



T.C.
Niğde Üniversitesi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİTİŞİK NİZAM YAPILARIN ÇARPIŞMASINI ÖNLEMELİK İÇİN OPTİMUM
SÖNÜMLEYİCİ DAĞILIMI

ÖZLEM TURHAN

Şubat 2015

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİTİŞİK NİZAM YAPILARIN ÇARPIŞMASINI ÖNLEMEK İÇİN
OPTİMUM SÖNÜMLEYİCİ DAĞILIMI

ÖZLEM TURHAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Ersin AYDIN

Şubat 2015

Özlem Turhan tarafından **Doç.Dr.Ersin AYDIN** danışmanlığında hazırlanan “**Bitişik Nizam Yapıların Çarpışmasını Önlemek İçin Optimum Sönümleyici Dağılımı**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

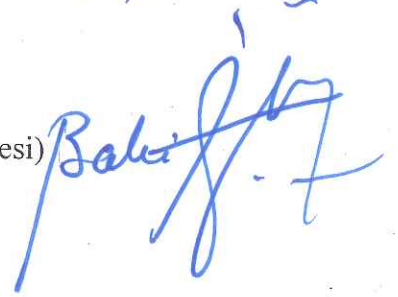
Başkan : Doç.Dr. Ersin AYDIN (Niğde Üniversitesi)



Üye : Doç.Dr. Hakan ERDEM (Niğde Üniversitesi)



Üye : Doç.Dr. Baki ÖZTÜRK (Hacettepe Üniversitesi)



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT

MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Özlem TURHAN

ÖZET

BİTİŞİK NİZAM YAPILARIN ÇARPIŞMASINI ÖNLEMEK İÇİN OPTİMUM SÖNÜMLEYİCİ DAĞILIMI

TURHAN, Özlem

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği AnaBilim Dalı

Danışman:

Doç. Dr. Ersin AYDIN

Şubat, 2015, 142 sayfa

Bu çalışmada, dinamik özellikleri farklı olan bitişik nizam yapıların deprem etkisi altında çarpışmalarının engellenmesi için viskoz sönümleyiciler kullanılmıştır. Sönümleyicilerin optimum yerleşimleri araştırılmıştır. Yapılar arasındaki rölatif deplasman minimize edilmiştir. Toplam sönüm katsayısının farklı değerleri için optimizasyon yapılmış ve her bir durum için, yapı davranış transfer fonksiyonları ve zaman davranışları açısından incelenmiştir. Ayrıca yapılarda rijitlik ve kütle dağılımlarının etkisi de incelenmiştir. Optimum tasarımlar üniform tasarımlar ile karşılaştırılmış ve etkinliği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bitişik nizam yapılar, optimum sönümleyici dağılımı, viskoz sönümleyiciler, transfer fonksiyonu, zaman davranışı.

SUMMARY

OPTIMAL DAMPER PLACEMENT TO PREVENT POUNDING OF ADJACENT STRUCTURES

TURHAN, Özlem
Nigde University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Associate Professor Dr. Ersin AYDIN

February, 2015, 142 pages

In this study, viscous dampers to prevent pounding of adjacent structures subjected the earthquakes, which are different dynamic properties, are used. Optimal damper placement is investigated. Relative displacement between adjacent structures is minimized. The optimization is satisfied for different total damping, for each situations, the structural response is investigated in terms of transfer functions and time response. Moreover, the effect of stiffness and mass distribution are investigated. Optimal designs are compared with the uniform designs and the effectiveness of optimal desings is shown.

Keywords: Adjacent structures, optimal distribution of damping, viscous dampers, transfer function, time behavior.

ÖNSÖZ

Yaşanan depremler sonucunda, edinilen acı tecrübeler depreme dayanıklı yapı tasarımında, geleneksel yöntemlerin yanında yeni yaklaşımlar deneme zarureti doğurmuştur. Bu yaklaşımlardan biri de yapıya sönümleyiciler ekleyerek enerjinin sönümlenmesini ve böylece yapı elemanlarındaki deformasyonu azaltmaktır. Bu uygulama hem can ve mal güvenliğini artıracak hem de maliyeti düşürebilecektir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında post modern dönemin en etkili uygulamalarından biri yapıya eklenen sönümleyicilerdir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda sönümleyici elemanların yapının deprem ve rüzgar gibi etkilerine karşı davranışlarını iyileştirdiği ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada, viskoz sönüm elemanları birbirine yakın, çarpışma riski olan farklı yükseklikteki yapıların arasına yerleştirilmiştir. Buradan çarpışmanın engellenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca deprem kuşağında olan ülkemizde bu teknolojik elemanların kullanımının artması ve yeterli alt yapının oluşması için bu tez çalışmasındaki bulgularında küçük bir katkı yapacağı düşünülmektedir.

Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, kendisinden birçok şey öğrendiğim değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ersin AYDIN' a, bu tezin yazımında her zaman yardım ve desteğini esirgemeyen eşim Mehmet TURHAN' a, teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGE VE KISALTMALAR	xxii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2 DBYBHY-2007 de Deprem Derzleri	2
1.3 Çarpışma	3
1.3.1 Çarpışmanın tanımı	3
1.3.2 Çarpışmadan kaynaklanan hasar örnekleri	5
BÖLÜM II YAPISAL KONTROL SİSTEMLERİ	15
2.1 Yapısal Kontrolün Tanımı	15
2.2 Yapısal Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması	15
2.3 Yapısal Kontrol Sistemlerinin Çarpışmayı Engellemede Kullanımı	15
2.4 Pasif Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması	19
2.4.1 Sismik taban izolasyon sistemi	20
2.4.1.1 Elastomerik sistemler (kauçuk izolatörler)	21
2.4.1.2 Kaymaya dayalı taban izolasyon sistemleri	22
2.4.1.3 Yaylı sistemler	22
2.4.2 Enerji sönümleyici cihazlar	22
2.4.2.1 Metalik sönümleyiciler	22
2.4.2.2 Sürtünme tipi sönümleyiciler	23
2.4.2.3 Visko-elastik sönümleyiciler	23
2.4.2.4 Viskoz akışkanlı sönümleyiciler	23
2.4.2.5 Ayarlı kütle sönümleyicileri (TMD)	25
2.5 Aktif Kontrol	25

2.5.1 Aktif kontrol sistem tipleri.....	25
2.6 Yarı Aktif Kontrol.....	25
2.7. Karma Kontrol	26
BÖLÜM III ÇARPIŞMAYI ENGELLEMEK İÇİN VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERİN OPTİMUM YERLEŞİMİ	27
3.1 Literatür Özeti	27
3.2 Yapılar Arası Rölatif Deplasmanın Minimizasyonu İçin Optimum Sönümleyici Yerleşimi İçin Problemin Formülasyonu	29
3.2.1 Sönüm optimizasyonu.....	34
3.2.2 Optimallik kriterleri	35
3.2.3 Çözüm algoritması	35
BÖLÜM IV SAYISAL ÖRNEKLER.....	39
Sayısal Örnek 1	42
Sayısal Örnek 2	45
Sayısal Örnek 3	48
Sayısal Örnek 4	58
Sayısal Örnek 5	62
BÖLÜM V SONUÇLAR.....	65
KAYNAKLAR	67
EK-A	73
EK-B	79
EK C.....	82
EK-D	98
EK-E	120
ÖZGEÇMİŞ	142

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Pasif kontrol sistemlerinin sınıflandırılması	20
Çizelge 4.1. A ve B yapısına ait sayısal değerler	40
Çizelge 4.2. A ve B yapısına ait sayısal değerler	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. (a) Komşu binaların şekil değiştirmeden önceki halleri, (b) Aynı dinamik karakterlere sahip komşu binaların deprem sırasındaki muhtemel davranışları, (c) Farklı dinamik karakterlere sahip komşu binaların deprem sırasındaki muhtemel davranışları	3
Şekil 1.2. Farklı kat seviyesinde çarpışma durumu a) Çarpışmadan önce, b) Çarpışma anı.....	4
Şekil 1.3. Anchorage-Westward Hoteli ve West Anchorage Lisesinin derzleri arasındaki çarpışmadan kaynaklanan hasarlar	5
Şekil 1.4. Olive View hastanesi ve ek bina Stairway Tower arasında oluşan çarpışmahasarı	5
Şekil 1.5. Managua depreminde çarpışmadan kaynaklanan bir hasar örneği	6
Şekil 1.6. Mexico City depreminde çarpışmadan kaynaklanan hasar örneği	6
Şekil 1.7. Loma Prieta depremine ait bir görüntü	7
Şekil 1.8. Northridge depremine ait bir görüntü	7
Şekil 1.9. Marmara depreminden Kocaeli ilindeki hasarlara dair bir görünüm	8
Şekil 1.10. Marmara depreminden Kocaeli ilindeki çarpışma hasarlarına dair bir görünüm	8
Şekil 1.11. Marmara depreminden Adapazarı ilindeki çarpışma hasarlarına dair bir görünüm(National Geographic)	9
Şekil 1.12. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar	10
Şekil 1.13. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar	10
Şekil 1.14. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar	11
Şekil 1.15. Çarpışma sonucu oluşan hasar	11
Şekil 1.16. Erciş'te çok katlı bir binanın yıkılma anında yanındaki sağlam binaya çarpması ile oluşan hasar	12
Şekil 1.17. Farklı yükseklikteki bitişik yapıların çarpışması-Gölcük, 1999	13
Şekil 1.18. Çekiçleme etkisi-Dinar, 1995 (Karaesmen, 1996)	14
Şekil 2.1. Sönümleyicilerin yapıdaki farklı yerleşimleri	18
Şekil 2.2. SUT Binası, Shizuoka, 1993 (Aldemir ve Aydın,2005)	24
Şekil 2.3. Çelik kafes sisteme viskoz akışkanlı sönümleyici uygulaması	24

Şekil 3.1. A ve B yapılarının modellenmesi	29
Şekil 3.2. Viskoz akışkanlı sönümleyici kesiti	30
Şekil 4.1. 5 ve 10 katlı binaların ek sönümleyici yok iken a) çarpışma öncesi b) çarpışma halinde çok serbest dereceli olarak modellenmesi	39
Şekil 4.2. 5 ve 10 katlı binaların ek sönümleyici var iken a) çarpışma öncesi b) çarpışma halinde çok serbest dereceli olarak modellenmesi.....	39
Şekil 4.3. Katlara eklenen sönümleyiciler- optimum sönüm katsayısı N.s/m	41
Şekil 4.4. Farklı rijitlik katsayı değerleri değişimleri için tasarım adım sayısı-5.kat rölatif deplasmanı eğrisi	42
Şekil 4.5. Farklı kütle değerleri değişimleri için tasarım adım sayısı-5.kat rölatif deplasmanı eğrisi.....	43
Şekil 4.6. Farklı sönüm oranlarında kontrollü ve kontrolsüz durumlar için 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği... ..	46
Şekil 4.7. Sönümleyicinin olmadığı durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri	49
Şekil 4.8. Sönümleyicinin olmadığı durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri	51
Şekil 4.9. Sönümleyicinin var olduğu durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=$ $0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri	53
Şekil 4.10. Sönümleyicinin var olduğu durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=$ $0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri.....	54
Şekil 4.11. 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrilerinin sönümsüz ve sönümlü durumlarda karşılaştırılması	56
Şekil 4.12. 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrilerinin sönümsüz ve sönümlü durumlarda karşılaştırılması	57
Şekil 4.13. ElCentro depremi ivme kaydı	58
Şekil 4.14. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda, sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	60

Şekil 4.15. a)Sönümleyici yokken b)Sönümleyici tepede iken c) Üniform sönümleyici dağılımı durumlarında zamana bağlı rölatif deplasman değişimi ($W=0,8 \times 10^6$)	62
Şekil 4.16. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	63
Şekil Ek-A.1. A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması durumu	73
Şekil Ek-A.2. A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması durumu.....	73
Şekil Ek-A.3. A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması durumu	74
Şekil Ek-A.4. A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması durumu	74
Şekil Ek-A.5. A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu	75
Şekil Ek-A.6. A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu.....	75
Şekil Ek-A.7. A yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının kütesinin bütün katlarda sabit değer alması durumu	76
Şekil Ek-A.8. A ve B yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu	76
Şekil Ek-A.9. A yapısının kütesinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu	77
Şekil Ek-A.10. A yapısının kütesinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu	77
Şekil Ek-A.11. A ve B yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu	78
Şekil Ek-A.12. A yapısının kütesinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütesinin alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu.....	78

Şekil Ek-B.1.	$W=0,8 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans değişimi grafiği.....	79
Şekil Ek-B.2.	$W=0,9 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği.....	79
Şekil Ek-B.3.	$W=1,0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği.....	80
Şekil Ek-B.4.	$W=2,0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği.....	80
Şekil Ek-B.5.	$W=3,0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği.....	81
Şekil Ek-B.6.	$W=4,0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği.....	81
Şekil Ek-C.1.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	82
Şekil Ek-C.2.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	83
Şekil Ek-C.3.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	84
Şekil Ek-C.4.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	85
Şekil Ek-C.5	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	86
Şekil Ek-C.6.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	87
Şekil Ek-C.7.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	88
Şekil Ek-C.8.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	89
Şekil Ek-C.9.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	90
Şekil Ek-C.10.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	91
Şekil Ek-C.11.	Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	92

Şekil Ek-C.12. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği frekans eğrileri.....	93
Şekil Ek-C.13. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	94
Şekil Ek-C.14. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	95
Şekil Ek-C.15. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	96
Şekil Ek-C.16. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri	97
Şekil Ek-D.1. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönümleyicinin olmadığı durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri	98
Şekil Ek-D.2. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0.8 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri.....	99
Şekil Ek-D.3. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0.9 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri.....	100
Şekil Ek-D.4. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=1 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri	101
Şekil Ek-D.5. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=2 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri	102
Şekil Ek-D.6. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=3 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri	103
Şekil Ek-D.7. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=4 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri	104
Şekil Ek-D.8. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	105
Şekil Ek-D.9. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	105
Şekil Ek-D.10. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumdazamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	106

Şekil Ek-D.11. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	106
Şekil Ek-D.12. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	107
Şekil Ek-D.13. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	107
Şekil Ek-D.14. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil Ek-D.15. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil Ek-D.16. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil Ek-D.17. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil Ek-D.18. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil Ek-D.19. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil Ek-D.20. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil Ek-D.21. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	111

Şekil Ek-D.22.	5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=5 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	112
Şekil Ek-D.23.	1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	112
Şekil Ek-D.24.	2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	113
Şekil Ek-D.25.	3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	113
Şekil Ek-D.26.	4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	114
Şekil Ek-D.27.	5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	114
Şekil Ek-D.28.	1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	115
Şekil Ek-D.29.	2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	115
Şekil Ek-D.30.	3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	116
Şekil Ek-D.31.	4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	116
Şekil Ek-D.32.	5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması	117

Şekil Ek-D.33. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil Ek-D.34. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	118
Şekil Ek-D.35. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	118
Şekil Ek-D.36. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil Ek-D.37. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil Ek-E.1. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönümleyicinin olmadığı durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri	120
Şekil Ek-E.2. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0,8 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	121
Şekil Ek-E.3. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0,9 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	122
Şekil Ek-E.4. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=1,0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	123
Şekil Ek-E.5. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=2,0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	124
Şekil Ek-E.6. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=3,0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	125
Şekil Ek-E.7. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=4,0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri.....	126
Şekil Ek-E.8. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m içinsönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	127

Şekil Ek-E.9. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	127
Şekil Ek-E.10. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	128
Şekil Ek-E.11. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	128
Şekil Ek-E.12. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	129
Şekil Ek-E.13. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	129
Şekil Ek-E.14. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	130
Şekil Ek-E.15. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	130
Şekil Ek-E.16. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	131

Şekil Ek-E.17. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	131
Şekil Ek-E.18. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	132
Şekil Ek-E.19. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	132
Şekil Ek-E.20. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	133
Şekil Ek-E.21. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	133
Şekil Ek-E.22. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	134
Şekil Ek-E.23. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	134
Şekil Ek-E.24. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	135

Şekil Ek-E.25. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	135
Şekil Ek-E.26. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	136
Şekil Ek-E.27. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	136
Şekil Ek-E.28. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	137
Şekil Ek-E.29. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	137
Şekil Ek-E.30. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	138
Şekil Ek-E.31. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	138
Şekil Ek-E.32. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	139

Şekil Ek-E.33. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	139
Şekil Ek-E.34. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	140
Şekil Ek-E.35. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	140
Şekil Ek-E.36. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	141
Şekil Ek-E.37. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması	141

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
α	Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı (DBYBHY-2007)
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (DBYBHY-2007)
m	Kütle
k	Rijitlik katsayısı
c	Sönüm katsayısı
c_{ad}	Eklenen sönüm
M	Kütle matrisi
M_{sol}	Sol yapının kütle matrisi
$M_{sağ}$	Sağ yapının kütle matrisi
K	Rijitlik matrisi
K_{sol}	Sol yapının rijitlik matrisi
$K_{sağ}$	Sağ yapının rijitlik matrisi
C	Sönüm matrisi
C_{sol}	Sol yapının sönüm matrisi
$C_{sağ}$	Sağ yapının sönüm matrisi
C_{ad}	Eklenen sönüm matrisi
F	Toplam dış kuvvet vektörü
U	Deplasman vektörü
U_{sol}	Sol yapının deplasman vektörü
$U_{sağ}$	Sağ yapının deplasman vektörü
$\dot{U}$	Hız vektörünü
$\dot{U}_{sol}$	Sol yapının hız vektörü
$\dot{U}_{sağ}$	Sağ yapının hız vektörü
$\ddot{U}$	İvme vektörünü
$\ddot{U}_{sol}$	Sol yapının ivme vektörü
$\ddot{U}_{sağ}$	Sağ yapının ivme vektörü

$\ddot{U}_g$	Yer ivmesi
r	Deprem hareketi
t	Zaman
ω	Zorlama frekansı
$\text{Re}[Y_i]$	Gerçel değişkenler
$\text{Im}[Y_i]$	Sanal değişkenler
W	Toplam sönüm katsayısı
$X(\omega)$	x' in fourier dönüşümü
$\ddot{X}_g(\omega)$	$\ddot{x}_g$ 'nin fourier dönüşümü
$\ddot{X}_g e^{i\omega t}$	$\ddot{U}_g$ 'nin zaman tanım alanından frekans tanım alanına dönüşümü
$X e^{i\omega t}$	U' 'nin zaman tanım alanından frekans tanım alanına dönüşüm
$X_{ad}(\omega)$	Viskoz sönümleyicilerin eklendiği durumda yerdeğiştirme vektörünün fourier dönüşümü
Y	Transfer fonksiyonuna karşı gelen yerdeğiştirme vektörü
R	Amaç fonksiyonu
Y_5	Sol yapının tepe yerdeğiştirmesi
Y_{10}	Sağ yapının tepe yerdeğiştirmesi
$\overline{c_{adi}}$	Her bir sönümleyicinin sönüm katsayısı için bilinen üst sınır
	Değeri L Lagrangian fonksiyoneli
N	Tasarım değişkeni sayısı
λ	Lagrange çarpanı
$\mu=\{\mu_i\}$	Lagrange çarpanı
$v=\{v_i\}$	Lagrange çarpanı
c_{adj}	Tasarım değişkeni
R_j	R Amaç fonksiyonunun c_{adj} 'ye göre kısmi türevi ($j=1, \dots, n$)
$Y_{5,j}$	Y_5 Tepe yerdeğiştirmesinin c_{adj} 'ye göre kısmi türevi ($j=1, \dots, n$)
$Y_{10,j}$	Y_{10} Tepe yerdeğiştirmesinin c_{adj} 'ye göre kısmi türevi ($j=1, \dots, n$)
B	c_{adi} 'nin lineer fonksiyon matrisi
Δc_{vj}	j . kattaki sönümleyici katsayısındaki artış
ΔC	Sönüm katsayılarının toplamındaki artış

B_j	B matrisinin c_{adj} ' ye göre kısmi türevi
Y_j	Y matrisinin c_{adj} ' ye göre kısmi türevi
$\text{Re}[Y_i]$	Gerçel değişken
$\text{Im}[Y_i]$	Sanal değişken

Kısaltmalar

Açıklama

AASHTO	American association of state highway and transportation officials
EN 1337	The european standard on structural bearings
NEHRP	National earthquake hazards reduction program
DIN 4025	Deutsches institut für normung
FEMA-273	Federal emergency management agency
ATC	Advanced transportation controller
UBC-97	Uniform building code

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Özellikle arsaların değerli ve az olduğu büyük şehirlerde yapılar birbirine bitişik veya çok yakın inşa edilmektedir. Bitişik nizam yapıların sahip oldukları farklı dinamik karakteristikleri nedeniyle deprem esnasındaki çarpışmaları çok sık görülen bir durumdur. Çekiçleme etkisi denilen bu etki, birbirine yakın yapıların dinamik karakteristiklerinin birbirlerinden farklı olduğu durumlarda, yapıların faz dışı davranışları neticesinde ortaya çıkmaktadır. Çarpışmadan dolayı yapılarda ciddi hasarlar veya yıkılmalar oluşmaktadır. Bunu engellemek için en basit yol yapıları birbirlerine yeter uzaklıkta inşa etmektir. Bu amaçla yapıları ayrı ayrı analiz edip, çarpışma riskini engelleyebilecek yapılar arası mesafeyi doğru tasarlamak gerekir. Genellikle, yapıların tepe deplasmanları arasındaki fark (rölatif deplasman) çarpışma problemlerinde kontrol parametresi olarak seçilmektedir. Deprem esnasında, bitişik yapılar arasındaki rölatif deplasmanın genliğinin artması çarpışma durumuna işaret eder (Aydın ve Güney, 2011).

Bu çalışmada, aralarında yetersiz boşluk bırakılmış olan 5 katlı ve 10 katlı yapıların farklı deprem kuvvetleri altında davranışları sonucu meydana gelen yapısal çarpışmaların sönümleyici olmadan ve sönümleyici varken davranışları incelenmiştir. Yapısal çarpışmanın teorisi açıklanmış ve Matematica programında hazırlanan, 5 katlı ve 10 katlı yapıların yapı modelleri, üretilerek bu yapıların farklı deprem kuvvetleri etkisi altında yapacakları yer değiştirmeler hesaplanmış ve çarpışma simülasyonları yapılmıştır. 5 katlı ve 10 katlı yapıların, farklı depremlerin etkisi altında ilk 5 katı için her iki yapı arasına sönümleyiciler yerleştirilmiş analizler sonucu elde edilen deplasman ve rölatif deplasman değerlerine bakılarak sönümleyicinin hangi katlarda gerekli olduğu incelenmiştir. Daha sonra sönümlü ve sönümsüz haller için kütle ve rijitlik oranı değişimlerine göre yapıların davranışı incelenmiş ayrıca sönümlü durumda sönüm katsayılarının değişimlerine göre rölatif deplasman değerlerinin değişimleri incelenmiştir.

1.2.DBYBHY-2007 de Deprem Derzleri

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik-2007 de bitişik binalar arasına uygulanacak deprem derzleri bölüm numaraları ile birlikte aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (DBYBHY-2007).

2.10.3. Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişimlerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

2.10.3.1 – 2.10.3.2’ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

- (a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.
- (b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.

