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra yakın olduğu T/T_p değerleri verilmiştir. Kalıntı deplasmanların sıfır olduğu T/T_p değerlerinin uzun periyotlu yapılarda oldukça büyük olduğu görülmektedir.

Tablo 5.3. R=5 için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p değerleri

T (s)	$V_p=20$ cm/s	$V_p=80$ cm/s	$V_p=150$ cm/s
0,3	0,05	0,05	0,05
0,4	0,067	-	-
0,5	-	-	-
0,7	1,75	1,75	1,75
0,9	2,25	2,25	2,25
1,0	2,5	2,5	2,5
1,3	3,25	3,25	3,25
1,5	1,875	1,875	1,875
2,0	2,5	2,5	2,5
2,5	2,083	2,083	2,083
3,0	2,5	2,5	2,5

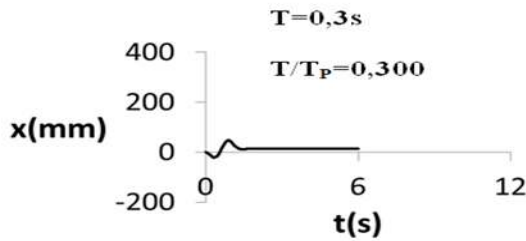
Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda R=5 olan yapılarda (Şekil 5.3c-5.13c) T/T_p oranının yaklaşık 0,4 değerinde Δ_r değerlerinin maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Δ_r değerleri maksimum değerlerine ulaştıktan sonra T/T_p oranının artması ile Δ_r değerlerinin azaldığı ve belli bir noktadan sonra T/T_p artışının ile Δ_r değerlerini etkilemediği görülmüştür. R=5 olan TSD sistemlerde kalıntı deplasmanların maksimuma en yakın olduğu T/T_p değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 5.4) verilmiştir.

Tablo 5.4. R=5 için kalıntı deplasman değerlerinin maksimum olduğu T/T_p değerleri

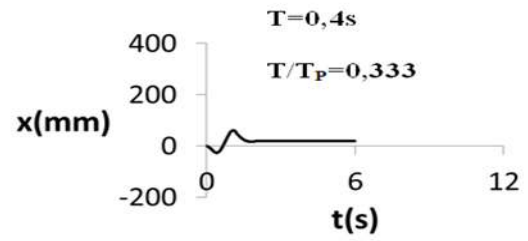
T (s)	$V_p=20$ cm/s	$V_p=80$ cm/s	$V_p=150$ cm/s
0,3	0,300	0,300	0,300
0,4	0,333	0,333	0,333
0,5	0,278	0,278	0,278
0,7	0,292	0,292	0,292
0,9	0,300	0,300	0,300
1,0	0,333	0,333	0,333
1,3	0,309	0,309	0,309
1,5	0,312	0,312	0,312
2,0	0,333	0,333	0,333
2,5	0,417	0,417	0,417
3,0	0,500	0,500	0,500

$R=5$ olan kısa periyotlu yapılarda (Şekil 5.3c-5.5c) Δ_r değerlerinin yaklaşık olarak T/T_P oranının 0,4 olduğu değerlere kadar arttığı ve bu noktalarda Δ_r değerlerinin maksimum değerlere ulaştığı gözlenmiştir. Δ_r değerlerinin maksimum değerlere ulaştıktan sonra T/T_P oranının artmasıyla Δ_r değerlerinin azaldığı yapılan analizlerde gözlenmiştir. Orta periyotlu yapılarda (Şekil 5.6c-5.8c) Δ_r değerlerinin maksimum değerlere ulaştıktan sonra T/T_P oranının artmasıyla Δ_r değerlerinin sıfıra yaklaştığı gözlenmiştir. Yapı periyodunun uzun olduğu (Şekil 5.9c-5.13c) yapılarda ise T/T_P oranının minimum olduğu değerlerde Δ_r değerlerinin maksimum olduğu görülmüştür. T/T_P oranının arttıkça Δ_r değerlerinin azaldığı ve minimum değerlerine ulaştığı görülmüştür. Δ_r minimum değerlerine ulaştıktan sonra T/T_P oranının artması ile Δ_r değerlerinin etkilenmediği görülmüştür.

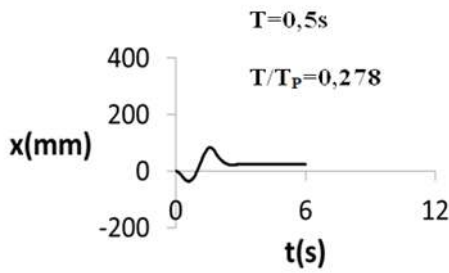
$R=5$ olan, TSD sistemler için kalıntı deplasman değerlerinin maksimum olduğu T/T_P değerleri ve T değerlerinin yer değiştirme (x)- zaman (t) grafikleri aşağıdaki şekilde (Şekil 5.16) verilmiştir.



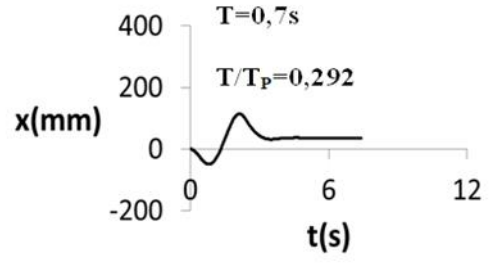
(a)



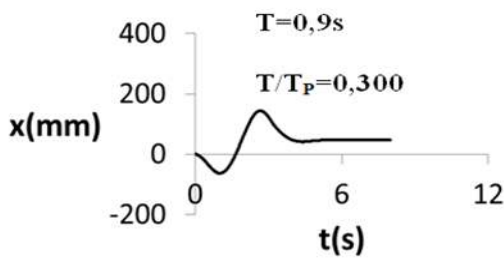
(b)



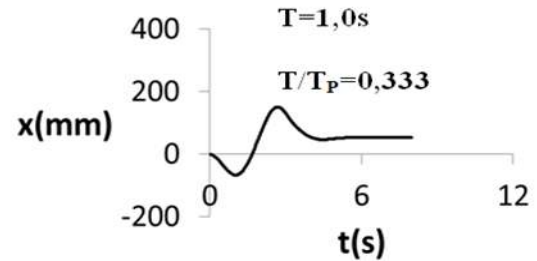
(c)



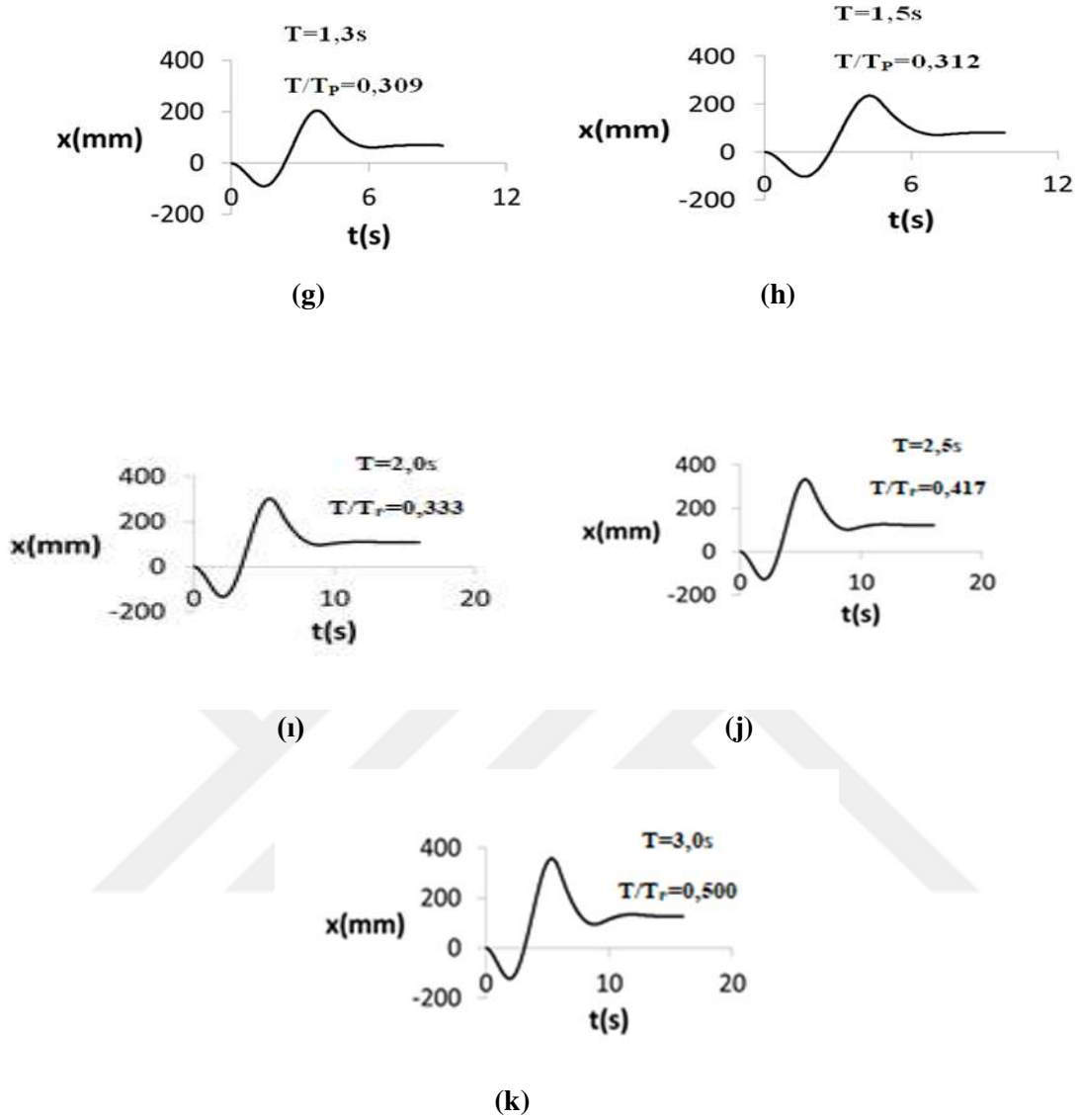
(d)



(e)



(f)



Şekil 5.16. TSD sistemlerde $R=5$ için kalıntı deplasman değerlerinin sıfıra en yakın olduğu T/T_p ve T değerleri için $x-t$ grafikleri

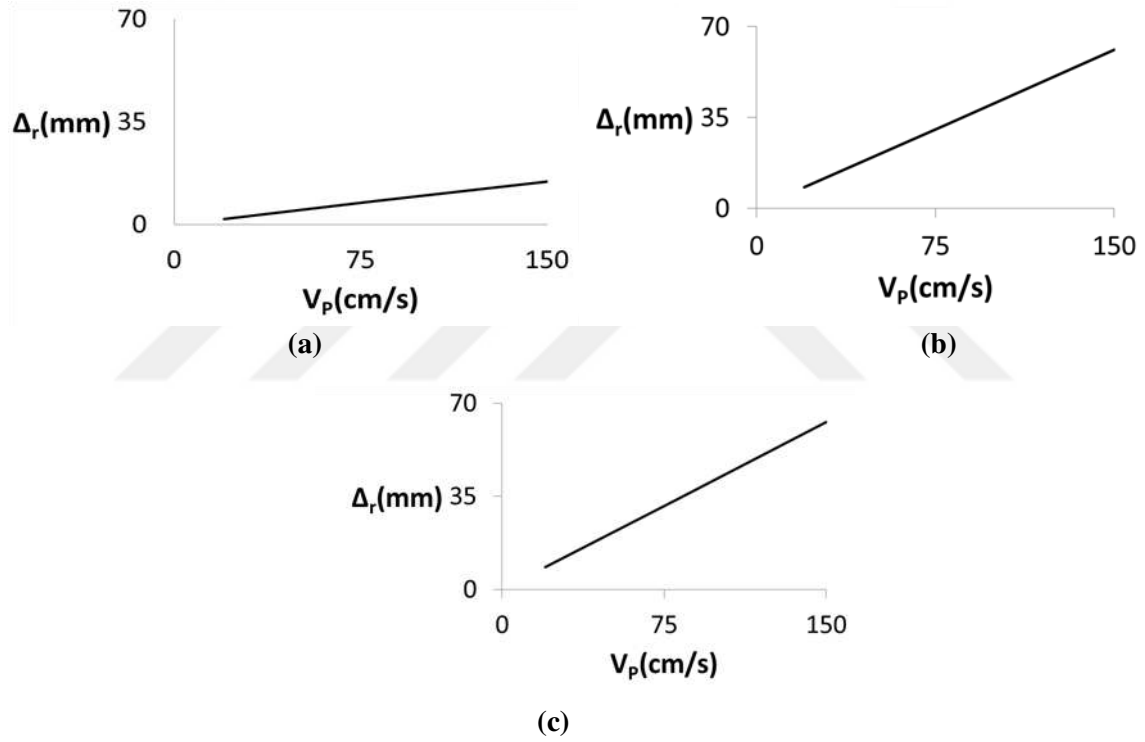
TSD sistemlerde $R=5$ olan yapılar için Δ_r değerlerinin maksimum olduğu T/T_p ve T değerleri şekilde (Şekil 5.16) verilmiştir. Şekil 5.16 incelendiğinde ilgili TSD sistemlere basit darbe fonksiyonları uygulandığında yapıların belli bir miktar yer değiştirdiği gözlenmiştir.

Çalışmada basit darbe fonksiyonlarının yapılar üzerindeki etkisi sona ermesine rağmen yapılarda kalıcı yer değiştirmelerin kaldığı görülmüştür. Yapılar üzerinde kalan bu kalıcı yer değiştirmelerin değerlerinin T değerlerinin artmasıyla arttığı yapılan çalışmada gözlenmiştir.

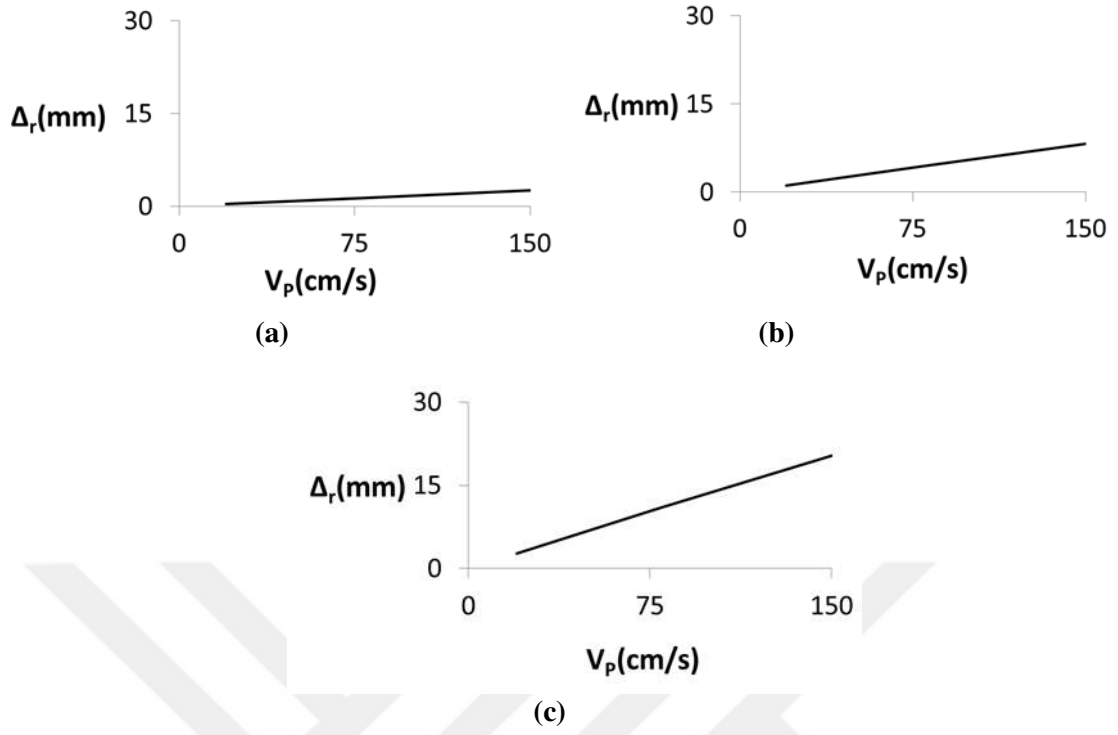
Yapılan çalışmalarda T/T_p , R ve T değerlerinin Δ_r değerlerini etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu parametrelerden T/T_p değerlerinin Δ_r üzerindeki etkisinin, T/T_p 'nin küçük olduğu zaman aralığında Δ_r değerlerini daha fazla etkilediği, T/T_p oranının büyük olduğu bölgelerde ise T/T_p oranının değişiminin Δ_r değerlerini çok fazla etkilemediği görülmüştür.

5.2.2. Kalıntı Deplasman Değerlerinin V_p Değerleri ile Değişimi

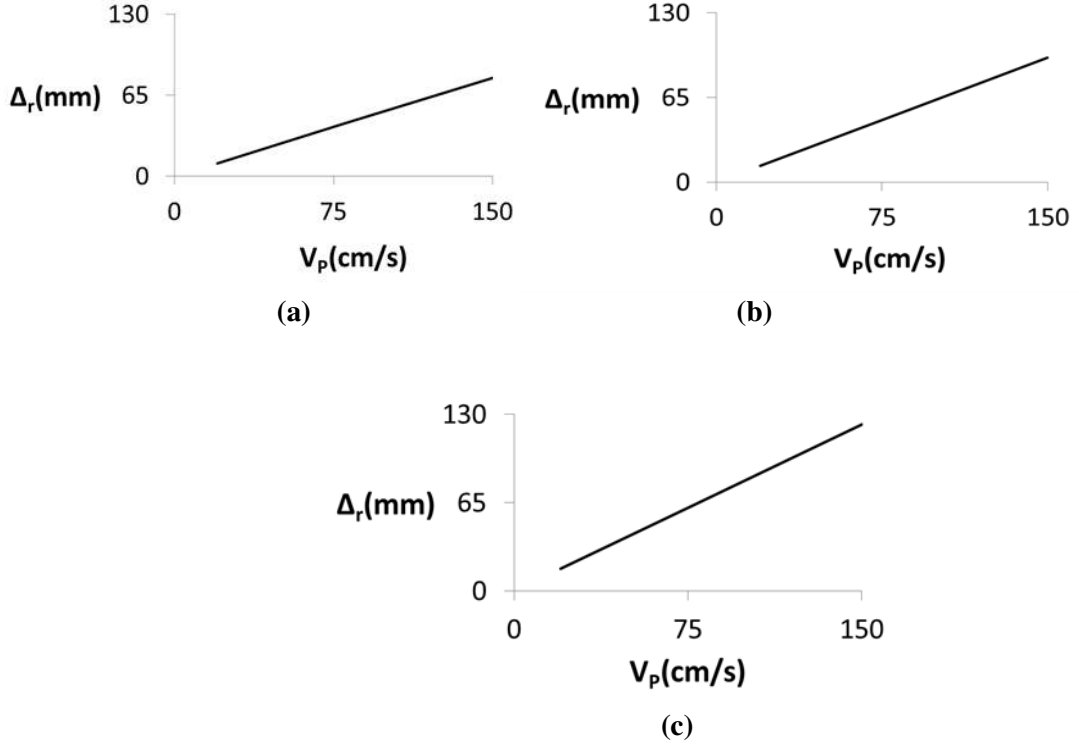
Bu bölümde hız darbesi genliğinin kalıntı deplasmanlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu etkiler incelenirken kısa, orta ve uzun periyotlara sahip yapılar için çeşitli yanal dayanım oranları ($R=2, 3$ ve 5) kullanılarak kalıntı deplasman değerlerinin bu değerlere bağlı değişimleri aşağıda verilen şekillerde (Şekil 5.17-Şekil 5.19) sunulmuştur. Şekiller çalışmada incelenen bütün R değerleri, yapısal periyodun, alt, üst ve orta değerleri ve $T_p=0,4s$ için verilmiştir. Burada sunulmayan parametrelere ait grafikler sunulanlara çok benzer olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.17. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.18. $T=1,0$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.19. $T=3$ saniye için kalıntı deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

TSD sistemler için V_P değerlerinin Δ_r değerlerini etkilediği verilen şekillerde (Şekil 5.17-Şekil 5.19) görülmektedir. Bu etkiler incelendiğinde V_P değerlerinin artışına bağlı olarak Δ_r değerlerinin doğrusal bir şekilde, incelenen bütün periyot değerleri için arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca her bir periyot değeri için R değerine bağlı değişimleri incelendiğinde R değerlerinin arttıkça yapının Δ_r değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Ancak çalışmada kalıntı deplasmanların sıfıra yaklaştığı değerlerde R değerleri ile Δ_r değerleri arasında böyle bir doğrusal ilişki söz konusu değildir.

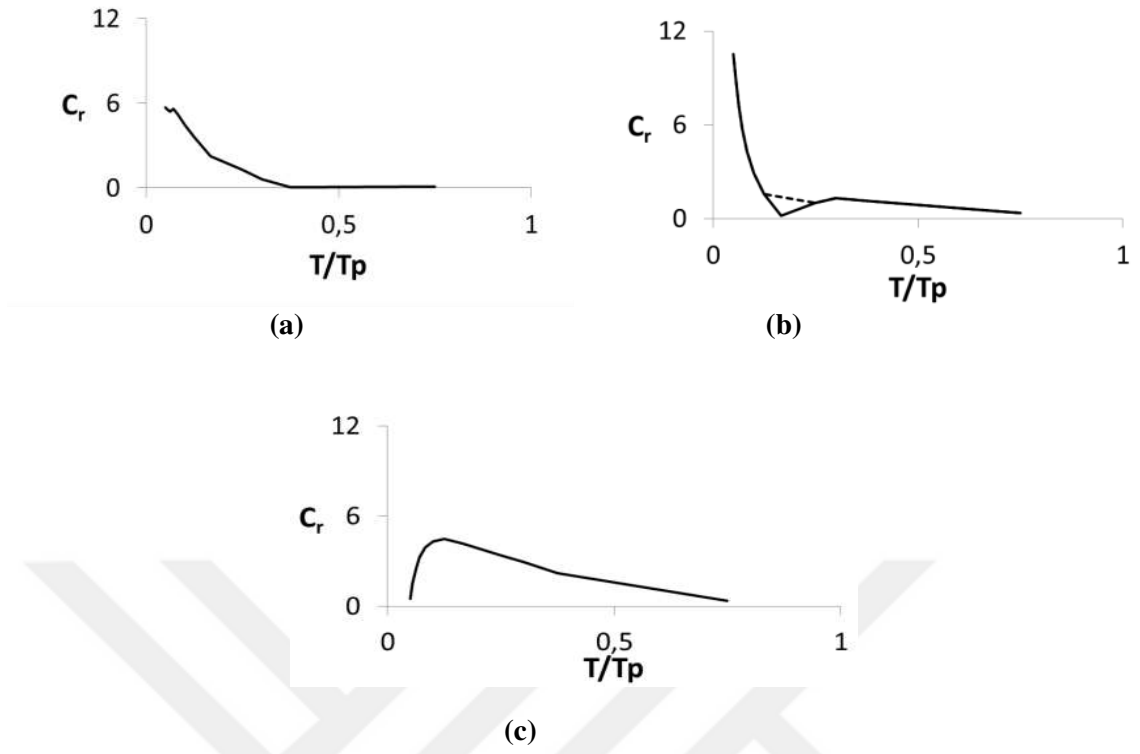
5.3. Kalıntı Deplasman Oranlarının Çeşitli Deprem ve Yapı Parametreleri ile Değişimi

Bu bölümde TSD sistemlerin DOZTA analizlerinden elde edilen kalıntı deplasman oranlarının, C_r (kalıntı deplasman / maksimum elastik deplasman); (i) yapı periyodu / darbe periyodu (T/T_P) ve (ii) yanal dayanım oranı (R) ile değişimleri incelenerek değerlendirilmiştir.

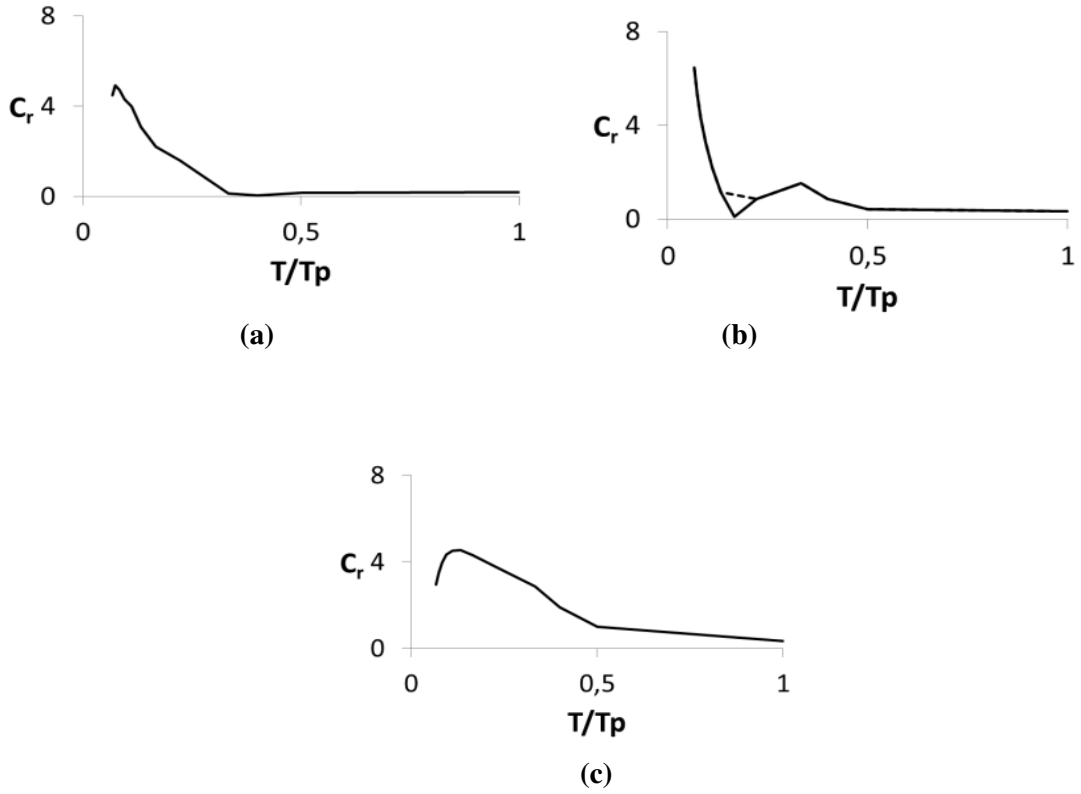
Çalışma kapsamında yapılan analizlerin incelenmesi sonucunda hız darbesinin genliğindeki değişimin hem en büyük plastik deplasman değerlerini hemde kalıntı deplasman değerlerini hemen hemen aynı oranda etkilediği görülmüştür. Bu sebeple en büyük plastik deplasmanın kalıntı deplasmana oranlanmasıyla elde edilen kalıntı deplasman oranı hız darbesi genliği ile gözle görülür biçimde değişmemiştir. Buna bağlı olarak bu bölümde hız darbesi genliğinin kalıntı deplasman oranı ile değişimi özel olarak incelenmemiştir.