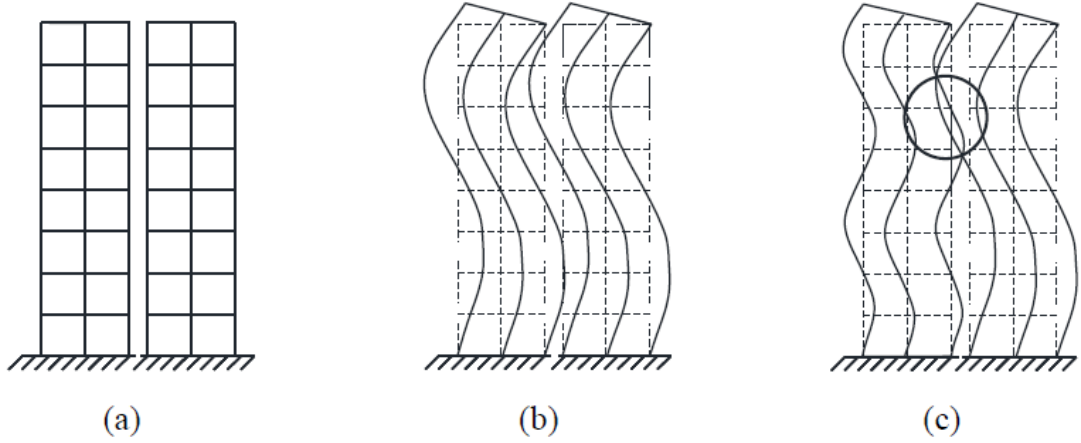
2.10.3.2 – Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m’den sonraki her 3 m’ lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

2.10.3.3 – Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir. Ayrıca bilgi düzeyleri belirlenirken bina geometrisinde binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenmesine değinilmiştir.

1.3 Çarpışma

1.3.1 Çarpışmanın tanımı

Birbirine yakın yapılmış yapıların deprem sırasında farklı davranışları sonucu çarpışmaları, yapıların çarpışması başlığı altında incelenir. Farklı dinamik karakterlere (rijitlik, kütle vs.) sahip binaların dinamik davranışları birbirinden farklı olmaktadır. Bu durumda komşu binaların deprem sırasında farklı yer değiştirmeler yapması söz konusu olmaktadır (Şekil 1.1). Dolayısıyla aynı dinamik karakterdeki binaların yan yana inşa edilebilmesinin günümüz koşullarında mümkün olmadığı göz önüne alınırsa komşu binalar arasında yetersiz veya hiç boşluk bırakılmaması çarpışma olayını kaçınılmaz kılmaktadır (Doğan ve Günaydın, 2009).



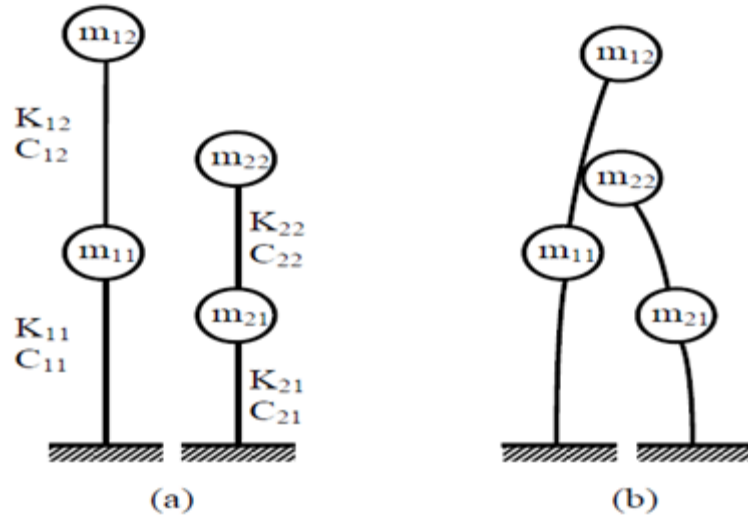
Şekil 1.1. (a) Komşu binaların şekil değiştirmeden önceki halleri,
(b) Aynı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları,
(c) Farklı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları
(Doğan ve Günaydın, 2009)

Farklı zemin özellikleri, depremin odağına olan uzaklık ve dışarıdan yapıya gelen etkiler dolayısıyla aynı dinamik karakterlere (rijitlik, kütle vs.) sahip binaların bile aynı dinamik davranışları gösterememesi sonucu çarpışma olasılıklarının da var olduğu bilinmelidir.

Çarpışmanın etkisi, çarpışan binaların kütlelerinin ve rijitliklerinin farklı olması, çarpışma etkisi altında olan binanın diğer binalarla aradaki mesafesi, çarpışan binaların toplam yapı yüksekliklerinin ve kat sayılarının farklı olması, durumlara göre ortaya çıkmaktadır.

Çarpışma anında çarpışmanın şiddetine bağlı olarak ortaya çok büyük bir enerji çıkar ve bu enerji çarpışan yapıların elemanları tarafından yutulur. Çoğunlukla bu enerji yığılması bazı yapı elemanlarının taşıma gücünü kaybetmesi ve büyük hasara uğraması ile sonuçlanır. Bu sebeple, Türkiye’de ve dünyada bugüne kadar olmuş depremlerde çarpışma sebebiyle çok sayıda yapı ağır hasar görmüş ve yıkılmıştır.

Yapıların dinamik davranışı incelenirken, hesap kolaylığı için yapıların kütlelerinin bir noktada yığıldığı düşünülerek toplu kütleli modeller kurulmaktadır. Şekil 1.2.’de temsili gösterilmiş olan binalardaki bu kütleler kat seviyelerinde toplanmaktadır. Böylelikle binanın her katı için bir kütle tanımlanmış olur. Her kat bir rijitlik ve sönüm katsayısına sahiptir. Çarpışma anında, ortaya çıkan enerjinin bir kısmı sönümlenir, geri kalanı ise çarpışma kuvvetini oluşturur. Çarpışmanın etki derecesi, yapıların değişik kat seviyelerinde çarpışma durumları için farklıdır (Özbaşaran, 2011).



Şekil 1.2. Farklı kat seviyesinde çarpışma durumu
a) Çarpışmadan önce, b) Çarpışma anı (Özbaşaran, 2011)

1.3.2 Çarpışmadan kaynaklanan hasar örnekleri

1964 yılında yaşanan Great Alaska depremi sırasında birbirine yakın iki binada çarpışma etkileri tespit edilmiştir. Anchorage-Westward Hoteli ve West Anchorage Lisesinde çarpışmadan dolayı orta derecede hasarların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Her iki yapıda derzlerle ayrılarak inşa edilmesine rağmen Anchorage-Westward Hotelindeki bu hasarların Şekil 1.3.' den anlaşılacağı üzere 14 katlı ve 3 katlı kat yükseklikleri birbirinden farklı yapıların derzleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Muthukumar, 2003).



Şekil 1.3. Anchorage-Westward Hoteli ve West Anchorage Lisesinin derzleri arasındaki çarpışmadan kaynaklanan hasarlar (NİSEE e-Library)

1971 yılında yaşanan San Fernando depremi sırasında Olive View Hastanesinin ana binası ile sonradan inşa edilen ek bina (Stairway Tower) arasında iki binanın birbirine yakın olmasından kaynaklanan çarpışmada, ek binada Şekil 1.4 de görüldüğü gibi kalıcı deformasyonların olduğu gözlemlenmiştir (Jankowski, 2009).



Şekil 1.4. Olive View hastanesi ve ek bina Stairway Tower arasında oluşan çarpışma hasarı (NİSEE e-Library, 2015)

1972 yılında Nikaragua' nın başkenti Managua' da yaşanan depremde Şekil 1.5.' de görüldüğü gibi birbirine yakın binaların çarpışması sonucu ağır hasarların oluştuğu gözlemlenmiştir (Garcia, 2004).



Şekil 1.5. Managua depreminde çarpışmadan kaynaklanan bir hasar örneği
(NİSEE e-Library, 2015)

1981 yılında meydana gelen Central Greece depreminde çarpışmadan dolayı hem küçük hasarlara hem de büyük hasarlara rastlanmıştır. Aynı sırada inşa edilmiş binalardan bazılarında ise blok başı gibi en dışta kalan kenar binalarda da çarpışma hasarlarının oluştuğu tespit edilmiştir (Garcia, 2004).

1985 Mexico City depremi sırasında hasar gören binaların yüzde 40' ı çarpışmaya maruz kalmış, yıkılan binaların da yüzde 15' inde çarpışma Şekil 1.6.' da görüldüğü gibi izlerinin bulunduğu belirtilmiştir (Rosenblueth ve Meli, 1986).



Şekil 1.6. Mexico City depreminde çarpışmadan kaynaklanan hasar örneği
(Wikispaces, 2015)

1989 yılında yaşanan Şekil 1.7.' de bir görüntüsü verilmiş olan Loma Prieta depremi sırasında depremin merkez üstünden 90 km uzakta 200' den fazla çarpışma olayının

meydana geldiğini belirten Kasai ve Maison (1997), buna bağlı olarak 500’ den fazla binanın etkilendiğini belirtmişlerdir.



Şekil 1.7. Loma Prieta depremine ait bir görüntü (Marinatimes, 2015)

1994 yılında meydana gelen Northridge depremi sırasında Şekil 1.8.’ de görüntülenen yapı gibi yapılarda ve bazı köprülerde genleşme derzlerinde çarpışma kaynaklanan hasarların meydana geldiği görülmüştür (Muthukumar, 2003).



Şekil 1.8. Northridge depremine ait bir görüntü (Wikipedia, 2015)

1995 yılında Kobe’ de yaşanan deprem sırasında yine çarpışma kaynaklı olduğu tespit edilen hasarlar olmuştur. Ayrıca çarpışmanın bazı köprü tabliyelerinin çöküşünde azda olsa rolünün olduğu belirlenmiştir (Muthukumar, 2003).

1999 yılında meydana gelen Athens depremi sonrasında derzlerle ayrılmış bir okul binasında çatı parapetlerinin birbirine çarpması sonucu bölgesel hasarların olduğu görülmüştür (Vasiliadis ve Elenas, 2002).

1999 yılında Türkiye’de meydana gelen on binlerce kişinin öldüğü Marmara depreminde de çarpışmadan dolayı çeşitli düzeylerde hasarlar oluşmuştur. Şekil 1.9., 1.10. ve 1.11’ de görüldüğü üzere birbirine yakın yapılan farklı kat yüksekliklerine sahip binaların taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan farklı bölgelerinde hasarlar oluşmuştur. 1959 tarihli, 7296 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısı İle Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun’a dayanarak oluşturulan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – 2007’ de bu tür afetlerde hasarların en az düzeyde olması için binalar arasında bırakılacak derz aralıklarına yer verilmiştir.



Şekil 1.9. Marmara depreminden Kocaeli ilindeki hasarlara dair bir görünüm (Sabah)



Şekil 1.10. Marmara depreminden Kocaeli ilindeki çarpışma hasarlarına dair bir görünüm (Samsunhaber)



Şekil 1.11. Marmara depreminden Adapazarı ilindeki çarpışma hasarlarına dair bir görünüm (Slingomom)

Bitişik olarak yapılmış yapıların sarsıntı sırasında çarpışarak birbirlerine zarar vermesi can ve mal kaybı sayılarının önemli nedenlerindendir. Türkiye’de ve dünyada olmuş depremlerde gözlenen birçok çarpışma hasarı bu durumun kanıtıdır. Cisimlerin çarpışma kuvvetleri, kütleleriyle orantılı olduğu için binalar birbirlerine büyük kütleleri sebebiyle çok büyük kuvvetlerle çarpmaktadırlar. Bu çarpışmalar sonucu çarpışmanın şiddetine ve çarpışma noktasına bağlı olarak binalar hasar görür ya da çöker. Çarpışma durumunun çok ciddi bir tehlike olduğunun ve büyük çarpışma kuvvetlerinin ortaya çıkardığı enerjinin yapı elemanları tarafından hasarsız bir şekilde yutulmasının imkansız olduğunun bilincine varılmalıdır.

Yakın zamanda meydana gelen Van depremlerinde de birbirine yakın yapılaşmadan kaynaklanan çarpışmanın ortaya çıkardığı hasar ve yıkımlar gözlemlenmiş, Yıldız Teknik Üniversitesi 23 Ekim 2011 Van Depremi Teknik İnceleme Raporunda resimlerine yer verilmiştir (Şekil 1.13., 1.14., ve 1.15.) (Önen vd., 2012).



şekil 1.12. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar
(nen vd., 2012)



şekil 1.13. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar
(nen vd., 2012)



şekil 1.14. Erciş'te çarpışma etkisi ile ağır hasar gören veya göçen binalar
(nen vd., 2012)



Şekil 1.15. Çarpışma sonucu oluşan hasar (Önen vd., 2012)

Yaşanan depremlerde bitişik binalarda gerçekleşen çarpışmaların büyük kısmı yıkılan binanın döşemelerinin sağlam olan komşu binanın kolonlarına çarptığı gözlemlenmiştir. Bu tür çarpışmalarda kolonlar, döşemelerden ve kirişlerden aldığı yükleri temele aktaran taşıyıcı elemanlar olduğu için bu hasarlar binayı kullanılamaz duruma getirmektedir.



şekil 1.16. Erciş'te çok katlı bir binanın yıkılma anında yanındaki sağlam binaya çarpması ile oluşan hasar (Önen vd., 2012)

Bir binanın hakim periyodunu belirleyen en önemli değişken yüksekliktir. Yapının kat adedi arttıkça salınım periyodu da büyüyecektir. Bina periyodu ancak bazı yapısal tedbirlerle (perdeler, vb.) değiştirilebilmektedir (Pampal, 2000). Özellikle Şekil 1.17.'de görülen yapılar gibi birbirine yakın inşa edilen farklı yükseklikteki yapıların deprem esnasında farklı salınım periyotlarından dolayı çarpışma riski de artmaktadır.



Şekil 1.17. Farklı yükseklikteki bitişik yapıların çarpışması-Gölcük, 1999
(Pampal, 2000)

Birbirine yakın yapılmış farklı yükseklikteki yapılar depremde yapısal güvenliği sağlayabilmek için aralarında yeterli boşluk bırakılmalı zorunlu kalmadıkça birbirine bitişik yapılmamalıdır. Bitişik yapıldığı durumlarda ise aralarında derz boşluğu bırakılmalıdır.



Şekil 1.18. Çekiçleme etkisi-Dinar, 1995 (Karaesmen, 1996)

Komşu bina yükseklikleri aynı olsa bile, bitişik düzen yapılarda sıkça karşılaşılan bir başka hasar unsuru da kat düzeylerinin farklı oluşudur. Çekiçleme etkisi olarak da anılan bu hasar türünde iki yapının aynı düzeylerde farklı ötelemeler yapmasıyla, yeterli derz aralığı ile ayrılmayan binalardan birinin kat döşemesi diğerinin kolonlarına çarpmakta ve kolonlardaki kırılmayla o kat / katlar göçebilmektedir (Karaesmen, 1996). Öte yandan blok veya bitişik düzen yapılaşmada blok başı binaların en fazla hasara uğrayan yapılar olduğu kaydedilmektedir (Şengezer, 1999) (Balyemez ve Berköz,2005).

BÖLÜM II

YAPISAL KONTROL SİSTEMLERİ

2.1 Yapısal Kontrolün Tanımı

Tarih boyunca, yapı tasarımı birçok aşamadan geçmiştir. İlk zamanlarda sadece statik kuvvetler dikkate alınarak yapıların deprem kuvvetleri karşısında rijit davranış göstermesi beklenirken (klasik dönem), sonraları dinamik yükler de hesaba katılarak yapıların enerji yutabilme kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır (modern dönem). Bu durum özellikle deprem sonrası acil durumlarda kullanılabilir olması gereken hastane, telekomünikasyon binaları, enerji santralleri, müzeler ve köprüler gibi yapılarda farklı bir tasarım ihtiyacını gündeme getirmiştir. Yapısal kontrol sistemleri adı verilen tasarım ile yapının kendisi yerine, yapıya kurulan cihazlar sayesinde dinamik kuvvetlere karşı koyulmaya başlanmıştır. (post modern dönem) Bu cihazlar dinamik kuvvetlerden meydana gelen yer değiştirme ve kesit zorlarını belli değerde tutarak yapının ve iç donanımının korunmasını sağlar.

2.2. Yapısal Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması

Yapısal kontrol sistemleri esas olarak 4 bölümde incelenir:

- i) Pasif kontrol sistemleri,
- ii) Aktif kontrol sistemleri,
- iii) Karma kontrol sistemleri,
- iv) Yarı aktif kontrol sistemleridir.

Aktif kontrol sistemleri yapıya etkiyen dinamik yükleri, belli bir zaman aralığında ölçerek elde edilen verileri değerlendirdikten sonra, karşı kuvvet uygulayan sistemlerdir. Yapının her şiddetteki kuvvete karşı ayakta kalmasını sağlar. Dışardan bir güç kaynağı gereksinimi aktif kontrol sistemlerinin en büyük dezavantajıdır.

Pasif kontrol sistemleri ise aktif sistemlerin aksine, dışardan bir güç kaynağına ihtiyaç duymadan çalışan elemanlardır. Ya enerji sönümleyiciler ile dinamik yükün etkisini kendi üzerlerine alarak sönümlemeyi gerçekleştirirler ya da taban izolasyonu ile yapıyı zemin titreşimlerinden ayırırlar. Taban izolasyon işlemi ile dinamik yük yapıya girmeden önce önlemler alınır, enerji sönümleyicilerle ise dinamik yük yapıya etkidikten sonra sönümleme yapılır. Pasif sistemler sadece tasarlandıkları deprem kuvvetinde etkilidir. Daha büyük bir depremle karşı karşıya kalındığında bu etkilerini yitirirler.

Yarı aktif kontrol sistemleri ise kontrol edilebilen pasif elemanlar olarak tanımlanabilir ve aktif sistemler ile aynı prensipte çalışır. Aralarındaki temel fark; dışarıdan sağlanan enerji gereksiniminin aktif sistemlere oranla çok daha az olmasıdır. Küçük akümülatörler ile gerekli olan enerjiyi karşılayabilirler. Bu nedenle yarı aktif sistemler aktif sistemlere oranla daha ekonomik ve daha basit sistemlerdir.

Karma kontrol sistemleri pasif ve aktif kontrol sistemlerinin birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Bu nedenle performansı oldukça yüksektir. Aktif sistemlere oranla çok daha ekonomik ve güvenilirdir. Ancak bu durum tasarım hesaplarını biraz daha karmaşık hale getirir.

2.3 Yapısal Kontrol Sistemlerinin Çarpışmayı Engellemede Kullanımı

Depreme karşı yapıların tasarımında geleneksel yaklaşım, her yapı elemanının sismik kuvvetlere direnç gösterebilecek dayanıma sahip olması ve sismik enerjiyi yutacak yeterli süneklik kapasitesini sağlamasıdır. Bu tasarım felsefesi benimsendiğinde, çok büyük bir enerji yapı tarafından yutulur ve bazı yapı elemanları çok büyük plastik deformasyon yapar. Bu yüzden modern yapı kontrol teknikleri kullanılarak binaların depreme karşı korunması son zamanlarda hızla yaygınlaşmıştır.

Yapıya gelen deprem kuvvetlerinin azaltılması için özel yapı elemanlarının kullanılması gerekir. Bu elemanlar sismik yalıtım ve enerji sönümleme yoluyla yapının titreşimini kontrol altına almaktadır (Ristic, 1993). Enerjinin dağıtılması ve yutulması aşağıda verilen dışsal ve içsel etkenlere bağlıdır:

1. Enerjinin sönümlenme nedeni malzeme viskozitesidir. Bu işlem deformasyonların zamana göre değişim oranına (hıza) bağlıdır. Bu tür sönümlemeye malzeme sönümü de denilmektedir. Viskoelastik sönümleme bu gruba girer.

2. Enerji sönümlemesi, malzemede çevrimsel bir inelastik davranışı ve bazı artık deformasyonları sağlayarak davranışın sonlanmasını sağlar. Enerji dağıtmayı sağlayan çevrimsel inelastik deformasyon bir histeretik döngü biçimindedir ve artık deformasyonlar, yutulan enerjinin miktarını gösterir. Bu işlem genellikle histeretik sönümleme olarak adlandırılır.

3. Enerjinin dağıtılması, birbiri ile esnek olarak temas halindeki iki malzemenin hareket etmesi ile sürtünmenin aşılması sonucu sağlanır. Sürtünme kuvveti büyüklüğünün sabit olduğu Coulomb sönümü bu duruma girer. Yapısal sönümleme daha genel sürtünme sönümlemesi mekanizmasıdır ki, bu değişken sürtünme kuvveti büyüklüğüne izin verir.

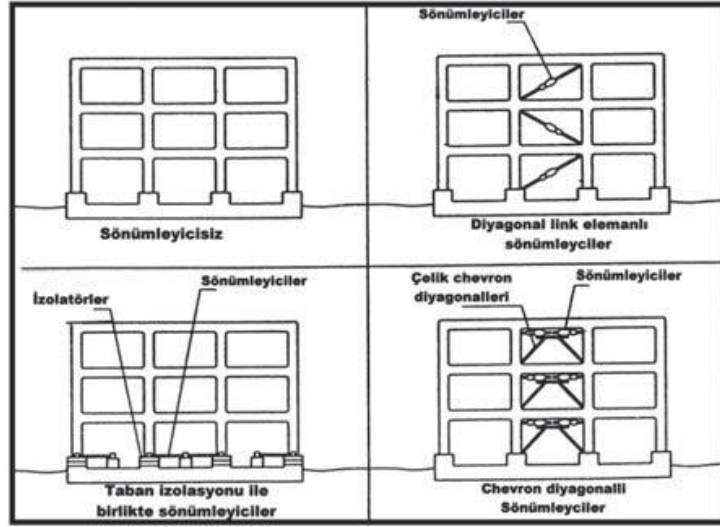
4. Enerji dağıtma, yapı ile onun çevresel unsurları arasındaki etkileşiminden ortaya çıkar. Yapının rölatif hareketi, harekete karşı koyan ve yapıdan enerjiyi çıkartan kuvvetleri üretir (Connor, 2000).

Katlar arası kaymayı en aza indirmek için ortaya çıkan iki seviyeli optimizasyon problemi çözmek için ayrıntılı arama, aksesuar dahil kat ekleme, maksimum konumları, bağıl hız ve genetik algoritma olmak üzere beş yaklaşımda incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlar, sönümleyici ekleme yönteminin en etkili ve güvenilir bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca özellikle çok katlı yüksek yapılar için sönümleyicilerin sayısının artırılması sistemin verimini arttırmadığı ve sistemin dinamik tepkisini şiddetlendirdiği görülmüştür (Bigdeli vd., 2011).

Yapısal kontrolün kullanımı, kullanım şekilleri ve hangi yapılarda kullanılacakları bazı ülkelerin yönetmeliklerde (AASHTO, DIN 4025, EN1337, FEMA273, NEHRP, UBC-97, ATC) yer alırken ülkemizde henüz yer almamaktadır. Birinci dereceden önem taşıyan özellikle; hastaneler, köprüler, kriz merkezleri, yerel yönetim binaları, bilgi işlem merkezleri, tarihi yapılar, müzeler, tehlikeli madde içeren stoklama binaları ve benzeri binalarda yapısal kontrolün kullanımı, can ve mal kaybının

artmasını engelleyeceği ayrıca deprem sonrasında meydana gelebilecek büyük sorunları da azaltacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Zamanla değişebilen dinamik etkilere adaptasyon kabiliyeti olmayan bazı sistemler çalışma şekilleri ve malzeme özellikleri itibari ile farklılıklar göstermektedirler. Şekil 2.1.' de görüldüğü gibi sönümleyicileri yapıya farklı şekillerde yerleştirmek mümkündür (Aydın ve Aldemir, 2006).



Şekil 2.1. Sönümleyicilerin yapıdaki farklı yerleşimleri

Deprem kuvvetlerine maruz kalan yapıların yapısal sistemleri büyük miktarlarda titreşim enerjisine maruz kalmaktadır. Bu titreşim enerjisi yapılarda iç sürtünme ve yapısal elemanlardaki plastik deformasyonlar ile karşılanmaktadır. Titreşimin genliği ne kadar küçük ise yapı elemanlarının enerji yutma kapasitesi de o kadar büyük olmaktadır. Özellikle son yıllarda, yapı içerisinde depremin oluşturduğu plastik deformasyonların azaltılması ya da önlenmesi amacıyla depreme dayanıklı geleneksel tasarım yöntemlerine alternatif olarak aktif ve pasif sönümleyici sistemlerde yeni tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Bunun sebebi olarak ta geleneksel tasarım yöntemlerinde yapısal elemanların enerji yutma kapasitelerindeki ve ideal olmayan birleşim noktalarının davranışlarındaki belirsizliklerin oluşturduğu zorluklar gösterilebilir.

Uzun zaman binaların deprem etkilerine karşı korunmasında ana amaç, meydana gelen etkileri karşılayacak biçimde taşıyıcı sistemin oluşturulması ve elemanlarının boyutlandırılması şeklinde olmuştur. Bu amaç genellikle daha rijit taşıyıcı sistemlerin

ıkmasına sebep olur. Bu durumda depremde etkili olan serbest titreşim periyotları azalır ve bunun sonucu olarak da karşılanması gereken deprem kuvvetleri artar (Celep ve Kumbasar, 2004). Bu durumda da kontrol sistemlerinin kullanım ihtiyacı artacaktır.

2.4 Pasif Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sınıflandırılması yapılacak olan pasif kontrol sistemlerinin genel olarak; düşey yük taşıyabilme, enerji yutma ve deprem sonrası yeniden merkezlenme kapasitesine sahip ayrıca yüksek düşey rijitlik ve düşük yatay rijitlik özelliklerini taşıyabilmesi istenmektedir.

Titreşimleri pasif kontrol sistemi ile kontrol altına alınan yapılarda, mevcut enerji kontrol cihazları tarafından arttırılmadığı için aktif kontrol sistemlerinde olduğu gibi stabilite sorununa yol açmazlar. Ayrıca aktif kontrol sistemlerinde olduğu gibi harici enerji girişine ihtiyaç duymadan, deprem dolayısıyla yapıya iletilen enerjiyi kullanarak yapının güvenliğini arttıran sistemler olduğundan doğru uygulandıkları takdirde tasarlandıkları depremde maksimum koruma sağlayabilirler (Gökhan, 2009).

Pasif kontrol, yapıya eklenen cihazlar ile yapının enerji yutma (sönümleme) kapasitesini arttırırken, dinamik yüklerden dolayı meydana gelen deplasman ve kesit zorlarını herhangi bir enerji gereksinimi duymadan belli bir değere kadar karşılayabilir. Pasif kontrol sistemleri kendi içinde sismik taban izolasyonu ve enerji sönümleyiciler olmak üzere iki ana kola ayrılır. Aşağıda pasif kontrol sistemlerinin detaylı bir biçimde sınıflandırılması Çizelge 2.1.' de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Pasif kontrol sistemlerinin sınıflandırılması

PASİF KONTROL SİSTEMLERİ	
1.SİSMİK TABAN İZALASYONU	2.ENERJİ SÖNÜMLEYİCİ CİHAZLAR
Elastomerik Taşıyıcılar Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Kurşun Çekirdekli Kauçuk	Metalik Sönümleyiciler
	Sürtünme Tipi Sönümleyiciler
	Visko-elastik Sistemler
Kaymaya Dayalı Taşıyıcılar Neopran Korumuculu Sistemler Tekrar Merkezleşen Sürtünmeli Sürtünmeli Sarkaç Seklindeki Sistemler	Viskoz Akışkanlı Sönümleyiciler
	Ayarlı Kütle Sönümleyiciler
Yaylı Sistemler	

2.4.1 Sismik taban izolasyon sistemi

Sismik izolasyon sistemi; depremin oluşturduğu sismik etkilere karşı binayı ve bina içerisinde bulunanları korumak amacıyla geliştirilen bir pasif kontrol sistemi olarak kabaca tanımlanabilir.

Daha genel anlamıyla taban izolasyonu; yapının tabanına düşeyde rijit fakat yatayda esnek, belirli ölçüde deplasmanlar yapabilen donanımlar yerleştirmek suretiyle üst yapıyı yer hareketinin yüksek frekanslı etkisinden ayırma işlemidir (Skinner, Robinson ve McVery, 1993).

Özellikle deprem sonrasında hemen kullanılması gereken hastane, telekomünikasyon binaları, köprü, enerji santralleri gibi önemli yapılarda geleneksel yapı tasarımları yaklaşımları yapıyı dinamik yüklere karşı korusa bile, yapı içerisindekilerin zarar görmesini engelleyemez. Bu gibi durumlarda taban izolasyonu oldukça sık kullanılan bir yapısal kontrol şeklidir. Çoğunlukla yapı temeli ile üst yapı arasına yerleştirilen izolatörler, yapı ile zeminin ayrı ayrı davranış göstermesini sağlar. Zeminden gelen yüksek frekanslı titreşimleri düşük frekanslı titreşimlere dönüştürerek yapının daha fazla yer değiştirme yapmasını sağlayarak deprem enerjisi sönümlenir. Periyot

değerinin artmasıyla ivme azalır ve böylece rölatif deplasmanlar azalır. Sismik taban izolasyonunun faydalarını 3 ana başlık altında toplayabiliriz:

Ekonomik olması: Depremde zarar görmüş bir binayı güçlendirerek çok pahalı işlemler yapmak yerine sadece başlangıçta yapı maliyeti en fazla % 5-10 artırılarak sismik izolasyon kullanılabilir.

Kolay bir tasarım gerektirmesi: Binalarda kullanılan taban izolasyonu ile yapı zemin titreşimlerinden ve zemin koşullarından bağımsız hale getirildiği için yapıya etkiyen yük olarak sadece statik yükler dikkate alınarak hesap yapılır. Böylece matematiksel modelleme ve yapısal davranış hesapları da daha kolay hale gelir.

Depremden hemen sonra bile kullanılabilir olması: Geleneksel tasarımın tüm gerekleri yerine getirilerek hesaplanan bir yapıda ancak binanın zarar görmesi engellenebilir. Deprem sonrasında hemen kullanıma açılması gereken yerler için izolasyon işlemi uygulanmalıdır (Germen, 2006).

Taban izolasyonu, elastomerik sistemler, kaymaya dayalı sistemler ve yaylı sistemler olmak üzere 3 bölümde incelenir.

2.4.1.1 Elastomerik sistemler (kauçuk izolatörler)

Temelde her kolonun altına gelecek şekilde yerleştirilen kauçuk ve çeliğin tabakalar halinde vulkanize edilmesi ile oluşan elastomerik sistemler ile izolasyon sağlanır. Çelik levhalar ile düşeyde rijitlik sağlanırken; kauçuk malzemesi ile yüksek sönüm kapasitesi ve düşük kayma modülü ile yatayda esnek davranış göstermesi sağlanır. Kauçuk izolatörler;

- Düşük sönümlü doğal kauçuk taşıyıcılar
- Yüksek sönümlü doğal kauçuk taşıyıcılar
- Kurşun çekirdekli doğal kauçuk taşıyıcılar olmak üzere 3 grupta incelenir.

2.4.1.2 Kaymaya dayalı taban izolasyon sistemleri

en eski ve en basit izolasyon sistemi olarak bilinen kaymaya dayalı taban izolasyon sistemleri sadece sürtünmeye dayalı sistemlerdir. Şu an dünyada kullanılan en yaygın kaymaya dayalı izolasyon sistemi paslanmaz çelik üzerinde kayan dolu veya boş politetrafloraetilen (PTFE veya teflon) taşıyıcılardır. Bu sistemlerin verimini azaltan faktörler yüzey temizliği, sıcaklık, iç yüzeydeki kayan yüzeylerin hızı ve aşınma derecesi gibi sürtünme karakterleridir. Kaymaya dayalı sistemler kendi aralarında 3 grupta incelenirler.

- Çelik Plakalı Neopran Koruyuculu
- Tekrar Merkezleşen Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi
- Sürtünmeli Sarkaç Sistemler
- Çapraz Raylı İzolasyon Sistemi

2.4.1.3 Yaylı sistemler

Tek başlarına sönümü sağlamakta yeterli olmadıklarından viskoz sönümleyiciler ile birlikte kullanılmaktadır. Üç boyutta izolasyon sağlarlar. Hem yatay hemde düşey yönde düşey yönde esneklik gösterirler. Uygulamaları dünyanın farklı yerlerinde uzun zamandır kullanılmaya devam etmektedir.

2.4.2 Enerji sönümleyici cihazlar

2.4.2.1 Metalik sönümleyiciler

Enerji yutma kapasitesini artırmanın yollarından biri metallerin plastik bölgedeki davranışını kullanmaktır. Bu amaç için tasarlanan sistemlerin çoğunda dikdörtgen, üçgen veya X şeklinde yumuşak çelik levhalar kullanılmış ve gerilmelerin malzeme içerisinde mümkün olduğu kadar düzenli dağılmasına dikkat edilmiştir. Metalik sönümleyicilerin bir yapı sisteminde kullanılabilmesi için teorik ve deneysel çalışmaların ışığında hazırlanacak yönetmeliklere her zaman ihtiyaç olmuştur. Bazı araştırmacılar metalik enerjiyi sönümleyen elemanların tasarımı için yapının hareket denkleminde metalik elemanların çevrimsel kuvvet-deplasman ilişkilerini katmış,

birtakım metotları tasarlamışlardır. Özellikle çelik yapılarda metalik enerji sönümleyici cihazların kullanılması daha kolaydır (Aldemir ve Aydın, 2005).

2.4.2.2 Sürtünme tipi sönümleyiciler

Sürtünme tipi sönümleyicilerin sürtünme yüzeylerinin hepsinde kullanılan malzemeler; çelik üzerine çelik, çelik üzerine pirinç veya paslanmaz çelik üstünde grafit ile kaplanmış bronzdan oluşmuştur. Sönümleyicinin ömrünün uzun olmasında sürtünme yüzeyinin yapısı oldukça önemlidir. Örneğin, düşük karbon alaşımlı çelikler zamanla korozyona uğrayıp sürtünme yüzeyini değiştirirler. Bronz ya da bronz kaplama, karbon oranı düşük çeliğe sürekli değdiği zaman korozyonu daha da artırmıştır. Yüksek oranda krom içeren çelikler, pirinç veya bronz ile temas ettiğinde korozyon oluşturmamıştır. Son yıllarda, sürtünme tipi sönümleyiciler yeni yapılar ve güçlendirilmesi gereken yapılarda sismik performansı artırmak için kullanılmıştır. Kanada’da Pall tipi sönümleyiciler kullanılmıştır. Japonya’da, Omiya şehrindeki 31 katlı çelik yapıya Sumitomo tipi sönümleyiciler eklenmiştir (Aldemir ve Aydın, 2005).

2.4.2.3 Visko-elastik sönümleyiciler

Dinamik hareketlerden dolayı açığa çıkan enerjiyi sönümlemek için kullanılan visko-elastik katı malzemeler de mevcuttur. Bu visko-elastik malzemelerin hem sismik etkilere karşı hem de rüzgar yüklerine karşı uygulamaları yapılmıştır. Viskoelastik malzemeler uçak çerçevelerinin titreşimini kontrol etmek için 1950’lerde kullanılmaya başlamıştır (Aldemir ve Aydın, 2005).

2.4.2.4 Viskoz akışkanlı sönümleyiciler

Viskoz akışkanlı sönümleyiciler esas olarak uygulamada 3 çeşittir. Birinci uygulamada viskoz akışkan içi boş çelik bir duvar içine doldurulduktan sonra akışkan içine batırılan bir metal levha üst döşemeye bağlanır. Deprem anında katlararası rölatif deplasmanlar nedeniyle levhanın viskoz ortamdaki hareketi sismik enerjiyi kısmen sönümler. Japonya’nın Shizuoka şehrinde Şekil 2.2.’ de görülen çelik taşıyıcı sistemli SUT binasında 170 adet sönüm duvarı kullanılarak yapı davranışında

yaklaşık %70-80 oranında azalma elde edilmiştir. Diğer uygulamada viskoz akışkan, içinde pistonun hareket ettiği bir silindir içine doldurulmuştur. Pistonun yüksek viskoziteli akışkan içerisinde hareketi neticesinde mekanik enerji ısı enerjisine dönüşür. Bu sisteme en güzel örnek olan performansı çeşitli mühendislik alanlarında denenmiş viskoz akışkanlı sönümleyicilerdir. Viskoz akışkanlı sönümleyicinin en önemli üstünlüğü en genel halde altı serbestlik dereceli sönümleme yapabilmesidir. Üçüncü uygulamada viskoz akışkanın yerel deformasyonu yerine akışkan belirli kanallardan geçmeye zorlanarak istenen enerji sönümü gerçekleşir. Şekil 2.3.' de çelik kafes sistem için bir uygulamayı gösterilmiştir (Aldemir ve Aydın, 2005).



Şekil 2.2. SUT Binası, Shizuoka, 1993 (Aldemir ve Aydın, 2005)



Şekil 2.3. Çelik kafes sisteme viskoz akışkanlı sönümleyici uygulaması (Aldemir ve Aydın, 2005)

2.4.2.5 Ayarlı kütle sönümleyicileri (TMD)

Esas yapıya birbirine paralel yay ve viskoz sönümleyici yardımıyla bağlanan kütleyle ayarlı kütle sönümleyici (TMD) denmektedir. TMD parametreleri uygun şekilde seçilerek yapının istenen titreşim moduna ayarlandığı takdirde o moddaki titreşim enerjisinin bir kısmının TMD ye akışı sağlanarak esas yapının titreşim enerjisi azaltılır.

2.5 Aktif Kontrol

Aktif kontrol sisteminde, yapının tepkisini belirli ölçüler içinde tutmak için geri besleme sisteminin belirlediği ve sürekli değişen kontrol kuvvetleri, kontrol süresince yapıya uygulanır. Yapıya dış kuvvet etkidiğinde yapı bu etkiye tepki gösterir, kontrol sistemindeki sensörler ile bu tepki ölçülür ve buna uygun kontrol kuvvetleri yapıya uygulanır. Kontrol kuvvetleri, sistemde sürekli hazır bulunması gereken enerji yardımı ile üretilir. Bu tip yapılara akıllı yapılar adı verilmektedir. Ayrıca aktif sistemler çalışma şekli ile insan vücuduna da benzetilebilir (Kajima Corporation, 1991). Zira insan vücudunda da duyu organları (sensörler) ile algılanıp beyne (kontrolör) giden bilgiler, kaslara (aktif sistem cihazları) iletilir ve vücudun (yapı) hareketi sağlanır (Germen,2006).

2.5.1 Aktif kontrol sistem tipleri

Aktif kontrol sistemleri belli başlı iki grupta incelenir:

- Aktif kütle sönümleyici sistem
- Aktif rijitlik değiştiren sistem

2.6 Yarı Aktif Kontrol

Aktif kontrol sistemlerine göre dış enerji ihtiyacı çok daha az olan yarı aktif kontrol sistemleri önemli gelişmelerden biridir. Sismik hareket esnasında aktif sistemlerin ana güç kaynakları devre dışı olabilecekken, yarı aktif sistemlerdeki piller çalışmaya devam edeceklerdir. Bu konudaki ilk çalışmalar göstermiştir ki, yarı aktif sistemler

pasif sistemlerden ve tamamen aktif sistemlerden daha iyi performans gösterebilmektedir. Bu sistemler izolatörlü yapılarda da izolatörlerin yüksek deplasmanlarını sönümlemek için kullanılmaktadır. Yarı aktif sönümleyiciler, piller vasıtası ile oluşturulabilen elektrik veya manyetik alanlar yardımı ile ER veya MR sıvıların mekanik özelliklerinin kontrolü prensibi ile çalışmaktadırlar. ABD ve Almanya'da bazı firmaların yeni yarı aktif sistemlerin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik çalışmaları devam etmektedir (Aldemir ve Aydın 2005).

2.7 Karma Kontrol

Karma tip yapısal kontrolde, bir yapı aktif veya yarı aktif kontrol sistemleri ile donatılmış olup davranışı iyileştirmek için pasif elemanlarla da desteklenmiş olabilir. Bunda amaç aktif kontrol elemanlarının yüksek enerji ihtiyacını azaltmak ve sismik titreşim anında aktif sistem için gerekli olan enerji kesilir ise en azından pasif sistem ile korumayı gerçekleştirmektir (Aldemir ve Aydın 2005).

Taban izolatörü 1994 Northridge depremi ile ilk olarak ciddi bir tehdit almıştır. Aktif fay yakınlarında elde edilen deprem kayıtlarında yüksek periyotlu bileşenler tespit edilmiştir. Bu bileşenler izolasyon sisteminde yapı sisteminde rezonans benzeri olaylar meydana getirip büyük yatay yer değiştirmelere sebep olmaktadır. Bunun üzerine izolatörleri korumak için izolasyon seviyesinde pasif viskoz sönümleyiciler eklenmiştir. Bu sayede izolatör hareketi sınırlandırılmış fakat bu seferde üst yapıdaki katlararası deplasmanlar ve ivmeler artmasına sebep olmuştur. Bu durum ise izolasyonun etkisini yok etmektedir hatta tersi yönde etki göstermektedir. İzolasyon seviyesinde eklenmesi gereken optimum sönüm miktarı ise yer hareketinin dinamik karakteristiklerine bağlı olduğundan önceden kesin olarak belirlenmesi zordur. Konu ile ilgili olarak 1998 yılında ABD ve Japonya'lı araştırmacılar 5 yıl süren ortak bir çalışma yapmışlar ve izolatör seviyesinde yerleştirilmek üzere yarı aktif sönümleyiciler geliştirmişlerdir. Bu tür yarı aktif taban izolasyonları sayesinde hem yapıda katlar arası ivme ve deplasmanlar azalmakta hem de izolatörler korunmaktadır (Gavin ve Aldemir, 2001).

BÖLÜM III

ÇARPIŞMAYI ENGELLEMEK İÇİN VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERİN OPTİMUM YERLEŞİMİ

3.1 Literatür Özeti

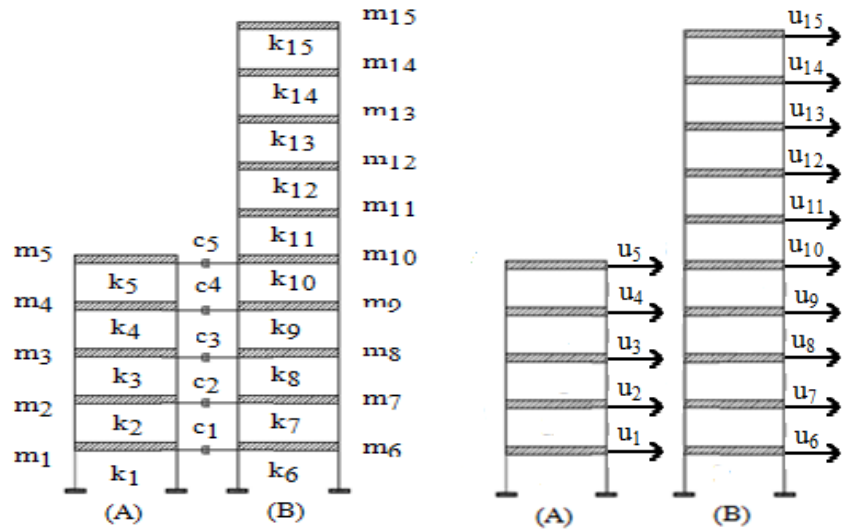
Çarpışmanın engellenmesi için sönümleyici kullanımı konusundaki literatür aşağıdaki gibi, maddeler halinde özetlenebilir.

- 330 göçmüş ya da ağır hasarlı yapı üzerinde yapılan hasar istatistikleri sonucunda yıkılmalar ve ağır hasarların en az yüzde 15' inin asıl sebebinin çarpışmalar olduğu anlaşılmıştır (Rosenblueth vd., 1986).
- Bitişik yapılar arasındaki çarpışma, problem analizini zorlaştıran karmaşık bir durumdur. Bitişik yapıların deprem esnasındaki, yapısal reaksiyonunu tanımlamak için çarpışmayla ilgili farklı analitik modeller geliştirilmiştir (Anagnostopoulos, 1988).
- Eşdeğer statik yatay kuvvetler altında, komşu yapılar arasındaki mesafeyi belirlemek için potansiyel enerjiyi minimize ederek optimum koşullar elde edilmiştir (Stavroulakis ve Abdalla, 1991).
- Yapılar arasındaki gerekli mesafeyi belirlemek ve çarpışmayı önlemek için spektral fark metodu ve çift fark kombinasyonu metoduna dayalı rasgele titreşim teorisi adı verilen bir metod önerilmiştir (Jeng vd., 1992).
- Yer hareketinin kontrol sistemine etkisi, sönümleyicilerin yerleri ve sayıları konusunda araştırmalar yapılmıştır (Gurley vd., 1993).

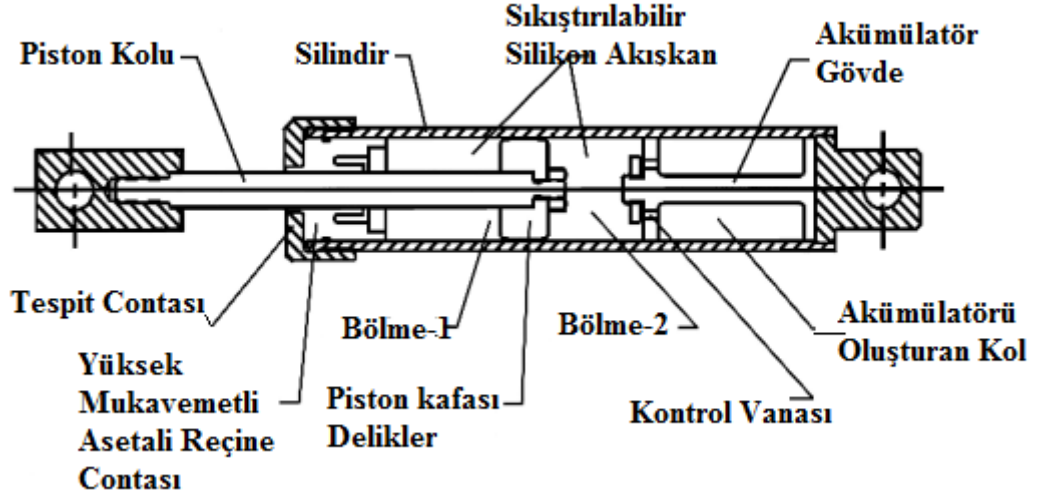
- Bitişik binalar problemlerde tek serbestlik dereceli sistemler olarak ele alınıp incelemeler yapılmıştır (Anagnostopoulos, 1995).
- Spektrum yaklaşım üzerine, spektral fark yöntemi adı verilen yönteme dayalı bir yöntem önerilmiştir (Kasai vd., 1996).
- Literatürde bitişik yapıların çarpışmasından kaynaklanan yapısal hasarlar hakkında çok sayıda rapor yayınlanmıştır (Kasai vd., 1996, Penzien, 1997).
- Ayırma mesafesi standart sapmasına göre bitişik binalarda çarpışmayı önlemek için rasgele titreşim teorisine dayalı, ortalama istatistiksel bir yöntem önerilmiştir (Lin, 1997).
- Çarpışmayı önlemek için çarpışma problemine dayalı sözde enerji uzunluğu üzerinde çalışmalar yapıp minimum ayırma mesafesini hesaplandı ve farklı bir korunma tekniği kullanılmıştır (Valles ve Reinhorn, 1997).
- Üniform dağıtılmış olan sönümleyiciler ile uygun aralıklarla bağlanmış olan yüksek katlı binaların transfer fonksiyonu genliğini en aza indirmek için tepe deplasmanı hesaplanmıştır (Luco ve Barros, 1998).
- Herhangi bir deprem kuvveti altında deprem karşısında verilen tepkiyi en aza indirmek için visko-elastik sönümleyicilerin optimum değerleri bulunmuştur (Zhang ve Xu, 1999).
- Olası çarpışmayı önlemek ve yapıdaki titreşimi azaltmak için bitişik yapıların her ikisine de eklenmiş olan ortak bir ayarlı kütle sönümleyicisi kullanılmıştır (Abdullah vd., 2001).