5.3.1. Kalıntı Deplasman Oranlarının T/T_P ve R ile Değişimi

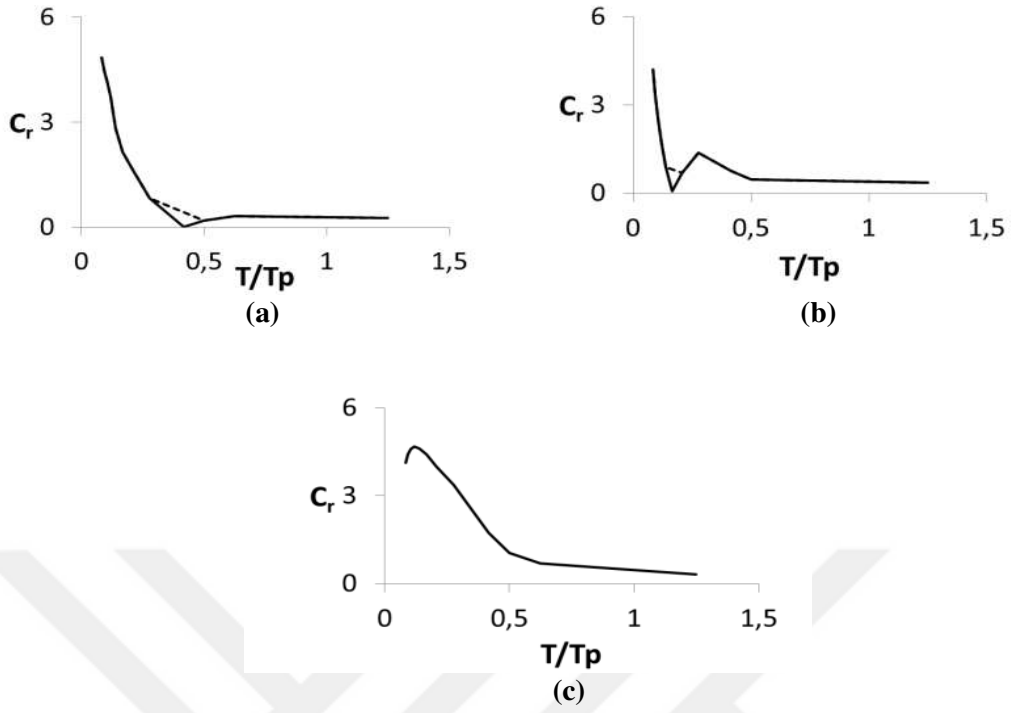
Bu bölümde C_r ile T/T_P arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun için çalışmada kullanılan yanal dayanım oranlarının tamamı ($R=2, 3$ ve 5) dikkate alınarak, her bir yanal dayanım oranı ve periyot değeri için $C_r - T/T_P$ ilişkisi çizdirilmiştir. C_r değerlerinin çalışmada kullanılan hız darbesi genlikleriyle değişimleri oldukça düşük olduğundan, grafikler her bir hız darbesi genlik değeri için bulunan grafiklerin ortalaması alınarak çizdirilmiştir. Şekil 5.20-5.30 arasında C_r değerlerinin T/T_P ve R değerlerine bağlı değişimleri sunulmuştur. Bu şekiller elde edilirken kalıntı deplasmanların sıfır olduğu veriler eğrilerin trendini bozup C_r ile T/T_P arasındaki ilişkinin gerçek durumunu perdeleyebilmektedir. Bu sebeple aşağıda verilen her şekil üzerinde, iki adet grafik kullanılarak kalıntı deplasmanların sıfır olduğu durumların C_r ile T/T_P ilişkisi üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Düz çizgi ile gösterilen grafik kalıntı deplasmanları sıfır yapan değerlerin dahil olduğu C_r-T/T_P ilişkisini, kesikli çizgi ile gösterilen grafik ise kalıntı deplasmanın sıfır olduğu verilerin ihmal edilmesiyle çizilen C_r-T/T_P ilişkisini göstermektedir.



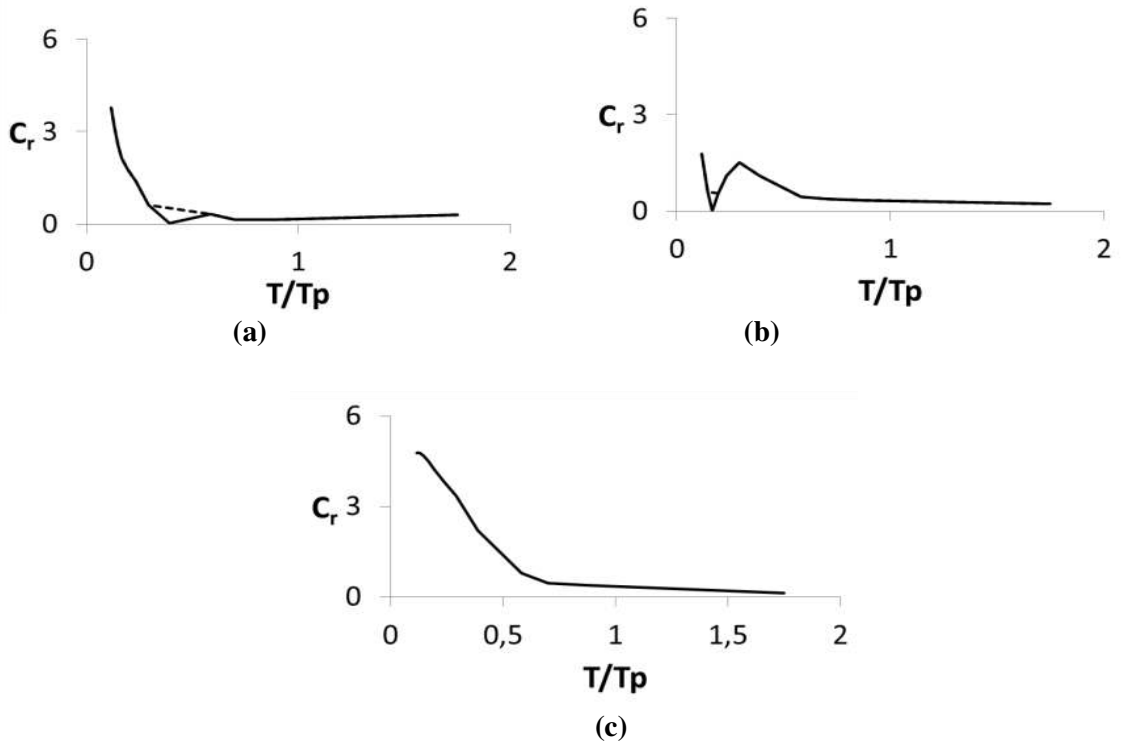
Şekil 5.20. $T=0,3$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



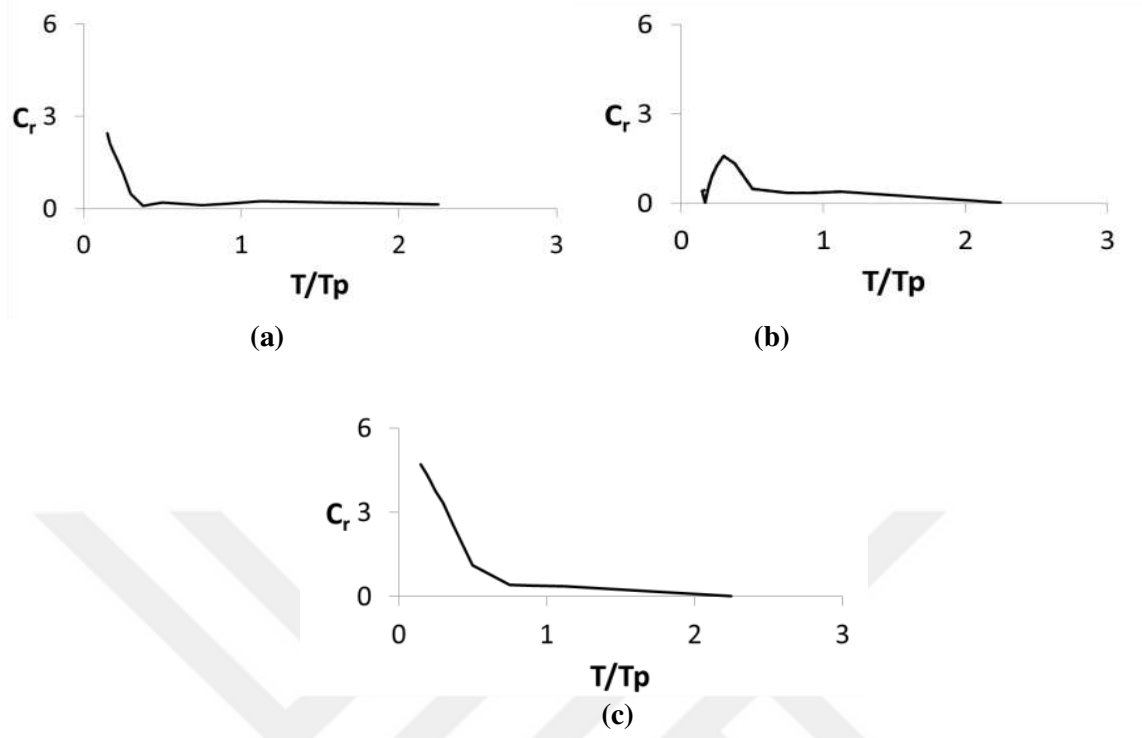
Şekil 5.21. $T=0,4$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



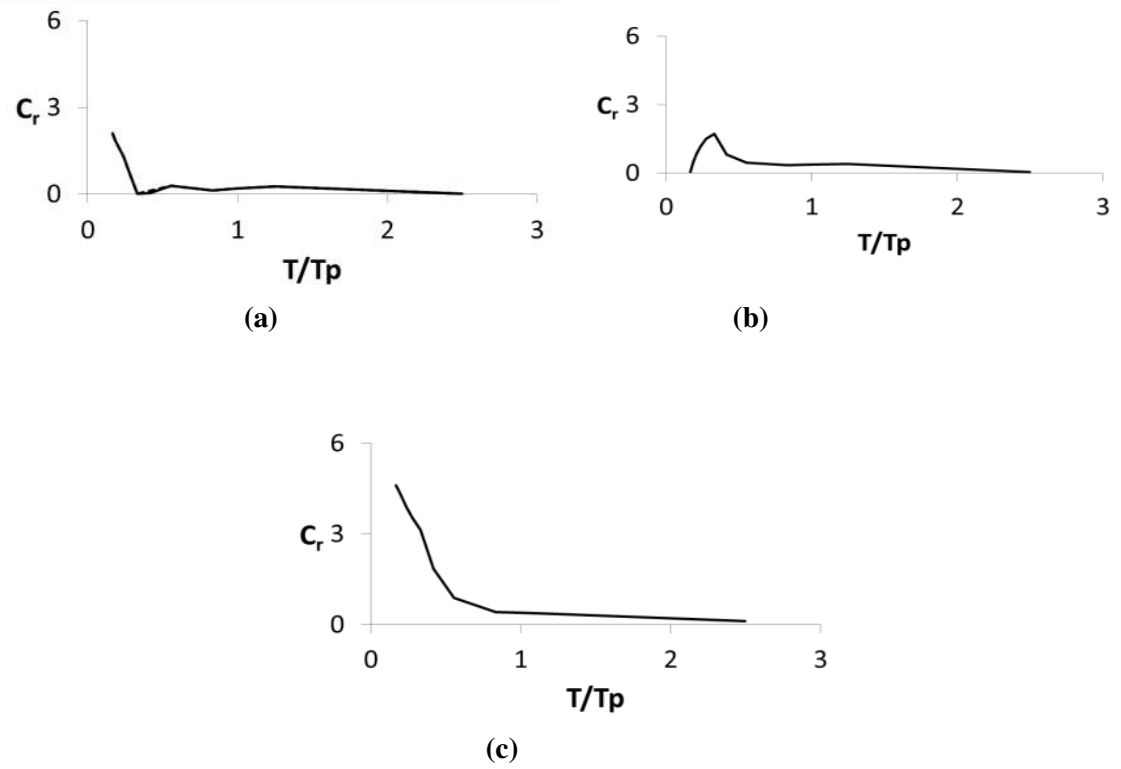
Şekil 5.22. $T=0,5$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



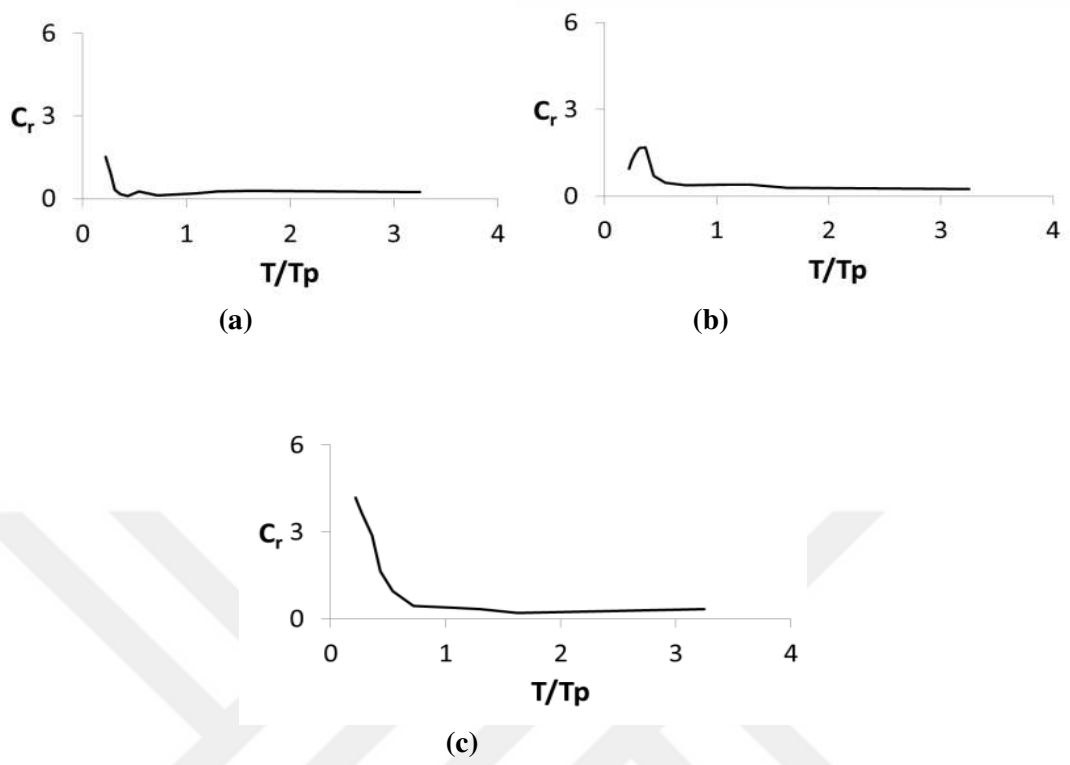
Şekil 5.23. $T=0,7$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



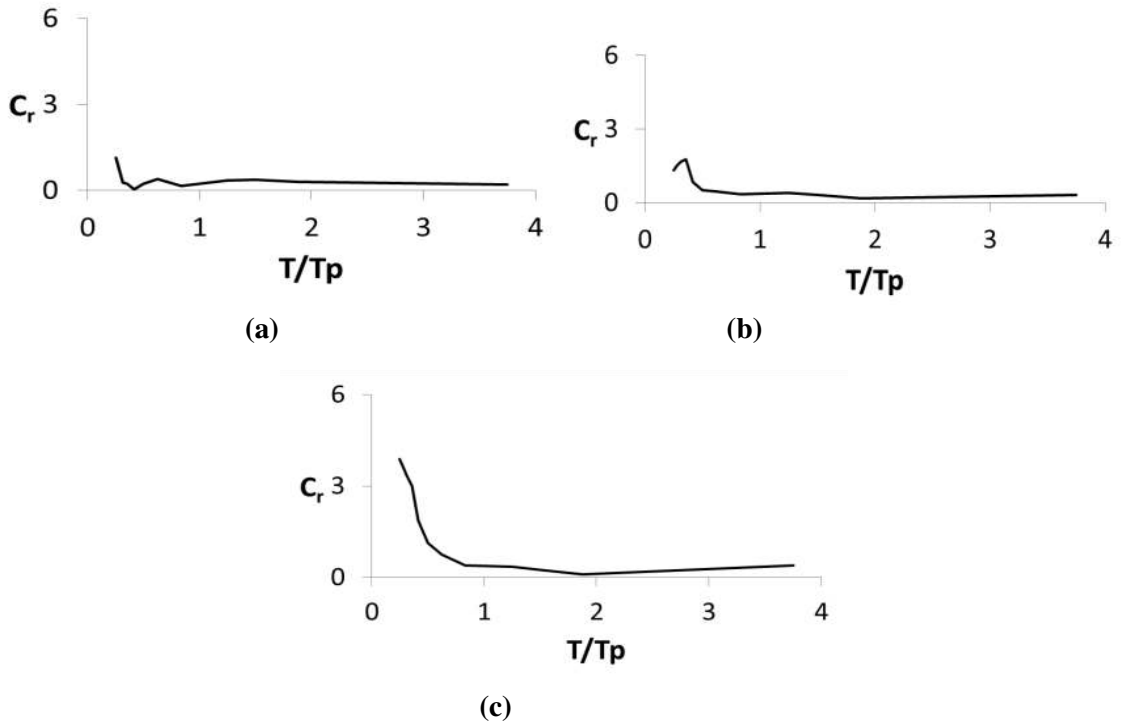
Şekil 5.24. $T=0,9$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



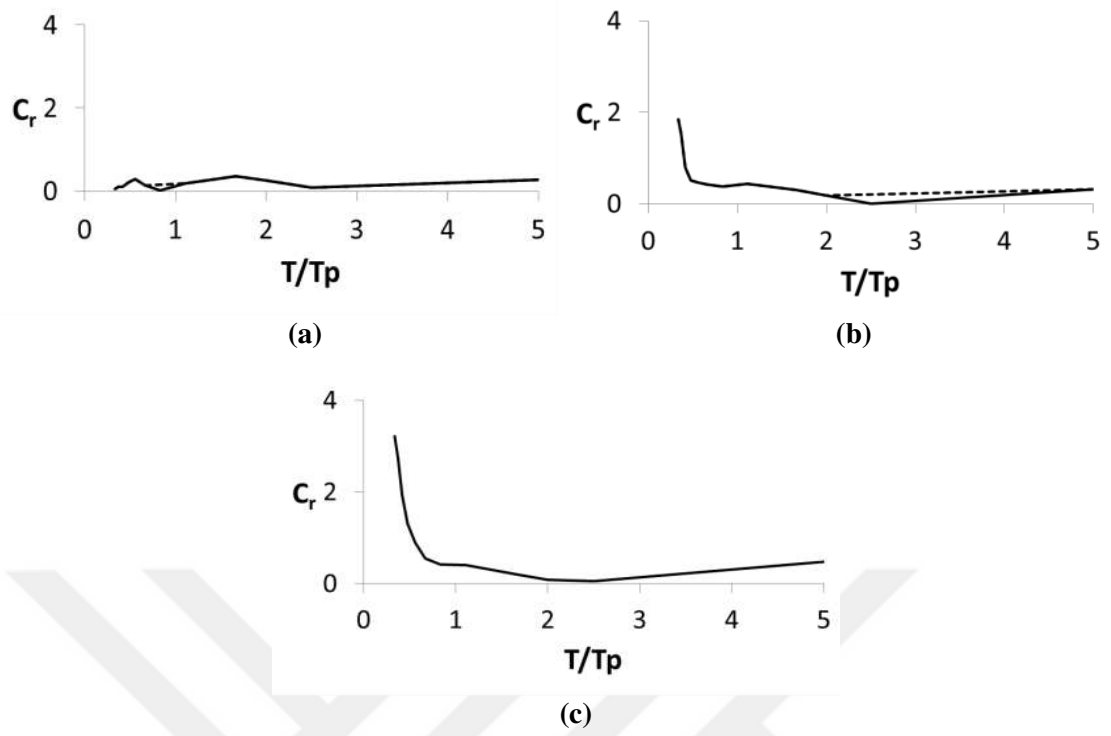
Şekil 5.25. $T=1,0$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



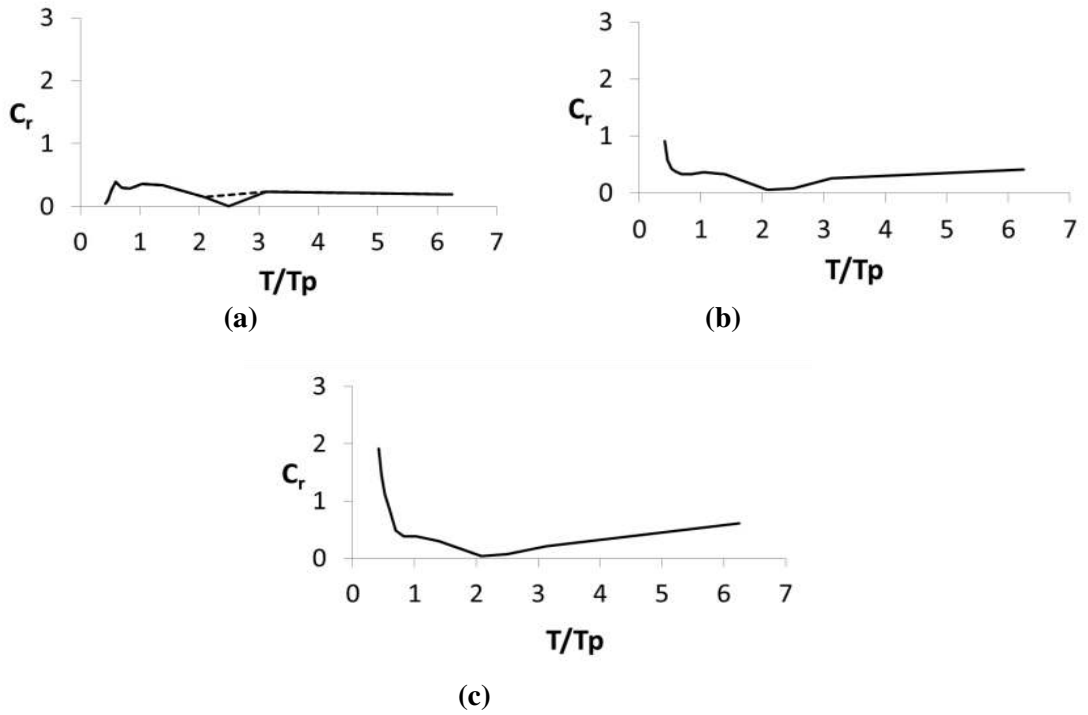
Şekil 5.26. $T=1,3$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



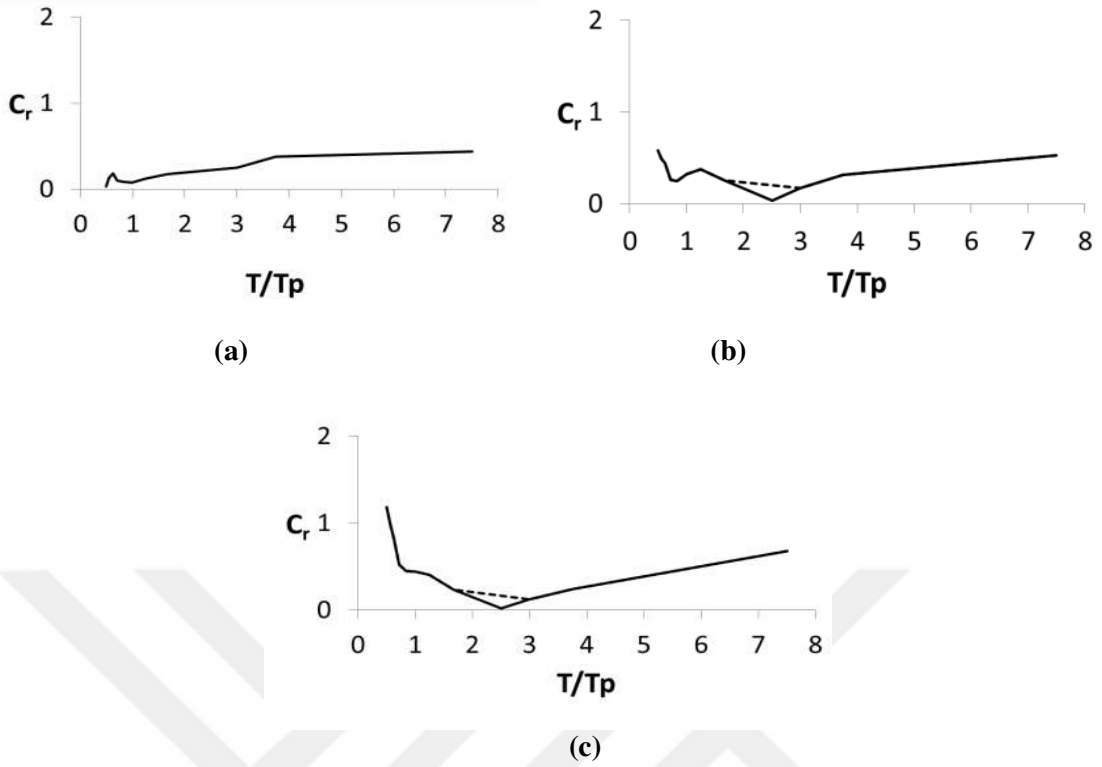
Şekil 5.27. $T=1,5$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.28. $T=2,0$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.29. $T=2,5$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 5.30. $T=3,0$ saniye için kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

TSD sistemlerde T/T_p değişimlerinin C_r değerleri üzerinde etkili olduğu şekillerde (Şekil 5.20-5.30) görülmektedir. Bu etkiler R değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden çalışmada her bir R değeri için T/T_p değişimlerinin C_r değerleri üzerindeki etkisi ayrı ayrı incelenmiştir.

TSD sistemlerde C_r ile T/T_p arasında ki ilişkiyi Ruiz Garcia ve Miranda [3] çalışmalarında incelemişlerdir. Bu amaçla her biri 12 adet depremden oluşan 3 set gerçek deprem kaydı kullanmışlardır. Her bir deprem setinin darbe periyodu birbirinden farklıdır. Yaptıkları çalışmada her bir deprem setinden elde ettikleri ortalama değerler yerine medyan değerleri vermişlerdir.

Yaptıkları çalışmada faya yakın yer hareketlerinde meydana gelen hız darbelerinin periyotlarının C_r üzerinde önemli etkileri olduğu görmüşlerdir. Bu etkileri incelerken çalışmalarında R değerleri farklı olan yapılar için ayrı ayrı incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları $R=2$ değeri bu çalışmada da kullanılmıştır. İnceledikleri TSD sistemler için C_r ile T/T_p arasındaki ilişkide T/T_p oranının 0,5 değerlerinden küçük olduğu aralıkta C_r değerlerinin önemli ölçüde etkilendiğini, T/T_p oranının 0,5 değerlerinden sonra C_r değerlerinin fazla etkilenmediği sonucuna varmışlardır.

Gerçek deprem kayıtları yerine, basit darbe fonksiyonları kullanılarak yapılan bu çalışma kapsamında ise $R=2$ olan sistemlerde (Şekil 5.20a-5.27a) benzer şekilde T/T_p oranının 0,5 değerlerinden küçük olduğu aralıkta C_r değerleri önemli ölçüde etkilendiği, T/T_p oranının 0,5

değerlerinden sonra C_r değerlerinin fazla etkilemediği görülmüştür. Ancak bu çalışmada Ruiz Garcia ve Miranda'nın [3] yaptıkları çalışmalarından farklı olarak uzun periyotlu yapılarda Şekil (5.28a-5.30a) T/T_p değerlerinin tüm aralıklarında C_r değerleri üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Ayrıca Ruiz Garcia ve Miranda [3] yaptıkları çalışmada, R değeri arttıkça (yapı daha zayıf hale geldikçe) T/T_p oranının C_r üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğunu söylemişlerdir. Ancak bu çıkarımı yaparken analizde kullandıkları yapıların periyodu hakkında yorum yapmamışlardır. Bu çalışmada ise her bir periyot değeri için C_r - T/T_p ilişkisi ayrı ayrı çizdirildiği için Ruiz Garcia ve Miranda'nın [3] yaptıkları çıkarımın kısa periyotlu yapılarda gözlenmediği, ancak orta ve uzun periyotlu (Şekil 5.26- 5.30) yapılarda gözlendiği görülmüştür.

Çalışma kapsamında analizi yapılan ve $R=3$ olan kısa periyotlu yapılar için Şekil (5.20b- 5.23b) T/T_p değerinin en küçük olduğu noktada, C_r değerlerinin en büyük değerlerinde olduğu görülmüştür. T/T_p değerlerinin yaklaşık 0,5 değerine kadar C_r değerlerinde değişimler gözlenirken, T/T_p oranlarının artması ile C_r değerlerinde belirgin bir değişme gözlenmemiştir. Orta periyotlu yapılarda (Şekil 5.24b-5.27b) T/T_p değerinin en küçük olduğu başlangıç değerlerinde C_r değerlerinin sıfıra yaklaştığı, T/T_p artışı ile yaklaşık 0,3 değerine kadar C_r değerlerinin arttığı sonra belli bir noktaya kadar azaldığı ve son olarak da T/T_p oranı arttıkça C_r değerlerini etkilemediği gözlenmiştir.

Analizi yapılan ve $R=5$ olan kısa periyotlu yapılar için (Şekil 5.20c-5.22c) T/T_p oranının yaklaşık 0,1 değerine kadar C_r değerlerinde küçük artışlar olduğu, daha sonra T/T_p oranının artmasıyla C_r değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Orta periyotlu yapılarda (Şekil 5.23c-5.27c) T/T_p değerlerinin artmasıyla C_r değerlerinin sıfıra yaklaştığı ve belli bir noktadan sonra sabitlendiği gözlenmiştir. Yapı periyodu uzun olan yapılarda (Şekil 5.28c-5.30c) ise T/T_p artışıyla C_r değerlerinin azaldığı ve $T/T_p=2,5$ değerindeyken C_r değerlerinin sıfırlandığı ve sıfır değerinden sonrada T/T_p artışıyla C_r değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada tüm R değerleri için yapının periyodunun artmasıyla C_r değerlerinin azaldığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak T/T_p 'nin küçük olduğu değerlerde C_r değerlerinin daha fazla etkilendiği, T/T_p oranının artmasıyla C_r değerlerinin fazla etkilendiği gözlenmiştir. Bunun istisnası uzun periyotlu yapılarda ($T=2- 2,5- 3$) T/T_p oranı küçük olduğunda C_r değerlerinin sıfır olduğu, T/T_p oranı arttıkça C_r değerlerinin daha fazla etkilendiği gözlenmiştir. Çalışmada yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre darbe periyodu ve yapı periyodunun birbirilerine oranı, C_r değerlerini etkilemektedir.