- Çarpışmayı önlemek için pasif kontrol, aktif kontrol ve yarı aktif kontrol durumları için optimum üç kontrol stratejisi sunulmuştur (Zhu vd., 2001).
- İki bitişik yapıyı bağlamada kullanılan sıvı amortisörler için tanımlanan Maxwell modelinin en uygun parametrelerini bulmak için analitik formüller elde edilmiştir (Zhu ve Xu, 2005).
- Bitişik yapılar için bir aktif kontrol algoritması önerilmiştir (Aldemir ve Aydın, 2005).
- Pasif sönümleyicilerin etkilerini gösteren rölatif deplasman spektrumları sunulmuştur (Aydın vd., 2010).
- Bitişik yapılarda çarpışmayı önlemek amacı ile rölatif deplasman davranış spektrumlarını gösterilmiştir (Aydın ve Güney, 2011).

3.2 Yapılar Arası Rölatif Deplasmanın Minimizasyonu için Optimum Sönümleyici Yerleşimi Probleminin Formülasyonu



Şekil 3.1. A ve B yapılarının modellenmesi



Şekil 3.2. Viskoz akışkanlı sönümleyici kesiti

Şekil 3.1' deki gibi 5 katlı ve 10 katlı birbirine yakın kat döşemeleri aynı seviyede iki adet kayma çerçevesi düşünölsün. Yapıya eklenen viskoz akışkanlı sönümleyicinin kesiti Şekil 3.2' de verilmiştir. Yapısal sönüm matrisi $C=\alpha M$ şeklinde kütle ile orantılı olarak seçilmiştir. Sol ve sağ yapının hareket denklemleri, denklem (3.1) ve (3.2) de gösterilmiştir.

$$M_{sol}\ddot{U}_{sol}(t) + C_{sol}\dot{U}_{sol}(t) + K_{sol}U_{sol}(t) = M_{sol}r\ddot{U}_g(t) \quad (3.1)$$

$$M_{sag}\ddot{U}_{sag}(t) + C_{sag}\dot{U}_{sag}(t) + K_{sag}U_{sag}(t) = M_{sag}r\ddot{U}_g(t) \quad (3.2)$$

Burada U deplasman vektörünü, $\dot{U}$ hız vektörünü, $\ddot{U}$ ivme vektörünü, $\ddot{U}_g$ yer ivmesi vektörünü göstermektedir. M , C ve K kütle, yapısal sönüm, rijitlik matrislerini, r ise deprem hareketi yönündeki serbestliklere karşı gelen elemanları bire eşit olan etki vektörünü gösterir.

Sağ ve sol yapının titreşimi beraber modellendiğinde hareketin denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M\ddot{U}(t) + C\dot{U}(t) + KU(t) = Mr\ddot{U}_g(t) \quad (3.3)$$

Burada,

$$M = \begin{bmatrix} M_{sol} & 0 \\ 0 & M_{sa\check{g}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 & & & & & & & & & & & & & & \\ & m_2 & & & & & & & & & & & & & \\ & & m_3 & & & & & & & & & & & & \\ & & & \dots & & & & & & & & & & & \\ & & & & \dots & & & & & & & & & & \\ & & & & & \dots & & & & & & & & & \\ & & & & & & m_{13} & & & & & & & & \\ & & & & & & & m_{14} & & & & & & & \\ & & & & & & & & m_{15} & & & & & & \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

[illegible]

Y transfer fonksiyonuna karşı gelen yerdeğiştirme vektörü, B matrisi ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$B = K + i\omega(C + C_{ad}) - \omega^2 M \quad (3.11)$$

Burada, rijitlik K , kütle M , yapısal sönüm C ve $\omega=\omega_1$ olarak bilinmektedir. Tasarım değişkenleri, C_{ad} ile verilen matrisin içindeki c_{adi} sönüm katsayılarıdır. C ve C_{ad} vektörlerin içeriği denklem 3.12 ve 3.13’ de verilmiştir.

$$C_{ad} = \begin{bmatrix} C_{ad} & 0 \\ 0 & C_{ad} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$$C_{ad} = \begin{bmatrix} c_{ad1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{ad1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{ad2} & 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{ad2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{ad3} & 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{ad3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{ad4} & 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{ad4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{ad5} & 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{ad5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Denklem (3.10)’dan U transfer fonksiyonuna karşı gelen yerdeğiştirme vektörü çekilirse,

$$Y = -B^{-1}Mr \quad (3.14)$$

şeklinde olur. Burada, bilinmeyen c_{adi} ek sönümleyici parametreleri B vektörü içerisinde. Tepe yerdeğiştirmesinin minimum yapılmak istenen transfer fonksiyonu değeri U vektörü içinde bulunmaktadır.

3.2.1 Sönüm optimizasyonu

Probleminin amaç fonksiyonu optimum sönümleyici dağılımını, transfer fonksiyonu tepe yerdeğiştirmesi değerini vermektedir. Sönümleyicilerin toplamında bir aktif ve her bir sönümleyicide bir tane olmak üzere tasarım değişkeni sayısı kadar pasif kısıtlama mevcuttur. Amaç fonksiyonu tepe yerdeğiştirmesi için aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R = |Y_5| - |Y_{10}| \quad (3.15)$$

R soldaki yapının tepedeki deplasmanı ile sağdaki yapının aynı seviyedeki deplasmanı arasındaki farkı gösteren binalar arası rölatif deplasmanın transfer fonksiyonu genliğini ifade eder. Eklenen sönümleyicilerin toplamında yapılan aktif ve pasif kısıtlamalar aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\sum_{i=1}^n c_{adi} = W \quad (3.16)$$

$$0 \leq c_{adi} \leq \overline{c_{adi}} \quad (i=1,...,n) \quad (3.17)$$

W , $\overline{c_{adi}}$ sırasıyla, sönümleyicilerin sönüm katsayılarının toplamı için verilen bir üst sınır değer ve her bir sönümleyicinin sönüm katsayısı için bilinen üst sınır değerdir. Seçilen amaç fonksiyonu ve kısıtlamalar altında Lagrangian (L) fonksiyoneli,

$$L(c_{ad}, \lambda, \mu, \nu) = R + \lambda \left(\sum_{i=1}^n c_{adi} - W \right) + \sum_{i=1}^n \mu_i (0 - c_{adi}) + \sum_{i=1}^n \nu_i (c_{adi} - \overline{c_{adi}}) \quad (3.18)$$

şeklinde olmaktadır. Burada n tasarım değişkeni sayısı, λ , $\mu = \{\mu_i\}$ ve $\nu = \{\nu_i\}$ Lagrange çarpanlarıdır.

3.2.2 Optimallik kriterleri

Problemin amaç fonksiyonunu minimizasyonu için alt ve üst kısıtlamaları olmaksızın sönüm katsayılarının $L(\mu=0, \nu=0)$ Lagrangian fonksiyonelinin, c_{adj} ($j=1,...,n$) ve λ 'ya göre türevleri alınır,sa,

$$R_{,j} + \lambda = 0 \quad (j=1,...,n) \quad 0 < c_{adj} < \overline{c_{adj}} \quad (3.19)$$

$$\sum_{j=1}^n c_{adj} - W = 0 \quad (3.20)$$

denklemleri bulunur. Burada $(\cdot)_{,j} c_{adj}$ ' ye göre kısmi türevleri göstermektedir. Ayrıca $R_{,j} = Y_{5,j} - Y_{10,j}$ ($j=1,...,n$) olarak alınmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, sönüm katsayılarının eklenen sönümleyicilerde negatif olamamasıdır. Sönüm katsayılarının sıfır olmasının fiziksel bir anlamı yoktur. Sönüm katsayılarının alt ve üst kısıtlamaları aktif olması durumunda ise, denklem (3.19) aşağıdaki gibi düzeltilmelidir.

$$R_{,j} + \lambda \geq 0 \quad c_{adj} = 0 \quad (3.21)$$

$$R_{,j} + \lambda \leq 0 \quad c_{adj} = \overline{c_{adj}} \quad (3.22)$$

Lineer olmayan bu denklem takımı steepest direction search algoritması (Takewaki 2000) kullanılarak nümerik olarak çözülecektir.

3.2.3 Çözüm algoritması

Kullanılan yöntemde, $c_{adj}=0$ ($j=1,...,n$) kabul edilerek bir başlangıç tasarımı yapılsın. Eklenen sönümleyicilerin sönüm katsayıları adım adım artırılmalı ve her adımda hangi yönde artırılacağı bulunsun. Δc_{vj} ve ΔC ; j . kattaki sönümleyici katsayısındaki ve sönüm katsayılarının toplamındaki artış olsun. ΔC verilsin ve $\{\Delta c_{adj}\}$ 'lerin miktarları ve yerleri hesaplınsın. Bu algoritmayı kurmak için amaç fonksiyonunun tasarım

değişkenlerine göre birinci ve ikinci dereceden duyarlılıklarının analitik olarak bulunması gerekir (Aydın, 2005).

Denklem (3.10)'un, tasarım değişkeni c_{adj} ' ye göre türevi alınır,

$$B_{,j}Y + BY_{,j} = 0 \quad (3.23)$$

şeklinde olur. B tersi alınabilen bir matristir. $Y_{,j}$ terimi denklem (3.23)'ten çekilirse,

$$Y_{,j} = -B^{-1}B_{,j}Y \quad (3.24)$$

haline gelir. Burada Y_i ,

$$Y_i = \text{Re}[Y_i] + i \text{Im}[Y_i] \quad (3.25)$$

şeklindedir. Denklem (3.25)'te $\text{Re}[Y_i]$ ve $\text{Im}[Y_i]$ gerçel ve sanal değişkenleri göstermektedir. Y_i ' nin birinci dereceden duyarlılığı, benzer formda aşağıdaki gibi yazılır.

$$Y_{i,j} = (\text{Re}[Y_i])_{,j} + i(\text{Im}[Y_i])_{,j} \quad (3.26)$$

Y_i ' nin mutlak değeri,

$$|Y_i| = \sqrt{(\text{Re}[Y_i])^2 + (\text{Im}[Y_i])^2} \quad (3.27)$$

şeklindedir. $|Y_i|$ ' nin birinci dereceden duyarlılığı,

$$|Y_i|_{,j} = \frac{1}{|Y_i|} \{ \text{Re}[Y_i](\text{Re}[Y_i])_{,j} + \text{Im}[Y_i](\text{Im}[Y_i])_{,j} \} \quad (3.28)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki $(\text{Re}[Y_i])_{,j}$ ve $(\text{Im}[Y_i])_{,j}$ denklem (3.26)'dan hesaplanır. Denklem (3.28)'in ikinci bir tasarım değişkenine göre türevi alınır,

$$\begin{aligned} |Y_i|_{,j} = \frac{1}{|Y_i|^2} & (|Y_i| \{ (\text{Re}[Y_i])_{,l} (\text{Re}[Y_i])_{,j} + \text{Re}[Y_i] (\text{Re}[Y_i])_{,jl} + (\text{Im}[Y_i])_{,l} (\text{Im}[Y_i])_{,j} + \\ & \text{Im}[Y_i] (\text{Im}[Y_i])_{,jl} \} - |Y_i|_{,l} \{ \text{Re}[Y_i] (\text{Re}[Y_i])_{,j} + \text{Im}[Y_i] (\text{Im}[Y_i])_{,j} \}) \end{aligned} \quad (3.29)$$

şeklinde olmaktadır. Amaç fonksiyonunun ikinci derece duyarlılığını gösteren denklem (3.29)'da $(\text{Re}[Y_i])_{,jl}$ ve $(\text{Im}[Y_i])_{,jl}$ değerleri, aşağıdaki gösterildiği gibi Y 'nin ikinci türevlerinden bulunur. Denklem (3.24)'ün l 'ye göre ikinci defa türevi alınır,

$$Y_{,jl} = B^{-1} B_{,l} B^{-1} B_{,j} Y - B^{-1} B_{,j} Y_{,l} \quad (3.30)$$

formuna gelir. Bu denklem türetilirken $B_{,j}^{-1} = -B^{-1} B_{,j} B^{-1}$ ilişkisi kullanılmıştır. Görülüyor ki, B matrisi c_{adi} 'nin lineer fonksiyonudur. Denklem (3.26) denklem (3.30)'da yerine konursa,

$$Y_{,jl} = B^{-1} B_{,l} B^{-1} B_{,j} Y + B^{-1} B_{,j} B^{-1} B_{,l} Y = B^{-1} (B_{,l} B^{-1} B_{,j} + B_{,j} B^{-1} B_{,l}) Y \quad (3.31)$$

şeklinde olur.

Çözüm Algoritması ($c_j < \bar{c}_j$ hali için):

Adım 0. Başlangıçta eklenen sönümleyicilerin sönüm katsayılarını sıfır al $c_j=0$ $j=1, \dots, n$. $\Delta C = W / m$ farz et (m tasarım adım sayısı).

Adım 1. R_i amaç fonksiyonunun birini dereceden türev değerlerini hesapla. Denklem (3.28)'i kullan.

Adım 2. $-R_{,k} = \text{Max}(-R_{,i})$ denklemini gerçekleştiren k indisini bul.

Adım 3. R değerini $R + R_{,k} \Delta c_k$ ile yenile.

Adım 4. R_i değerini $R_{,i} + R_{,ik} \Delta c_k$ ile yenile. Denklem (3.29)'u kullan.

Adım 5. Eğer $-R_k = \max_{j, j \neq k} (-R_j)$ durumunu doğrulayan bir j indisi var ise buna karşı gelen $\overline{\Delta C_k}$ 'yi hesapla ve R_j değerini $R_i + R_{ik} \overline{\Delta C_k}$ ile yenile.

Adım 6. 2. ve 5. adımlar arasını, $\sum_{i=1}^n C_i = W$ kısıtlaması gerçekleşene kadar tekrar et.

Adım 2 ve 3'de kısıtlama $\sum_{i=1}^n \Delta C_i = \overline{\Delta C}$ altında değeri azaltılan amaç fonksiyonu bulunur ve o yönde yenilenir. Takewaki (2000) tarafından verilen bu algoritmaya en dik yön arama (Steepest Direction Search) algoritması denir. Matematiksel programlamada iyi bilinen “Steepest Descent Method”a benzetilebilir. Geleneksel “Steepest Descent Method” gradyan vektörlerini kullanır, optimallik kriterlerini kullanmaz (Aydın, 2005).

Eğer algoritmada katlı indeks var ise $(k_1, \dots, k_m)$, adım 2 ve 3'de R ve R_j aşağıdaki gibi yenilenmelidir.

$$R \rightarrow R + \sum_{i=k_1}^{k_m} R_i \Delta C_i \quad (3.32)$$

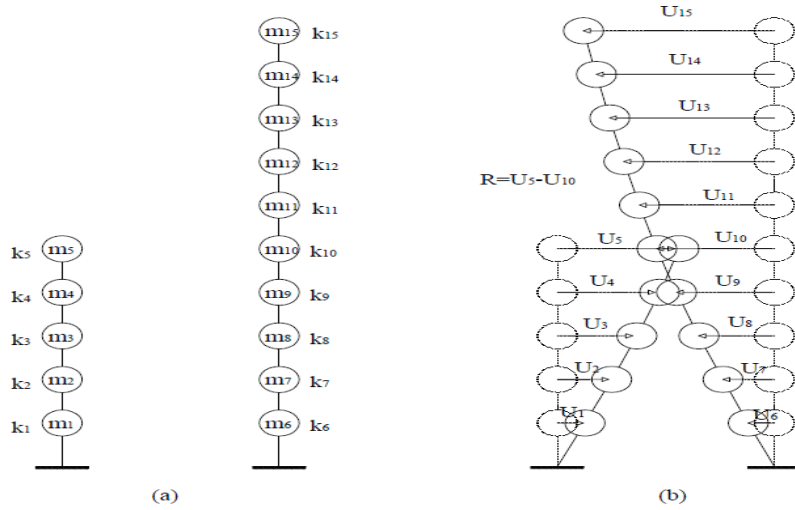
$$R_j \rightarrow R_j + \sum_{i=k_1}^{k_m} R_{ji} \Delta C_i \quad (3.33)$$

(3.1) ile (3.33) denklemleri katlar arası rölatif deplasmanları toplamının minimizasyonu için Takewaki (1998) de verilmiş olup, Aydın (2005) de bu formülasyonlar ve algoritma taban kesme kuvvetinin minimizasyonu için modifiye edilmiştir.

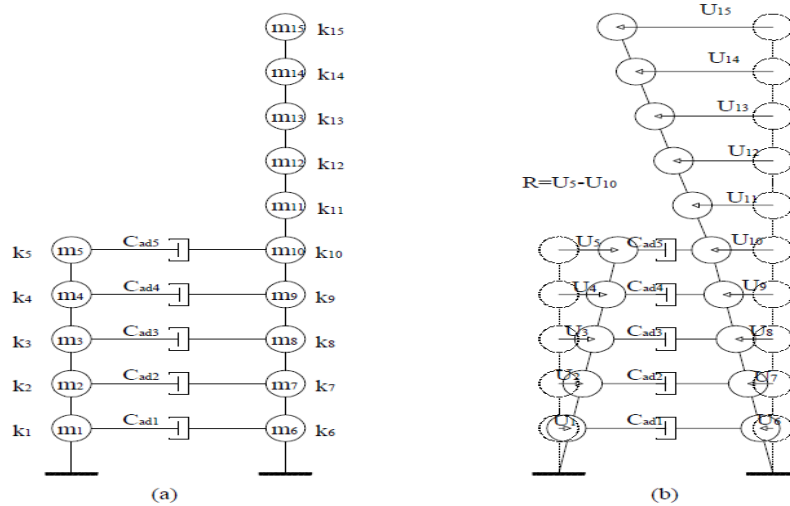
BÖLÜM IV

SAYISAL ÖRNEKLER

Çalışmada ele alınan tek serbestlik dereceli bitişik nizam A ve B yapılarının modellenmesi Şekil 4.1. ve 4.2.' de gösterilmiştir. A birinci, B ikinci yapıyı ifade eder. Şekilde m kütle, k rijitlik katsayısı, c sönüm oranını belirtmektedir. Yapı modeline ait veriler Çizelge 4.1. ' de tablo halinde gösterilmiştir.



Şekil 4.1. 5 ve 10 katlı binaların ek sönümleyici yok iken a) çarpışma öncesi b) çarpışma halinde çok serbest dereceli olarak modellenmesi



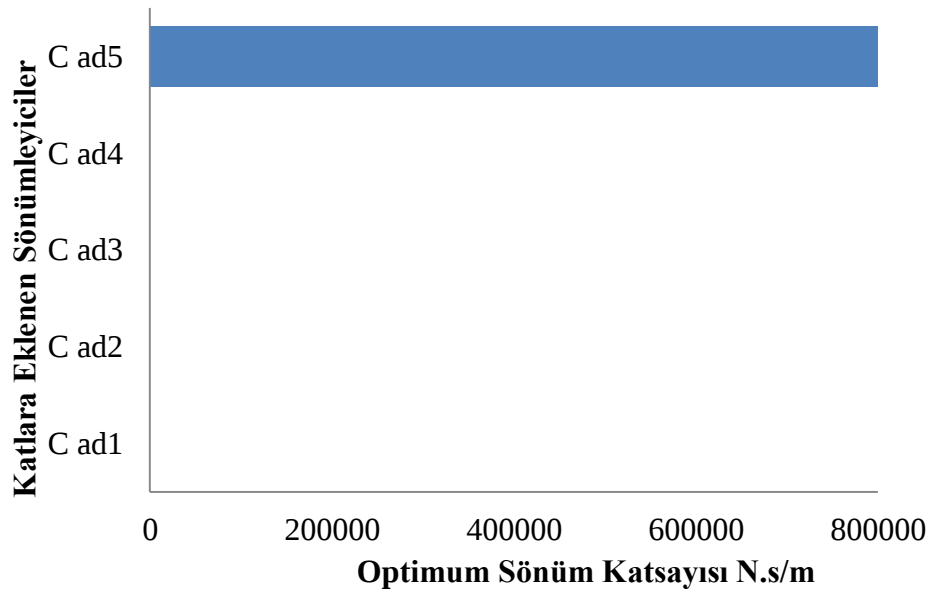
Şekil 4.2. 5 ve 10 katlı binaların ek sönümleyici var iken a) çarpışma öncesi b) çarpışma halinde çok serbest dereceli olarak modellenmesi

Çizelge 4.1. A ve B yapısına ait sayısal değerler

DEĞERLER	A YAPISI	B YAPISI
KAT SAYISI	5	10
KAT KÜTLELERİ (kg)	$3,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$
KAT RİJİTLİK KATSAYILARI	$2,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$
SÖNÜM ORANI	0,02	0,02
TOPLAM EKLENEN SÖNÜM KATSAYISI (Ns / m)	8×10^5	

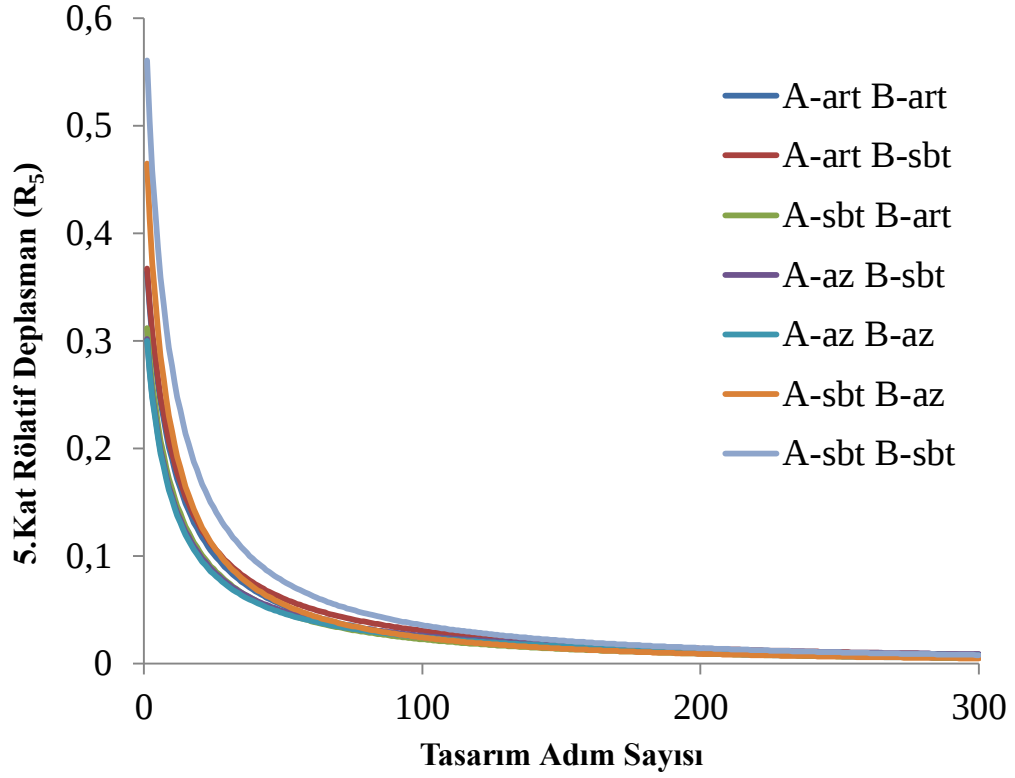
Sayısal Örnek 1

Birbirine yakın yapılmış 5 ve 10 katlı yapılarda sönümleyicilerin çarpışma davranışı açısından özelliklerini gözlemlemek amacıyla farklı sönüm katsayıları için yapıların kontrollü ve kontrolsüz durumlarda davranışları incelenmesi amaçlanmıştır. İnceleme yapmadan önce kontrolün var olduğu durumlarda sönümleyicilerin hangi kat ya da katlarda verimli olduğunu bulmak için farklı rijitlik ve kütle değişim kombinasyonları için sonuçlar bulunmuştur. Bu kombinasyonlar Ek-A içerisinde verilmiştir.



Şekil 4.3. Katlara eklenen sönümleyiciler-optimum sönüm katsayısı Ns/m

5 katlı A yapısı ve 10 katlı B yapısı için yapılan optimizasyonlardan sonra incelenen farklı rijitlik katsayısı ve kütle durumlarında, Şekil 4.3.' te de görüldüğü üzere benzer şekilde, kontrolün kullanılacağı en verimli katın 5.kat olduğuna karar verilmiştir. Görülmektedir ki sağ ve soldaki yapıların rijitlik ve kütlelerinin dağılımları farklı dahi olsa toplam sönüm miktarı $W=0,8 \times 10^6$ ya eşit bir sönüm katsayısı olan bir sönümleyicinin en uygun yerleşim yeri her iki yapının 5.katları arasındadır.



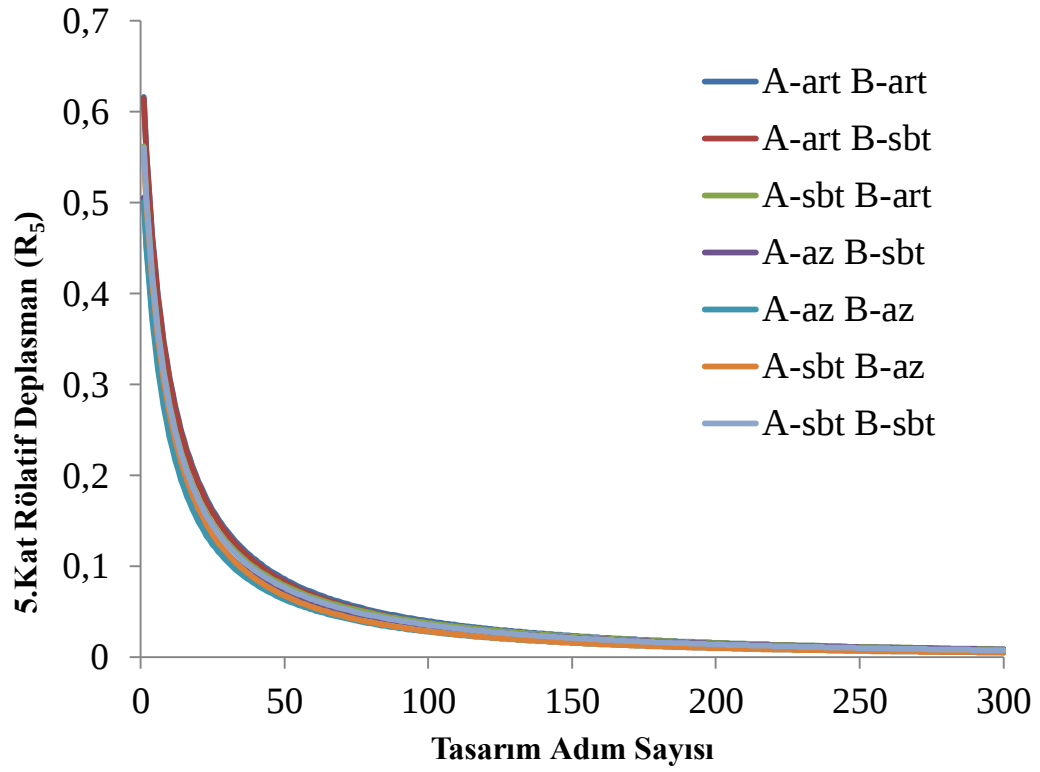
Şekil 4.4. Farklı rijitlik katsayı değerleri değişimleri için tasarım adım sayısı-5.kat rölatif deplasmanı eğrisi

Şekil 4.4. den de anlaşılacağı üzere 5 katlı A yapısı ve 10 katlı B yapısı olmak üzere her iki yapının 5.katında bulunan ek sönümleyici için her iki bina için farklı rijitlik değerleri değişimleri analizler yapılmış ve tasarım adım sayısına bağlı artırımlarda 5.kat rölatif deplasmanının giderek azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.4.' teki grafikte ele alınan durumlar şunlardır;

- A-art B-art: A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması
- A-art B-sbt: A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması
- A-sbt B-art: A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması
- A-az B-sbt: A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması

- A-az B-az: A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması
- A-sbt B-az: A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması
- A-sbt B-sbt: A ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması



Şekil 4.5. Farklı kütle değerleri değişimleri için tasarım adım sayısı-5.kat rölatif deplasmanı eğrisi

Şekil 4.5 den de anlaşılacağı üzere 5 katlı A yapısı ve 10 katlı B yapısı olmak üzere her iki yapının 5.katında bulunan ek sönümleyici için her iki bina için farklı kütle değerleri değişimleri analizler yapılmış ve tasarım adım sayısına bağlı artırımlarda 5.kat rölatif deplasmanının giderek azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.5.' teki grafikte ele alınan durumlar şunlardır;

- A-art B-art: A ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması

- A-art B-sbt: A yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması
- A-sbt B-art: A yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması
- A-az B-sbt: A yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru azalması ve B yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması
- A-az B-az: A ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru azalması
- A-sbt B-az: A yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru azalması
- A-sbt B-sbt: A ve B yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması

Sayısal Örnek 2

5 katlı A yapısı ve 10 katlı B yapısı olmak üzere her iki yapının 5.kat Deplasmanı Transfer Fonksiyonu genliklerinin frekansla değişimleri sönümleyicinin olmadığı ve sönümleyicinin olduğu durumlar için; Şekil Ek-B.1., B.2., B.3., B.4., B.5. ve B.6. da gösterilmiştir. Elde edilen grafiklerde toplam sönüm miktarları değiştirilerek sönüm miktarlarının etkisi de ayrıca incelenmiştir.

Her iki yapının 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliklerinin sönümleyicinin olmadığı durumlarda A yapısında 1,15-1,20 arasında ve B yapısında 1,45-1,50 arasında iki farklı yerde pik değere ulaştığı gözlenmiştir. Sönümleyici eklenerek yapılan hesaplarda toplam sönüm miktarı $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,25-0,30 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir (Şekil Ek-B.1.).

Toplam sönüm miktarı $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için hesaplar yeniden yapıldığında her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,25-0,30 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir (Şekil Ek-B.2.).

Toplam sönüm miktarı $W=1,0 \times 10^6$ Ns/m için hesaplar yeniden yapıldığında her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,30-0,35 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir (Şekil Ek-B.3.).

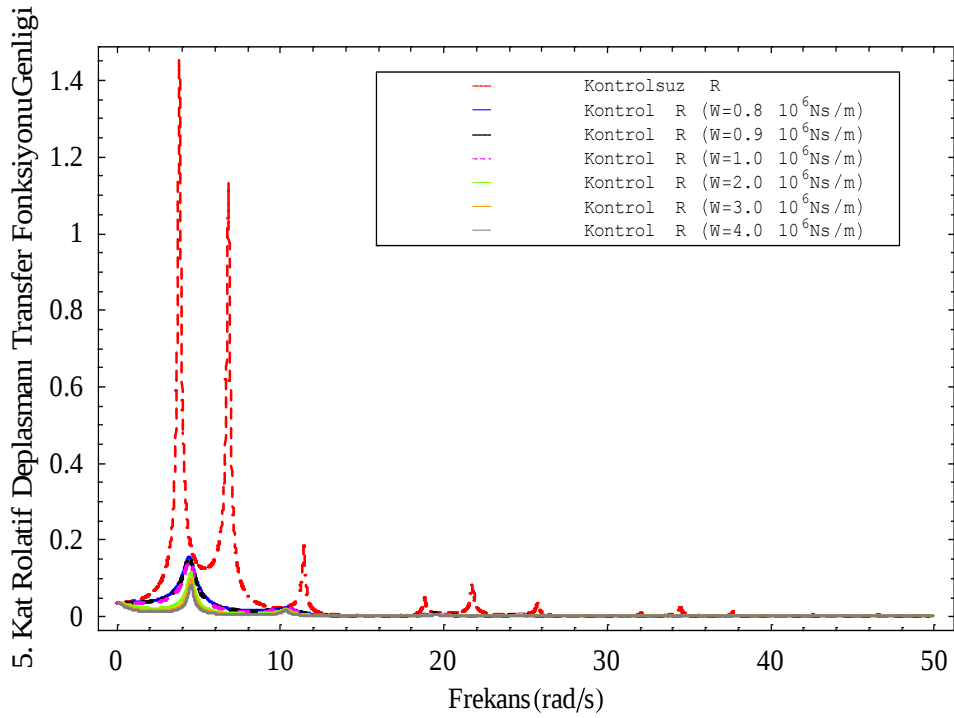
Toplam sönüm miktarı $W=2,0 \times 10^6$ Ns/m için hesaplar yeniden yapıldığında her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,45-0,50 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir (Şekil Ek-B.4.).

Toplam sönüm miktarı $W=3 \times 10^6$ Ns/m için hesaplar yeniden yapıldığında her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu

genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,55-0,60 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir (Şekil Ek-B.5.).

Toplam sönüm miktarı $W=4 \times 10^6$ Ns/m için hesaplar yeniden yapıldığında her iki yapının frekans değeri 4-5 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri pik değerlerinin birbirine çok yaklaştığı 0,65-0,70 arasında bir değer aldığı gözlemlenmiştir. (Şekil Ek-B.6.).

Sönümleyicinin var olduğu durumlar ile olmadığı durumlarda 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Genliğin azalması yapının enerji yutma kapasitesini artırdığı için binalara eklenen sönümleyicinin depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir rol aldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. Farklı sönüm oranlarında kontrollü ve kontrolsüz durumlar için 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-Frekans grafiği

Sönümleyicinin olmadığı durumlarda ve sönümleyicinin var olduğu durumlarda farklı toplam sönüm miktarları için çizilen eğriler Şekil 4.6.' da karşılaştırılmıştır. Bu şekilde binaya eklenen sönümleyicinin 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu

pik deęerlerinin ne kadar dūřurdūęu daha açık bir řekilde gözlemlenmiř farklı sönüm miktarları içinde pik deęerlerin deęiřimleri de karřılařtırılmıřtır.

Sönümleyicinin olmadığı durumlarda ve farklı sönüm miktarlarına sahip sönümleyicilerin var olduğu durumlarda 5 ve 10 katlı her iki yapının 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri elde edildiğinde sönümleyicinin var olduğu durumlarda olmadığı durumlara göre genliğin azaldığı ayrıca sönüm miktarlarının artmasıyla beraber genliklerinin birbirine yaklaştığı anlaşılmıştır. Ayrıca sönüm miktarlarının artmasıyla beraber 5.kat Deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin de azaldığı gözlemlenmiştir.

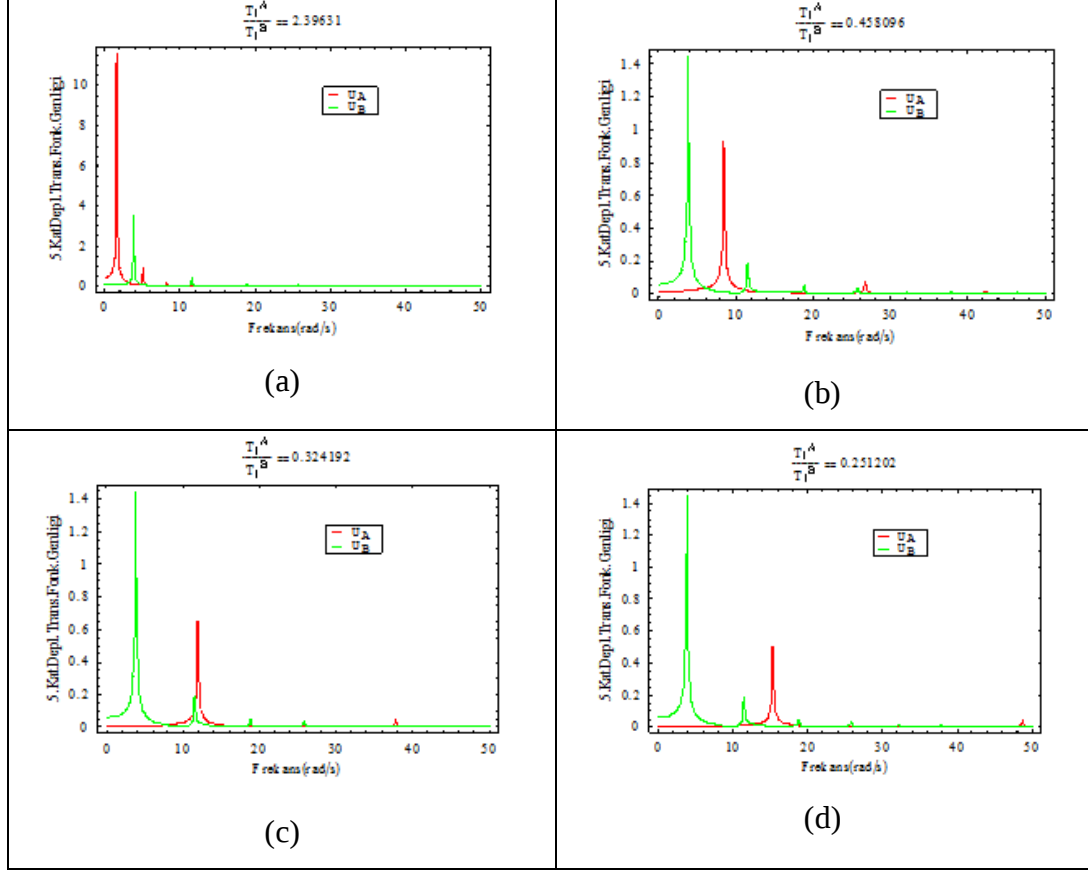
Sayısal Örnek 3

Çarpışma problemlerinde tanımlanan yapılar arası rölatif deplasmanın değişimleri incelenirken, aynı zamanda yapıların kontrollü ve kontrolsüz durumlar için 5 katlı A yapısı ve 10 katlı B yapısının frekans oranına bağlı 5.kat Rölatif Deplasmanı Transfer Fonksiyonu genliği değişimi elde edilmiştir. Burada periyot oranı değişiminin 5.kat Rölatif Deplasmanı Transfer Fonksiyonu genliğine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Yapılarda başka herhangi bir karakteristik özellik değiştirilmeden T_a/T_b oranları değiştirilerek periyot oranlarının her iki yapının 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği üzerindeki etkisini gözlemlemek amaçlanmıştır. Bu örnekte kullanılan sayısal değerler çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2 A ve B yapısına ait sayısal değerler

DEĞERLER	A YAPISI	B YAPISI
KAT SAYISI	5	10
OPTİMİZASYONDA KULLANILAN MOD NO	1	
KAT KÜTLELERİ (kg)	$3,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$
KAT RİJİTLİK KATSAYILARI	$2,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$
SÖNÜM ORANI	0,02	0,02
TOPLAM EKLENEN SÖNÜM KATSAYISI (N_s / m)	4×10^6	

Sönümleyicinin olmadığı durumda T_a/T_b oranları değiştirilerek analizler yapılmış, bu analiz sonucunda elde edilen grafikler Şekil Ek-C.1., C.2., C.3. ve C.4.' te verilmiştir. Bu grafik eğrilerinden birkaçı incelenirse;



Şekil 4.7. Sönümleyicinin olmadığı durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri

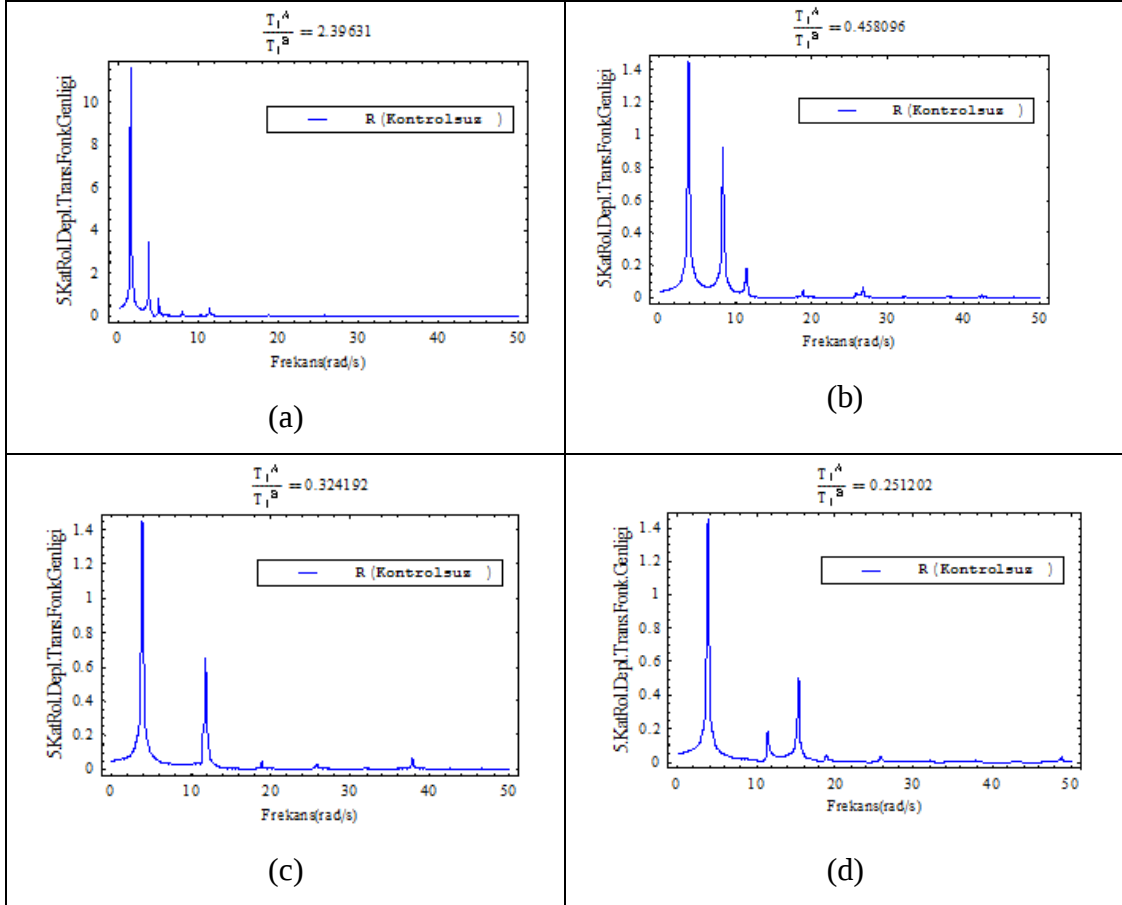
$T_a/T_b=2,39631$ için A yapısında frekans değeri 0-4 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 10-12 arasında, B yapısında frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 2-4 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.7.a.)

$T_a/T_b=0,458096$ için A yapısında frekans değeri 8-10 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,8-1 arasında, B yapısında frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 1,4-1,6 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.7.b.)

$T_a/T_b=0,324192$ için A yapısında frekans değeri 10-12 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,6-0,8 arasında, B yapısında frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 1,4-1,6 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.7.c.)

$T_a/T_b=2,251202$ için A yapısında frekans değeri 14-16 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,4-0,6 arasında, B yapısında frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 2-4 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.7.d.)

Sönümleyicinin olmadığı durumda T_a/T_b oranları değiştirilerek analizler yapılmış, bu analiz sonucunda elde edilen grafikler Şekil Ek-C.5., C.6., C.7. ve C.8.' de verilmiştir. Bu grafik eğrilerinden birkaçı incelenirse;



Şekil 4.8. Sönümleyicinin olmadığı durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri

$T_a/T_b=2,39631$ için A ve B yapısının 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin birinci pik yaptığı değer; frekans değeri 0-4 rad/sn aralığında 10-12 değerleri arasında, ikinci pik yaptığı değer frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 2-4 değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.a.)

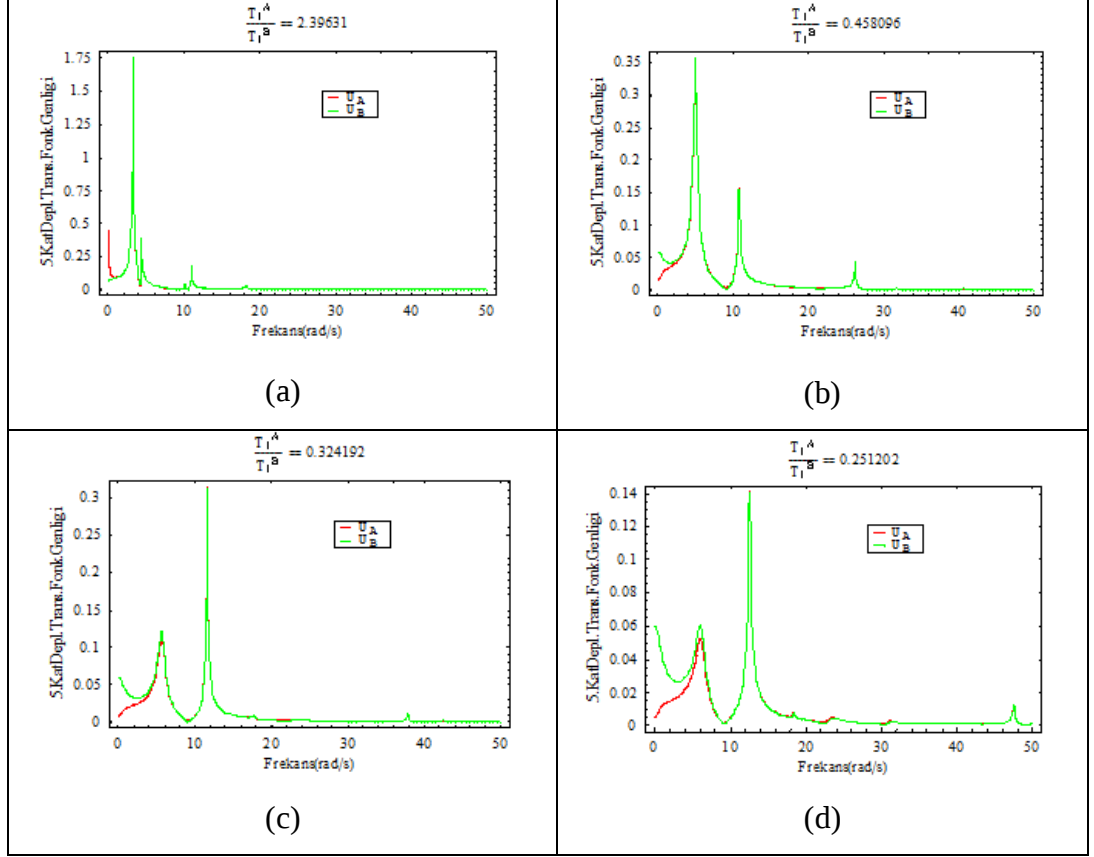
$T_a/T_b=0,458096$ için A ve B yapısının 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin birinci pik yaptığı değer; frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 1,40-1,60 değerleri arasında, ikinci pik yaptığı değer frekans değeri 6-10 rad/sn aralığında 0,80-1 değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.b.)