Yapı ve depreme bağlı iki özelliğin birbirlerine oranından etkilenen kalıntı deplasman talebi değerleri Ruiz Garcia ve Miranda'nın da [3] belirttiği gibi yakın saha depremlerin beklendiği durumlarda oluşabilecek darbe periyodu ve yapı periyodu ilişkisini dikkate alarak tahmin edilmelidir.

6. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN DİĞER BULGULAR

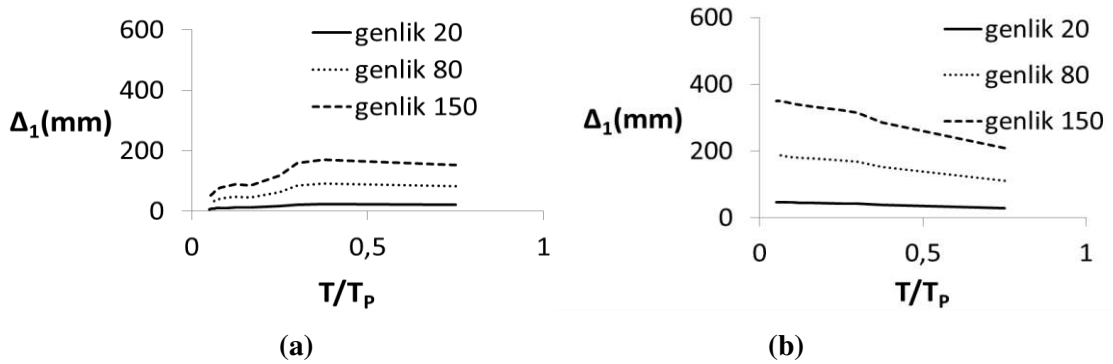
Bu bölümde kalıntı deplasman ile ilişkisi bilinen maksimum deplasmanların (Δ_1), ve maksimum deplasmanların elastik deplasman ile normalize edilmiş hali olan maksimum deplasman oranının (C_1) çeşitli parametrelerle ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca ilgili TSD sistemler de akma sonrası rijitliğin pozitif olması durumunda Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p parametresi ile değişimleri incelenmiştir.

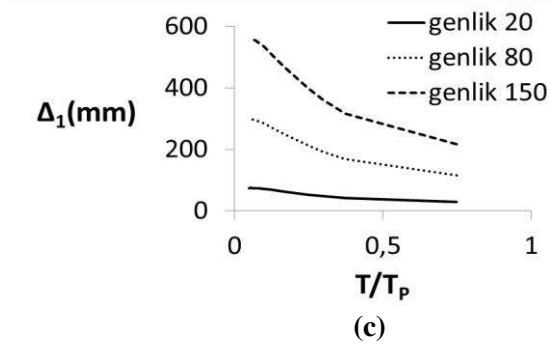
6.1. Maksimum Deplasmanların Çeşitli Parametreler ile Değişimi

Bu çalışma da daha önce de belirtildiği gibi kalıntı deplasman ile maksimum deplasman arasında bir ilişki mevcuttur. Bu bilgi çerçevesinde çalışmada kullanılan ilgili TSD sistemlerin DOZTA analizleri sonucu elde edilen Δ_1 değerleri not edilmiştir. Elde edilen Δ_1 değerlerinin T/T_p , R ve V_p parametreleri ile değişimleri incelenmiştir.

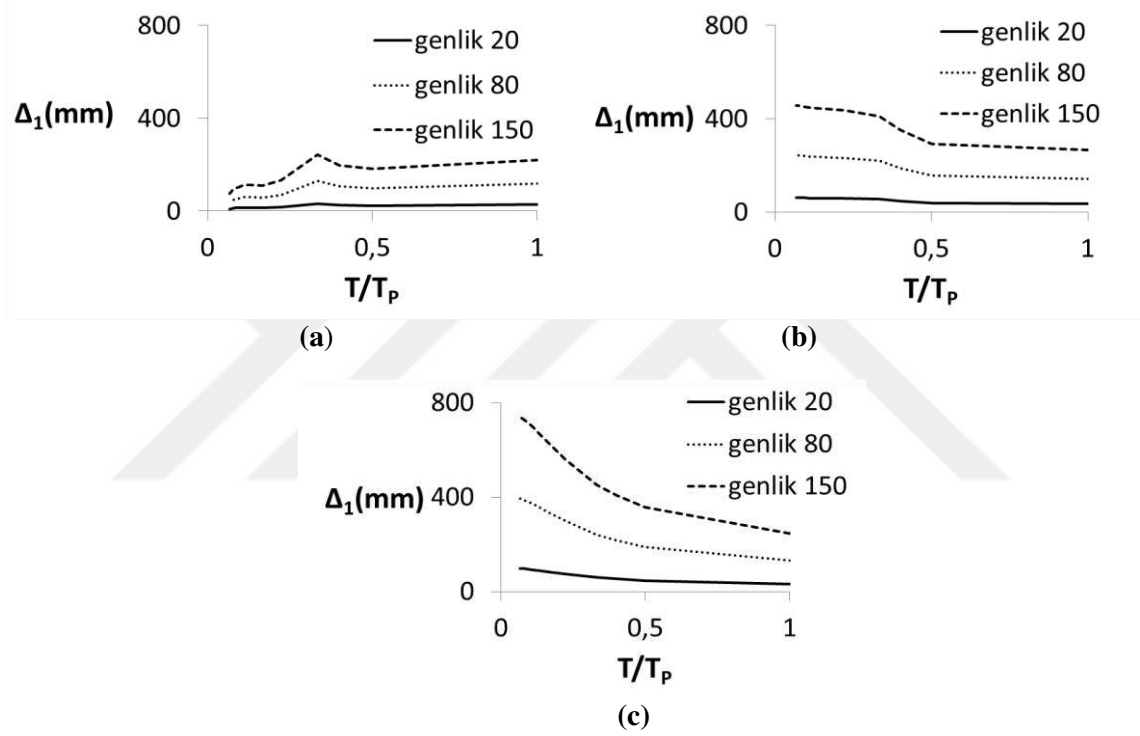
6.1.1. Maksimum Deplasmanların T/T_p ve R Parametreleri ile Değişimleri

Bu bölümde TSD sistemler üzerinde yapılan DOZTA analizleri sonucu elde edilen Δ_1 taleplerinin T/T_p ve R parametreleri ile değişimleri çalışma kapsamında kullanılan her bir periyot değeri için aşağıda ki şekillerde (Şekil 6.1-Şekil 6.11) verilmiştir.

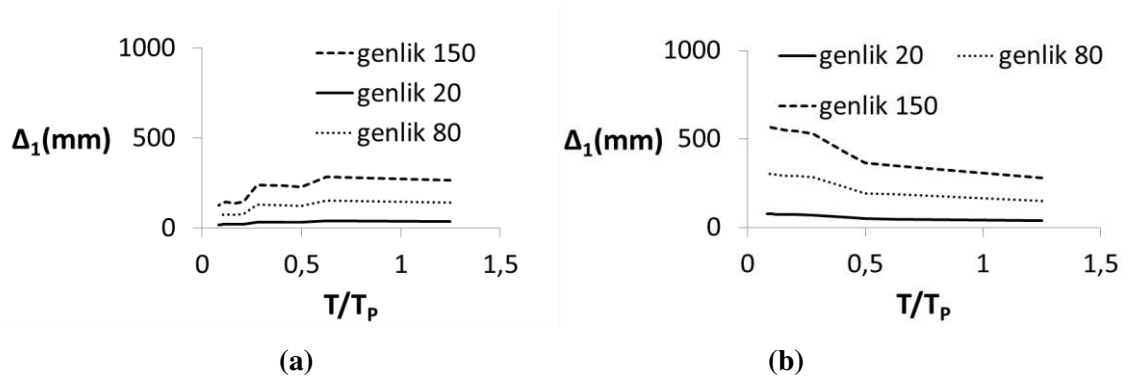


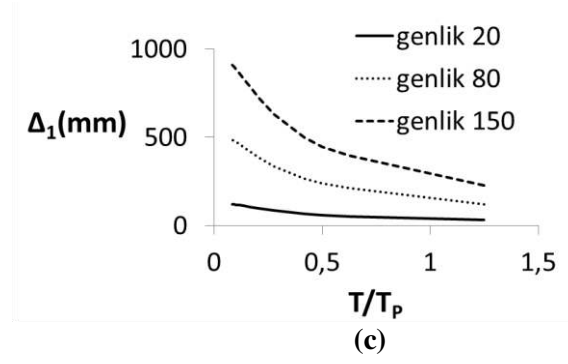


Şekil 6.1. $T=0,3$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

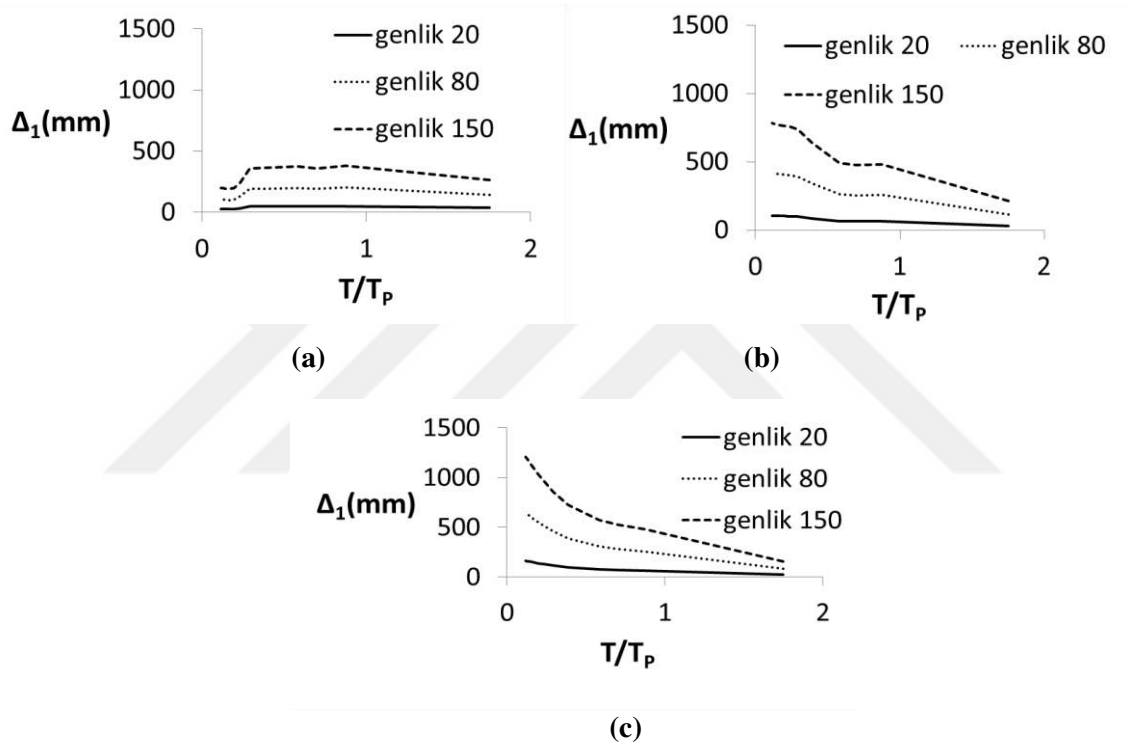


Şekil 6.2. $T=0,4$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

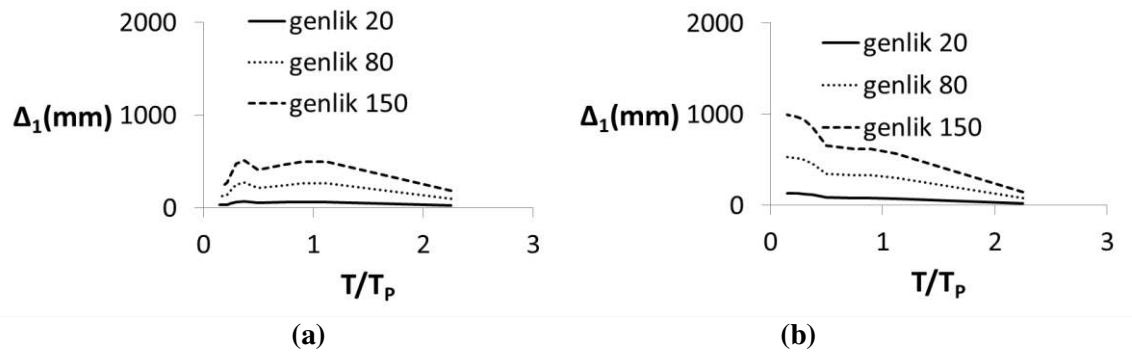


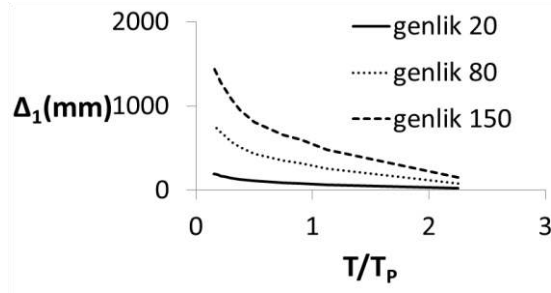


Şekil 6.3. $T=0,5$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



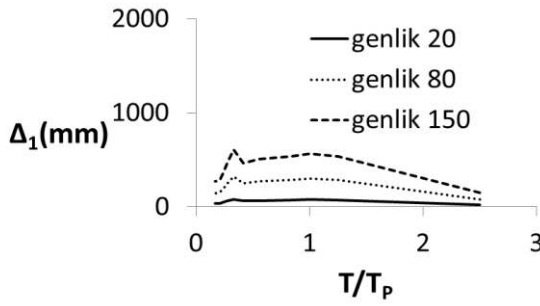
Şekil 6.4. $T=0,7$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



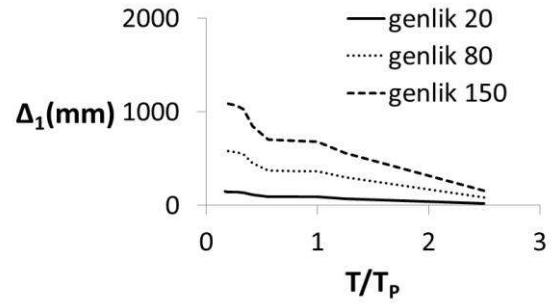


(c)

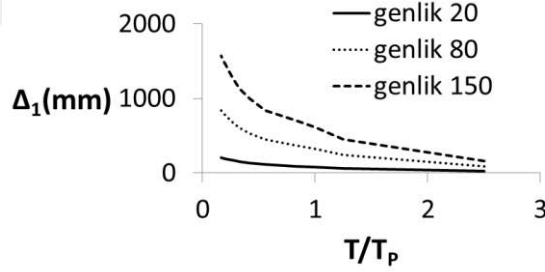
Şekil 6.5. $T=0,9$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



(a)

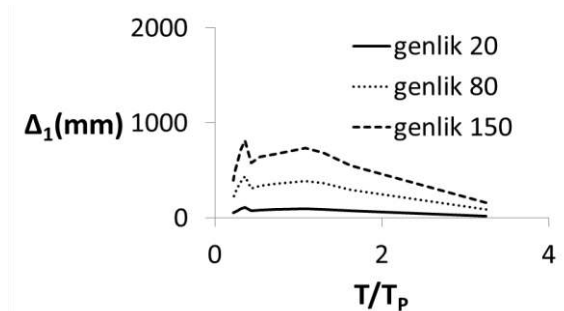


(b)

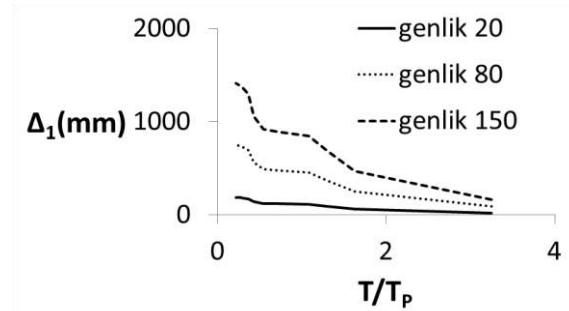


(c)

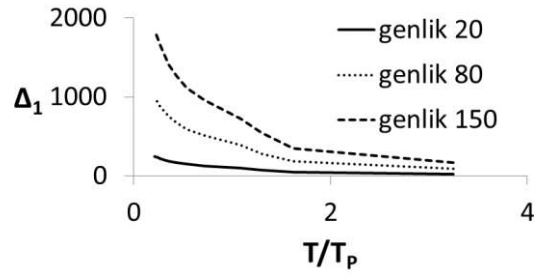
Şekil 6.6. $T=1,0$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



(a)

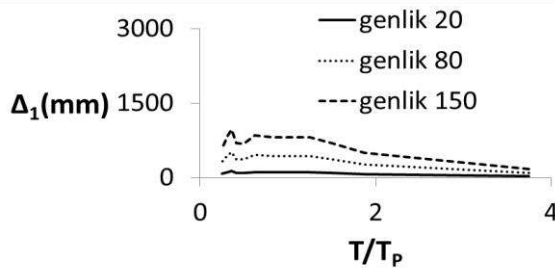


(b)

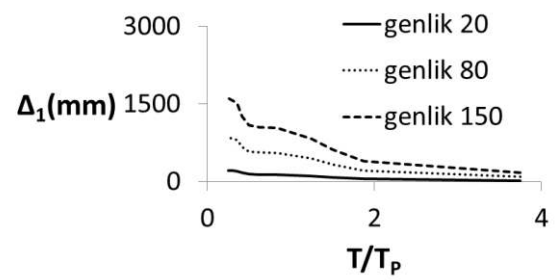


(c)

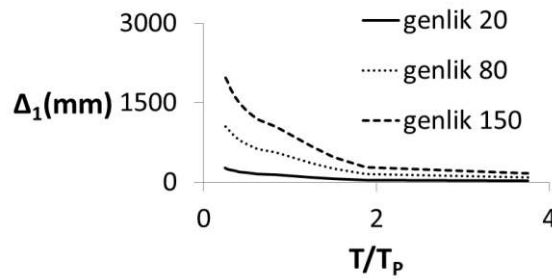
Şekil 6.7. $T=1,3$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



(a)

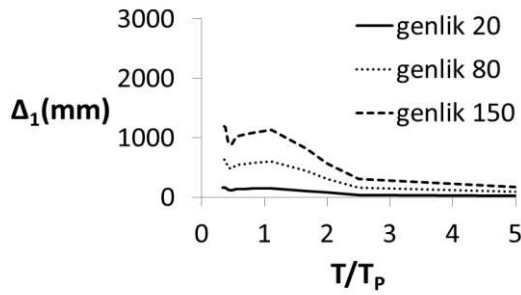


(b)

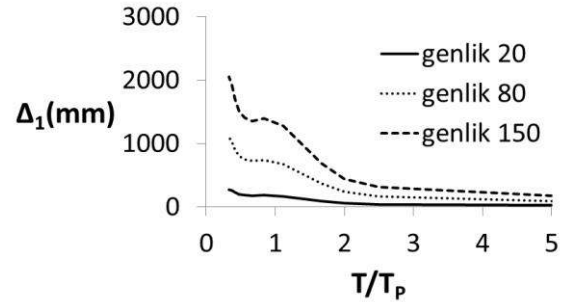


(c)

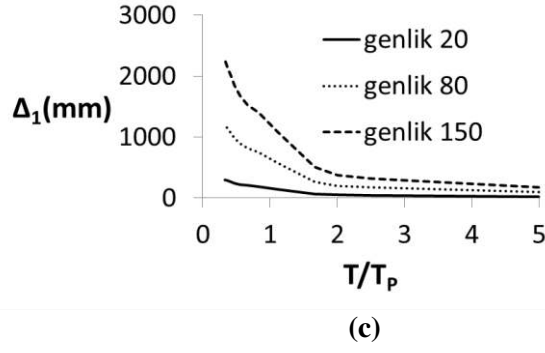
Şekil 6.8. $T=1,5$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



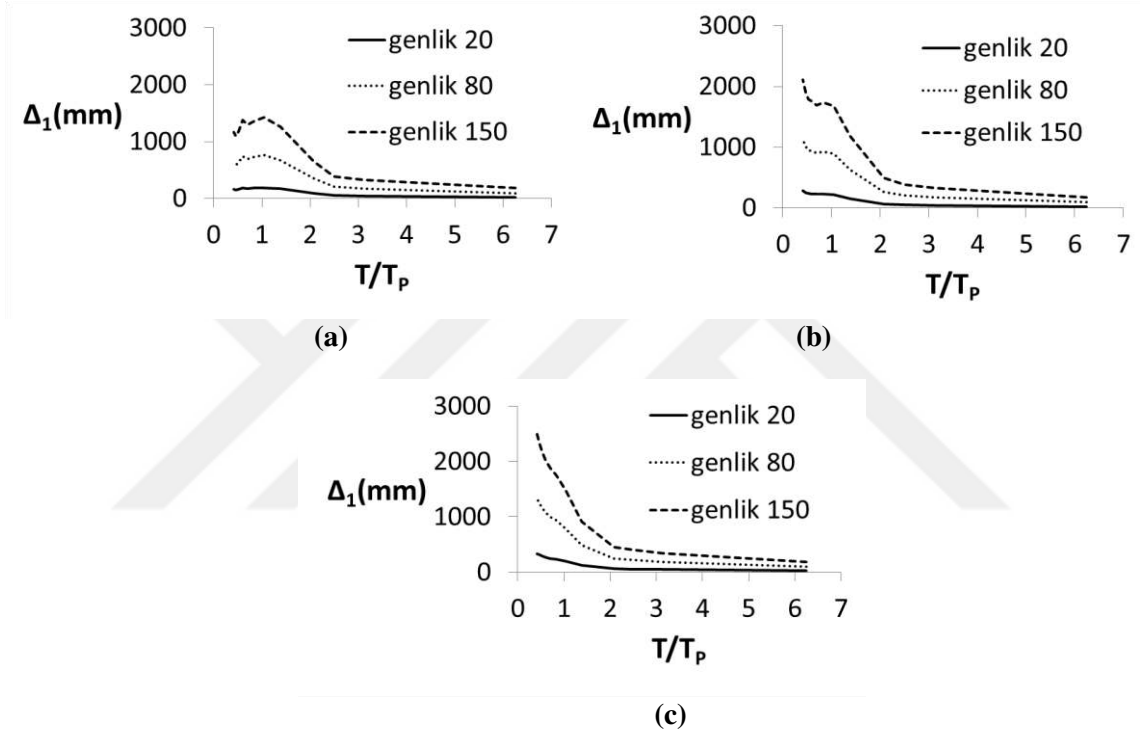
(a)



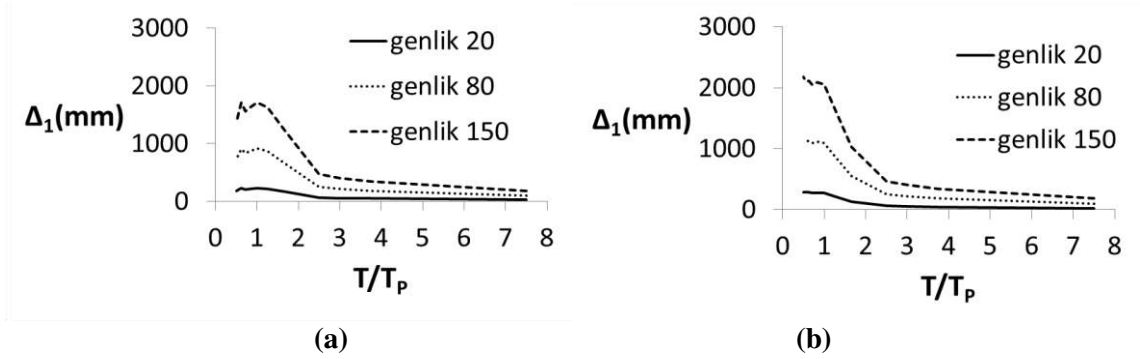
(b)

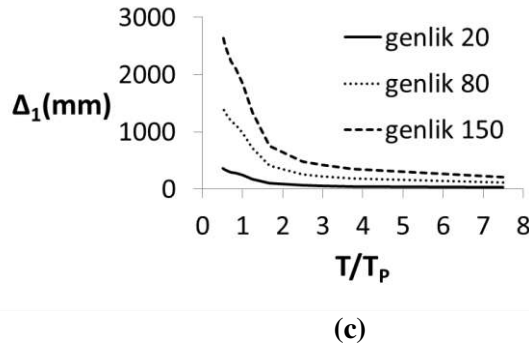


Şekil 6.9. $T=2$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 6.10. $T=2,5$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$





Şekil 6.11. $T=3$ saniye için maksimum deplasmanların T/T_p ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

Δ_1 taleplerinin T/T_p oranlarına ve R değerlerine göre değişimleri Şekil 6.1-6.11'de verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde Δ_1 taleplerinin T/T_p ile değişimlerinin R değerlerine göre değiştiği görülmüştür. Bu sebeple her bir R değeri için Δ_1 değerlerinin T/T_p oranlarına göre değişimleri çalışma kapsamında kullanılan tüm yapı periyotları için genel bir değerlendirme yapılarak sunulmuştur.

$R=2$ olan kuvvetli yapılarda çalışmada kullanılan tüm yapı periyotları için T/T_p oranlarının yaklaşık 0,3 değerlerine kadar Δ_1 taleplerinin arttığı görülmüştür. $R=2$ için kısa periyotlu yapılarda (Şekil 6.1a-6.4a) T/T_p değerlerinin yaklaşık 0,3 değerlerinden sonra T/T_p oranlarının artmasının Δ_1 taleplerini çok fazla etkilemediği gözlemlenmiştir. Orta periyotlu yapılar da (Şekil 6.5a-6.7a) T/T_p değerlerinin yaklaşık 0,3 ile 1,5 değerleri arasında Δ_1 taleplerini fazla etkilemediği ve sonrasında T/T_p oranlarının artması ile Δ_1 taleplerinin azaldıkları gözlenmiştir. Yapı periyodu uzun olduğunda (Şekil 6.8a-6.11a) ise yaklaşık T/T_p değerlerinin 0,3 ile 1,5 değerleri arasında Δ_1 taleplerinin etkilenmediği ve T/T_p oranlarının yaklaşık 1,5 ve 2,5 oldukları bölgede Δ_1 taleplerinin azaldığı görülmüştür. Sonrasında T/T_p oranlarının artmasının Δ_1 taleplerini çok fazla etkilenmediği görülmüştür.

$R=3$ ve $R=5$ olan yapılarda T/T_p oranlarının en küçük olduğu başlangıç değerlerinde, Δ_1 taleplerinin en büyük değerlerde olduğu gözlenmiştir. $R=3$ için kısa periyotlu yapılarda (Şekil 6.1b-6.3b) T/T_p oranlarının artması ile Δ_1 taleplerinin azalma eğilimli oldukları gözlemlenmiştir. Orta periyotlu yapılarda (Şekil 6.4b-6.7b) yaklaşık T/T_p oranlarının 0,5 değerine kadar artmasıyla Δ_1 taleplerinin azaldıkları ve T/T_p oranlarının yaklaşık 0,5 ile 1,0 değerleri arasında Δ_1 taleplerini fazla etkilemediği ve sonrasında T/T_p oranlarının artması ile Δ_1 taleplerinin azaldıkları gözlenmiştir. Yapı periyodu uzun olduğunda (Şekil 6.8a-6.11a) ise yaklaşık T/T_p oranlarının 2,0 değerine kadar artmasıyla Δ_1 taleplerinin azaldıkları ve sonrasında T/T_p oranlarının artmasının Δ_1 taleplerini çok fazla etkilenmediği görülmüştür.