$T_a/T_b=0,324192$ için A ve B yapısının 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin birinci pik yaptığı değerin; frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 1,40-1,60 değerleri arasında, ikinci pik yaptığı değerin frekans değeri 10-14 rad/sn aralığında 0,60-0,80 değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.c.)

$T_a/T_b=2,251202$ için A ve B yapısının 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin birinci pik yaptığı değerin; frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 1,40-1,60 değerleri arasında, ikinci pik yaptığı değerin frekans değeri 14-18 rad/sn aralığında 0,40-0,60 değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.d.)

Sönümleyicinin olmadığı durumlarda yapılan analizler sonucunda periyot oranları azaldıkça A yapısının 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin pik yaptığı değerin gittikçe azaldığı; frekans aralığının başlangıca göre ilerlediği anlaşılmıştır. B yapısının ise 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin pik yaptığı değerin ve frekans aralığının neredeyse değişmediği anlaşılmıştır. Buradan da periyot oranlarının artmasıyla yapıların 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin pik yaptığı değerlerin azaldığı görülmüştür. 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliğinin azaltılması ile yapının sönümleme yani enerji yutma kapasitesinin artması sağlanmış olur. Ancak 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği değişim eğrilerinde daha belirgin olan frekans aralıklarının birbirinden uzaklaşması yapılarının 1.modda farklı davranması anlamına gelir. Bu durum ise yapılar depreme maruz kaldıklarında depreme dayanıklı yapılar açısından istenmeyen bir durumdur.

Sönümlü durumda T_a/T_b oranları değiştirilerek analizler yapılmış, bu analiz sonucunda elde edilen grafikler Şekil Ek-C.9., C.10., C.11. ve C.12. te verilmiştir. Bu grafik eğrilerinden birkaçı incelenirse;



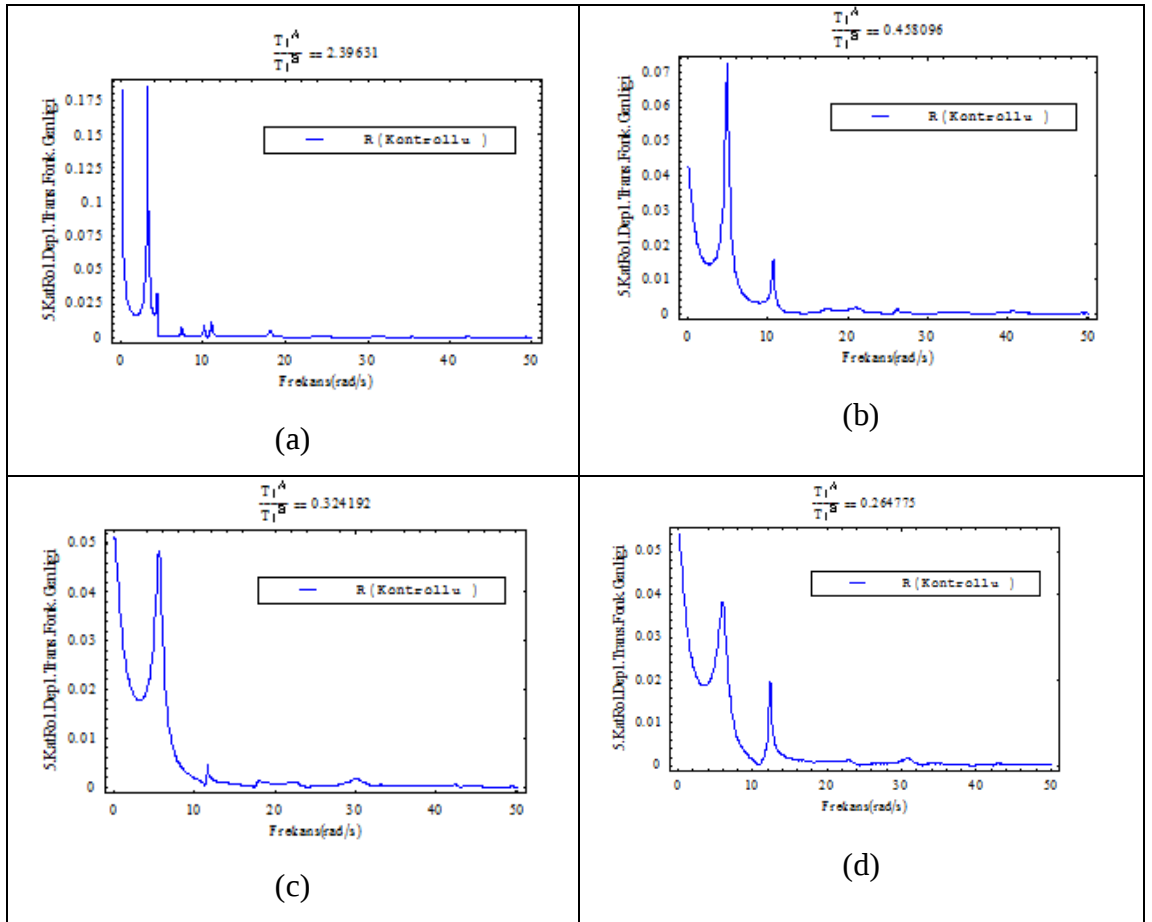
Şekil 4.9. Sönümleyicinin var olduğu durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri

$T_a/T_b=2,39631$ için A ve B yapısında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri belli bir frekans aralığında sonra aynı değerler almaya başlamış ve her ikisinin de pik yaptığı değer 1,75-2 değerleri arasında 2-4 rad/sn frekans aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9.a.)

$T_a/T_b=0,458096$ için A ve B yapısında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri belli bir frekans aralığında sonra aynı değerler almaya başlamış ve her ikisinin de pik yaptığı değer 0,35-0,40 değerleri arasında 2-6 rad/sn frekans aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9.b.)

$T_a/T_b=0,324192$ için A ve B yapısında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri belli bir frekans aralığında sonra aynı değerler almaya başlamış ve her ikisinin de pik yaptığı değer 0,30-0,35 değerleri arasında 10-14 rad/sn frekans aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9.c.)

$T_a/T_b=2,251202$ için A ve B yapısında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri belli bir frekans aralığında sonra aynı değerler almaya başlamış ve her ikisinin de pik yaptığı değer 0,14-0,15 değerleri arasında 12-16 rad/sn frekans aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9.d.)



Şekil 4.10. Sönümleyicinin var olduğu durumlarda a) $T_a/T_b=2,39631$ b) $T_a/T_b=0,458096$ c) $T_a/T_b=0,324192$ d) $T_a/T_b=2,251202$ için 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği – frekans eğrileri

Yapılarda başka herhangi bir karakteristik özellik değiştirilmeden T_a/T_b oranları değiştirilerek periyot oranlarının her iki yapının 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Bu örnekte elde

edilen Şekil Ek-C.13., C.14., C.15. ve C.16.' da verilen grafik eğrilerinden birkaçı incelenirse;

$T_a/T_b=2,39631$ için A ve B yapısının frekans değeri 2-6 rad/sn aralığında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,175-0,2 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10.a.)

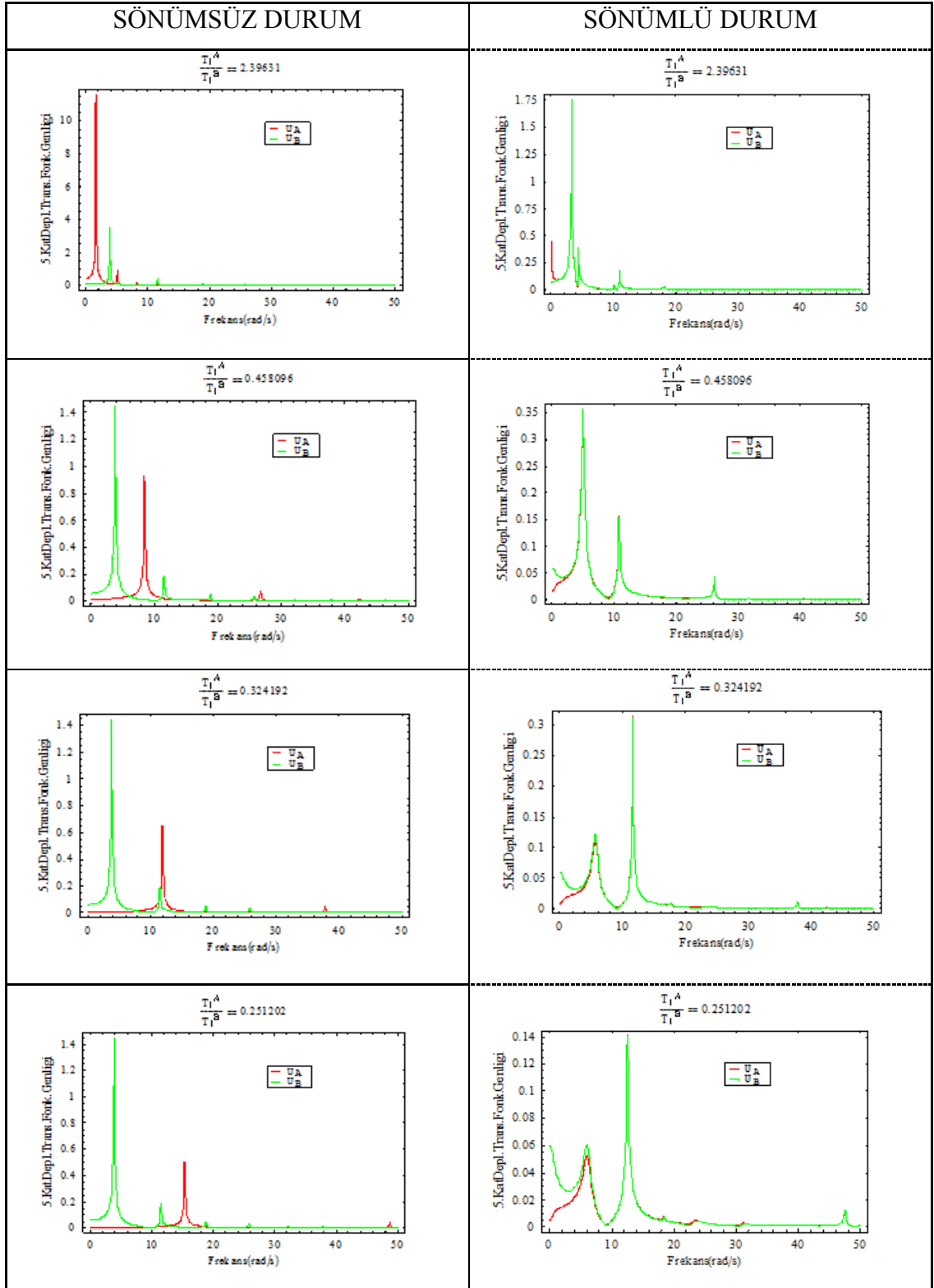
$T_a/T_b=0,458096$ için A ve B yapısının frekans değeri 4-8 rad/sn aralığında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,07-0,08 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10.b.)

$T_a/T_b=0,324192$ için için A ve B yapısının frekans değeri 4-8 rad/sn aralığında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,04-0,05 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10.c.)

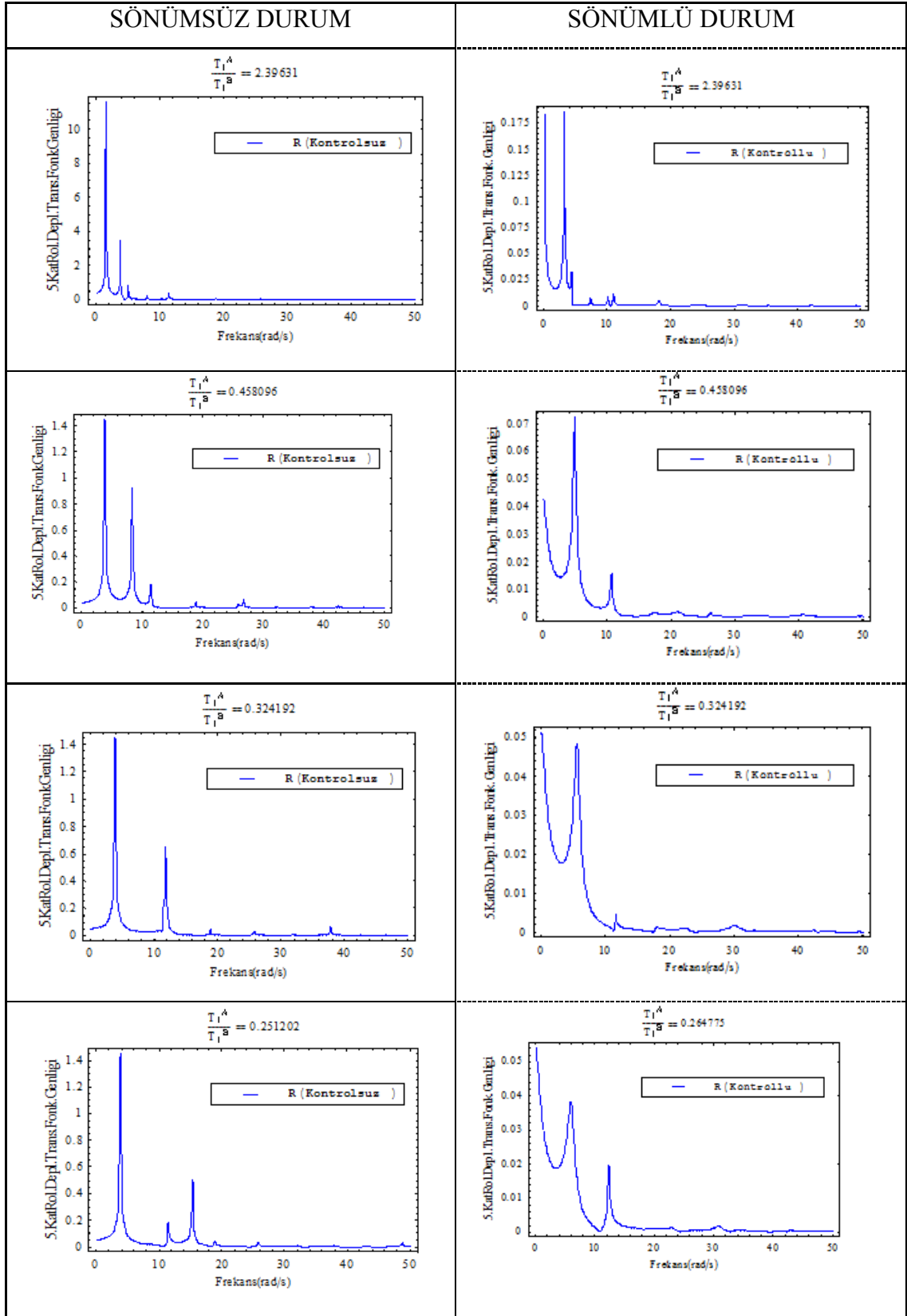
$T_a/T_b=2,251202$ için A ve B yapısının frekans değeri 4-8 rad/sn aralığında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği pik yaptığı değer 0,03-0,04 arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10.d.)

Sönümleyicinin var olduğu durumda yapıların periyot oranları birbirine göre azaldıkça 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genlikleri azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği - frekans eğrileri incelendiği zaman yapıların belli bir frekans aralığından sonra aynı frekans aralığında aynı genlik değerleri almaya başladığı gözlemlenmiştir. Depreme maruz kaldıkları zaman bitişik yapıların benzer davranış göstermeleri istenilen bir durumdur.

Bu sayısal örnekte yapılan analizler sonucunda periyot oranları azaldıkça 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliklerinin azaldığı ve sönümleyicinin var olduğu durumlarda bu genliklerin olmadığı durumlara göre çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Sönümleyicilerin olmadığı ve var olduğu durumlar için karşılaştırma yapılmak istenirse bu fark seçilen grafikler için Şekil 4.11. ve 4.12.' de daha belirgin bir şekilde gösterilmiştir.



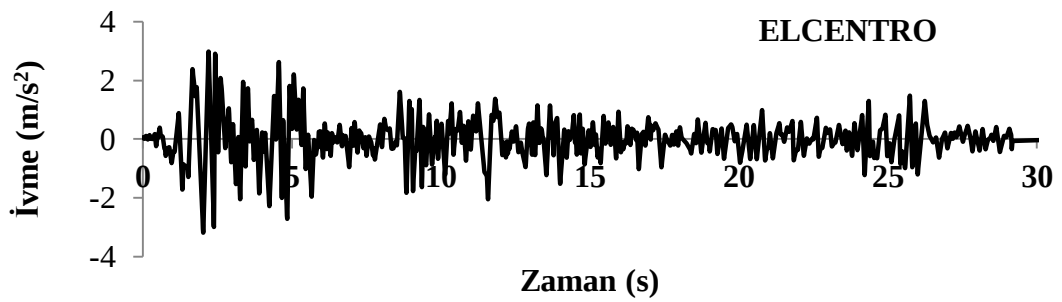
Şekil 4.11. 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrilerinin sönümsüz ve sönümlü durumlarda karşılaştırılması



Şekil 4.12. 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrilerinin sönümsüz ve sönümlü durumlarda karşılaştırılması

Sayısal Örnek 4

Bu sayısal örnekte zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme yöntemi kullanılarak 5 ve 10 katlı birbirine çok yakın betonarme binaların Mathematica programında yazılan Newmark- β algoritması yardımıyla sönümleyicinin olmadığı ve farklı sönümleme katsayılarına sahip sönümleyicilerin olması durumunda zamana göre ivme ve mutlak ivme değişimleri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında binaya Şekil 4.13.' te verilen ElCentro Depremi ivme kayıtları uygulanmıştır.



Şekil 4.13. ElCentro depremi ivme kaydı

Binaya eklenen sönümleyicilerin ve sönümleyici konumlarının ivme değişimine etkisini incelemek amacıyla sönümleyicinin olmadığı ve olduğu durumlarda da farklı değerler vererek analizler yapılmış, grafik olarak analiz sonuçları verilmiştir (Şekil Ek-D.1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7.).

Sönümleyici yok iken yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığında zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde ivmenin pik yaptığı değerlerin 7,50–10 değerleri arasında olduğunu gözlemledik (Şekil Ek-D.1.).

$W=0.8 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığında zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemledik (Şekil Ek-D.2.).

$W=0.9 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığı zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4–4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4–4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemleriz (Şekil Ek-D.3.).

$W= 1 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığı zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4–4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4–4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemleriz (Şekil Ek-D.4.).

$W=2 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığı zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemleriz (Şekil Ek-D.5.).

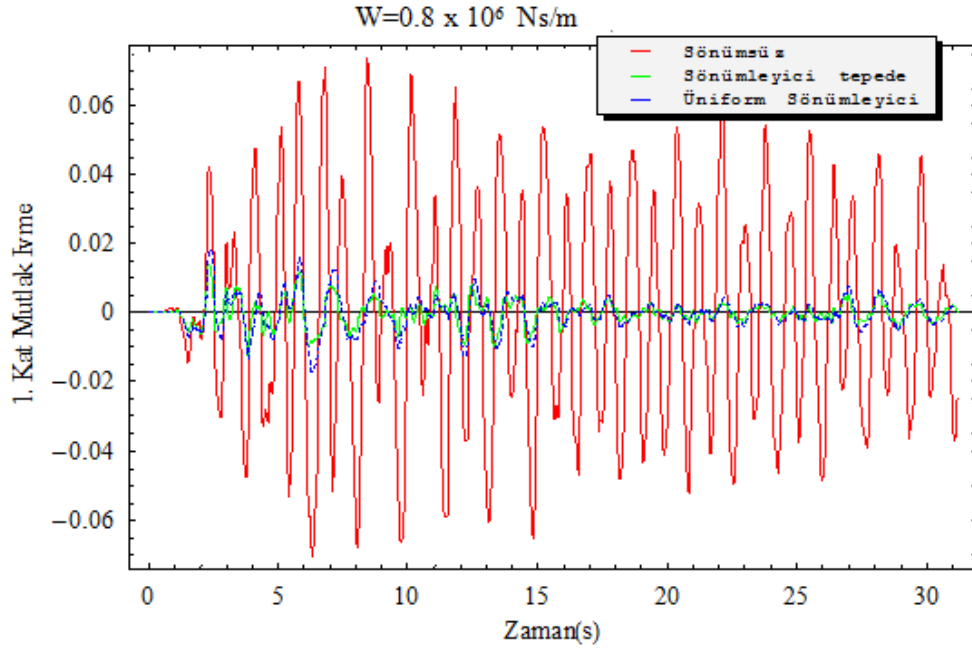
$W=3 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığı zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemleriz (Şekil Ek-D.6.).

$W=4 \times 10^6$ toplam sönüm katsayısı değeri için yapılan analiz sonucunda çizilen grafiğe bakıldığı zaman örneğin 1.katın zamana göre ivme değişimleri eğrisinde sönümleyici tepede iken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında üniform sönümleyici dağılımı varken; ivmenin pik yaptığı değerlerin 4 – 4,50 değerleri arasında olduğunu gözlemleriz (Şekil Ek-D.7.).

Sönümleyicilerin olmadığı durumlar için ve farklı sönüm oranına sahip sönümleyiciler için kat ivme değişimleri grafiklerine bakıldığı zaman ivme değişimlerinin farklı sönüm oranına sahip sönümleyicilerin olduğu durumlarda

sönümleyicilerin olmadığı duruma göre zaman bağlı ivme değişimlerinin çok daha fazla azaldığı gözlemlenmiştir.

Her katın mutlak ivmesi incelenmiş ve sönümsüz, sönümleyici tepede ve üniform sönümleyici dağılımı durumları için sonuçlar grafiklerle karşılaştırılmıştır. Bu grafikler Ek-D içerisinde verilmiştir. Buradan sadece birini incelersek;



Şekil 4.14. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda, sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Sönümleyicilerin olmadığı durumlar için ve farklı sönüm oranına sahip sönümleyiciler için kat ivme değişimleri grafiklerine bakıldığı zaman ivme değişimlerinin farklı sönüm oranına sahip sönümleyicilerin olduğu durumlarda sönümleyicilerin olmadığı duruma göre zamana bağlı ivme değişimlerinin çok daha fazla azaldığı gözlemlenmektedir.

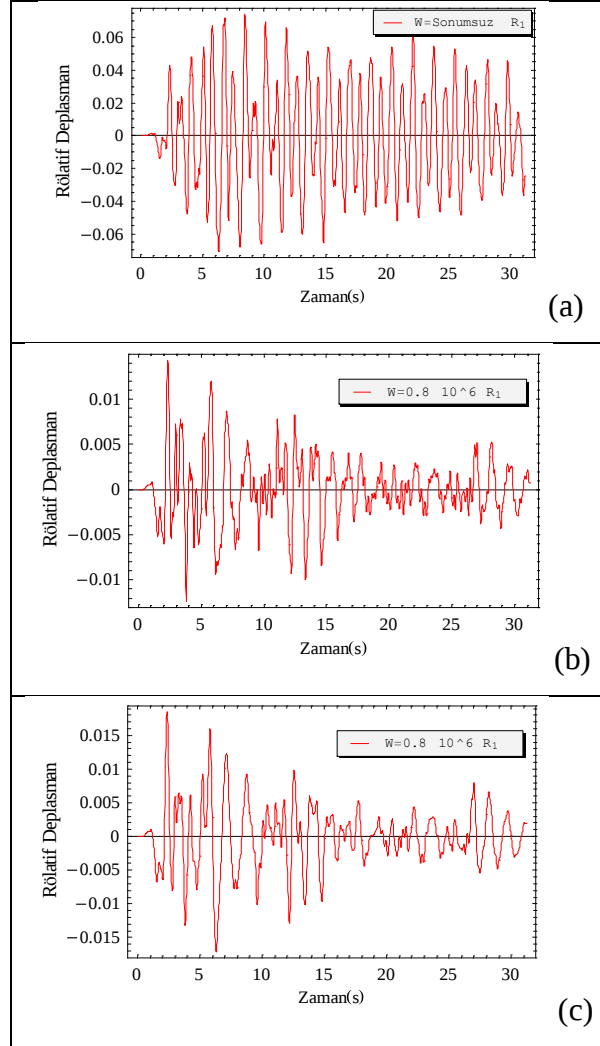
Deprem sırasında açığa çıkan enerji yer altı katmanlarından geçerek yapının temeline ulaşır ve yapıda farklı doğrultularda hareketlere neden olarak yapının taşıyıcı sisteminde ivmeler oluşturur. Bu ivmeler arttığında yapı lineer elastik davranış sınırlarını zorlar ve göçme sınırına gelir. Bu ise yapıda kalıcı hasarlara ve yıkımlara sebep olabilir. Sayısal örnekte elde edilen sonuçlara sönümleyicinin var olduğu

durumlarda özellikle toplam sönüm katsayılarının artmasıyla ivme ve mutlak ivme azalmıştır. Böylece yapıya etkiyen deprem kuvvetleri azaltılmıştır. Yapının elastik ötesi davranış göstermesi sağlanmıştır.

Sayısal Örnek 5

Bu sayısal örnekte zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme yöntemi kullanılarak 5 ve 10 katlı birbirine çok yakın betonarme binaların Mathematica programında yazılan Newmark- β algoritması yardımıyla sönümleyicinin olmadığı ve farklı sönümleme katsayılarına sahip sönümleyicilerin olması durumunda zamana katlar arası deplasman ve karşılıklı katlar arası deplasman değişimleri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında binaya El Centro Depreminin ivme kayıtları uygulanmıştır.

Analiz sonuçlarında elde edilen grafikler Ek-E içerisinde verilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için 1.katın sönümsüz, sönümleyicinin tepede olduğu durum ve üniform sönümleyici durumunda zamana bağlı rölatif deplasman değişimlerini inceleyelim;



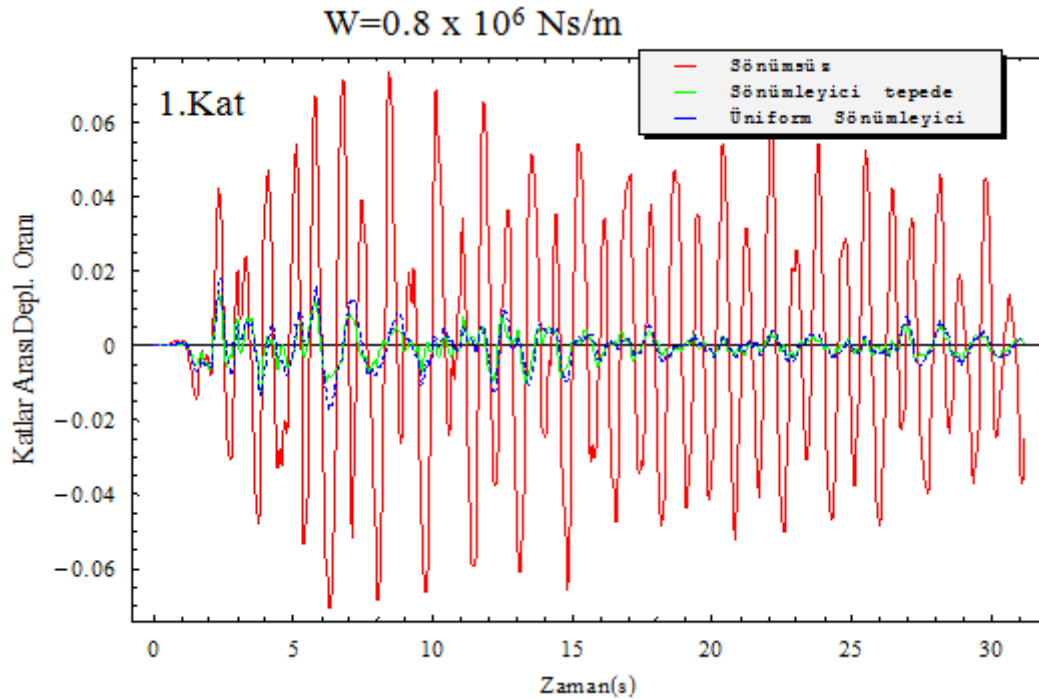
Şekil 4.15. a)Sönümleyici yokken b)Sönümleyici tepede iken c) Üniform sönümleyici dağılımı durumlarında zamana bağlı rölatif deplasman değişimi ($W=0,8 \times 10^6$)

Şekil 4.15.a.'da görüldüğü üzere sönümleyicinin olmadığı durumda rölatif deplasmanın maksimum aldığı değer 0.06-0.07 değerleri arasındadır.

Şekil 4.15.b.'de görüldüğü üzere sönümleyicinin tepede olduğu durumda rölatif deplasmanın maksimum aldığı değer 0.01-0.015 değerleri arasındadır.

Şekil 4.15.c'de görüldüğü üzere sönümleyicilerin üniform dağıtıldığı durumda rölatif deplasmanın maksimum aldığı değer 0.015-0.02 değerleri arasındadır.

Yapılan analizler sonucunda Ek-E içerisinde verilen grafiklerde de benzer şekilde sönümleyicinin var olduğu durumlarda, sönümsüz duruma göre maksimum rölatif deplasman daha da azalmıştır. Ayrıca sönümleyici tepeye yerleştirildiğinde her 5 kata üniform dağıtıldığı duruma göre daha verimli olmuş rölatif deplasman değerleri daha az çıkmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında ekonomiklik ve kolay işçilik önemli ilkelerdir. Burada sadece tepeye sönümleyici yerleştirmek ekonomi ve kolay işçilik sağlayacaktır.



Şekil 4.16. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması

Zamana bağı katlar arası deplasman değişimleri incelenmek amacıyla Ek-E de elde edilen bütün grafikler verilmiş olup, birbirine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.16.' da da görüldüğü üzere sönümleyicilerin olmadığı durumlara göre sönümleyicinin olduğu durumlarda mutlak deplasman değerlerinin çok daha fazla azaldığı gözlemlenmektedir. Üniform sönümleyici yerleşimi ve sönümleyicinin tepede olduğu durum için mutlak deplasman farkı görülmektedir. Yapı tasarımında birbirine yakın binaların hem mimari hem statik tasarımlarında sönümleyiciyi tepeye yerleştirmek bize zamandan, işçilikten ve maliyetten tasarruf etmemizi sağlayacaktır.

Deprem sırasında bir yapıda katlar arası farklı deplasmanlardan (yer değiştirme) dolayı yapının önemli taşıyıcı elemanlarında büyük hasarların meydana geldiği gözlenmiştir. Grafiklerden de anlaşıldığı üzere bir yapıda oluşan katlar arası farklı yer değişimleri, sönümleyiciler yardımıyla etkili biçimde azaltılabilir. Katlar arası hareket farklılıklarının küçülmesi, yapının daha yavaş ve kontrollü salınım göstermesini sağlar ve rezonansı engeller. Böylece yapının ve içerisindekilerin deprem esnasında iyi bir şekilde korunması sağlanır.

Depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı uygulamalarında karşılaşılan önemli problemlerden birisi katlar arası deplasmanlar ile kat ivmelerinin aynı anda nasıl azaltılacağıdır. Zaman tanım alanında yapılan analizlerde sönümleyicilerin kullanılması durumunda hem katlar arası deplasmanların hem de ivme değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca üniform sönümleyici dağılımı durumu ve sönümleyicinin tepede olması durumuna göre analizler yapıldığında üniform sönümleyici dağılımı katlarda ivme ve deplasman değişimlerinin yaklaşık olarak aynı olmasından dolayı daha verimli olduğu anlaşılmıştır.

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Birbirine yakın yapılmış yüksek katlı betonarme binaların sönümsüz ve sönümlü durumlarda dinamik davranışlarını incelemek amacıyla 5 ve 10 katlı iki ana model oluşturulmuş, bu modeller üzerinde farklı analizler yapılmıştır. Sönümleyiciler viskoz elastik sönümleyiciler olarak tasarlanmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1) Sönümleyicinin toplam sönüm katsayısı ne kadar farklı olursa olsun ya da yapıların katlarının kütleleri ve rijitlik katsayıları ne kadar değişik durumlarda olursa olsun sönümleyicinin yerleştirileceği en verimli kat; 5.kat yani kısa olan binanın son katı olacaktır.

2) Sönümleyicilerin varlığı, sönümleyicinin olmadığı durumlara göre son kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği çok daha azalmıştır. Yapıya sönümleyici yerleştirmek ve bu sönümleyicinin toplam sönüm katsayısını artırmak yapının genliğini azaltacak ve yapının enerji yutma kapasitesini artıracaktır.

3) Yapıların periyotları birbirine yaklaştırılarak yani periyot oranları azaltılarak tasarımlar yapılarak genlikleri düşürülür hem de 1.modda aynı salınımlar yaparak çarpışma riski de azalacaktır.

4) Sönümleyicilerin varlığında özellikle bu sönümleyicinin tepeye yerleştirildiği durumda ivmeler daha da azalacak böylece yapının salınımları kontrol altına alıcaktır. Bu durum ise yapıyı depremde daha az zararla kurtaracaktır.

5) Deprem sırasında bir yapıda katlar arası farklı deplasmanlardan (yer değiştirme) dolayı yapının önemli taşıyıcı elemanlarında büyük hasarların meydana geldiği

gözenmiştir. Yapılara; özellikle en üst kata sönümleyiciler yerleştirerek, deplasmanlar azaltılacak hasarlar en az düzeyde olacaktır.

KAYNAKLAR

Abdullah, M.M., Hanif, J.H., Richarson, A. and Sobanjo, J., “Use of a sharedtuned mass damper (STMD) to reduce vibration and pounding in adjacentstructures”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 30, 633-651, 2001.

Aldemir, U. and Aydin, A., 2005, “An active control algorithm to prevent the poundingof adjacent structures”, *Vibration Problems ICOVP*, İstanbul, 2005.

Aldemir, Ü. , Bakioğlu , M. , and Akhiev , S., S., ”Optimal control of lineer buildings under seismic excitations” , *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, İstanbul, 2001.

Anagnostopoulos, S.A., “Pounding of buildings in series during earthquakes”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 16(3), 443-56, 1998.

Aydın E., Yapıların Deprem Davranışlarının İyileştirilmesi için Sönümleyicilerin ve Çelik Çapraz Elemanlarının Optimum Yerleşimi, Doktora Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Üniversitesi*, İstanbul, 2005.

Aydın E., Güney D., “Bitişik tarz yapıların rölatif deplasman davranış spektrumları kullanılarak çarpışma riskinin azaltılması”, *Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 2011.

Aydın E., Aldemir A., “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 435, 2005.

Aydın A, Öztürk B., and Yeşil L., “Application of viscous dampers for prevention of pounding effect in pounding effect in adjacent buildings”, *14th ECEE*, Ohrid, Macedonia, 30 August-03 September, A-1275, 2010.

Balyemez S., Berköz L., ‘‘Hasar Görebilirlik Ve Kentsel Deprem Davranışı’’, **İtü Dergisi**, Mimarlık, Planlama, Tasarım Cilt:4, Sayı:1, İtü Mimarlık Fakültesi, Şehir Ve Bölge Planlaması Bölümü, Taşkışla, 34437, Taksim, İstanbul, 2005.

Bigdeli, K., Hare, W. and Tesfamariam, S., School of Engineering and Mathematics, University of British Columbia, Kelowna, BC, Canada, 2011.

Celep, Z., ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, **İstanbul**, 2004.

Connor, J., J., **Introduction to Structural Motion Control**, Acrobar Reader dosyası olarak <http://moment.mit.edu/HPS/mbdTextbook/> adresinden 9-8-05 de alınmıştır, 2000.

Çetinkaya, G., Deprem Yer Hareketine Maruz Komşu Binaların Çarpışma Analizi, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi**, Trabzon, 2011.

Doğan, M., ve Günaydın, A., ‘‘Pounding of Adjacent RC Buildings During Seismic Loads’’, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Eskişehir, 2009.

Erdik, M., Binalarda Deprem Yalıtımı Ve Ülkemizdeki Uygulamalar, **6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İtü, Türkiye, 16-20 ekim, 2007.

Garcia, D., L., Seperation Distance Necessary to Prevent Seismic Pounding Between Adjacent Structures, For The Degree of Doctor of Philosophy, **University of New York**, Buffalo, 2004.

Gavin, H.P., and Aldemir, U., Behavior And Response Of Auto-Adaptive Seismic Isolation, **proc. 3rd u.s.-Japan Cooperative Research Program In Urban Earthquake Disaster Mitigation**, 120-128, seattle wa, usa, 2001.

Germen, Z., Yapısal Kontrol Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 2006.

Gökhan, E., 2009, Betonarme Yapılarda İzolatör Kullanımının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.

Gurley, K., Kareem, A., Bergman, L.A., Johnson, E.A. ve Klein, R.E., Coupling tall buildings for control of response to wind, **Proceedings of ICOSSAR '93, the 6th International Conference on Structural Safety and Reliability**, Innsbruck, Austria, s.1553-1560, 1993.

Güneyisi, E.M. ve Şahin, N.D. Viskoelastik Sönümleyici Yapıların Hasar Potansiyeli Eğrilerinin Belirlenmesi. Gaziantep Üniversitesi. **1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2011.

Jankowski, R., “Non-linear FEM analysis of earthquake-induced pounding between the main building and the stairway tower of the Olive View Hospital”, **Engineering Structures**, 31, 1851-1864, 2009.

Jeng, V., Kasai, K. and Maison, B.F., “A spectral difference method to estimate building separations to avoid pounding”, **Earthquake Spectra**, 8(2), 201-223, 1992.

Karabay, M., Deprem Etkisindeki Yapılarda Uygulanan Kontrol Sistemleri ve Kurşun/Kauçuk Yatak Uygulamaları, **Sau Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 6.cilt, 2.sayı, 2002.

Karaesmen, E., Tipik Hasar Gözlemleri, Deprem ve Sonrası, 69-96, **Türkiye Mühendisler Birliği**, Ankara, 1996.

Kasai, K., Jagiasi, A.R. and Jeng, V., Inelastic vibration phase theory for seismic pounding mitigation, **Journal of Structural Engineering**, 122(10), 1136-1146, 1996.

Kelly, J. M., and Naeim, F., **Design Of Seismic Isolated Structures from theory to practice**, John A. Martin and Associates, Inc., University of California, 1999.

Lin, J.H., Separation distance to avoid seismic pounding of adjacent buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 26, 395-403, 1997.

Lin, H. ve Weng, C.C., Probability analysis of seismic pounding adjacent buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 30, 1539-1557, 2001.

Luco, J.E. ve De Barros, F.C.P., Optimal damping between two adjacent elastic structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 27, 649-659, 1998.

Marinatimes, <http://www.marinatimes.com/2013/05/its-here-mandatory-seismic-retrofit-for-soft-story-buildings/>, 2015.

Medeot, R., Antisismik Cihazlar Üzerine Avrupa Standartları, **IMO**, Powerpoint sunum, İstanbul, 1998.

Muthukumar, S., A Contact Element Approach with Hysteresis Damping For The Analysis and Design of Pounding in Bridges, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in Civil and Environmental Engineering, *Georgia Institute of Technology*, 2003.

NISEE e-Library The Earthquake Engineering Online Archive <http://nisee.berkeley.edu/elibrary/list?e=4626&start=181>, 2015.

Önen, Y.H., Dindar, A.A., Coşgun, C., ve Seçkin, E., 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 Tarihli Van Depremleri Yerinde Yapılan İnceleme ve Değerlendirme Raporu, **İKÜ**, İstanbul, 2012.

Pampal, S., Depremler, *Alfa Basım Yayın Dağıtım*, İstanbul, 2000.

Ristic, D., Control of Structural Behaviour-Part 2:Passive Structural Control, *Lectures for the International Post Graduate Studies*, Skopje, 1993.

Sabah, <http://arsiv.sabah.com.tr/2007/09/08/bolum.gnd.html>, 2015

Samsunhaber, <http://www.samsunhaber.gen.tr/haber/haber/16649-guncel-son-24-saatte-turkiye39de-ve-dunyada-neler-oldu.html> , 2015.

Skinner, R. I., Robinson, W. H. and Mcvery, G. H., 1993: an Introduction To Seismic Isolation, Wiley Chichester

Slingomom, <http://www.slingomom.com/aile-2/anne-baba/gercekten-deprem-olursa/>

Stavroulakis, G.E. and Abdalla, K.A., Contact between adjacent structures, *Journal of Structural Engineering*, 117(10), 2838-2850, 1991.

Şengezer, B., S., 13 mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu, *YTÜ Basım-Yayın Merkezi Matbaası*, İstanbul, 1999.

Takewaki, I., 2000, Optimal Damper Placement For Planar Building Frames Using Transfer Functions, *Struct.Mult.-Disp.Optim.*, 20 280-287, 2000.

Valles, R.E. and Reinhorn, A.M., Evaluation, prevention and mitigation of pounding effects in building structures, *Report No NCEER-97-0001*, National Centre for Earthquake Engineering Res., State University of New York, Buffalo, 1997.

Vasiliadis, L. and Elenas, A., Performance of school buildings during the Athens earthquake of 7 September 1999. *12th European conference on earthquake engineering*, 264, London, UK, 2002.

Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/1994_Northridge_earthquake, 2015

Wikispaces, <http://failures.wikispaces.com/1985+Mexico+City+Summary+%26+Lessons+Learned>, 2015

Xu, Y.L., Zhan, S., Ko, J.M. and Zhang, W.S., ‘‘Experimental investigation of adjacent buildings connected by fluid damper’’, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28, 609–631, 1999.

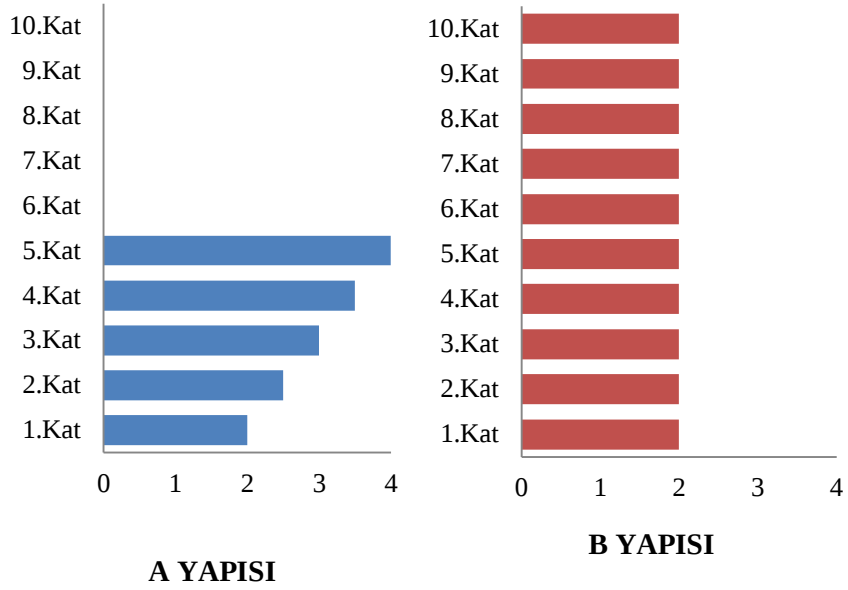
Yang, Z., Xu, Y.L. and Lu, X.L., Experimental seismic study of adjacent buildings with fluid dampers, *Journal of Structural Engineering ASCE*, 129(2), 197-205, 2001.

Zhang, W.S. and Xu, Y.L., Dynamic characteristics and seismic response of adjacent buildings linked by discrete dampers”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28, 1163-1185, 1999.

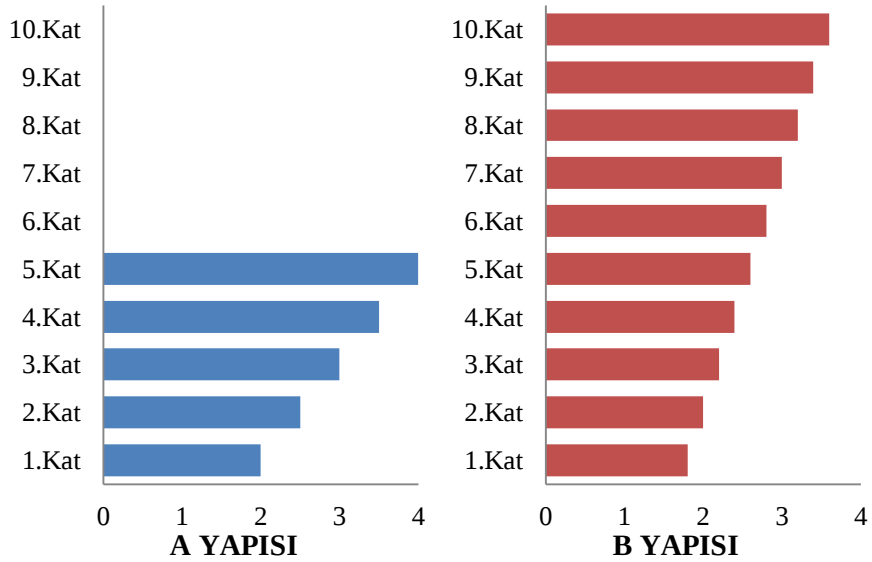
Zhu, H.P. and Xu, Y.L., Optimum parameters of maxwell model defined damper used to link adjacent structures, *Journal of Sound and Vibration*, 279, 253-274, 2005.

Zhu, H.P., Wen, Y. and Iemura, H., “A study on interaction control for seismic response of parallel structures”, *Computers and Structures*, 79, 231-242, 2001.