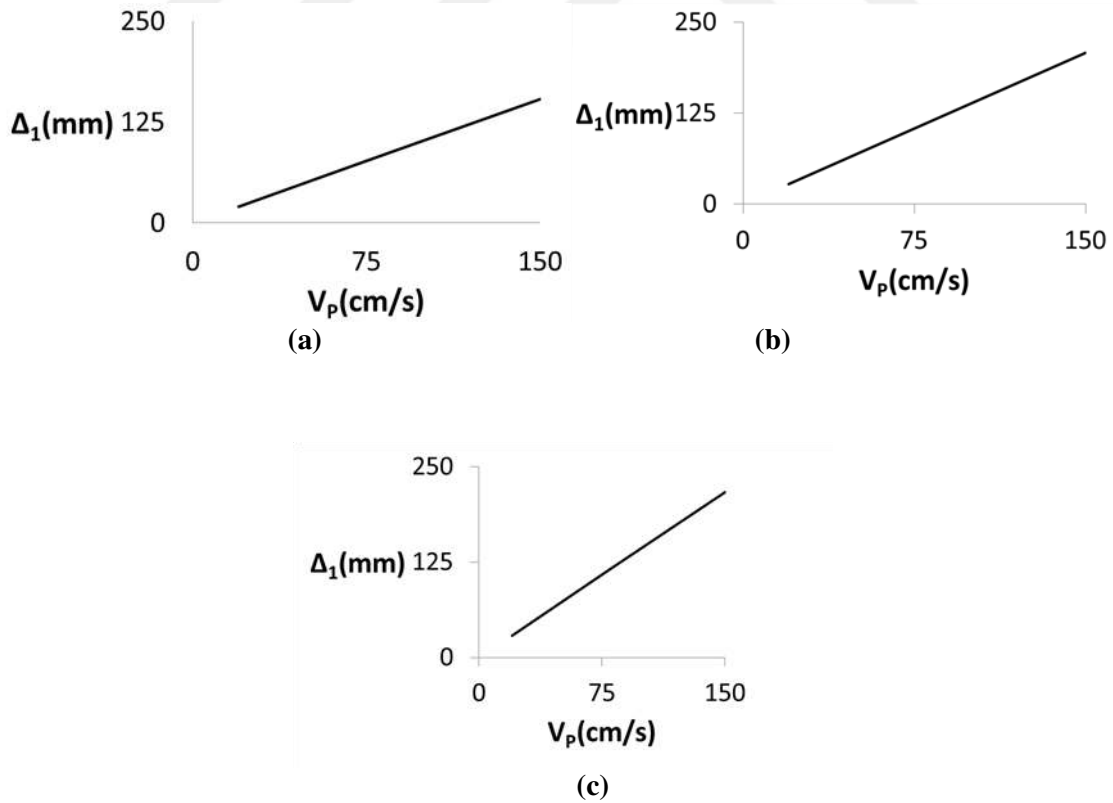
$R=5$ için Şekil 6.1c-6.6c'de olan yapılarda T/T_p oranlarının artması ile Δ_1 taleplerinin azalma eğilimli oldukları gözlenmiştir. Yapı periyodu uzaması ile (Şekil 6.7c-6.11c) yaklaşık

T/T_P oranlarının 2,0 değerine kadar artmasıyla Δ_1 taleplerinin azaldıkları ve sonrasında T/T_P oranlarının artmasının Δ_1 taleplerini çok fazla etkilenmediği görülmüştür.

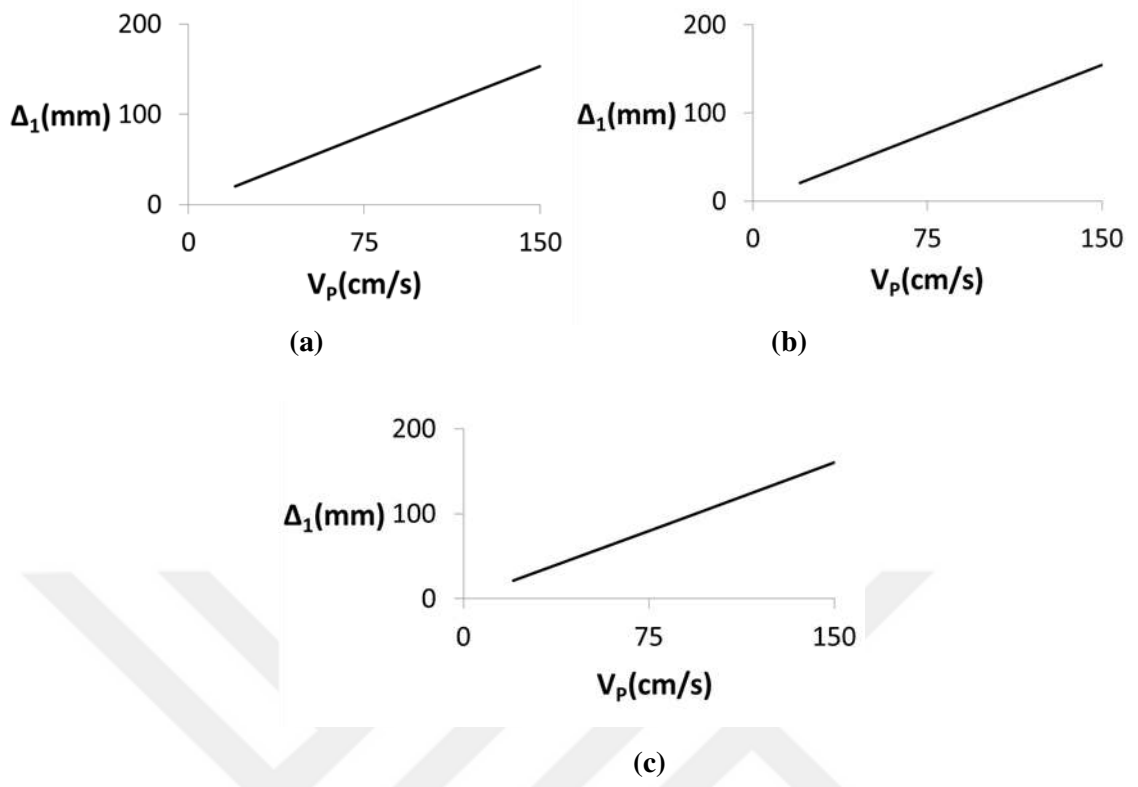
Sonuç olarak her bir T değerinin R ile değişimleri incelendiğinde R değerlerinin artması ile Δ_1 taleplerini arttığı görülmüştür. Öte yandan aynı R değerlerine sahip yapıların yapı periyodu artışı ile Δ_1 taleplerini arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada T/T_P oranlarının artışının belirli noktalardan sonra Δ_1 taleplerini etkilemediği ve özellikle $R=3$ ve $R=5$ yanıl dayanım oranlarına sahip yapıların T/T_P oranlarının küçük olduğu bölgelerde Δ_1 taleplerini daha fazla etkilediği görülmüştür.

6.1.2. Maksimum deplasmanların V_P parametresi ile değişimleri

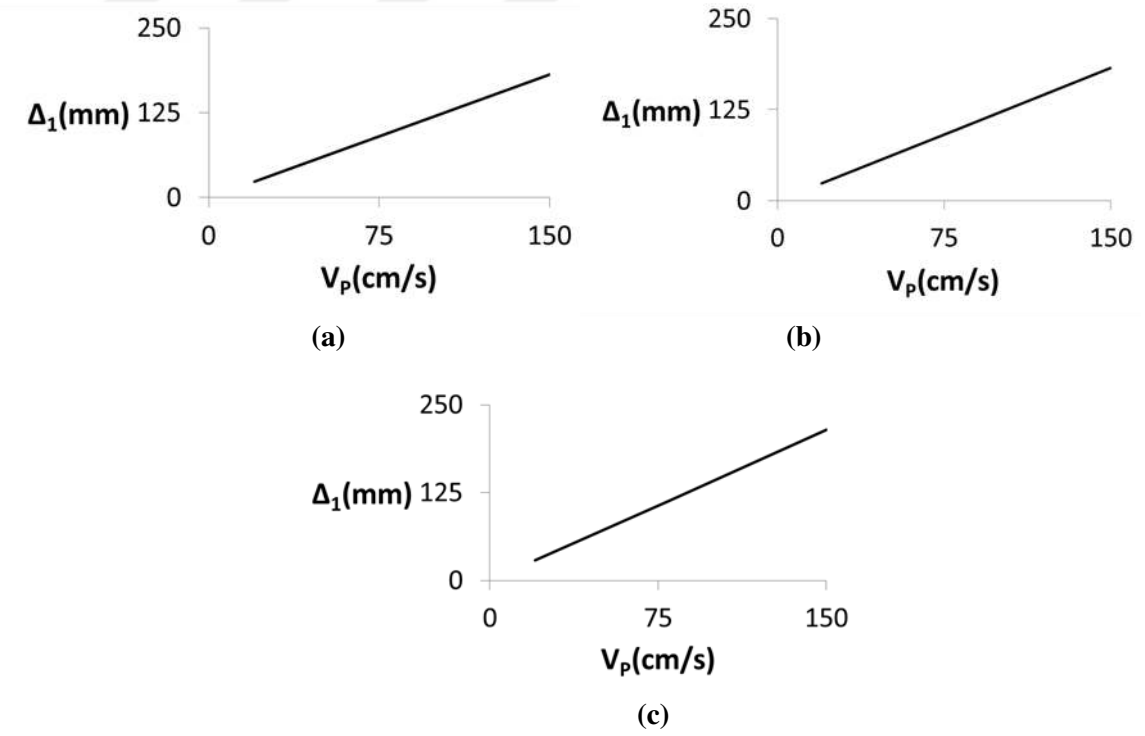
Bu bölümde Δ_1 değerlerinin V_P değerlerine göre değişimleri çeşitli R değerleri (2, 3 ve 5) ile incelenmiştir. Bu değişimler incelenirken Δ_r değerlerinin V_P değerlerine göre değişimlerinde kullanılan T ve T_P değerlerinin aynısı seçilmiştir. Çalışma kapsamındaki diğer T ve T_P değerleri benzer davranışları gösterdikleri için sunulmamıştır. Şekil 6.12-6.14 arasında Δ_1 değerlerinin V_P ve R değerlerine bağlı değişimleri sunulmuştur.



Şekil 6.12. $T=0,3$ saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

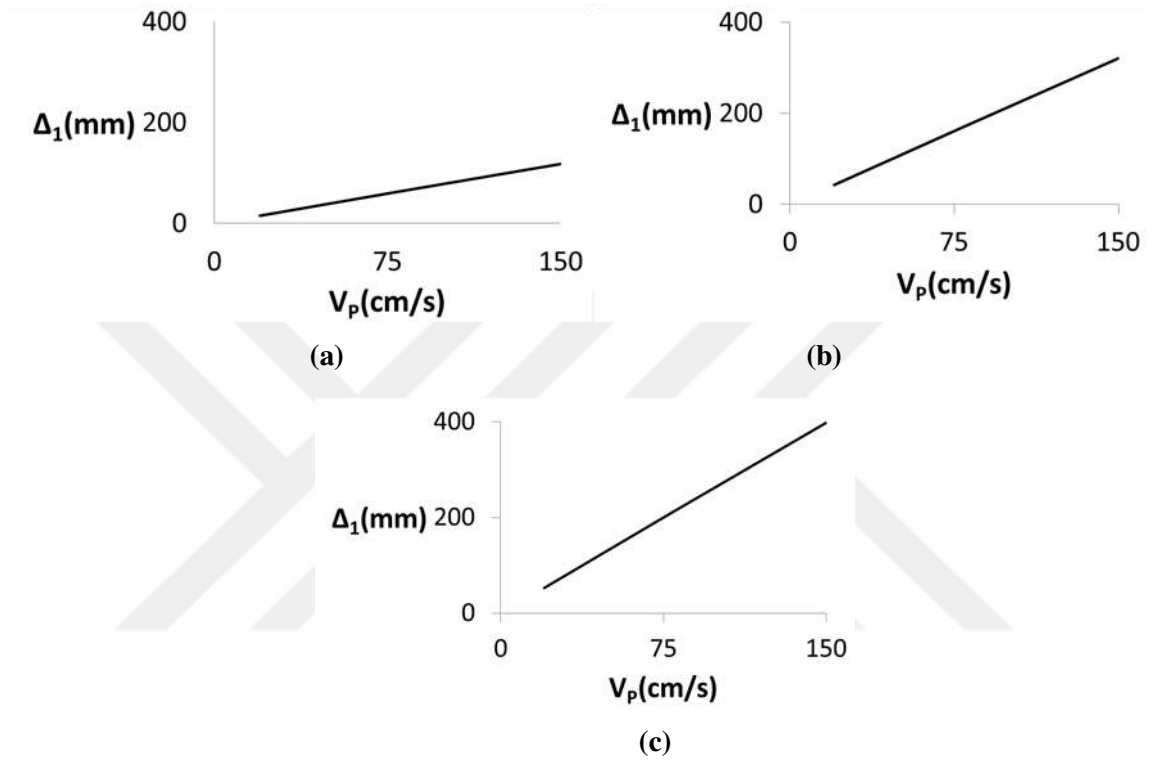


Şekil 6.13. $T=1$ saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 6.14. $T=3,0$ saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

Δ_1 taleplerinin V_P değerleriyle değişimleri Şekil 6.12-6.14’de verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde V_P değerlerindeki artışın Δ_1 taleplerini doğrusal bir şekilde arttırdığı görülmüştür. Ayrıca R değerlerinin değişiminin genel olarak Δ_1 taleplerini arttırdığı ancak bu artışın büyüklüğünün T ve T_P parametrelerine göre değiştiği gözlemlenmiştir. Örnek olarak aşağıdaki şekilde (Şekil 6.15) $T=0,3s$ ve $T_P=1,2s$ verilmiştir.



Şekil 6.15. $T=0,3$ saniye için maksimum deplasmanların hız darbesi genliği ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

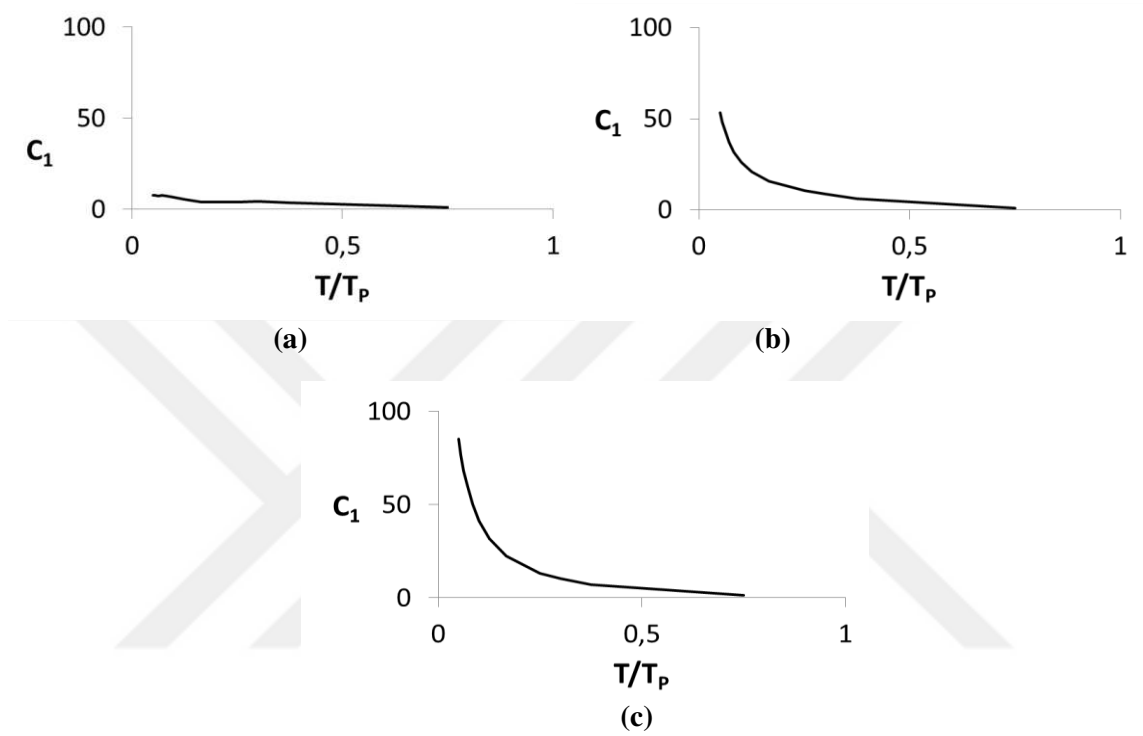
İlgili şekil incelendiğinde R değerinin değişiminin Δ_1 talepleri üzerinde etkisinin önemli olduğu ve R arttıkça yani yapı zayıfladıkça Δ_1 taleplerinde ki artışın büyük olduğu görülmüştür.

6.2. Maksimum Deplasman Oranlarının Çeşitli Parametreler ile Değişimi

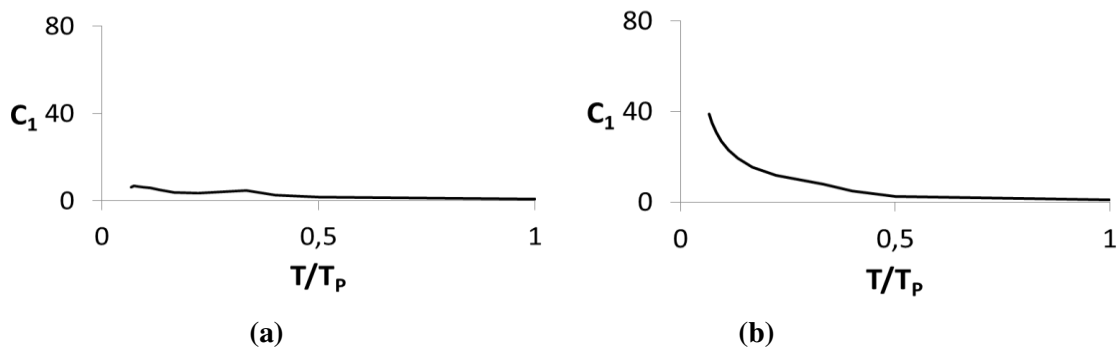
Bu bölümde TSD sistemlerin DOZTA analizlerinden elde edilen maksimum deplasman oranlarının, T/T_P , R ve V_P parametreleri ile değişimleri incelenerek değerlendirilmiştir.

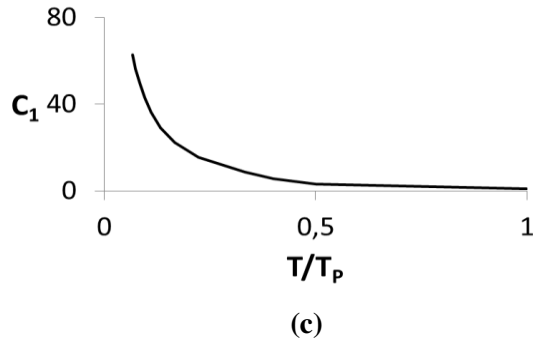
6.2.1. Maksimum Deplasman Oranlarının T/T_p ve R Değerleri ile Değişimleri

Bu bölüm de maksimum deplasman oranlarının çalışma kapsamında kullanılan tüm yapı periyotlarının farklı R değerleri için T/T_p oranları ile değişimleri incelenmiştir. Bu kapsamda elde edilen şekiller (Şekil 6.16-6.26) aşağıda gösterilmiştir.

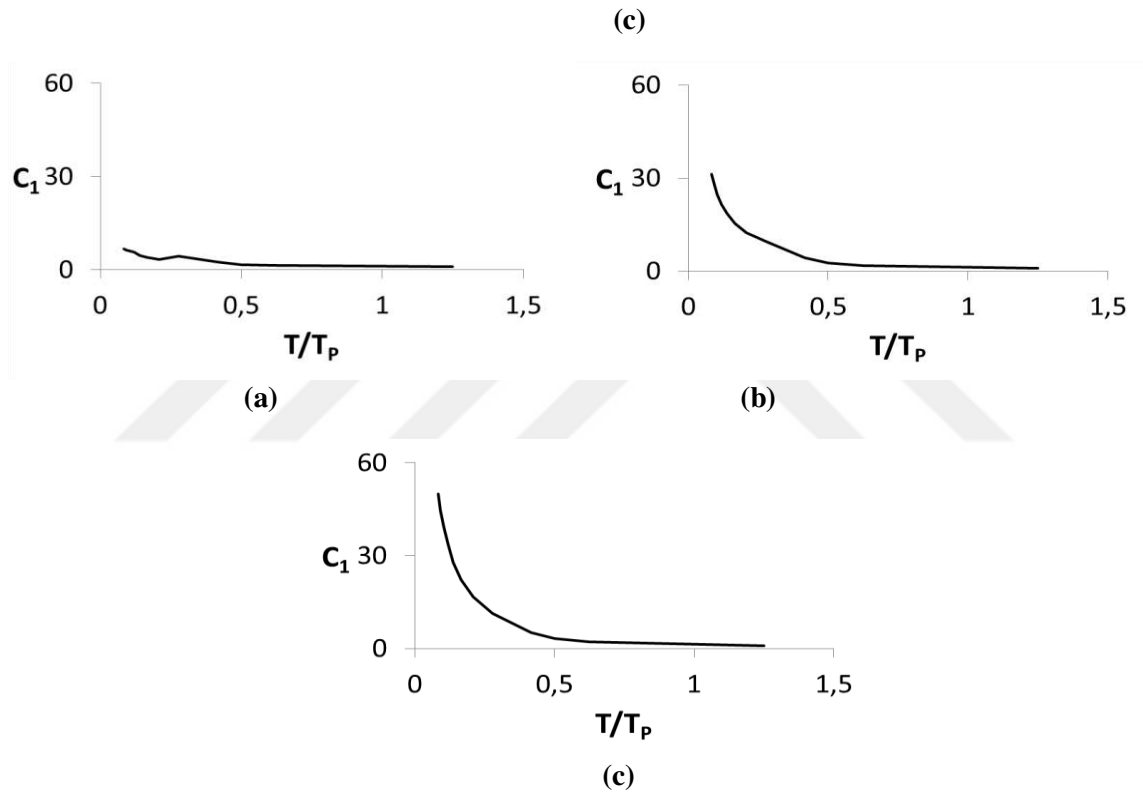


Şekil 6.16. $T=0,3$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

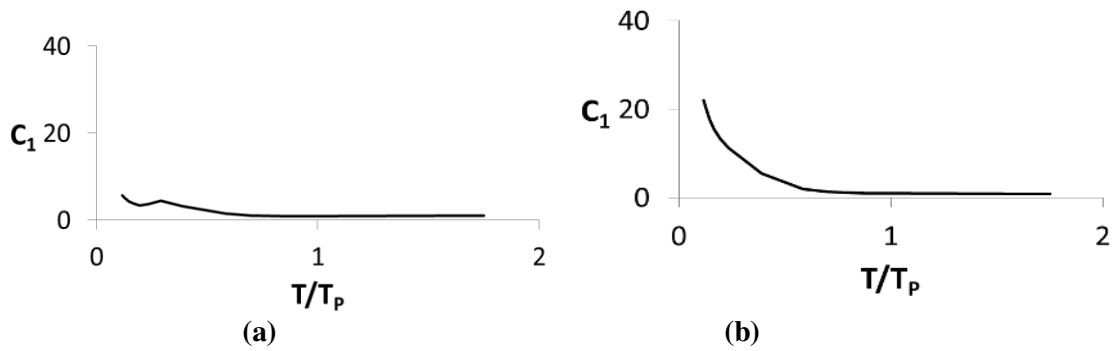


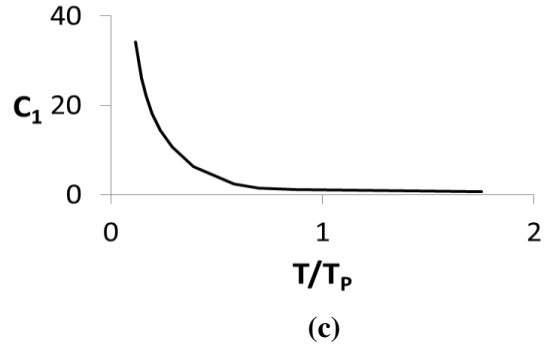


Şekil 6.17. $T=0,4$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

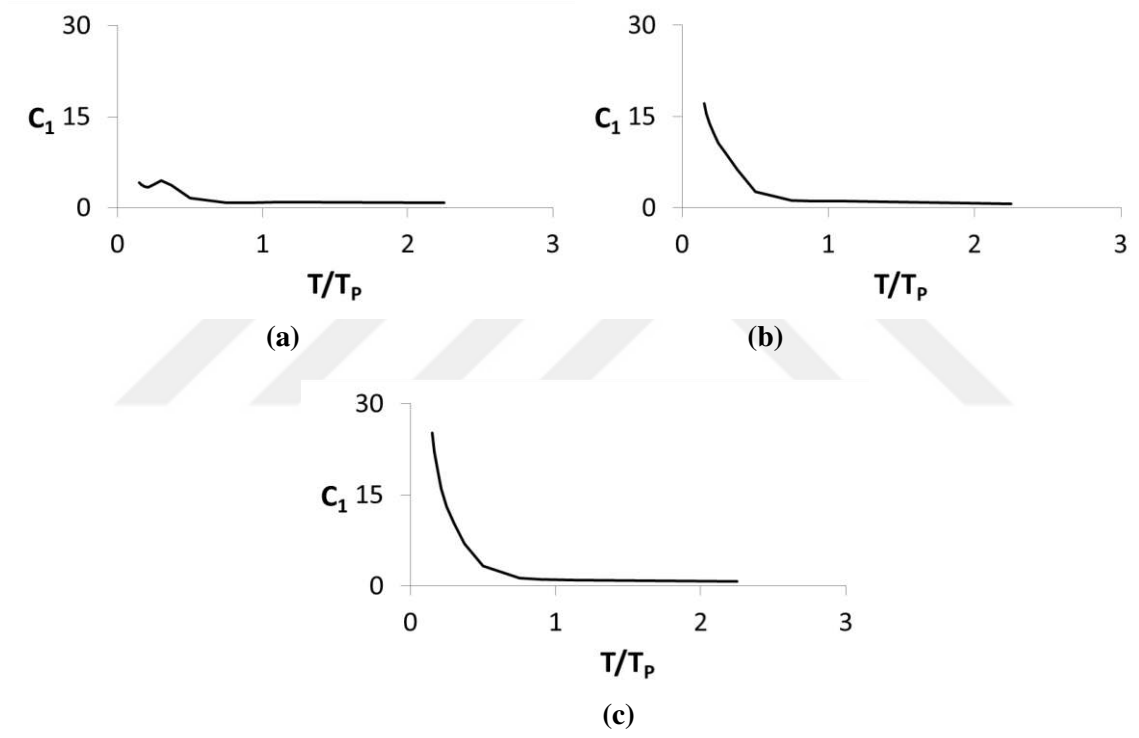


Şekil 6.18. $T=0,5$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

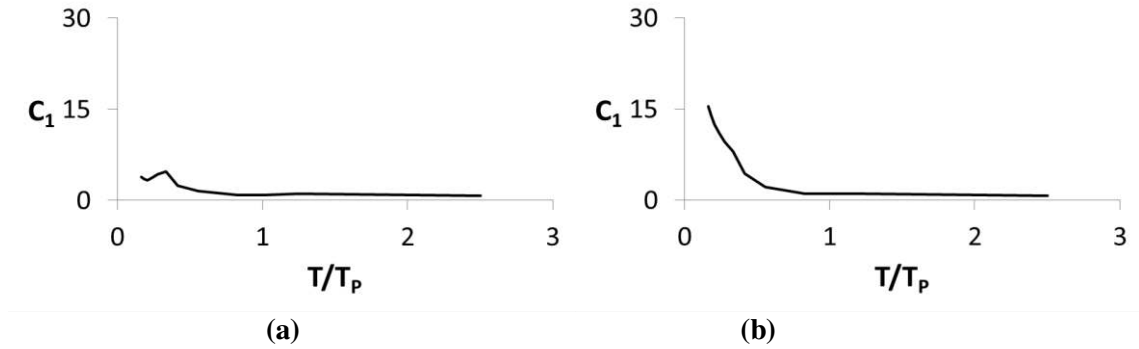


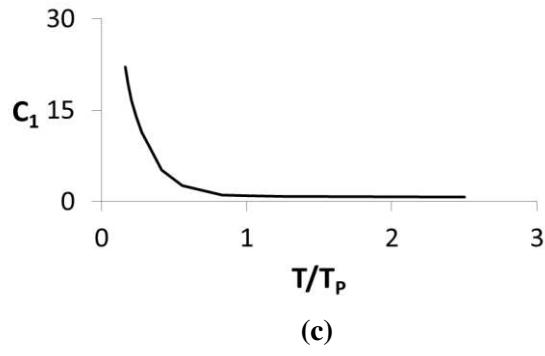


Şekil 6.19. $T=0,7$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

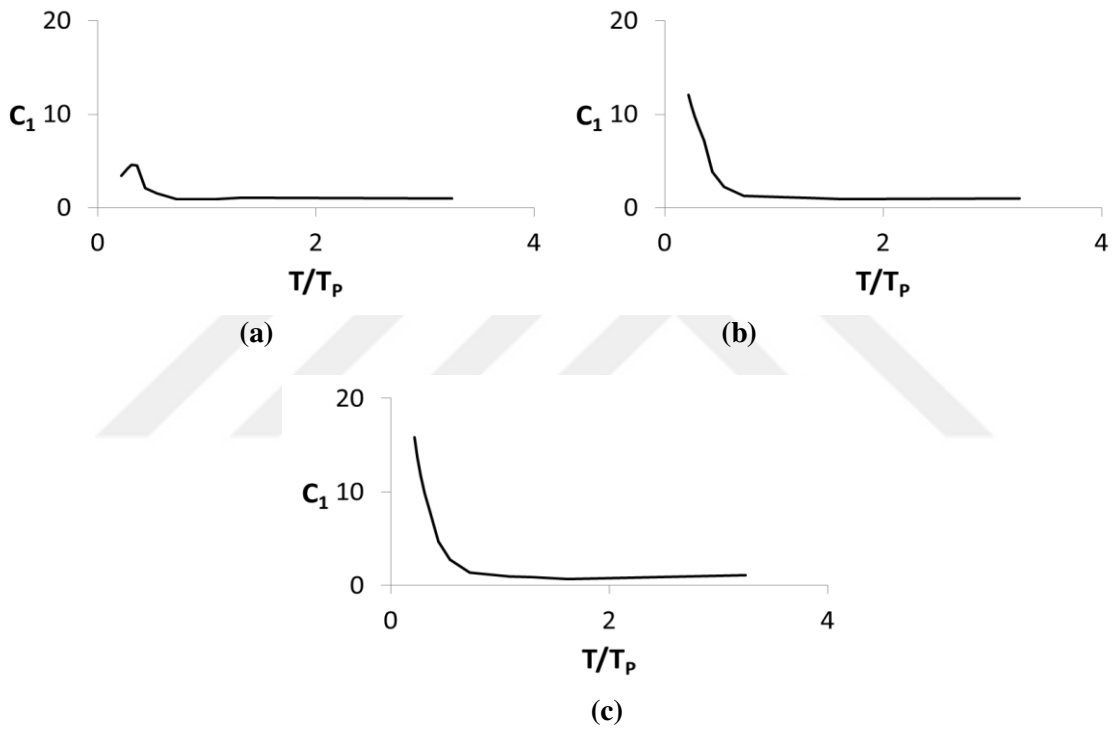


Şekil 6.20. $T=0,9$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

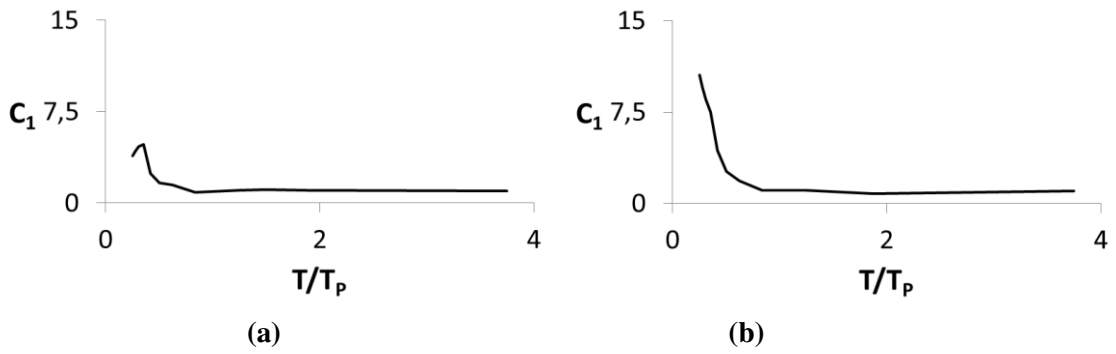


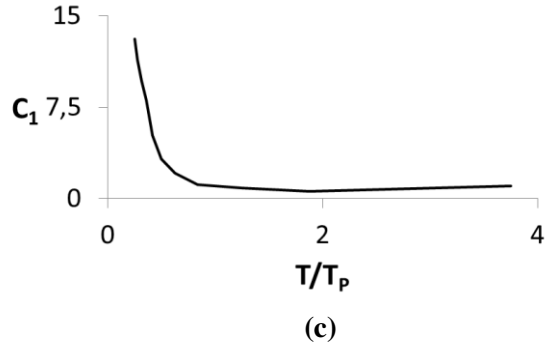


Şekil 6.21. $T=1,0$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

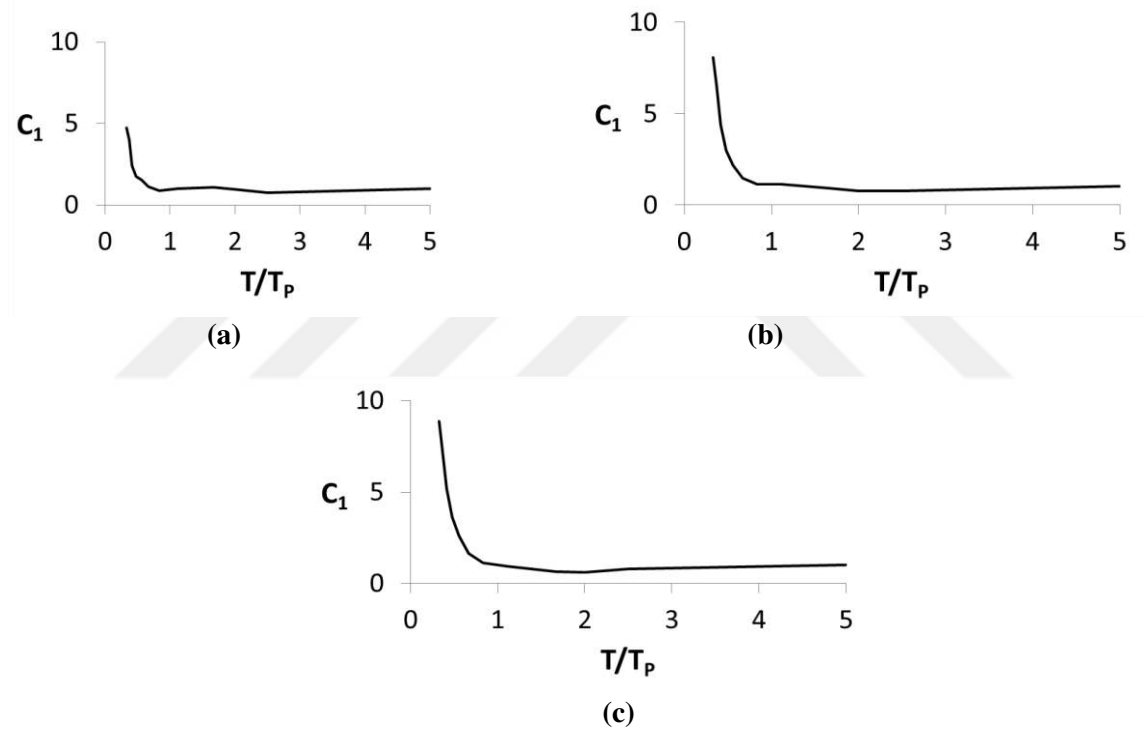


Şekil 6.22. $T=1,3$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_p oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

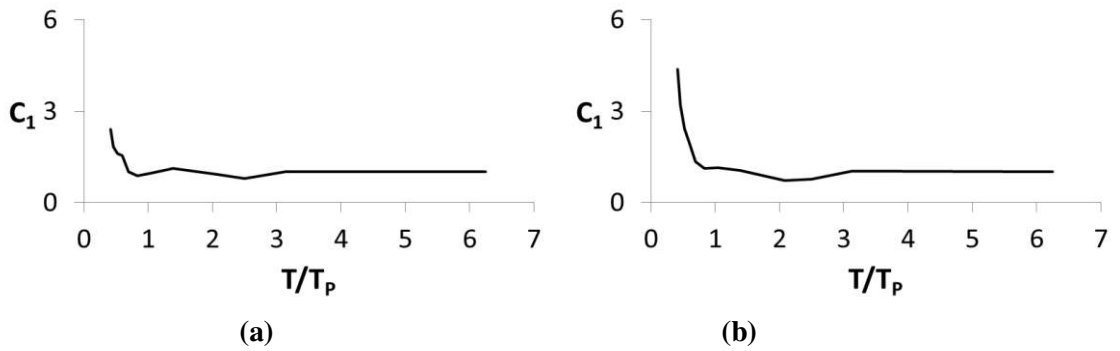


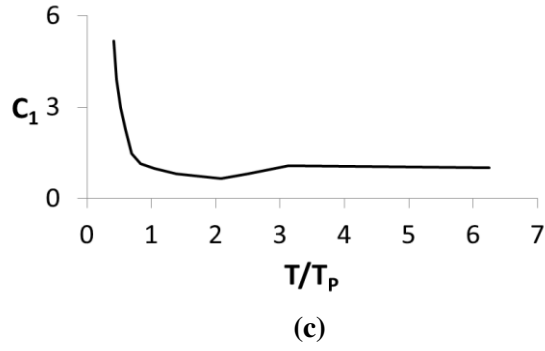


Şekil 6.23. $T=1,5$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

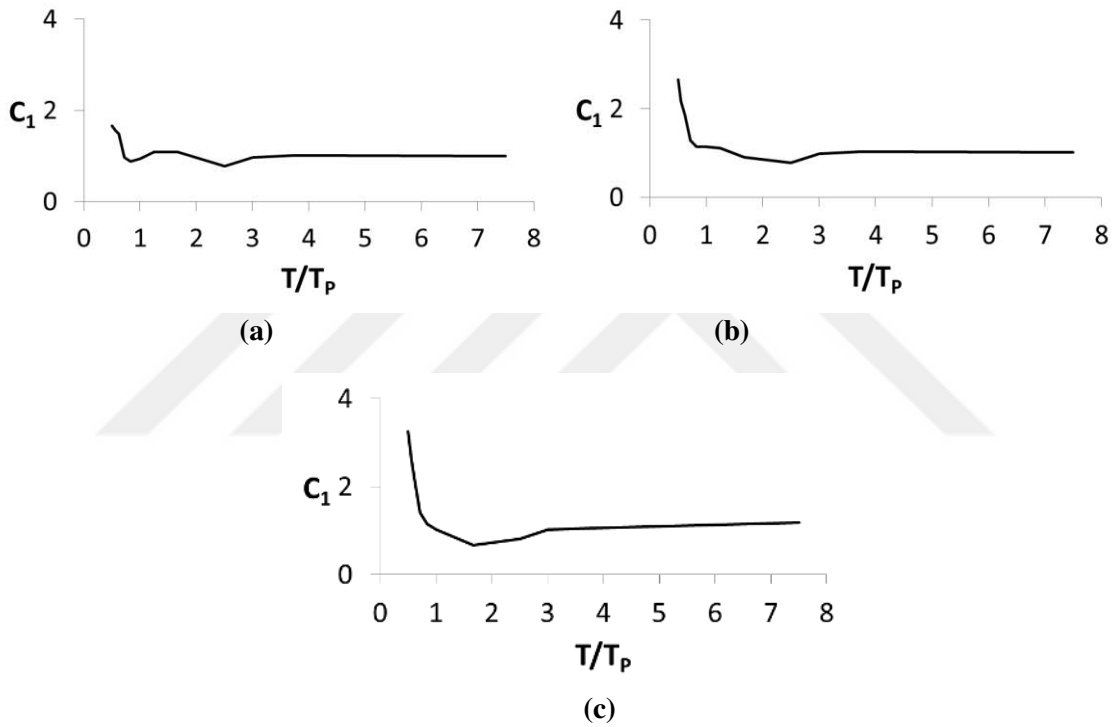


Şekil 6.24. $T=2,0$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$ için





Şekil 6.25. $T=2,5$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$



Şekil 6.26. $T=3,0$ saniye için maksimum deplasman oranlarının T/T_P oranı ile değişimi; (a) $R=2$, (b) $R=3$, (c) $R=5$

C_1 değerlerinin T/T_P oranlarıyla değişimleri Şekil 6.16- 6.26'da verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde T/T_P oranlarının en küçük değerlerinde C_1 değerlerinin maksimum olduğu gözlenmiştir. T/T_P oranlarının yaklaşık 0,5 değerine kadar artmasıyla C_1 değerlerinin azaldığı ve sonrasında T/T_P oranlarının artmasının C_1 değerlerini çok fazla etkilemediği görülmüştür.

Sonuç olarak T/T_P oranlarının küçük olduğu bölgelerde (yaklaşık $T/T_P \leq 0,5$) C_1 değerlerinin daha fazla etkilendiği gözlenmiştir. Ayrıca C_1 değerlerinin T/T_P oranlarıyla değişiminin R ve T değerlerine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Her bir T değerinin R ile değişimleri incelendiğinde R değerlerinin artmasının C_1 değerlerini arttırdığı öte yandan T değerlerinin artmasının ise C_1 değerlerini azalttığı görülmüştür.

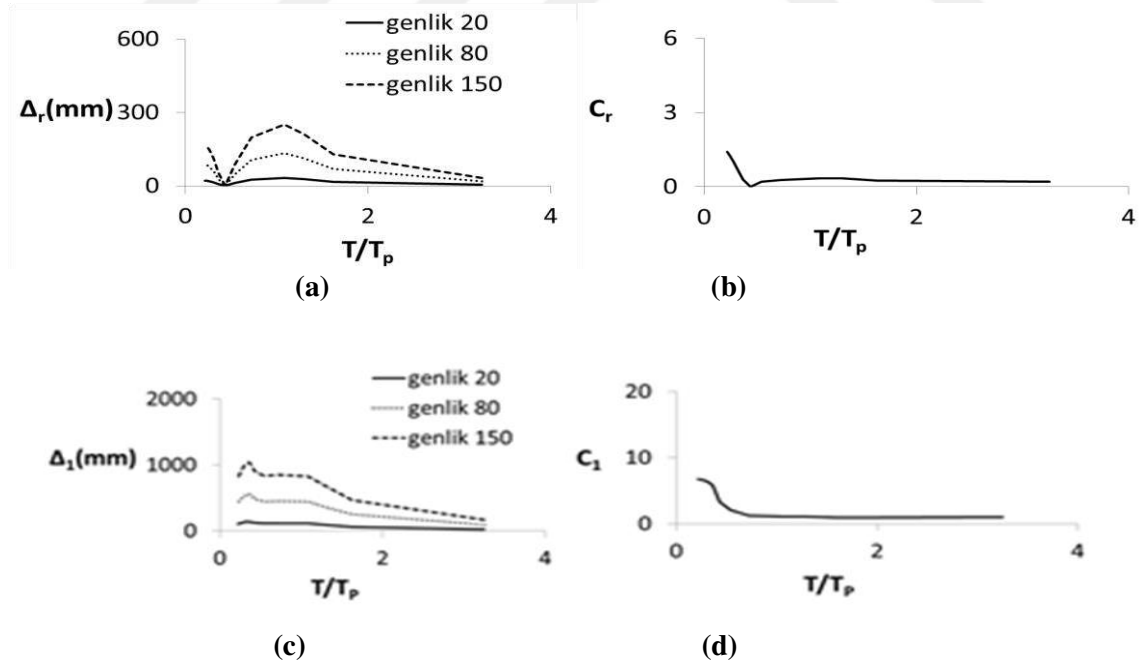
Son olarak C_1 ve C_r değerlerinin T/T_p oranlarıyla değişimleri karşılaştırıldığında; genel olarak T/T_p oranlarıyla değişimlerinin benzer olduğu görülmüştür. Ancak C_r değerlerinin sıfıra yaklaştıkları noktalarda bu benzerliklerin bozulduğu gözlenmiştir.

6.3. Pozitif Akma Rijitliğinin Yer Değiştirmeler ve Yer Değiştirme Oranları Üzerindeki Etkileri

Bu çalışma kapsamında DOZTA analizler yapılırken Takeda modelinin kullanıldığı daha öncede belirtilmiştir. Bu modelde yapının aktıktan sonraki rijitliği (K_2) sıfır alınmıştır, yani yapının aktıktan sonra pekleşmediği kabul edilerek analizler yapılmıştır. Ancak literatür taramasında kalıntı deplasmanların ve kalıntı deplasman oranlarının üzerinde en önemli parametrelerden birinin akma sonrası rijitlik olduğunu göstermişlerdir.

Bu sebeple bu bölümde K_2 değerinin pozitif olması halinde Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p değişimlerine bağlı olarak değişimleri incelenmiştir.

Örnek olarak $T=1,3$ s ve $R=3$ değerlerine sahip olan bir yapı için K_2 değerinin %5 alınması sonucunda Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p parametresi ile değişimleri aşağıdaki şekilde (Şekil 6.27) verilmiştir.



Şekil 6.27. $T=1,3$ saniye ve $R=3$ için K_2 değerinin %5 alınması sonucunda Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p parametresi ile değişimleri; (a) Δ_r , (b) Δ_1 , (c) C_r , (d) C_1

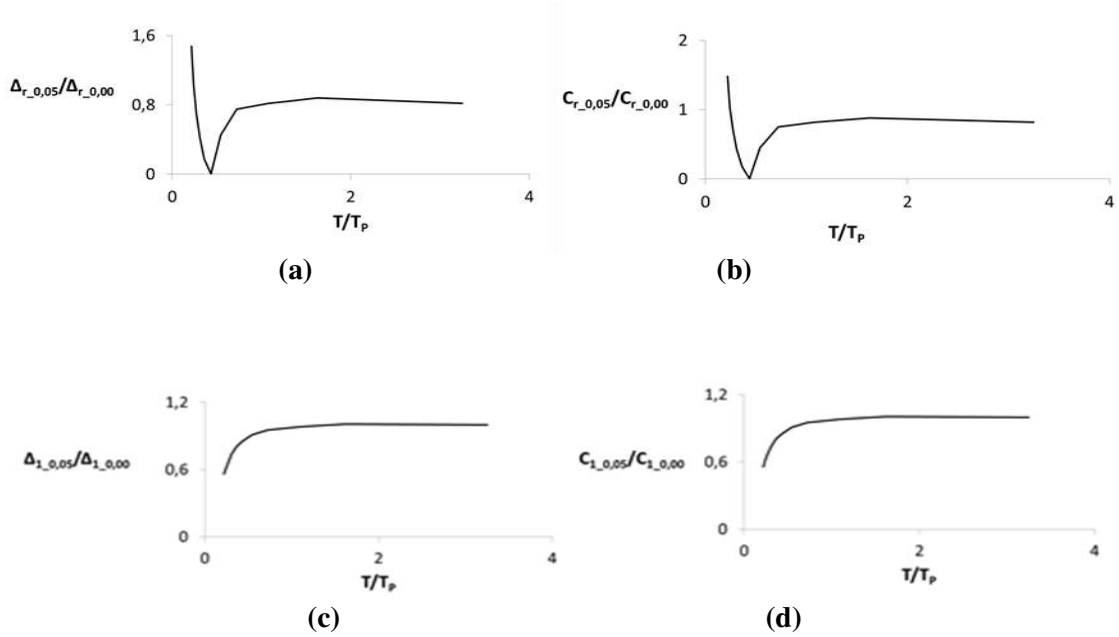
İlgili şekil incelendiğinde K_2 değerinin pozitif olmasının Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_p ile değişimlerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Bu etkiler aşağıda belirtilmiştir.

Δ_r talepleri ve C_r değerleri için K_2 'deki artışın T/T_P oranının küçük oldukları bölgelerde ($T/T_P \leq 0,5$) daha fazla etkili olduğu ve T/T_P oranıyla değişimlerinde sıfırlandıkları gözlenmiştir. T/T_P oranlarının büyük olduğu bölgelerde ise Δ_r taleplerinin azaldığı ancak bu azalmaların çok belirgin olmadığı, C_r değerlerinin ise çok fazla etkilenmediği gözlenmiştir.

Δ_1 taleplerinin T/T_P oranıyla değişimlerinde K_2 artışın Δ_1 taleplerini azalttığını ancak T/T_P oranının küçük oldukları bölgelerde ($T/T_P \leq 0,5$) $K_2=0$ olduğunda Δ_1 talepleri azalmaya eğilimli iken $K_2 = \%5$ olduğunda Δ_1 taleplerinin artmaya eğilimli oldukları gözlenmiştir.

C_1 değerlerinin T/T_P oranıyla değişimlerinde K_2 değerinin artmasının özellikle T/T_P oranının küçük oldukları bölgede ($T/T_P \leq 0,5$) C_1 değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. T/T_P oranının büyük oldukları bölgede ise C_1 değerlerinin K_2 artışından etkilenmediği gözlenmiştir. Sonuç olarak Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinde $K_2 = \%5$ seçilmesinin T/T_P oranının küçük oldukları bölgelerde ($T/T_P \leq 0,5$) daha fazla etkili olduğu görülmüştür.

Ayrıca bu bölümde ilgili sistemin pozitif akma rijitliği ($r=0,05$), sonucunda elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimleri, sistemin aktıktan sonraki rijitliği sıfır olan sistemden ($r=0$) elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinin oranı alınmıştır. Bu oranlamada ki amaç pozitif akma rijitliğinin, Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinde etkisini daha açık bir şekilde göstermektir. Şekil 6.28'de pozitif akma rijitliğinin Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinde ki etkisi sunulmuştur.



Şekil 6.28. $T=1,3$ saniye ve $R=3$ için K_2 değerinin $\%5$ alınması sonucunda elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinin, K_2 değerinin sıfır alınması sonucunda elde edilen Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerinin T/T_P parametresi ile değişimlerinin oranı; (a) Δ_r , (b) Δ_1 , (c) C_r , (d) C_1

İlgili şekil incelendiğinde pozitif akma rijitliğinin, Δ_r ve C_r değerlerinin T/T_P oranlarının küçük oldukları bölgelerde (yaklaşık $T/T_P \leq 0,5$) daha fazla etkili olduğu ve bu bölgelerde T/T_P oranlarının artması ile Δ_r ve C_r değerlerinin azaldığı ve bazı noktalarda sıfırlandıkları görülmüştür. Sonrasında yaklaşık T/T_P oranlarının 1 değerine kadar artması ile Δ_r ve C_r değerlerinin arttığı görülmüştür. T/T_P oranlarının 1 değerinden sonra ise pozitif akma rijitliğinin Δ_r ve C_r değerlerini çok fazla etkilemediği gözlenmiştir.

Pozitif akma rijitliğinin, Δ_1 ve C_1 değerlerinin T/T_P oranlarıyla değişimlerinde ise etkisinin çok fazla belirgin olmadığı gözlenmiştir. Ancak T/T_P oranlarının küçük oldukları bölgede azda olsa, Δ_1 ve C_1 değerlerinin pozitif akma rijitliğinden etkilendikleri görülmüştür. Sonuç olarak pozitif akma rijitliği, T/T_P oranlarının küçük oldukları bölgelerde, Δ_r , Δ_1 , C_r ve C_1 değerlerini daha fazla etkilemektedir. Ancak bu etki Δ_r ve C_r değerleri üzerinde daha belirgindir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kalıntı deplasman taleplerinin yüksek seviyelerde olması yapının işlevini bozulmasına sebep olur. Bu sebeple çeşitli girdiler ve yanıt parametreleri ile yapıların kalıntı deplasman talepleri arasında ilişki oluşturmak pratik bir öneme sahiptir.

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada hız darbeleri içeren yer hareketlerinin temsil etmek için kullanılan basit darbe fonksiyonları TSD sistemlere etki ettirilerek, yapıların performansını önemli ölçüde etkileyen faya yakın yerlerde meydana gelen hız darbelerinin en önemli özellikleri olan hız darbesi periyodu ve hız darbesi genliğinin kalıntı deplasman talepleri üzerindeki etkileri hakkında bilgi edinmek için yapılmıştır.

Bu çalışmada hız darbesi periyodunun ve hız darbesi genliğinin TSD sistemlerde kalıntı deplasman talepleri üzerindeki etkisini araştırmak için yaklaşık 1200 DOZTA analiz yapılmıştır. Bu analizlerin amaçları hız darbesinin periyodunun ve hız darbesi genliğinin kombinasyonlarıyla elde edilen basit darbe fonksiyonlarının değişiminin, kalıntı deplasman talepleri üzerindeki etkilerini araştırmaktır.

Analizler sonucunda hız darbesinin periyodunun ve hız darbesinin genliğinin değerlerine karşı kalıntı deplasmanların hassas olduğu görülmüştür. Kalıntı deplasman talepleri ve kalıntı deplasman oranları üzerinde hız darbesinin periyodunun ve hız darbesinin genliğinin etkileri aşağıda sunulmuştur.

- Hız darbesinin periyodunun TSD sistemlerde kalıntı deplasman talepleri üzerinde etkisi araştırılırken kalıntı deplasmanların ve kalıntı deplasman oranlarının T/T_p ile değişimleri incelenmiştir. T/T_p oranının küçük olduğu bölgelerde (Örnek $T/T_p \leq 0,5$) kalıntı deplasman oranlarının büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca T/T_p oranının küçük olduğu bölgelerde kalıntı deplasman oranlarının R ve T/T_p oranından daha fazla etkilendikleri gözlenmiştir. T/T_p oranının arttığı bölgede ise kalıntı deplasman oranlarının R ve T/T_p oranından çok fazla etkilenmediği sonucuna varılmıştır.
- Kalıntı deplasmanların T/T_p oranlarıyla değişimlerinde ise genel olarak bölgelere ayırmak mümkün değildir. Ancak kalıntı deplasmanların yer hareketlerinin özellikleri olan hız darbesi periyodundan etkilendikleri bu çalışmada açıkça gözlenmiştir.
- Benzer şekilde hız darbesinin genliğide kalıntı deplasman talepleri üzerinde etkilidir. Çalışmada hız darbesi genliğinin artmasıyla kalıntı deplasmanların doğrusal bir şekilde arttığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak TSD sistemlerde basit darbe fonksiyonlarının özellikleri olan hız darbesinin periyodunun ve hız darbesi genliklerinin yer değiştirme ve yer değiştirme oranları üzerinde etkili oldukları sonucuna varılmıştır. Bu sebeple kalıntı deplasman taleplerini ölçerken bu yer hareketi parametrelerinin dikkate alınması gerektiği bu çalışma da savunulmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] Christopoulos, C., Pampanin, S., Nigel Priestley, M.J. (2003). Performance-based seismic response of frame structures including residual deformations part I: single-degree of freedom systems. *Journal of Earthquake Engineering*, 7(01), 97-118.
- [2] Yazgan, U. (2009). *The use of post-earthquake residual displacements as a performance indicator in seismic assessment*. ETH Zurich, Institute of Structural Engineering, PhD Thesis, Zurich, Switzerland.
- [3] Ruiz-Garcia, J., Miranda, E. (2005). Performance-based assessment of existing structures accounting for residual displacements. Report No:153, 407s.
- [4] Bertero, R.D., Bertero, V.V. (2002). Performance -based seismic engineering: the need for a reliable conceptual comprehensive approach. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 31(3), 627-652.
- [5] Teran-Gilmore, A. (2004). On the use of spectra to establish damage control in regular frames during global predesign. *Earthquake Spectra*, 20(3), 995-1020.
- [6] JRA, (2002). Specification for highway bridges-Part V Seismic Design, Japan Road Association, Tokyo.
- [7] SEAOC Vision 2000 Committee, (1995). Performance-based seismic engineering. Structural Engineers Association of California, Sacramento, California.
- [8] FEMA-273, (1997). NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington DC.
- [9] FEMA-356, (2000). FEMA 356-Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington DC.
- [10] Şahin, O. (2018). *Yapılar üzerindeki kalıntı deplasman talebinin depremle olan ilişkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] Cosenza, E., Manfredi, G. (2000). Damage indices and damage measures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 2(1), 50-59.
- [12] Kermani, E., Jafarian, Y. Baziar, M.H. (2009). New predictive models for the v_{max}/a_{max} ratio of strong ground motions using genetic programming. *International Journal of Civil Engineering*, 7(4), 236-247.
- [13] Jafarian, Y., Kermani, E., Baziar, M.H. (2010). Empirical predictive model for the v_{max}/a_{max} ratio of strong ground motions using genetic programming, *Computers & Geosciences*, 36(12), 1523-1531.
- [14] Durucan, C., Dicleli, M. (2015). A_p/V_p specific inelastic displacement ratio for seismic response estimation of structures, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(7), 1075-1097.
- [15] Kalkan, E., Kunnath, S.K. (2006). Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings, *Earthquake spectra*, 22(2), 367-390.
- [16] Akkar, S., Yazgan, U., Gülkan, P. (2005). Drift estimates in frame buildings subjected to near-fault ground motions. *Journal of Structural Engineering*, 131(7), 1014-1024.
- [17] MacRae, G.A., Kawashima, K.(1997). Post-earthquake residual displacements of bilinear oscillators. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*; 26:701–716.

- [18] Kawashima, K., MacRae, G.A., Hoshikuma, J., Nagaya, K. (1998). "Residual Displacement Response Spectrum," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 124(5): 523– 530.
- [19] Borzi, B., Calvi, G.M., Elnashai, A.S., Faccioli, E.(2001). Inelastic spectra for displacement-based seismic design, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21(1), 47-61.
- [20] Dazio, A. (2004). Residual displacements in capacity designed reinforced concrete structures. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada.
- [21] Ruiz -García, J., Miranda, E. (2006). Residual displacement ratios for assessment of existing structures, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 35(3), 315-336.
- [22] Bojórquez, E., Ruiz-García, J. (2013). Residual drift demands in moment-resisting steel frames subjected to narrow-band earthquake ground motions. *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 42, 1583–1598.
- [23] Ghanbari, B., Akhaveissy, A.H. (2017). An empirical equation to predict the mean residual displacement ratios in constant ductility SDOF systems under strong motion records in Iran, *Asian Journal of Civil Engineering*, 18(3), 473-484.
- [24] Guerrero, H., Ruiz-García, J., Ji, T. (2017). Residual displacement demands of conventional and dual oscillators subjected to earthquake ground motions characteristic of the soft soils of Mexico City, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 98, 206-221.
- [25] Ruiz-García, J., Guerrero, H. (2017). Estimation of residual displacement ratios for simple structures built on soft-soil sites, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 100, 555-558.
- [26] Duofa, J., Weiping W., Changhai, Z., Evangelos, IK. (2018) Residual displacement ratios of SDOF systems subjected to ground motions recorded on soft soils, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 115, 331-335.
- [27] Quinde, P., Terán-Gilmore, A., Reinoso, E. (2019) Residual displacement estimation for soft soils: Application to Mexico city lake-bed, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 130.
- [28] Housner, G.W., Trifunac, M.D. (1967). Analysis of accelerograms—Parkeld earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America* 57,1193–1220.
- [29] Somerville, P.G., Smith, N.F., Graves, R.W., Abrahamson, NA. (1997). Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity, *Seismological Research Letters*, 1, 199–222.
- [30] Baker, J.W. (2007). Quantitative classification of near-fault ground motions using wavelet analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1486-1501.
- [31] Mavroeidis G.P., Papageorgiou, A.S. (2003). A mathematical representation of near-fault ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(3), 1099–1131.
- [32] Mavroeidis, G.P., Dong, G., Papageorgiou, AS. (2004). Near-fault ground motions, and the response of elastic and inelastic single-degree-of-freedom (SDOF) systems, *Earthquake Engineering And Structural Dynamics*, 33,1023–1049.
- [33] Fu, Q., Menun, C. (2004). Seismic-environment-based simulation of near-fault ground motions, in *Proc. 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada.
- [34] Alavi,B., Krawinkler, H. (2001) Effects of near-fieldground motionon frame structures, *The John A. Blume Earthquake Engineering Center*, Stanford University, Stanford, California.

- [35] Ruiz-Garcia, J. (2011). Inelastic displacement ratios for seismic assessment of structures subjected to forward-directivity near-fault ground motions. *Journal of Earthquake Engineering*, 15(3), 449-468.
- [36] Lioussatou, E., Fardis, M.N. (2015). Residual displacements of RC structures as SDOF systems, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(5), 713-734
- [37] Lioussatou, E., Fardis, M.N.(2016). Near-fault effects on residual displacements of RC structures, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 45, 1391–1409.
- [38] McCormick, J., Aburano, H., Ikenaga, M., Nakashima, M. (2008). Permissible residual deformation levels for building structures considering both safety and human elements, *In: Proceedings of 14th world conference on earthquake engineering*, Seismological Press of China, Beijing
- [39] Fahmy, M.F.M., Wu, Z., Wu, G. (2009) Seismic performance assessment of damage-controlled FRP-retrofitted RC bridge columns using residual deformations, *Journal of Composites for Construction*, 13, 498–513.
- [40] Ramirez, C.M., Miranda, E. (2012). Significance of residual drifts in building earthquake loss estimation, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(11), 1477-1493.
- [41] Yazgan, U., Dazio, A. (2012) Post-earthquake damage assessment using residual displacements. *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 41, 1257–1276.
- [42] Fang, W., Wang, W. (2019). Structural Responses: Single-Degree-of-Freedom (SDOF) Systems, *Shape Memory Alloys for Seismic Resilience*, 179-219.
- [43] Chang, Z., Luca, F.D., Goda, K. (2019). Near fault acceleration pulses and non-acceleration pulses: Effects on the inelastic displacement ratio, *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 48, 1256-1276.
- [44] Takeda, T., Sozen, M.A., Nielsen, N.N.(1970). Reinforced concrete response to simulated earthquakes, *Journal of the Structural Division*, 96(12), 2557-2573.
- [45] Ilki, A., Kumbasar, N. (2000). Hysteresis model for reinforced concrete members, *Proceeding ASCE 14th Engineering Mechanics Conference*, 21-24 Mayıs, Austin, Texas, (CD-ROM).

EKLER

EK- 1: ANALİZLER SONUCU ELDE EDİLEN DEĞERLER

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,30	2	0,4	20	22,707	20,512	1,977	0,087
0,40	2	0,4	20	33,355	29,361	5,745	0,172
0,50	2	0,4	20	34,816	35,390	8,809	0,253
0,70	2	0,4	20	32,934	35,382	9,752	0,296
0,90	2	0,4	20	28,852	25,090	3,689	0,128
1,00	2	0,4	20	26,229	20,465	0,346	0,013
1,30	2	0,4	20	21,371	21,804	4,992	0,234
1,50	2	0,4	20	22,044	22,360	4,516	0,205
2,00	2	0,4	20	23,030	23,338	6,266	0,272
2,50	2	0,4	20	23,684	23,878	4,634	0,196
3,00	2	0,4	20	24,063	24,196	10,498	0,436
0,30	2	0,4	80	90,829	81,868	7,880	0,087
0,40	2	0,4	80	133,422	117,421	22,997	0,172
0,50	2	0,4	80	139,263	141,567	35,237	0,253
0,70	2	0,4	80	131,738	141,524	39,028	0,296
0,90	2	0,4	80	115,407	100,359	14,732	0,128
1,00	2	0,4	80	104,917	81,857	1,354	0,013
1,30	2	0,4	80	85,484	87,208	19,945	0,233
1,50	2	0,4	80	88,175	89,446	18,012	0,204
2,00	2	0,4	80	92,121	93,357	24,959	0,271
2,50	2	0,4	80	94,736	95,517	18,489	0,195
3,00	2	0,4	80	96,252	96,785	42,022	0,437
0,30	2	0,4	150	170,304	153,570	14,774	0,087
0,40	2	0,4	150	250,166	220,173	43,112	0,172
0,50	2	0,4	150	261,119	265,401	66,014	0,253
0,70	2	0,4	150	247,008	263,352	73,183	0,296
0,90	2	0,4	150	216,388	188,173	27,622	0,128
1,00	2	0,4	150	196,719	153,482	2,549	0,013
1,30	2	0,4	150	160,282	163,519	37,405	0,233
1,50	2	0,4	150	165,327	167,712	33,766	0,204
2,00	2	0,4	150	172,726	175,043	46,837	0,271
2,50	2	0,4	150	177,630	179,093	34,684	0,195
3,00	2	0,4	150	180,473	181,473	78,795	0,437
0,30	3	0,4	20	22,707	27,777	8,138	0,358
0,40	3	0,4	20	33,355	35,452	11,405	0,342
0,50	3	0,4	20	34,816	37,396	12,795	0,368
0,70	3	0,4	20	32,935	28,544	7,332	0,223
0,90	3	0,4	20	28,852	19,698	1,105	0,038

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,00	3	0,4	20	26,229	20,599	1,099	0,042
1,30	3	0,4	20	21,371	22,194	5,409	0,253
1,50	3	0,4	20	22,044	22,713	7,193	0,326
2,00	3	0,4	20	23,030	23,583	7,425	0,322
2,50	3	0,4	20	23,684	24,037	9,873	0,417
3,00	3	0,4	20	24,063	24,307	12,711	0,528
0,30	3	0,4	80	90,829	111,134	32,560	0,358
0,40	3	0,4	80	133,422	141,793	45,580	0,342
0,50	3	0,4	80	139,263	149,583	51,180	0,368
0,70	3	0,4	80	131,738	114,169	29,375	0,223
0,90	3	0,4	80	115,407	78,597	4,403	0,038
1,00	3	0,4	80	104,917	82,399	4,407	0,042
1,30	3	0,4	80	85,484	88,775	21,636	0,253
1,50	3	0,4	80	88,175	90,853	28,776	0,326
2,00	3	0,4	80	92,121	94,332	29,706	0,322
2,50	3	0,4	80	94,736	96,148	39,494	0,417
3,00	3	0,4	80	96,252	97,228	50,837	0,528
0,30	3	0,4	150	170,304	208,363	61,046	0,358
0,40	3	0,4	150	250,166	265,868	85,479	0,342
0,50	3	0,4	150	261,119	280,468	95,963	0,368
0,70	3	0,4	150	247,008	214,066	55,085	0,223
0,90	3	0,4	150	216,388	147,355	8,305	0,038
1,00	3	0,4	150	196,718	154,495	8,252	0,042
1,30	3	0,4	150	160,282	166,450	40,559	0,253
1,50	3	0,4	150	165,327	170,347	53,942	0,326
2,00	3	0,4	150	172,726	176,873	55,664	0,322
2,50	3	0,4	150	177,630	180,276	74,048	0,417
3,00	3	0,4	150	180,473	182,303	95,313	0,528
0,30	5	0,4	20	22,707	28,838	8,378	0,369
0,40	5	0,4	20	33,355	32,732	11,497	0,345
0,50	5	0,4	20	34,816	30,135	10,816	0,311
0,70	5	0,4	20	32,935	20,914	4,629	0,141
0,90	5	0,4	20	28,852	20,630	0,701	0,024
1,00	5	0,4	20	26,229	21,389	2,768	0,106
1,30	5	0,4	20	21,371	22,723	7,098	0,332
1,50	5	0,4	20	22,044	23,177	8,868	0,402
2,00	5	0,4	20	23,030	23,852	11,142	0,484
2,50	5	0,4	20	23,684	24,212	14,592	0,616
3,00	5	0,4	20	24,063	28,578	16,328	0,679
0,30	5	0,4	80	90,829	115,406	33,550	0,369
0,40	5	0,4	80	133,422	130,941	45,993	0,345
0,50	5	0,4	80	139,263	120,551	43,252	0,311
0,70	5	0,4	80	131,738	83,654	18,550	0,141

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,90	5	0,4	80	115,407	82,521	2,819	0,024
1,00	5	0,4	80	104,917	85,558	11,084	0,106
1,30	5	0,4	80	85,484	90,892	28,396	0,332
1,50	5	0,4	80	88,175	92,705	35,466	0,402
2,00	5	0,4	80	92,121	95,409	44,578	0,484
2,50	5	0,4	80	94,736	96,845	58,394	0,616
3,00	5	0,4	80	96,252	114,324	65,233	0,678
0,30	5	0,4	150	170,304	216,347	62,878	0,369
0,40	5	0,4	150	250,166	245,466	86,220	0,345
0,50	5	0,4	150	261,119	226,004	81,129	0,311
0,70	5	0,4	150	247,008	156,851	34,718	0,141
0,90	5	0,4	150	216,388	154,724	5,277	0,024
1,00	5	0,4	150	196,718	160,250	20,310	0,103
1,30	5	0,4	150	160,282	170,426	53,259	0,332
1,50	5	0,4	150	165,327	173,827	66,518	0,402
2,00	5	0,4	150	172,726	178,891	83,583	0,484
2,50	5	0,4	150	177,630	181,586	109,453	0,616
3,00	5	0,4	150	180,473	214,333	122,456	0,679
0,30	2	0,8	20	6,053	22,796	0,272	0,045
0,40	2	0,8	20	14,589	24,267	2,437	0,167
0,50	2	0,8	20	25,293	37,667	8,107	0,321
0,70	2	0,8	20	58,815	50,976	7,566	0,129
0,90	2	0,8	20	67,942	67,082	16,810	0,247
1,00	2	0,8	20	67,958	71,873	17,663	0,260
1,30	2	0,8	20	67,116	73,479	19,549	0,291
1,50	2	0,8	20	64,740	66,190	19,288	0,298
2,00	2	0,8	20	53,051	41,541	4,462	0,084
2,50	2	0,8	20	42,596	43,570	9,898	0,232
3,00	2	0,8	20	44,412	45,273	16,808	0,378
0,30	2	0,8	80	24,213	91,146	1,107	0,046
0,40	2	0,8	80	58,355	97,169	9,786	0,168
0,50	2	0,8	80	101,170	151,089	32,578	0,322
0,70	2	0,8	80	235,261	203,903	30,262	0,129
0,90	2	0,8	80	271,770	268,331	67,261	0,247
1,00	2	0,8	80	271,832	287,529	70,727	0,260
1,30	2	0,8	80	268,466	294,097	78,417	0,292
1,50	2	0,8	80	258,960	264,761	77,177	0,298
2,00	2	0,8	80	212,203	166,164	17,898	0,084
2,50	2	0,8	80	170,386	174,281	39,590	0,232
3,00	2	0,8	80	177,648	181,093	67,233	0,378
0,30	2	0,8	150	45,399	170,957	2,045	0,045
0,40	2	0,8	150	109,416	181,984	18,271	0,167
0,50	2	0,8	150	189,694	283,135	61,026	0,322

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,70	2	0,8	150	441,114	382,383	56,719	0,129
0,90	2	0,8	150	509,568	503,120	126,123	0,248
1,00	2	0,8	150	509,685	539,121	132,623	0,260
1,30	2	0,8	150	503,373	551,364	146,948	0,292
1,50	2	0,8	150	485,550	496,427	144,710	0,298
2,00	2	0,8	150	397,880	311,557	33,539	0,084
2,50	2	0,8	150	319,473	326,771	74,175	0,232
3,00	2	0,8	150	333,089	339,549	126,062	0,378
0,30	3	0,8	20	6,053	38,051	6,844	1,131
0,40	3	0,8	20	14,589	38,718	6,517	0,447
0,50	3	0,8	20	25,293	46,719	11,089	0,438
0,70	3	0,8	20	58,815	64,081	19,947	0,339
0,90	3	0,8	20	67,942	75,719	26,593	0,391
1,00	3	0,8	20	67,958	74,463	26,756	0,394
1,30	3	0,8	20	67,116	62,189	19,418	0,289
1,50	3	0,8	20	64,740	52,433	11,580	0,179
2,00	3	0,8	20	53,051	41,461	0,520	0,010
2,50	3	0,8	20	42,596	44,603	11,050	0,259
3,00	3	0,8	20	44,412	45,995	13,835	0,312
0,30	3	0,8	80	24,213	152,201	27,374	1,131
0,40	3	0,8	80	58,355	155,011	26,150	0,448
0,50	3	0,8	80	101,170	186,814	44,322	0,438
0,70	3	0,8	80	235,261	256,325	79,786	0,339
0,90	3	0,8	80	271,770	303,015	106,402	0,392
1,00	3	0,8	80	271,832	297,771	107,032	0,394
1,30	3	0,8	80	268,466	248,734	77,693	0,289
1,50	3	0,8	80	258,960	209,730	46,406	0,179
2,00	3	0,8	80	212,203	165,830	2,109	0,010
2,50	3	0,8	80	170,386	178,412	44,200	0,259
3,00	3	0,8	80	177,648	183,979	55,340	0,312
0,30	3	0,8	150	45,399	285,294	51,265	1,129
0,40	3	0,8	150	109,416	290,460	48,924	0,447
0,50	3	0,8	150	189,694	350,308	83,122	0,438
0,70	3	0,8	150	441,114	480,610	149,599	0,339
0,90	3	0,8	150	509,568	568,170	199,507	0,392
1,00	3	0,8	150	509,685	558,330	200,683	0,394
1,30	3	0,8	150	503,373	466,375	145,677	0,289
1,50	3	0,8	150	485,550	393,245	86,936	0,179
2,00	3	0,8	150	397,880	310,936	3,943	0,010
2,50	3	0,8	150	319,473	334,522	82,875	0,259
3,00	3	0,8	150	333,089	344,961	103,763	0,312
0,30	5	0,8	20	6,053	42,298	13,266	2,191
0,40	5	0,8	20	14,589	47,589	14,666	1,005

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,50	5	0,8	20	25,293	52,745	17,239	0,682
0,70	5	0,8	20	58,815	63,781	22,491	0,382
0,90	5	0,8	20	67,942	64,092	25,305	0,372
1,00	5	0,8	20	67,958	60,022	23,408	0,344
1,30	5	0,8	20	67,116	46,315	14,123	0,210
1,50	5	0,8	20	64,740	38,170	7,398	0,114
2,00	5	0,8	20	53,051	43,102	2,904	0,055
2,50	5	0,8	20	42,596	45,731	9,123	0,214
3,00	5	0,8	20	44,412	46,798	10,808	0,243
0,30	5	0,8	80	24,213	169,190	53,060	2,191
0,40	5	0,8	80	58,355	190,399	58,697	1,006
0,50	5	0,8	80	101,170	210,929	68,921	0,681
0,70	5	0,8	80	235,261	255,020	89,905	0,382
0,90	5	0,8	80	271,770	256,369	101,219	0,372
1,00	5	0,8	80	271,832	240,087	93,632	0,344
1,30	5	0,8	80	268,466	185,266	56,411	0,210
1,50	5	0,8	80	258,960	152,717	29,402	0,114
2,00	5	0,8	80	212,203	172,406	11,615	0,055
2,50	5	0,8	80	170,386	182,927	36,516	0,214
3,00	5	0,8	80	177,648	187,189	43,221	0,243
0,30	5	0,8	150	45,399	317,231	99,488	2,191
0,40	5	0,8	150	109,416	356,943	110,014	1,005
0,50	5	0,8	150	189,694	395,527	129,252	0,681
0,70	5	0,8	150	441,114	478,048	168,458	0,382
0,90	5	0,8	150	509,568	480,647	189,804	0,372
1,00	5	0,8	150	509,685	450,137	175,620	0,345
1,30	5	0,8	150	503,373	347,375	105,760	0,210
1,50	5	0,8	150	485,550	286,340	55,152	0,114
2,00	5	0,8	150	397,880	323,273	21,888	0,055
2,50	5	0,8	150	319,473	342,986	68,432	0,214
3,00	5	0,8	150	333,089	350,980	81,052	0,243
0,30	2	1,0	20	4,698	21,220	2,994	0,637
0,40	2	1,0	20	9,389	26,443	0,415	0,044
0,50	2	1,0	20	18,250	30,356	3,294	0,181
0,70	2	1,0	20	47,911	48,098	6,909	0,144
0,90	2	1,0	20	75,231	66,383	11,845	0,157
1,00	2	1,0	20	81,370	75,243	15,970	0,196
1,30	2	1,0	20	84,049	91,762	22,405	0,267
1,50	2	1,0	20	84,112	93,295	30,060	0,357
2,00	2	1,0	20	78,517	76,143	20,665	0,263
2,50	2	1,0	20	66,444	52,113	0,471	0,007
3,00	2	1,0	20	55,847	53,892	13,954	0,250
0,30	2	1,0	80	18,791	84,871	11,980	0,638

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,40	2	1,0	80	37,556	105,869	1,560	0,042
0,50	2	1,0	80	72,998	121,423	13,177	0,181
0,70	2	1,0	80	191,642	192,137	27,596	0,144
0,90	2	1,0	80	300,925	265,588	47,409	0,158
1,00	2	1,0	80	325,482	300,946	63,962	0,197
1,30	2	1,0	80	336,197	366,992	89,530	0,266
1,50	2	1,0	80	336,450	373,333	120,419	0,358
2,00	2	1,0	80	314,068	304,569	82,562	0,263
2,50	2	1,0	80	265,775	208,453	1,997	0,008
3,00	2	1,0	80	223,388	215,578	55,859	0,250
0,30	2	1,0	150	35,232	159,047	22,488	0,638
0,40	2	1,0	150	70,417	198,267	3,136	0,045
0,50	2	1,0	150	136,871	227,512	24,652	0,180
0,70	2	1,0	150	359,330	360,352	51,765	0,144
0,90	2	1,0	150	564,235	497,929	88,867	0,157
1,00	2	1,0	150	610,278	564,283	119,898	0,196
1,30	2	1,0	150	630,370	688,103	167,858	0,266
1,50	2	1,0	150	630,843	699,981	225,764	0,358
2,00	2	1,0	150	588,878	571,067	154,816	0,263
2,50	2	1,0	150	498,328	390,850	3,759	0,008
3,00	2	1,0	150	418,852	404,204	104,719	0,250
0,30	3	1,0	20	4,698	41,833	6,207	1,321
0,40	3	1,0	20	9,389	47,054	8,122	0,865
0,50	3	1,0	20	18,250	48,431	8,462	0,464
0,70	3	1,0	20	47,911	63,311	17,633	0,368
0,90	3	1,0	20	75,231	82,762	26,162	0,348
1,00	3	1,0	20	81,370	91,108	31,239	0,384
1,30	3	1,0	20	84,049	91,280	33,431	0,398
1,50	3	1,0	20	84,112	83,491	27,235	0,324
2,00	3	1,0	20	78,517	59,504	14,402	0,183
2,50	3	1,0	20	66,444	51,829	5,580	0,084
3,00	3	1,0	20	55,847	55,140	9,502	0,170
0,30	3	1,0	80	18,791	167,332	24,830	1,321
0,40	3	1,0	80	37,556	188,159	32,441	0,864
0,50	3	1,0	80	72,998	193,626	33,789	0,463
0,70	3	1,0	80	191,642	252,999	70,430	0,368
0,90	3	1,0	80	300,925	331,023	104,672	0,348
1,00	3	1,0	80	325,482	364,411	124,919	0,384
1,30	3	1,0	80	336,197	365,152	133,716	0,398
1,50	3	1,0	80	336,450	333,979	108,870	0,324
2,00	3	1,0	80	314,068	238,014	57,635	0,184
2,50	3	1,0	80	265,775	207,342	22,555	0,085
3,00	3	1,0	80	223,388	220,568	38,035	0,170

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,30	3	1,0	150	35,232	313,620	46,474	1,319
0,40	3	1,0	150	70,417	352,982	60,966	0,866
0,50	3	1,0	150	136,871	363,162	63,422	0,463
0,70	3	1,0	150	359,330	474,343	132,044	0,367
0,90	3	1,0	150	564,235	620,677	196,251	0,348
1,00	3	1,0	150	610,278	683,278	234,238	0,384
1,30	3	1,0	150	630,370	684,634	250,722	0,398
1,50	3	1,0	150	630,843	626,230	204,049	0,323
2,00	3	1,0	150	588,878	446,275	108,068	0,184
2,50	3	1,0	150	498,328	388,763	42,261	0,085
3,00	3	1,0	150	418,852	413,558	71,292	0,170
0,30	5	1,0	20	4,698	48,138	13,894	2,958
0,40	5	1,0	20	9,389	54,475	17,739	1,889
0,50	5	1,0	20	18,250	59,529	18,997	1,041
0,70	5	1,0	20	47,911	69,806	22,235	0,464
0,90	5	1,0	20	75,231	80,413	29,442	0,391
1,00	5	1,0	20	81,370	82,015	31,702	0,390
1,30	5	1,0	20	84,049	72,508	28,540	0,340
1,50	5	1,0	20	84,112	63,333	21,784	0,259
2,00	5	1,0	20	78,517	49,387	6,890	0,088
2,50	5	1,0	20	66,444	53,980	4,706	0,071
3,00	5	1,0	20	55,847	56,699	6,903	0,124
0,30	5	1,0	80	18,791	192,559	55,542	2,956
0,40	5	1,0	80	37,556	217,900	70,954	1,889
0,50	5	1,0	80	72,998	238,116	75,988	1,041
0,70	5	1,0	80	191,642	279,181	88,909	0,464
0,90	5	1,0	80	300,925	321,829	117,893	0,392
1,00	5	1,0	80	325,482	327,990	126,793	0,390
1,30	5	1,0	80	336,197	280,088	111,335	0,331
1,50	5	1,0	80	336,450	253,349	87,023	0,259
2,00	5	1,0	80	314,068	197,547	27,562	0,088
2,50	5	1,0	80	265,775	215,919	18,824	0,071
3,00	5	1,0	80	223,388	226,791	27,564	0,123
0,30	5	1,0	150	35,232	361,048	104,142	2,956
0,40	5	1,0	150	70,417	408,582	133,047	1,889
0,50	5	1,0	150	136,871	446,504	142,515	1,041
0,70	5	1,0	150	359,330	523,602	166,795	0,464
0,90	5	1,0	150	564,235	603,354	221,010	0,392
1,00	5	1,0	150	610,278	615,009	237,743	0,390
1,30	5	1,0	150	630,370	543,826	213,979	0,339
1,50	5	1,0	150	630,843	475,031	163,159	0,259
2,00	5	1,0	150	588,878	370,409	51,622	0,088
2,50	5	1,0	150	498,328	404,842	35,242	0,071

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
3,00	5	1,0	150	418,852	425,233	51,677	0,123
0,30	2	1,2	20	4,054	15,759	5,193	1,281
0,40	2	1,2	20	6,791	32,314	0,909	0,134
0,50	2	1,2	20	12,839	31,099	0,031	0,002
0,70	2	1,2	20	32,414	50,110	10,233	0,316
0,90	2	1,2	20	68,573	62,351	8,276	0,121
1,00	2	1,2	20	82,420	71,942	9,976	0,121
1,30	2	1,2	20	100,269	97,934	19,135	0,191
1,50	2	1,2	20	101,174	108,234	33,628	0,332
2,00	2	1,2	20	100,514	109,555	35,398	0,352
2,50	2	1,2	20	91,962	86,170	14,340	0,156
3,00	2	1,2	20	79,836	62,711	7,161	0,090
0,30	2	1,2	80	16,216	63,038	20,772	1,281
0,40	2	1,2	80	27,166	129,355	3,589	0,132
0,50	2	1,2	80	51,358	124,490	0,160	0,003
0,70	2	1,2	80	129,658	200,438	40,932	0,316
0,90	2	1,2	80	274,291	249,247	33,019	0,120
1,00	2	1,2	80	329,680	287,766	39,902	0,121
1,30	2	1,2	80	401,074	391,743	76,451	0,191
1,50	2	1,2	80	404,697	432,967	134,539	0,332
2,00	2	1,2	80	402,056	438,407	141,695	0,352
2,50	2	1,2	80	367,847	344,680	57,474	0,156
3,00	2	1,2	80	319,344	250,844	28,695	0,090
0,30	2	1,2	150	30,404	118,182	38,951	1,281
0,40	2	1,2	150	50,935	242,541	6,730	0,132
0,50	2	1,2	150	96,296	233,005	0,139	0,001
0,70	2	1,2	150	243,108	376,143	76,905	0,316
0,90	2	1,2	150	514,296	467,482	62,012	0,121
1,00	2	1,2	150	618,151	539,637	74,775	0,121
1,30	2	1,2	150	752,014	734,522	143,288	0,191
1,50	2	1,2	150	758,806	811,786	252,233	0,332
2,00	2	1,2	150	753,855	821,989	265,666	0,352
2,50	2	1,2	150	689,713	646,275	107,663	0,156
3,00	2	1,2	150	598,771	470,332	53,784	0,090
0,30	3	1,2	20	4,054	42,873	4,055	1,000
0,40	3	1,2	20	6,791	54,720	10,488	1,544
0,50	3	1,2	20	12,839	56,234	9,619	0,749
0,70	3	1,2	20	32,414	65,400	14,543	0,449
0,90	3	1,2	20	68,573	83,014	24,684	0,360
1,00	3	1,2	20	82,420	91,200	28,669	0,348
1,30	3	1,2	20	100,269	112,961	40,705	0,406
1,50	3	1,2	20	101,174	111,444	39,760	0,393
2,00	3	1,2	20	100,514	91,059	31,175	0,310

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
2,50	3	1,2	20	91,962	66,771	5,254	0,057
3,00	3	1,2	20	79,836	62,255	2,827	0,035
0,30	3	1,2	80	16,216	171,496	16,220	1,000
0,40	3	1,2	80	27,166	218,879	41,950	1,544
0,50	3	1,2	80	51,358	224,873	38,436	0,748
0,70	3	1,2	80	129,658	261,601	58,173	0,449
0,90	3	1,2	80	274,291	331,658	98,550	0,359
1,00	3	1,2	80	329,680	368,736	114,651	0,348
1,30	3	1,2	80	401,074	451,912	162,864	0,406
1,50	3	1,2	80	404,697	445,816	158,995	0,393
2,00	3	1,2	80	402,056	364,237	124,701	0,310
2,50	3	1,2	80	367,847	267,077	21,257	0,058
3,00	3	1,2	80	319,344	249,020	11,298	0,035
0,30	3	1,2	150	30,404	321,448	30,347	0,998
0,40	3	1,2	150	50,935	410,457	78,697	1,545
0,50	3	1,2	150	96,296	421,752	72,145	0,749
0,70	3	1,2	150	243,108	490,502	109,074	0,449
0,90	3	1,2	150	514,296	621,908	184,803	0,359
1,00	3	1,2	150	618,151	691,405	214,979	0,348
1,30	3	1,2	150	752,014	847,344	305,375	0,406
1,50	3	1,2	150	758,806	835,890	298,131	0,393
2,00	3	1,2	150	753,855	682,950	233,803	0,310
2,50	3	1,2	150	689,713	500,770	39,827	0,058
3,00	3	1,2	150	598,771	466,925	21,209	0,035
0,30	5	1,2	20	4,054	53,049	13,652	3,368
0,40	5	1,2	20	6,791	60,397	19,451	2,864
0,50	5	1,2	20	12,839	66,509	22,104	1,722
0,70	5	1,2	20	32,414	76,565	25,612	0,790
0,90	5	1,2	20	68,573	87,481	28,850	0,421
1,00	5	1,2	20	82,420	93,388	32,773	0,398
1,30	5	1,2	20	100,269	97,226	39,178	0,391
1,50	5	1,2	20	101,174	89,846	35,896	0,355
2,00	5	1,2	20	100,514	67,391	20,601	0,205
2,50	5	1,2	20	91,962	60,440	3,623	0,039
3,00	5	1,2	20	79,836	64,819	1,274	0,016
0,30	5	1,2	80	16,216	212,195	54,610	3,368
0,40	5	1,2	80	27,166	241,588	77,804	2,864
0,50	5	1,2	80	51,358	266,070	88,438	1,722
0,70	5	1,2	80	129,658	306,219	102,414	0,790
0,90	5	1,2	80	274,291	350,071	115,493	0,421
1,00	5	1,2	80	329,680	373,439	131,029	0,397
1,30	5	1,2	80	401,074	388,800	156,746	0,391
1,50	5	1,2	80	404,697	359,415	143,537	0,355

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
2,00	5	1,2	80	402,056	269,563	82,406	0,205
2,50	5	1,2	80	367,847	241,761	14,492	0,039
3,00	5	1,2	80	319,344	259,263	5,054	0,016
0,30	5	1,2	150	30,404	397,865	102,394	3,368
0,40	5	1,2	150	50,935	452,988	145,886	2,864
0,50	5	1,2	150	96,296	498,867	165,811	1,722
0,70	5	1,2	150	243,108	574,208	192,064	0,790
0,90	5	1,2	150	514,296	656,329	216,515	0,421
1,00	5	1,2	150	618,151	700,239	245,703	0,397
1,30	5	1,2	150	752,014	729,013	293,895	0,391
1,50	5	1,2	150	758,806	673,939	269,083	0,355
2,00	5	1,2	150	753,855	505,433	154,457	0,205
2,50	5	1,2	150	689,713	453,285	27,274	0,040
3,00	5	1,2	150	598,771	486,117	9,470	0,016
0,30	2	1,8	20	2,822	11,273	6,309	2,235
0,40	2	1,8	20	4,863	17,654	7,679	1,579
0,50	2	1,8	20	7,357	31,801	6,143	0,835
0,70	2	1,8	20	15,421	48,998	0,323	0,021
0,90	2	1,8	20	32,879	54,610	6,527	0,199
1,00	2	1,8	20	43,253	67,588	12,394	0,287
1,30	2	1,8	20	93,859	89,507	10,613	0,113
1,50	2	1,8	20	123,233	108,192	17,959	0,146
2,00	2	1,8	20	150,250	150,691	28,724	0,191
2,50	2	1,8	20	149,764	168,377	50,874	0,340
3,00	2	1,8	20	150,975	164,406	27,037	0,179
0,30	2	1,8	80	11,289	45,095	25,237	2,236
0,40	2	1,8	80	19,453	70,613	30,716	1,579
0,50	2	1,8	80	29,429	127,176	24,176	0,822
0,70	2	1,8	80	61,685	195,792	1,204	0,020
0,90	2	1,8	80	131,516	219,236	26,391	0,201
1,00	2	1,8	80	173,013	270,705	49,740	0,287
1,30	2	1,8	80	375,434	358,149	42,401	0,113
1,50	2	1,8	80	492,931	432,845	71,939	0,146
2,00	2	1,8	80	600,998	602,763	114,905	0,191
2,50	2	1,8	80	599,058	673,571	203,643	0,340
3,00	2	1,8	80	603,899	657,718	108,313	0,179
0,30	2	1,8	150	21,167	84,581	47,319	2,235
0,40	2	1,8	150	36,475	132,244	57,603	1,579
0,50	2	1,8	150	55,179	238,657	46,041	0,834
0,70	2	1,8	150	115,659	367,346	2,366	0,020
0,90	2	1,8	150	246,593	410,771	49,378	0,200
1,00	2	1,8	150	324,399	507,615	93,283	0,288
1,30	2	1,8	150	703,939	671,604	79,471	0,113

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,50	2	1,8	150	924,246	811,515	134,794	0,146
2,00	2	1,8	150	1126,871	1130,182	215,443	0,191
2,50	2	1,8	150	1123,233	1262,921	381,775	0,340
3,00	2	1,8	150	1132,311	1233,095	202,859	0,179
0,30	3	1,8	20	2,822	44,215	0,597	0,212
0,40	3	1,8	20	4,863	58,142	4,235	0,871
0,50	3	1,8	20	7,357	70,778	10,167	1,382
0,70	3	1,8	20	15,421	85,237	16,788	1,089
0,90	3	1,8	20	32,879	87,476	16,307	0,496
1,00	3	1,8	20	43,253	93,835	19,868	0,459
1,30	3	1,8	20	93,859	118,517	34,998	0,373
1,50	3	1,8	20	123,233	138,753	43,788	0,355
2,00	3	1,8	20	150,250	169,885	67,224	0,447
2,50	3	1,8	20	149,764	157,933	49,504	0,331
3,00	3	1,8	20	150,975	136,735	38,440	0,255
0,30	3	1,8	80	11,289	176,874	2,382	0,211
0,40	3	1,8	80	19,453	232,570	16,941	0,871
0,50	3	1,8	80	29,429	283,115	40,671	1,382
0,70	3	1,8	80	61,685	341,061	67,221	1,090
0,90	3	1,8	80	131,516	349,256	64,856	0,493
1,00	3	1,8	80	173,013	375,621	79,623	0,460
1,30	3	1,8	80	375,434	473,845	139,863	0,373
1,50	3	1,8	80	492,931	554,953	175,175	0,355
2,00	3	1,8	80	600,998	679,470	268,836	0,447
2,50	3	1,8	80	599,058	631,763	197,925	0,330
3,00	3	1,8	80	603,899	546,949	153,739	0,255
0,30	3	1,8	150	21,167	331,635	4,468	0,211
0,40	3	1,8	150	36,475	436,193	31,849	0,873
0,50	3	1,8	150	55,179	530,860	76,270	1,382
0,70	3	1,8	150	115,659	639,420	125,998	1,089
0,90	3	1,8	150	246,593	655,090	121,743	0,494
1,00	3	1,8	150	324,399	704,043	149,162	0,460
1,30	3	1,8	150	703,939	888,542	262,292	0,373
1,50	3	1,8	150	924,246	1040,560	328,444	0,355
2,00	3	1,8	150	1126,871	1274,033	504,089	0,447
2,50	3	1,8	150	1123,233	1184,545	371,143	0,330
3,00	3	1,8	150	1132,311	1025,526	288,269	0,255
0,30	5	1,8	20	2,822	62,806	11,759	4,166
0,40	5	1,8	20	4,863	74,863	18,527	3,809
0,50	5	1,8	20	7,357	83,842	24,829	3,375
0,70	5	1,8	20	15,421	96,928	33,966	2,203
0,90	5	1,8	20	32,879	107,380	36,320	1,105
1,00	5	1,8	20	43,253	112,389	38,341	0,886

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,30	5	1,8	20	93,859	128,216	42,317	0,451
1,50	5	1,8	20	123,233	140,012	49,801	0,404
2,00	5	1,8	20	150,250	144,157	60,319	0,401
2,50	5	1,8	20	149,764	122,502	45,258	0,302
3,00	5	1,8	20	150,975	101,190	35,566	0,236
0,30	5	1,8	80	11,289	251,237	47,139	4,176
0,40	5	1,8	80	19,453	299,456	74,109	3,810
0,50	5	1,8	80	29,429	335,371	99,315	3,375
0,70	5	1,8	80	61,685	387,673	135,843	2,202
0,90	5	1,8	80	131,516	429,512	145,275	1,105
1,00	5	1,8	80	173,013	449,548	153,360	0,886
1,30	5	1,8	80	375,434	512,719	169,179	0,451
1,50	5	1,8	80	492,931	560,272	199,328	0,404
2,00	5	1,8	80	600,998	576,719	241,190	0,401
2,50	5	1,8	80	599,058	489,985	181,201	0,302
3,00	5	1,8	80	603,899	404,760	142,263	0,236
0,30	5	1,8	150	21,167	471,055	88,368	4,175
0,40	5	1,8	150	36,475	561,477	138,952	3,810
0,50	5	1,8	150	55,179	628,788	186,195	3,374
0,70	5	1,8	150	115,659	726,929	254,730	2,202
0,90	5	1,8	150	246,593	805,317	272,377	1,105
1,00	5	1,8	150	324,399	842,937	287,534	0,886
1,30	5	1,8	150	703,939	961,330	317,199	0,451
1,50	5	1,8	150	924,246	1050,423	373,688	0,404
2,00	5	1,8	150	1126,871	1081,359	452,221	0,401
2,50	5	1,8	150	1123,233	918,719	339,773	0,302
3,00	5	1,8	150	1132,311	758,925	266,744	0,236
0,30	2	2,4	20	2,149	11,909	7,734	3,600
0,40	2	2,4	20	3,772	14,802	8,271	2,193
0,50	2	2,4	20	5,779	19,208	9,647	1,669
0,70	2	2,4	20	10,734	47,608	6,536	0,609
0,90	2	2,4	20	18,191	68,523	1,637	0,090
1,00	2	2,4	20	25,696	62,011	1,053	0,041
1,30	2	2,4	20	54,136	85,582	14,424	0,266
1,50	2	2,4	20	76,014	113,517	28,755	0,378
2,00	2	2,4	20	163,897	144,432	4,077	0,025
2,50	2	2,4	20	196,346	189,731	70,187	0,357
3,00	2	2,4	20	200,487	217,500	24,484	0,122
0,30	2	2,4	80	8,595	47,637	30,934	3,599
0,40	2	2,4	80	15,088	59,207	33,083	2,193
0,50	2	2,4	80	23,117	76,952	38,555	1,668
0,70	2	2,4	80	42,935	190,613	26,078	0,607
0,90	2	2,4	80	72,763	274,186	6,594	0,091

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,00	2	2,4	80	102,783	249,003	4,586	0,045
1,30	2	2,4	80	216,542	341,962	57,520	0,266
1,50	2	2,4	80	304,055	454,070	115,020	0,378
2,00	2	2,4	80	655,588	577,880	16,276	0,025
2,50	2	2,4	80	785,383	758,912	280,785	0,358
3,00	2	2,4	80	801,946	869,923	97,638	0,122
0,30	2	2,4	150	16,115	89,318	58,004	3,599
0,40	2	2,4	150	28,290	110,928	62,043	2,193
0,50	2	2,4	150	43,345	144,131	72,343	1,669
0,70	2	2,4	150	80,504	357,328	48,922	0,608
0,90	2	2,4	150	136,430	513,862	12,243	0,090
1,00	2	2,4	150	192,718	466,999	8,648	0,045
1,30	2	2,4	150	406,016	640,956	107,740	0,265
1,50	2	2,4	150	570,103	851,598	215,728	0,378
2,00	2	2,4	150	1229,228	1083,504	30,520	0,025
2,50	2	2,4	150	1472,593	1422,960	526,476	0,358
3,00	2	2,4	150	1503,649	1631,135	183,183	0,122
0,30	3	2,4	20	2,149	44,938	3,359	1,563
0,40	3	2,4	20	3,772	58,753	0,429	0,114
0,50	3	2,4	20	5,779	72,480	4,029	0,697
0,70	3	2,4	20	10,734	98,242	16,225	1,512
0,90	3	2,4	20	18,191	114,468	24,524	1,348
1,00	3	2,4	20	25,696	112,618	20,926	0,814
1,30	3	2,4	20	54,136	122,533	25,195	0,465
1,50	3	2,4	20	76,014	140,448	34,052	0,448
2,00	3	2,4	20	163,897	185,371	62,895	0,384
2,50	3	2,4	20	196,346	223,442	71,841	0,366
3,00	3	2,4	20	200,487	222,191	75,127	0,375
0,30	3	2,4	80	8,595	179,753	13,437	1,563
0,40	3	2,4	80	15,088	235,008	1,716	0,114
0,50	3	2,4	80	23,117	289,919	16,117	0,697
0,70	3	2,4	80	42,935	392,940	64,881	1,511
0,90	3	2,4	80	72,763	457,988	98,177	1,349
1,00	3	2,4	80	102,783	450,586	83,777	0,815
1,30	3	2,4	80	216,542	490,713	101,081	0,467
1,50	3	2,4	80	304,055	562,308	136,495	0,449
2,00	3	2,4	80	655,588	741,542	251,648	0,384
2,50	3	2,4	80	785,383	893,938	287,280	0,366
3,00	3	2,4	80	801,946	888,804	300,520	0,375
0,30	3	2,4	150	16,115	337,026	25,199	1,564
0,40	3	2,4	150	28,290	440,638	3,219	0,114
0,50	3	2,4	150	43,345	543,431	30,131	0,695
0,70	3	2,4	150	80,504	736,728	121,628	1,511

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,90	3	2,4	150	136,430	858,563	183,968	1,348
1,00	3	2,4	150	192,718	844,517	156,866	0,814
1,30	3	2,4	150	406,016	919,871	189,413	0,467
1,50	3	2,4	150	570,103	1054,004	255,749	0,449
2,00	3	2,4	150	1229,228	1390,398	471,848	0,384
2,50	3	2,4	150	1472,593	1676,156	538,638	0,366
3,00	3	2,4	150	1503,649	1666,513	563,477	0,375
0,30	5	2,4	20	2,149	68,204	9,573	4,455
0,40	5	2,4	20	3,772	83,719	16,256	4,310
0,50	5	2,4	20	5,779	96,184	23,116	4,000
0,70	5	2,4	20	10,734	114,344	35,978	3,352
0,90	5	2,4	20	18,191	127,083	45,751	2,515
1,00	5	2,4	20	25,696	133,100	47,047	1,831
1,30	5	2,4	20	54,136	148,141	51,395	0,949
1,50	5	2,4	20	76,014	158,561	57,100	0,751
2,00	5	2,4	20	163,897	186,784	67,896	0,414
2,50	5	2,4	20	196,346	195,651	75,804	0,386
3,00	5	2,4	20	200,487	179,010	80,607	0,402
0,30	5	2,4	80	8,595	272,811	38,288	4,455
0,40	5	2,4	80	15,088	334,876	65,022	4,310
0,50	5	2,4	80	23,117	384,737	92,465	4,000
0,70	5	2,4	80	42,935	457,374	143,912	3,352
0,90	5	2,4	80	72,763	508,378	183,031	2,515
1,00	5	2,4	80	102,783	532,455	188,227	1,831
1,30	5	2,4	80	216,542	592,663	205,659	0,950
1,50	5	2,4	80	304,055	634,244	228,398	0,751
2,00	5	2,4	80	655,588	747,017	271,540	0,414
2,50	5	2,4	80	785,383	782,549	303,226	0,386
3,00	5	2,4	80	801,946	716,041	322,428	0,402
0,30	5	2,4	150	16,115	511,518	71,789	4,455
0,40	5	2,4	150	28,290	627,891	121,916	4,310
0,50	5	2,4	150	43,345	721,382	173,372	4,000
0,70	5	2,4	150	80,504	857,575	269,834	3,352
0,90	5	2,4	150	136,430	953,135	343,141	2,515
1,00	5	2,4	150	192,718	998,198	352,809	1,831
1,30	5	2,4	150	406,016	1111,261	385,625	0,950
1,50	5	2,4	150	570,103	1189,207	428,246	0,751
2,00	5	2,4	150	1229,228	1400,643	509,132	0,414
2,50	5	2,4	150	1472,593	1467,244	568,554	0,386
3,00	5	2,4	150	1503,649	1342,562	604,556	0,402
0,30	2	3,0	20	1,731	11,135	7,743	4,473
0,40	2	3,0	20	3,064	15,159	9,427	3,076
0,50	2	3,0	20	4,722	18,315	10,167	2,153

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,70	2	3,0	20	8,919	32,751	12,320	1,381
0,90	2	3,0	20	14,111	63,788	6,623	0,469
1,00	2	3,0	20	16,986	80,930	0,225	0,013
1,30	2	3,0	20	36,276	77,618	3,236	0,089
1,50	2	3,0	20	54,872	91,006	12,089	0,220
2,00	2	3,0	20	122,695	140,102	17,640	0,144
2,50	2	3,0	20	204,602	180,760	60,052	0,294
3,00	2	3,0	20	240,708	227,483	18,186	0,076
0,30	2	3,0	80	6,923	44,540	30,971	4,474
0,40	2	3,0	80	12,257	60,635	37,708	3,076
0,50	2	3,0	80	18,888	73,261	40,667	2,153
0,70	2	3,0	80	35,676	130,804	49,312	1,382
0,90	2	3,0	80	56,442	255,048	26,541	0,470
1,00	2	3,0	80	67,946	323,853	0,832	0,012
1,30	2	3,0	80	145,106	311,416	13,325	0,092
1,50	2	3,0	80	219,490	364,429	48,469	0,221
2,00	2	3,0	80	490,778	560,756	70,741	0,144
2,50	2	3,0	80	818,407	723,040	240,208	0,294
3,00	2	3,0	80	962,831	909,879	73,117	0,076
0,30	2	3,0	150	12,981	83,512	58,071	4,474
0,40	2	3,0	150	22,982	113,698	70,693	3,076
0,50	2	3,0	150	35,415	137,349	76,250	2,153
0,70	2	3,0	150	66,893	245,383	92,440	1,382
0,90	2	3,0	150	105,829	478,344	49,702	0,470
1,00	2	3,0	150	127,398	606,984	1,684	0,013
1,30	2	3,0	150	272,073	583,323	24,745	0,091
1,50	2	3,0	150	411,543	683,779	91,010	0,221
2,00	2	3,0	150	920,209	1051,375	132,617	0,144
2,50	2	3,0	150	1534,513	1355,738	450,430	0,294
3,00	2	3,0	150	1805,308	1706,043	136,953	0,076
0,30	3	3,0	20	1,731	45,513	5,089	2,940
0,40	3	3,0	20	3,064	59,157	3,610	1,178
0,50	3	3,0	20	4,722	73,292	0,361	0,076
0,70	3	3,0	20	8,919	100,870	9,714	1,089
0,90	3	3,0	20	14,111	125,788	22,472	1,593
1,00	3	3,0	20	16,986	137,044	29,340	1,727
1,30	3	3,0	20	36,276	140,585	25,867	0,713
1,50	3	3,0	20	54,872	145,518	28,022	0,511
2,00	3	3,0	20	122,695	181,025	52,630	0,429
2,50	3	3,0	20	204,602	231,988	67,931	0,332
3,00	3	3,0	20	240,708	274,666	77,436	0,322
0,30	3	3,0	80	6,923	182,039	20,362	2,941
0,40	3	3,0	80	12,257	236,624	14,444	1,178

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,50	3	3,0	80	18,888	293,175	1,441	0,076
0,70	3	3,0	80	35,676	403,506	38,872	1,090
0,90	3	3,0	80	56,442	503,109	89,860	1,592
1,00	3	3,0	80	67,946	548,051	117,269	1,726
1,30	3	3,0	80	145,106	562,339	103,466	0,713
1,50	3	3,0	80	219,490	582,071	112,086	0,511
2,00	3	3,0	80	490,778	724,099	210,521	0,429
2,50	3	3,0	80	818,407	927,954	271,722	0,332
3,00	3	3,0	80	962,831	1098,761	309,801	0,322
0,30	3	3,0	150	12,981	341,313	38,183	2,941
0,40	3	3,0	150	22,982	443,657	27,087	1,179
0,50	3	3,0	150	35,415	549,685	2,713	0,077
0,70	3	3,0	150	66,893	756,534	72,859	1,089
0,90	3	3,0	150	105,829	943,467	168,574	1,593
1,00	3	3,0	150	127,398	1027,914	220,111	1,728
1,30	3	3,0	150	272,073	1054,231	193,895	0,713
1,50	3	3,0	150	411,543	1091,229	210,060	0,510
2,00	3	3,0	150	920,209	1357,563	394,656	0,429
2,50	3	3,0	150	1534,513	1739,914	509,479	0,332
3,00	3	3,0	150	1805,308	2060,288	580,941	0,322
0,30	5	3,0	20	1,731	71,244	7,463	4,312
0,40	5	3,0	20	3,064	89,372	13,900	4,536
0,50	5	3,0	20	4,722	104,622	20,776	4,400
0,70	5	3,0	20	8,919	128,114	34,490	3,867
0,90	5	3,0	20	14,111	144,720	47,182	3,344
1,00	5	3,0	20	16,986	151,082	52,944	3,117
1,30	5	3,0	20	36,276	169,087	59,821	1,649
1,50	5	3,0	20	54,872	179,001	61,949	1,129
2,00	5	3,0	20	122,695	204,150	67,245	0,548
2,50	5	3,0	20	204,602	233,397	79,227	0,387
3,00	5	3,0	20	240,708	245,335	105,689	0,439
0,30	5	3,0	80	6,923	284,988	29,860	4,313
0,40	5	3,0	80	12,257	357,496	55,607	4,537
0,50	5	3,0	80	18,888	418,488	83,104	4,400
0,70	5	3,0	80	35,676	512,455	137,959	3,867
0,90	5	3,0	80	56,442	578,891	188,734	3,344
1,00	5	3,0	80	67,946	604,340	211,783	3,117
1,30	5	3,0	80	145,106	676,321	239,269	1,649
1,50	5	3,0	80	219,490	715,857	247,693	1,128
2,00	5	3,0	80	490,778	816,883	269,111	0,548
2,50	5	3,0	80	818,407	933,704	316,971	0,387
3,00	5	3,0	80	962,831	981,478	422,888	0,439
0,30	5	3,0	150	12,981	534,346	55,983	4,313

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,40	5	3,0	150	22,982	670,300	104,260	4,537
0,50	5	3,0	150	35,415	784,663	155,819	4,400
0,70	5	3,0	150	66,893	960,878	258,700	3,867
0,90	5	3,0	150	105,829	1085,409	353,859	3,344
1,00	5	3,0	150	127,398	1133,138	397,092	3,117
1,30	5	3,0	150	272,073	1268,135	448,649	1,649
1,50	5	3,0	150	411,543	1342,214	464,411	1,128
2,00	5	3,0	150	920,209	1531,478	504,502	0,548
2,50	5	3,0	150	1534,513	1750,652	594,260	0,387
3,00	5	3,0	150	1805,308	1840,253	792,898	0,439
0,30	2	3,6	20	1,448	10,364	7,486	5,171
0,40	2	3,6	20	2,575	15,140	10,225	3,971
0,50	2	3,6	20	3,980	18,610	11,267	2,831
0,70	2	3,6	20	7,609	26,124	13,526	1,778
0,90	2	3,6	20	12,172	47,329	14,122	1,160
1,00	2	3,6	20	14,750	63,123	11,399	0,773
1,30	2	3,6	20	23,986	108,685	4,120	0,172
1,50	2	3,6	20	38,548	93,501	1,311	0,034
2,00	2	3,6	20	86,533	135,513	25,383	0,293
2,50	2	3,6	20	168,234	172,422	49,604	0,295
3,00	2	3,6	20	245,315	217,055	20,439	0,083
0,30	2	3,6	80	5,791	41,446	29,936	5,169
0,40	2	3,6	80	10,299	60,575	40,907	3,972
0,50	2	3,6	80	15,920	74,441	45,070	2,831
0,70	2	3,6	80	30,436	104,460	54,112	1,778
0,90	2	3,6	80	48,690	189,081	56,551	1,161
1,00	2	3,6	80	58,998	252,498	45,595	0,773
1,30	2	3,6	80	95,943	434,744	16,482	0,172
1,50	2	3,6	80	154,193	373,539	5,056	0,033
2,00	2	3,6	80	346,133	541,699	101,295	0,293
2,50	2	3,6	80	672,934	689,826	198,480	0,295
3,00	2	3,6	80	981,261	868,071	82,101	0,084
0,30	2	3,6	150	10,858	77,714	56,136	5,170
0,40	2	3,6	150	19,311	113,577	76,699	3,972
0,50	2	3,6	150	29,850	139,548	84,529	2,832
0,70	2	3,6	150	57,067	195,862	101,460	1,778
0,90	2	3,6	150	91,293	354,727	105,978	1,161
1,00	2	3,6	150	110,621	473,369	85,517	0,773
1,30	2	3,6	150	179,893	814,692	30,703	0,171
1,50	2	3,6	150	289,111	700,562	9,550	0,033
2,00	2	3,6	150	648,999	1015,467	189,783	0,292
2,50	2	3,6	150	1261,751	1293,371	372,126	0,295
3,00	2	3,6	150	1839,865	1627,654	153,894	0,084

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,30	3	3,6	20	1,448	45,984	6,258	4,323
0,40	3	3,6	20	2,575	59,565	5,714	2,219
0,50	3	3,6	20	3,980	73,874	3,513	0,883
0,70	3	3,6	20	7,609	101,910	4,262	0,560
0,90	3	3,6	20	12,172	128,755	15,531	1,276
1,00	3	3,6	20	14,750	141,355	21,983	1,490
1,30	3	3,6	20	23,986	172,726	40,271	1,679
1,50	3	3,6	20	38,548	168,792	32,235	0,836
2,00	3	3,6	20	86,533	187,735	40,265	0,465
2,50	3	3,6	20	168,234	226,088	54,852	0,326
3,00	3	3,6	20	245,315	278,587	60,019	0,245
0,30	3	3,6	80	5,791	183,952	25,028	4,322
0,40	3	3,6	80	10,299	238,271	22,852	2,219
0,50	3	3,6	80	15,920	295,512	14,045	0,882
0,70	3	3,6	80	30,436	407,490	16,968	0,557
0,90	3	3,6	80	48,690	514,921	62,062	1,275
1,00	3	3,6	80	58,998	565,515	87,992	1,491
1,30	3	3,6	80	95,943	690,951	161,116	1,679
1,50	3	3,6	80	154,193	675,768	129,324	0,839
2,00	3	3,6	80	346,133	751,493	161,295	0,466
2,50	3	3,6	80	672,934	904,118	219,397	0,326
3,00	3	3,6	80	981,261	1114,291	240,093	0,245
0,30	3	3,6	150	10,858	344,912	46,928	4,322
0,40	3	3,6	150	19,311	446,754	42,850	2,219
0,50	3	3,6	150	29,850	554,084	26,334	0,882
0,70	3	3,6	150	57,067	764,251	31,922	0,559
0,90	3	3,6	150	91,293	965,558	116,418	1,275
1,00	3	3,6	150	110,621	1060,232	164,915	1,491
1,30	3	3,6	150	179,893	1295,533	302,091	1,679
1,50	3	3,6	150	289,111	1267,141	242,533	0,839
2,00	3	3,6	150	648,999	1408,843	302,342	0,466
2,50	3	3,6	150	1261,751	1695,309	411,374	0,326
3,00	3	3,6	150	1839,865	2089,288	450,178	0,245
0,30	5	3,6	20	1,448	72,954	5,642	3,897
0,40	5	3,6	20	2,575	93,049	11,644	4,522
0,50	5	3,6	20	3,980	110,550	18,356	4,612
0,70	5	3,6	20	7,609	138,479	32,297	4,245
0,90	5	3,6	20	12,172	159,375	45,799	3,763
1,00	5	3,6	20	14,750	167,795	52,196	3,539
1,30	5	3,6	20	23,986	187,094	69,052	2,879
1,50	5	3,6	20	38,548	199,731	71,772	1,862
2,00	5	3,6	20	86,533	224,826	78,545	0,908
2,50	5	3,6	20	168,234	250,389	82,936	0,493

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
3,00	5	3,6	20	245,315	280,153	108,978	0,444
0,30	5	3,6	80	5,791	291,797	22,556	3,895
0,40	5	3,6	80	10,299	372,204	46,579	4,522
0,50	5	3,6	80	15,920	442,202	73,424	4,612
0,70	5	3,6	80	30,436	553,916	129,186	4,245
0,90	5	3,6	80	48,690	637,498	183,194	3,762
1,00	5	3,6	80	58,998	671,180	208,784	3,539
1,30	5	3,6	80	95,943	748,386	276,214	2,879
1,50	5	3,6	80	154,193	798,875	287,056	1,862
2,00	5	3,6	80	346,133	899,303	314,181	0,908
2,50	5	3,6	80	672,934	1001,847	331,977	0,493
3,00	5	3,6	80	981,261	1120,500	435,789	0,444
0,30	5	3,6	150	10,858	547,123	42,294	3,895
0,40	5	3,6	150	19,311	697,882	87,336	4,523
0,50	5	3,6	150	29,850	829,130	137,670	4,612
0,70	5	3,6	150	57,067	1038,574	242,216	4,244
0,90	5	3,6	150	91,293	1195,353	343,518	3,763
1,00	5	3,6	150	110,621	1258,441	391,457	3,539
1,30	5	3,6	150	179,893	1403,223	517,903	2,879
1,50	5	3,6	150	289,111	1497,949	538,266	1,862
2,00	5	3,6	150	648,999	1686,261	589,138	0,908
2,50	5	3,6	150	1261,751	1878,500	622,485	0,493
3,00	5	3,6	150	1839,865	2100,868	817,026	0,444
0,30	2	4,2	20	1,244	9,500	6,983	5,615
0,40	2	4,2	20	2,218	13,717	9,518	4,291
0,50	2	4,2	20	3,435	19,438	12,804	3,728
0,70	2	4,2	20	6,614	25,430	14,061	2,126
0,90	2	4,2	20	10,653	36,385	16,719	1,569
1,00	2	4,2	20	12,976	48,204	16,859	1,299
1,30	2	4,2	20	20,890	95,756	6,898	0,330
1,50	2	4,2	20	26,917	129,240	5,983	0,222
2,00	2	4,2	20	67,097	117,821	13,184	0,196
2,50	2	4,2	20	119,000	183,742	46,849	0,394
3,00	2	4,2	20	212,297	206,809	21,074	0,099
0,30	2	4,2	80	4,975	37,985	27,920	5,612
0,40	2	4,2	80	8,872	54,859	38,063	4,290
0,50	2	4,2	80	13,739	77,761	51,217	3,728
0,70	2	4,2	80	26,456	101,676	56,255	2,126
0,90	2	4,2	80	42,612	145,507	66,881	1,570
1,00	2	4,2	80	51,905	193,050	67,390	1,298
1,30	2	4,2	80	83,562	384,044	27,088	0,324
1,50	2	4,2	80	107,668	516,077	23,476	0,218
2,00	2	4,2	80	268,388	472,134	53,172	0,198

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
2,50	2	4,2	80	476,001	734,967	187,396	0,394
3,00	2	4,2	80	849,188	827,483	83,976	0,099
0,30	2	4,2	150	9,328	71,233	52,358	5,613
0,40	2	4,2	150	16,635	102,866	71,371	4,290
0,50	2	4,2	150	25,761	145,846	96,035	3,728
0,70	2	4,2	150	49,606	190,728	105,465	2,126
0,90	2	4,2	150	79,898	272,679	125,418	1,570
1,00	2	4,2	150	97,321	361,731	126,404	1,299
1,30	2	4,2	150	156,678	719,704	50,970	0,325
1,50	2	4,2	150	201,878	967,755	44,075	0,218
2,00	2	4,2	150	503,227	885,145	99,643	0,198
2,50	2	4,2	150	892,503	1378,224	351,408	0,394
3,00	2	4,2	150	1592,228	1551,499	157,495	0,099
0,30	3	4,2	20	1,244	46,327	7,200	5,789
0,40	3	4,2	20	2,218	59,988	7,276	3,280
0,50	3	4,2	20	3,435	74,416	5,893	1,716
0,70	3	4,2	20	6,614	102,555	0,025	0,004
0,90	3	4,2	20	10,653	130,479	9,663	0,907
1,00	3	4,2	20	12,976	143,719	15,354	1,183
1,30	3	4,2	20	20,890	180,709	34,727	1,662
1,50	3	4,2	20	26,917	201,856	47,731	1,773
2,00	3	4,2	20	67,097	199,706	34,346	0,512
2,50	3	4,2	20	119,000	234,032	45,688	0,384
3,00	3	4,2	20	212,297	272,928	54,937	0,259
0,30	3	4,2	80	4,975	185,328	28,797	5,788
0,40	3	4,2	80	8,872	239,922	29,111	3,281
0,50	3	4,2	80	13,739	297,656	23,576	1,716
0,70	3	4,2	80	26,456	410,217	0,103	0,004
0,90	3	4,2	80	42,612	521,902	38,644	0,907
1,00	3	4,2	80	51,905	574,881	61,419	1,183
1,30	3	4,2	80	83,562	723,001	139,031	1,664
1,50	3	4,2	80	107,668	807,454	190,946	1,773
2,00	3	4,2	80	268,388	798,515	137,238	0,511
2,50	3	4,2	80	476,001	935,865	182,630	0,384
3,00	3	4,2	80	849,188	1091,488	219,637	0,259
0,30	3	4,2	150	9,328	347,493	53,993	5,788
0,40	3	4,2	150	16,635	449,857	54,583	3,281
0,50	3	4,2	150	25,761	558,105	44,205	1,716
0,70	3	4,2	150	49,621	769,047	0,249	0,005
0,90	3	4,2	150	79,898	978,483	72,409	0,906
1,00	3	4,2	150	97,321	1077,786	115,082	1,183
1,30	3	4,2	150	156,678	1355,243	260,402	1,662
1,50	3	4,2	150	201,878	1513,947	358,004	1,773

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
2,00	3	4,2	150	503,227	1496,871	257,145	0,511
2,50	3	4,2	150	892,503	1754,581	342,357	0,384
3,00	3	4,2	150	1592,228	2046,291	411,696	0,259
0,30	5	4,2	20	1,244	73,858	4,056	3,262
0,40	5	4,2	20	2,218	95,432	9,572	4,316
0,50	5	4,2	20	3,435	114,773	16,052	4,674
0,70	5	4,2	20	6,614	146,470	29,829	4,510
0,90	5	4,2	20	10,653	171,112	43,793	4,111
1,00	5	4,2	20	12,976	181,282	50,503	3,892
1,30	5	4,2	20	20,890	205,336	69,654	3,334
1,50	5	4,2	20	26,917	217,028	81,185	3,016
2,00	5	4,2	20	67,097	245,683	88,211	1,315
2,50	5	4,2	20	119,000	270,984	102,016	0,857
3,00	5	4,2	20	212,297	297,211	111,198	0,524
0,30	5	4,2	80	4,975	295,407	16,215	3,259
0,40	5	4,2	80	8,872	381,729	38,287	4,315
0,50	5	4,2	80	13,739	459,090	64,207	4,673
0,70	5	4,2	80	26,456	585,879	119,315	4,510
0,90	5	4,2	80	42,612	684,445	175,171	4,111
1,00	5	4,2	80	51,905	725,152	202,028	3,892
1,30	5	4,2	80	83,562	821,336	278,611	3,334
1,50	5	4,2	80	107,668	868,082	324,713	3,016
2,00	5	4,2	80	268,388	982,874	352,979	1,315
2,50	5	4,2	80	476,001	1083,935	408,065	0,857
3,00	5	4,2	80	849,188	1188,549	444,465	0,523
0,30	5	4,2	150	9,328	553,892	30,405	3,260
0,40	5	4,2	150	16,635	715,734	71,785	4,315
0,50	5	4,2	150	25,761	860,793	120,389	4,673
0,70	5	4,2	150	49,606	1098,525	223,717	4,510
0,90	5	4,2	150	79,898	1283,359	328,454	4,111
1,00	5	4,2	150	97,321	1359,659	378,802	3,892
1,30	5	4,2	150	156,678	1539,996	522,390	3,334
1,50	5	4,2	150	201,878	1627,740	608,908	3,016
2,00	5	4,2	150	503,227	1842,763	661,717	1,315
2,50	5	4,2	150	892,503	2032,379	765,123	0,857
3,00	5	4,2	150	1592,228	2228,565	833,412	0,523
0,30	2	4,8	20	1,090	8,021	5,880	5,396
0,40	2	4,8	20	1,947	12,944	9,188	4,719
0,50	2	4,8	20	3,019	18,263	12,526	4,149
0,70	2	4,8	20	5,840	25,570	15,005	2,569
0,90	2	4,8	20	9,467	33,161	17,420	1,840
1,00	2	4,8	20	11,561	38,497	18,668	1,615
1,30	2	4,8	20	18,786	78,667	16,344	0,870

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,50	2	4,8	20	24,278	112,019	6,325	0,261
2,00	2	4,8	20	51,405	124,463	4,991	0,097
2,50	2	4,8	20	97,925	157,770	26,489	0,271
3,00	2	4,8	20	152,058	227,024	27,811	0,183
0,30	2	4,8	80	4,359	32,066	23,504	5,391
0,40	2	4,8	80	7,788	51,778	36,756	4,719
0,50	2	4,8	80	12,075	73,070	50,111	4,150
0,70	2	4,8	80	23,360	102,279	60,006	2,569
0,90	2	4,8	80	37,866	132,589	69,690	1,840
1,00	2	4,8	80	46,243	153,921	74,680	1,615
1,30	2	4,8	80	75,142	314,823	65,322	0,869
1,50	2	4,8	80	97,113	449,099	24,763	0,255
2,00	2	4,8	80	205,621	497,852	19,962	0,097
2,50	2	4,8	80	391,699	630,308	105,854	0,270
3,00	2	4,8	80	608,233	908,312	111,198	0,183
0,30	2	4,8	150	8,174	60,128	44,075	5,392
0,40	2	4,8	150	14,603	97,090	68,921	4,720
0,50	2	4,8	150	22,640	136,913	93,931	4,149
0,70	2	4,8	150	43,800	191,724	112,537	2,569
0,90	2	4,8	150	70,999	248,716	130,653	1,840
1,00	2	4,8	150	86,706	288,874	139,987	1,614
1,30	2	4,8	150	140,892	589,740	122,665	0,871
1,50	2	4,8	150	182,087	841,422	46,786	0,257
2,00	2	4,8	150	385,539	933,708	37,524	0,097
2,50	2	4,8	150	734,436	1182,117	198,514	0,270
3,00	2	4,8	150	1140,437	1703,113	208,490	0,183
0,30	3	4,8	20	1,090	46,553	7,918	7,265
0,40	3	4,8	20	1,947	60,378	8,431	4,330
0,50	3	4,8	20	3,019	74,928	7,671	2,541
0,70	3	4,8	20	5,840	103,088	3,417	0,585
0,90	3	4,8	20	9,467	131,290	4,569	0,483
1,00	3	4,8	20	11,561	145,022	9,590	0,829
1,30	3	4,8	20	18,786	184,370	27,459	1,462
1,50	3	4,8	20	24,278	208,167	40,598	1,672
2,00	3	4,8	20	51,405	225,155	41,427	0,806
2,50	3	4,8	20	97,925	238,298	41,538	0,424
3,00	3	4,8	20	152,058	281,131	67,920	0,447
0,30	3	4,8	80	4,359	186,234	31,665	7,264
0,40	3	4,8	80	7,788	241,478	33,729	4,331
0,50	3	4,8	80	12,075	299,706	30,685	2,541
0,70	3	4,8	80	23,360	412,331	13,677	0,586
0,90	3	4,8	80	37,866	525,077	18,176	0,480
1,00	3	4,8	80	46,243	580,035	38,329	0,829

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,30	3	4,8	80	75,142	737,349	109,767	1,461
1,50	3	4,8	80	97,113	832,736	162,437	1,673
2,00	3	4,8	80	205,621	900,918	165,900	0,807
2,50	3	4,8	80	391,699	953,863	166,558	0,425
3,00	3	4,8	80	608,233	1124,275	271,469	0,446
0,30	3	4,8	150	8,174	349,181	59,375	7,264
0,40	3	4,8	150	14,603	453,112	63,144	4,324
0,50	3	4,8	150	22,640	561,951	57,534	2,541
0,70	3	4,8	150	43,800	773,117	25,647	0,586
0,90	3	4,8	150	70,999	984,775	34,329	0,484
1,00	3	4,8	150	86,706	1087,645	71,909	0,829
1,30	3	4,8	150	140,892	1382,878	206,005	1,462
1,50	3	4,8	150	182,087	1561,248	304,482	1,672
2,00	3	4,8	150	385,539	1689,401	311,180	0,807
2,50	3	4,8	150	734,436	1788,266	312,160	0,425
3,00	3	4,8	150	1140,437	2108,108	509,083	0,446
0,30	5	4,8	20	1,090	74,275	2,676	2,455
0,40	5	4,8	20	1,947	96,945	7,709	3,959
0,50	5	4,8	20	3,019	117,738	13,841	4,585
0,70	5	4,8	20	5,840	152,663	27,305	4,676
0,90	5	4,8	20	9,467	180,580	41,401	4,373
1,00	5	4,8	20	11,561	192,392	48,390	4,186
1,30	5	4,8	20	18,786	221,070	68,651	3,654
1,50	5	4,8	20	24,278	235,615	81,444	3,355
2,00	5	4,8	20	51,405	266,333	99,488	1,935
2,50	5	4,8	20	97,925	291,384	108,975	1,113
3,00	5	4,8	20	152,058	317,176	126,924	0,835
0,30	5	4,8	80	4,359	297,115	10,711	2,457
0,40	5	4,8	80	7,788	387,769	30,830	3,958
0,50	5	4,8	80	12,075	470,950	55,364	4,585
0,70	5	4,8	80	23,360	610,654	109,221	4,676
0,90	5	4,8	80	37,866	722,324	165,606	4,373
1,00	5	4,8	80	46,243	769,572	193,562	4,186
1,30	5	4,8	80	75,142	884,250	274,577	3,654
1,50	5	4,8	80	97,113	942,435	325,755	3,354
2,00	5	4,8	80	205,621	1065,216	397,846	1,935
2,50	5	4,8	80	391,699	1165,391	435,760	1,112
3,00	5	4,8	80	608,233	1268,705	507,695	0,835
0,30	5	4,8	150	8,174	557,093	20,083	2,457
0,40	5	4,8	150	14,603	727,075	57,810	3,959
0,50	5	4,8	150	22,640	883,032	103,808	4,585
0,70	5	4,8	150	43,800	1144,977	204,789	4,676
0,90	5	4,8	150	70,999	1354,358	310,512	4,374

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
1,00	5	4,8	150	86,706	1442,900	362,912	4,186
1,30	5	4,8	150	140,892	1658,053	514,898	3,655
1,50	5	4,8	150	182,087	1767,091	610,810	3,354
2,00	5	4,8	150	385,539	1997,324	745,999	1,935
2,50	5	4,8	150	734,436	2185,234	817,172	1,113
3,00	5	4,8	150	1140,437	2378,955	952,062	0,835
0,30	2	5,4	20	0,970	7,315	5,377	5,545
0,40	2	5,4	20	1,735	11,864	8,534	4,920
0,50	2	5,4	20	2,691	17,120	11,979	4,451
0,70	2	5,4	20	5,223	26,472	16,608	3,180
0,90	2	5,4	20	8,504	32,564	17,952	2,111
1,00	2	5,4	20	10,403	36,652	19,316	1,857
1,30	2	5,4	20	17,034	63,825	21,565	1,266
1,50	2	5,4	20	22,134	94,680	16,458	0,744
2,00	2	5,4	20	39,268	156,601	4,114	0,105
2,50	2	5,4	20	79,565	146,593	9,251	0,116
3,00	2	5,4	20	129,807	203,076	16,511	0,127
0,30	2	5,4	80	3,879	29,243	21,497	5,542
0,40	2	5,4	80	6,938	47,472	34,151	4,922
0,50	2	5,4	80	10,766	68,468	47,907	4,450
0,70	2	5,4	80	20,893	105,863	66,506	3,183
0,90	2	5,4	80	34,015	130,247	71,814	2,111
1,00	2	5,4	80	41,613	146,598	77,268	1,857
1,30	2	5,4	80	68,135	255,473	86,229	1,266
1,50	2	5,4	80	88,534	378,188	66,058	0,746
2,00	2	5,4	80	157,070	626,878	16,660	0,106
2,50	2	5,4	80	318,260	585,909	36,950	0,116
3,00	2	5,4	80	519,229	812,303	66,046	0,127
0,30	2	5,4	150	7,273	54,838	40,312	5,543
0,40	2	5,4	150	13,009	89,008	64,031	4,922
0,50	2	5,4	150	20,186	128,406	89,837	4,451
0,70	2	5,4	150	39,174	198,549	124,544	3,179
0,90	2	5,4	150	63,777	244,460	135,094	2,118
1,00	2	5,4	150	78,025	274,872	144,879	1,857
1,30	2	5,4	150	127,753	478,825	161,717	1,266
1,50	2	5,4	150	166,001	708,767	124,046	0,747
2,00	2	5,4	150	294,506	1175,928	31,470	0,107
2,50	2	5,4	150	596,737	1099,012	69,328	0,116
3,00	2	5,4	150	973,555	1523,245	123,845	0,127
0,30	3	5,4	20	0,970	46,675	8,545	8,812
0,40	3	5,4	20	1,735	60,706	9,337	5,383
0,50	3	5,4	20	2,691	75,399	9,086	3,376
0,70	3	5,4	20	5,223	103,581	6,140	1,175

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,90	3	5,4	20	8,504	131,870	0,341	0,040
1,00	3	5,4	20	10,403	145,912	4,688	0,451
1,30	3	5,4	20	17,034	186,605	20,744	1,218
1,50	3	5,4	20	22,134	211,981	33,376	1,508
2,00	3	5,4	20	39,268	258,072	60,030	1,529
2,50	3	5,4	20	79,565	254,655	46,383	0,583
3,00	3	5,4	20	129,807	281,901	63,654	0,490
0,30	3	5,4	80	3,879	186,653	34,192	8,815
0,40	3	5,4	80	6,938	242,844	37,341	5,382
0,50	3	5,4	80	10,766	301,590	36,348	3,376
0,70	3	5,4	80	20,893	414,333	24,554	1,175
0,90	3	5,4	80	34,015	527,365	1,302	0,038
1,00	3	5,4	80	41,613	583,756	18,807	0,452
1,30	3	5,4	80	68,135	746,380	82,953	1,217
1,50	3	5,4	80	88,534	847,888	133,482	1,508
2,00	3	5,4	80	157,070	1032,288	240,123	1,529
2,50	3	5,4	80	318,260	1018,932	185,768	0,584
3,00	3	5,4	80	519,229	1127,313	254,373	0,490
0,30	3	5,4	150	7,273	349,992	64,105	8,814
0,40	3	5,4	150	13,009	455,317	70,019	5,382
0,50	3	5,4	150	20,186	565,480	68,153	3,376
0,70	3	5,4	150	39,174	776,977	45,998	1,174
0,90	3	5,4	150	63,777	989,174	2,640	0,041
1,00	3	5,4	150	78,025	1094,329	35,149	0,450
1,30	3	5,4	150	127,753	1399,584	155,613	1,218
1,50	3	5,4	150	166,001	1589,754	250,257	1,508
2,00	3	5,4	150	294,506	1935,415	450,123	1,528
2,50	3	5,4	150	596,737	1910,379	348,225	0,584
3,00	3	5,4	150	973,555	2113,543	476,807	0,490
0,30	5	5,4	20	0,970	74,417	1,452	1,497
0,40	5	5,4	20	1,735	97,891	6,024	3,473
0,50	5	5,4	20	2,691	119,847	11,852	4,404
0,70	5	5,4	20	5,223	157,523	24,905	4,768
0,90	5	5,4	20	8,504	188,330	38,909	4,576
1,00	5	5,4	20	10,403	201,586	45,983	4,420
1,30	5	5,4	20	17,034	234,463	67,004	3,934
1,50	5	5,4	20	22,134	251,719	80,526	3,638
2,00	5	5,4	20	39,268	284,276	107,748	2,744
2,50	5	5,4	20	79,565	312,401	116,166	1,460
3,00	5	5,4	20	129,807	337,314	127,873	0,985
0,30	5	5,4	80	3,879	297,633	5,792	1,493
0,40	5	5,4	80	6,938	391,565	24,095	3,473
0,50	5	5,4	80	10,766	479,378	47,400	4,403

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,70	5	5,4	80	20,893	630,094	99,621	4,768
0,90	5	5,4	80	34,015	753,320	155,638	4,576
1,00	5	5,4	80	41,613	806,346	183,937	4,420
1,30	5	5,4	80	68,135	937,814	267,979	3,933
1,50	5	5,4	80	88,534	1006,868	322,095	3,638
2,00	5	5,4	80	157,070	1137,087	430,980	2,744
2,50	5	5,4	80	318,260	1249,745	464,790	1,460
3,00	5	5,4	80	519,229	1348,965	511,253	0,985
0,30	5	5,4	150	7,273	558,067	10,861	1,493
0,40	5	5,4	150	13,009	734,177	45,175	3,473
0,50	5	5,4	150	20,186	898,834	88,876	4,403
0,70	5	5,4	150	39,174	1181,425	186,788	4,768
0,90	5	5,4	150	63,777	1412,537	291,606	4,572
1,00	5	5,4	150	78,025	1511,890	344,876	4,420
1,30	5	5,4	150	127,753	1758,539	502,589	3,934
1,50	5	5,4	150	166,001	1887,890	603,940	3,638
2,00	5	5,4	150	294,506	2132,064	808,107	2,744
2,50	5	5,4	150	596,737	2343,077	871,309	1,460
3,00	5	5,4	150	973,555	2529,418	958,690	0,985
0,30	2	6,0	20	0,873	6,740	4,959	5,677
0,40	2	6,0	20	1,564	9,902	6,987	4,468
0,50	2	6,0	20	2,428	16,457	11,748	4,840
0,70	2	6,0	20	4,722	26,846	17,790	3,768
0,90	2	6,0	20	7,711	32,615	18,854	2,445
1,00	2	6,0	20	9,445	36,132	19,900	2,107
1,30	2	6,0	20	15,557	53,043	23,836	1,532
1,50	2	6,0	20	20,289	78,682	22,984	1,133
2,00	2	6,0	20	33,990	161,685	1,992	0,059
2,50	2	6,0	20	64,267	155,384	3,261	0,051
3,00	2	6,0	20	109,757	182,439	3,992	0,036
0,30	2	6,0	80	3,494	26,974	19,846	5,681
0,40	2	6,0	80	6,254	39,617	27,956	4,470
0,50	2	6,0	80	9,710	65,835	47,001	4,840
0,70	2	6,0	80	18,887	107,378	71,160	3,768
0,90	2	6,0	80	30,844	130,433	75,428	2,446
1,00	2	6,0	80	37,781	144,544	79,598	2,107
1,30	2	6,0	80	62,226	212,124	95,348	1,532
1,50	2	6,0	80	81,156	315,761	91,641	1,129
2,00	2	6,0	80	135,961	646,735	7,971	0,059
2,50	2	6,0	80	257,067	622,055	12,919	0,050
3,00	2	6,0	80	439,026	729,356	15,927	0,036
0,30	2	6,0	150	6,550	50,574	37,210	5,681
0,40	2	6,0	150	11,727	74,283	52,418	4,470

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _c (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,50	2	6,0	150	18,206	123,451	88,137	4,841
0,70	2	6,0	150	35,413	201,317	133,426	3,768
0,90	2	6,0	150	57,832	244,596	141,414	2,445
1,00	2	6,0	150	70,839	270,950	149,252	2,107
1,30	2	6,0	150	116,674	397,687	178,784	1,532
1,50	2	6,0	150	152,168	591,920	171,863	1,129
2,00	2	6,0	150	254,927	1212,649	14,938	0,059
2,50	2	6,0	150	482,001	1166,647	24,156	0,050
3,00	2	6,0	150	823,173	1367,692	29,879	0,036
0,30	3	6,0	20	0,873	46,612	9,186	10,517
0,40	3	6,0	20	1,564	60,957	10,145	6,488
0,50	3	6,0	20	2,428	75,831	10,228	4,213
0,70	3	6,0	20	4,722	104,074	8,342	1,767
0,90	3	6,0	20	7,711	132,372	3,190	0,414
1,00	3	6,0	20	9,445	146,609	0,519	0,055
1,30	3	6,0	20	15,557	188,081	14,818	0,952
1,50	3	6,0	20	20,289	214,591	26,701	1,316
2,00	3	6,0	20	33,990	273,988	62,636	1,843
2,50	3	6,0	20	64,267	281,511	58,904	0,917
3,00	3	6,0	20	109,757	291,058	63,755	0,581
0,30	3	6,0	80	3,494	186,421	36,749	10,519
0,40	3	6,0	80	6,254	243,827	40,580	6,488
0,50	3	6,0	80	9,710	303,322	40,914	4,214
0,70	3	6,0	80	18,887	416,296	33,366	1,767
0,90	3	6,0	80	30,844	529,547	12,733	0,413
1,00	3	6,0	80	37,781	586,470	2,091	0,055
1,30	3	6,0	80	62,226	752,177	59,190	0,951
1,50	3	6,0	80	81,156	858,512	106,893	1,317
2,00	3	6,0	80	135,961	1096,212	250,770	1,844
2,50	3	6,0	80	257,067	1126,337	235,870	0,918
3,00	3	6,0	80	439,026	1163,920	254,754	0,580
0,30	3	6,0	150	6,550	349,548	68,903	10,519
0,40	3	6,0	150	11,727	457,197	76,084	6,488
0,50	3	6,0	150	18,206	568,731	76,713	4,214
0,70	3	6,0	150	35,415	780,538	62,566	1,767
0,90	3	6,0	150	57,832	992,869	23,890	0,413
1,00	3	6,0	150	70,839	1099,545	3,878	0,055
1,30	3	6,0	150	116,674	1410,615	111,133	0,953
1,50	3	6,0	150	152,168	1609,365	200,216	1,316
2,00	3	6,0	150	254,927	2055,559	470,336	1,845
2,50	3	6,0	150	482,001	2111,919	442,289	0,918
3,00	3	6,0	150	823,173	2182,623	477,897	0,581
0,30	5	6,0	20	0,873	74,389	0,417	0,477

T(s)	R	T _p (s)	V _p (cm/s)	Δ _e (mm)	Δ _l (mm)	Δ _r (mm)	C _r
0,40	5	6,0	20	1,564	98,457	4,586	2,933
0,50	5	6,0	20	2,428	121,323	10,009	4,123
0,70	5	6,0	20	4,722	161,306	22,541	4,774
0,90	5	6,0	20	7,711	194,691	36,366	4,716
1,00	5	6,0	20	9,445	209,271	43,482	4,604
1,30	5	6,0	20	15,557	245,990	64,981	4,177
1,50	5	6,0	20	20,289	265,647	78,853	3,886
2,00	5	6,0	20	33,990	302,225	109,153	3,211
2,50	5	6,0	20	64,267	332,980	122,971	1,913
3,00	5	6,0	20	109,757	358,079	129,977	1,184
0,30	5	6,0	80	3,494	297,575	1,675	0,479
0,40	5	6,0	80	6,254	393,817	18,339	2,932
0,50	5	6,0	80	9,710	485,291	40,035	4,123
0,70	5	6,0	80	18,887	645,222	90,163	4,774
0,90	5	6,0	80	30,844	778,766	145,466	4,716
1,00	5	6,0	80	37,781	837,081	173,927	4,604
1,30	5	6,0	80	62,226	983,909	259,888	4,176
1,50	5	6,0	80	81,156	1062,547	315,385	3,886
2,00	5	6,0	80	135,961	1208,907	436,619	3,211
2,50	5	6,0	80	257,067	1331,681	491,739	1,913
3,00	5	6,0	80	439,026	1432,080	519,753	1,184
0,30	5	6,0	150	6,550	557,946	3,138	0,479
0,40	5	6,0	150	11,727	738,411	34,388	2,932
0,50	5	6,0	150	18,206	909,922	75,066	4,123
0,70	5	6,0	150	35,413	1209,793	169,057	4,774
0,90	5	6,0	150	57,832	1460,236	272,777	4,717
1,00	5	6,0	150	70,839	1569,571	326,137	4,604
1,30	5	6,0	150	116,674	1844,885	487,328	4,177
1,50	5	6,0	150	152,168	1992,305	591,366	3,886
2,00	5	6,0	150	254,927	2266,701	818,661	3,211
2,50	5	6,0	150	482,001	2496,932	922,028	1,913
3,00	5	6,0	150	823,173	2685,114	974,511	1,184

ÖZGEÇMİŞ

Rukiye DEĞİRMENCİ

KİŞİSEL BİLGİLER

Doğum Yeri : Bingöl
Doğum Yılı : 1997
Uyruğu : T.C.
Adres : Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elazığ
E- posta : rukiyledegirmecci2112@gmail.com
Yabancı Diller : İngilizce

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat mühendisliği Bölümü
Lise : Karlıova Lisesi, Bingöl, 2014