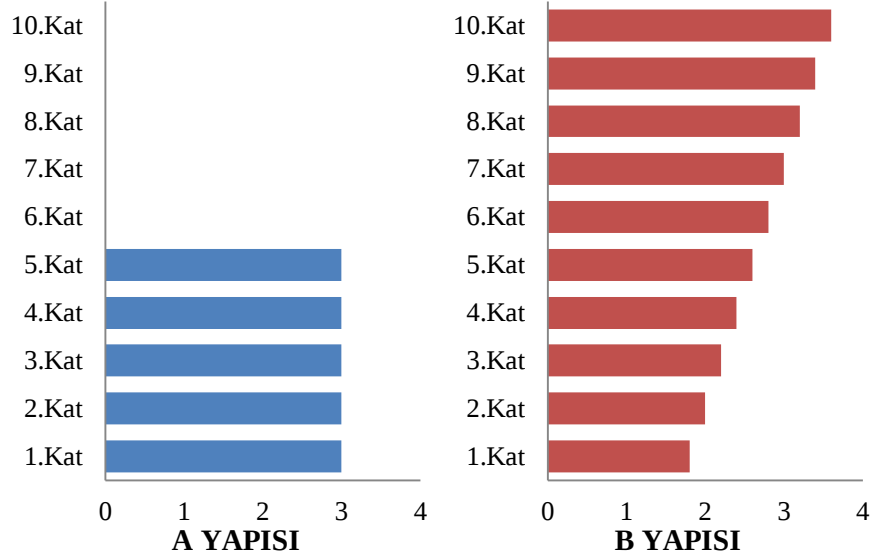
EK-A



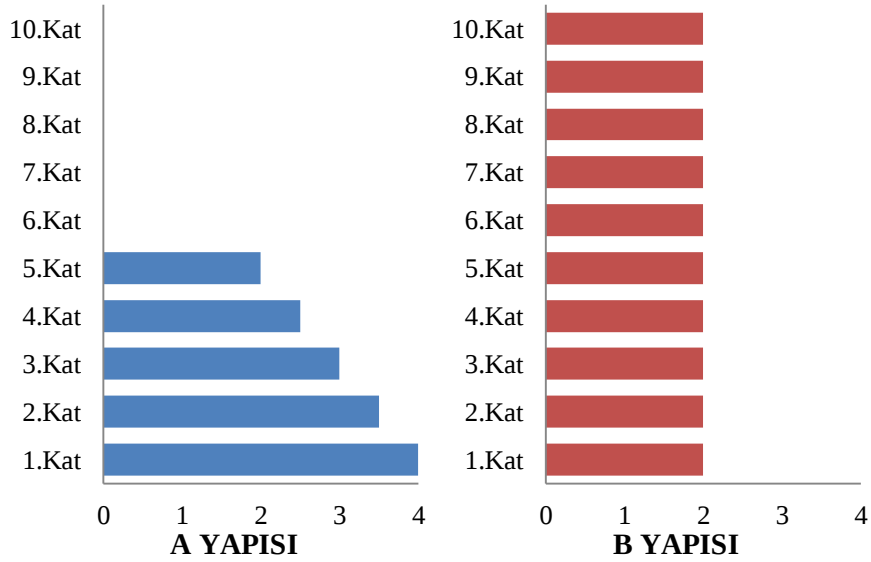
Şekil Ek-A.1. A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması durumu



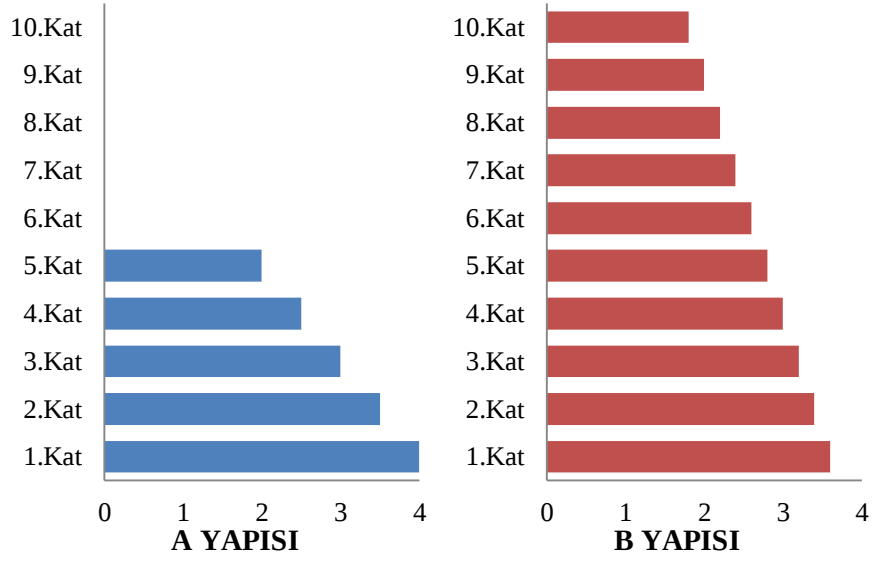
Şekil Ek-A.2. A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması durumu



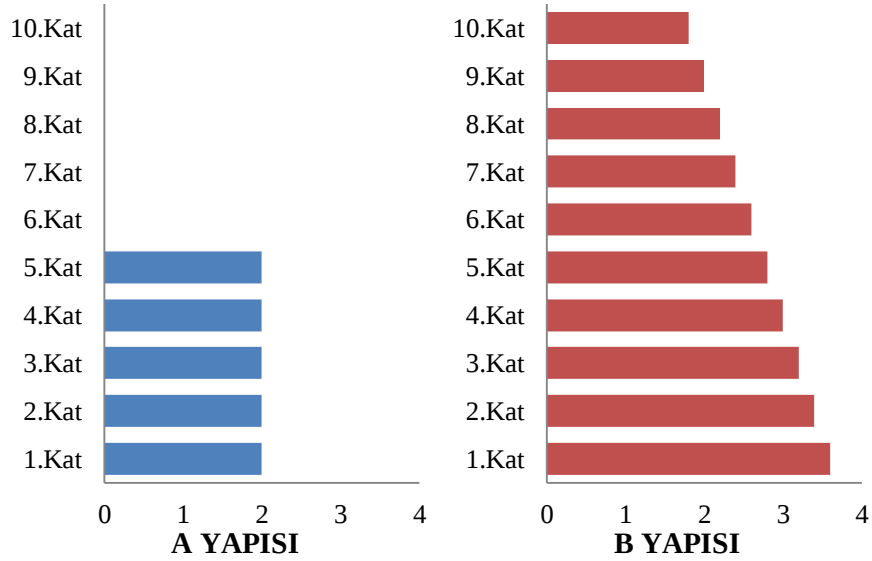
Şekil Ek-A.3. A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru artması durumu



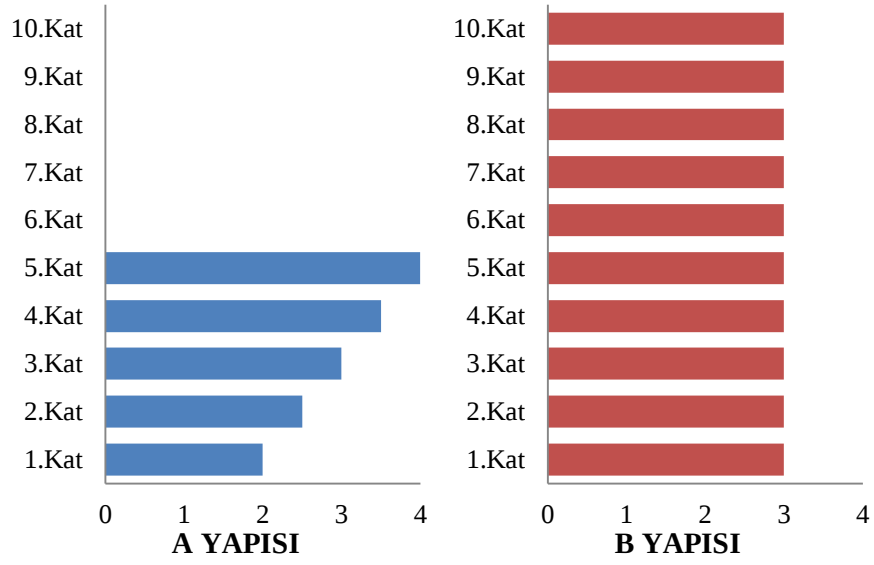
Şekil Ek-A.4. A yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması ve B yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması durumu



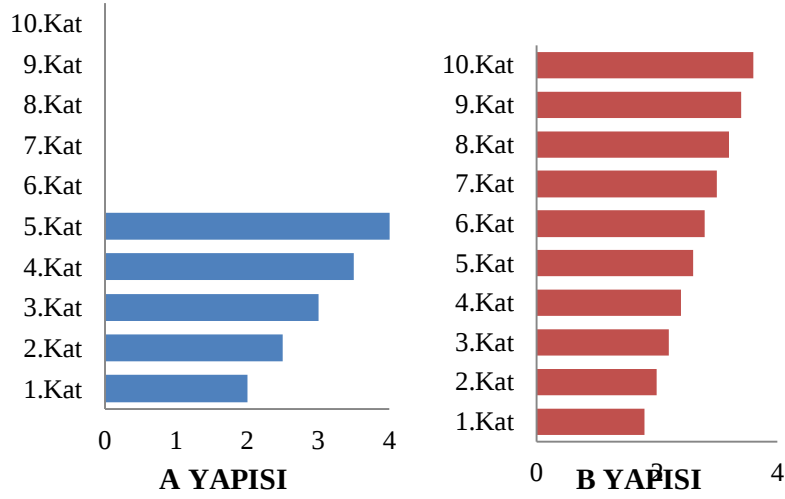
Şekil Ek-A.5. A ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu



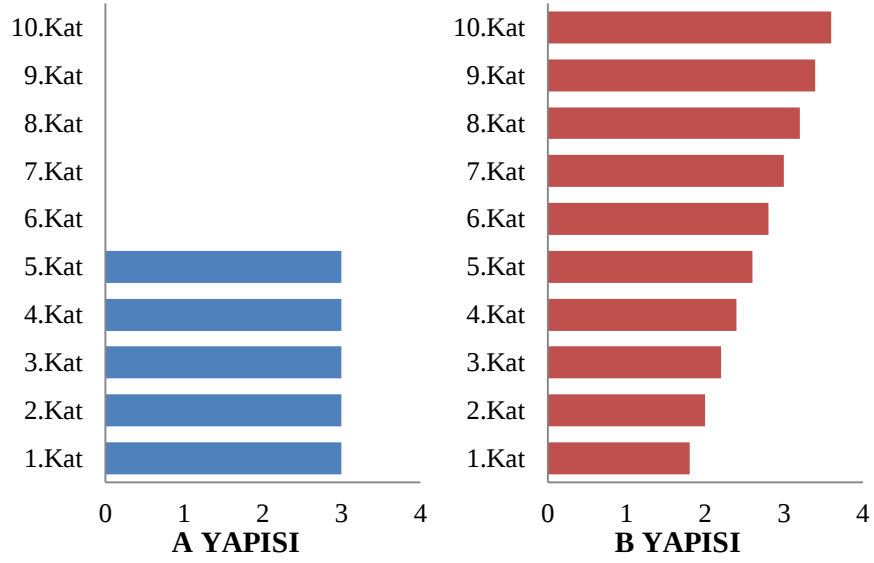
Şekil Ek-A.6. A yapısının rijitlik katsayısının bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının rijitlik katsayısının alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu



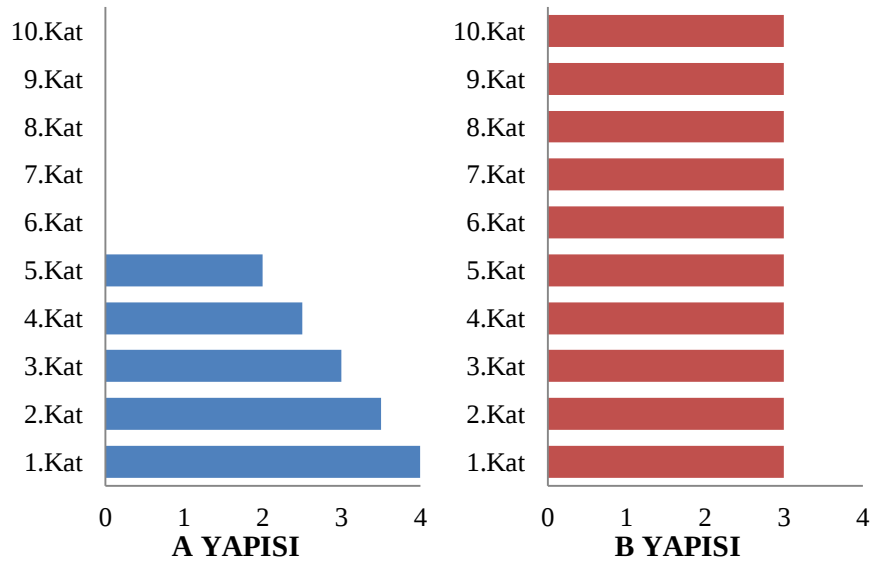
Şekil Ek-A.7. A yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması ve B yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması durumu



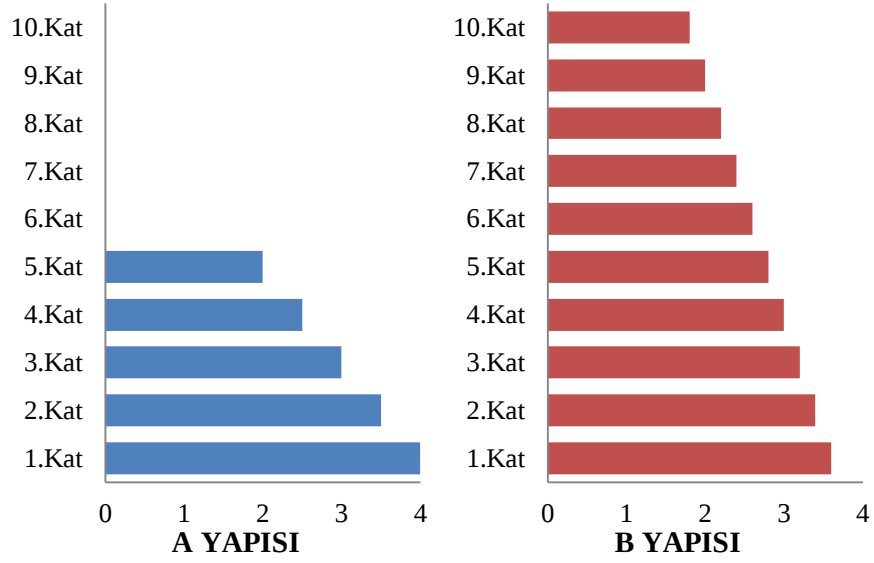
Şekil Ek-A.8. A ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu



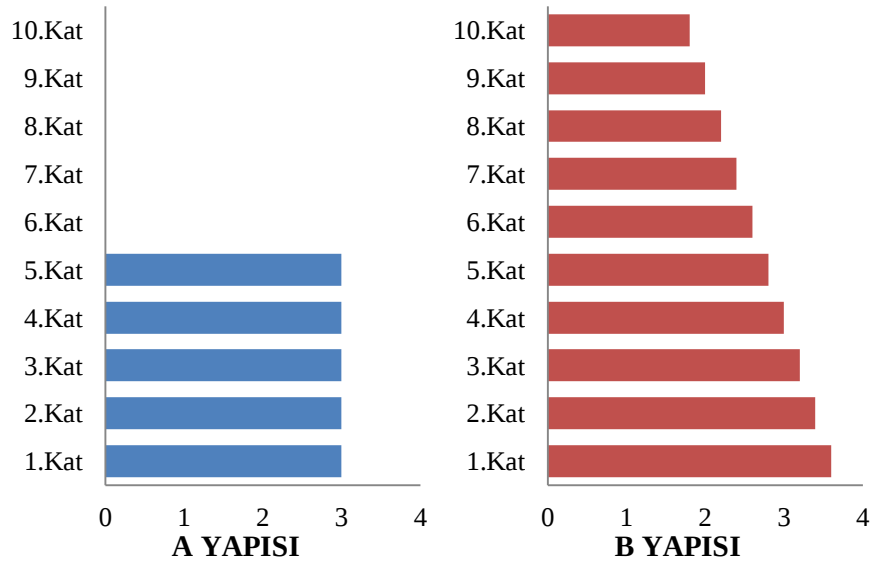
Şekil Ek-A.9. A yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu



Şekil Ek-A.10. A yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru artması durumu

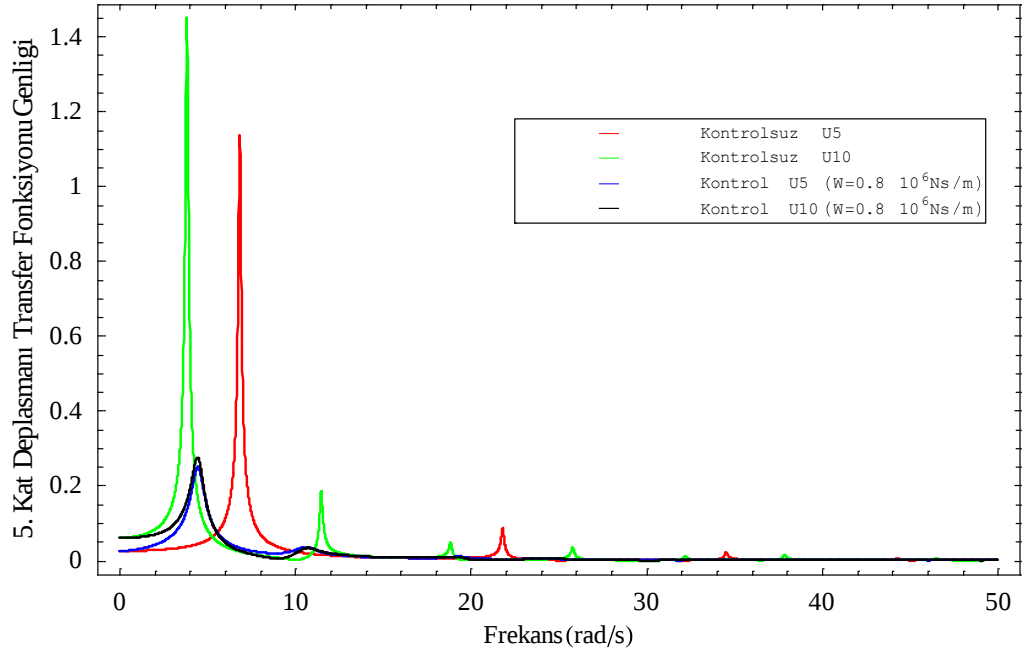


Şekil Ek-A.11. A ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu

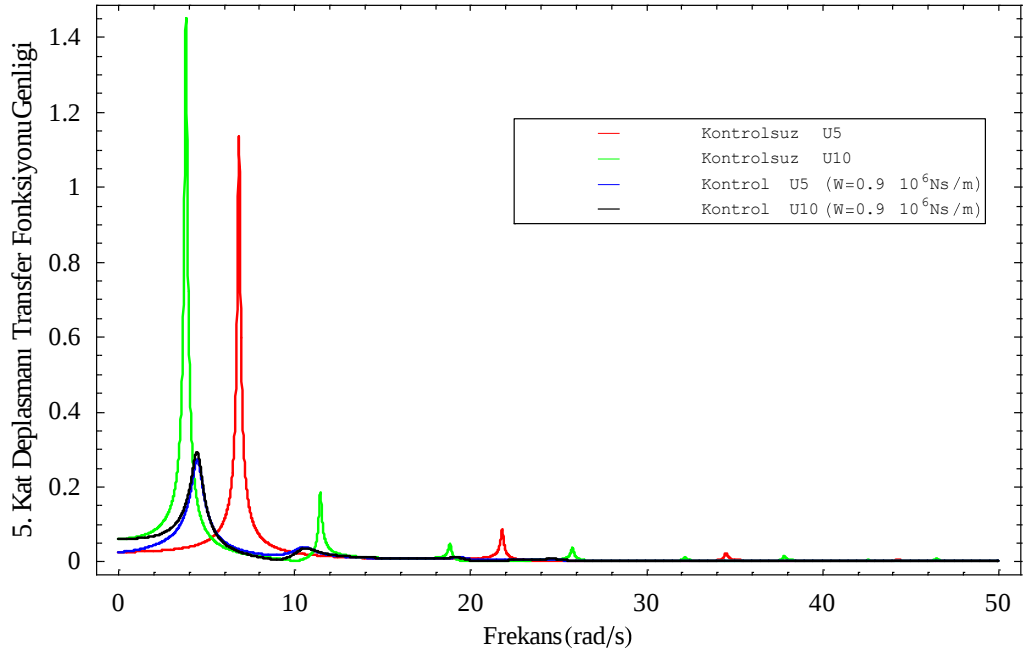


Şekil Ek-A.12. A yapısının kütlelerinin bütün katlarda sabit değer alması ve B yapısının kütlelerinin alt kattan yukarı kata doğru azalması durumu

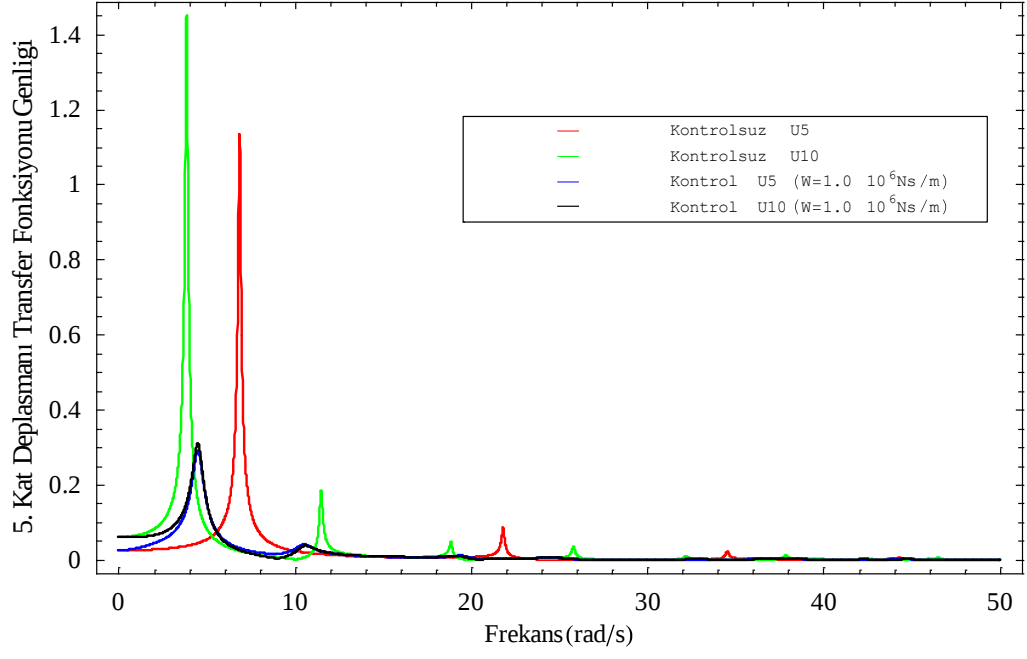
EK-B



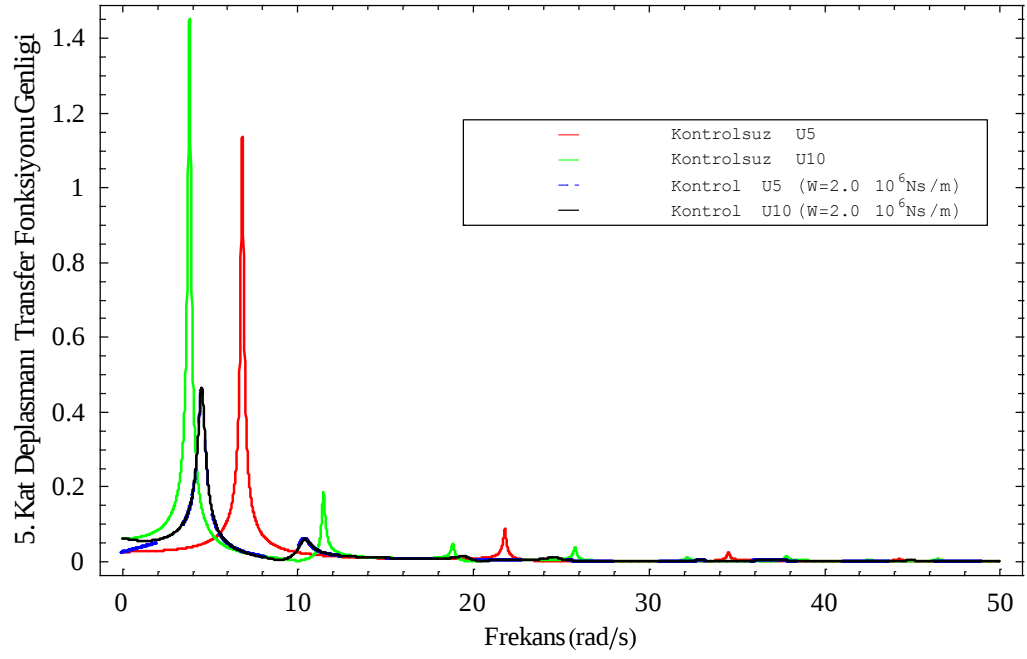
Şekil Ek-B.1. 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans değişimi ($W=0.8 \times 10^6$ Ns/m)



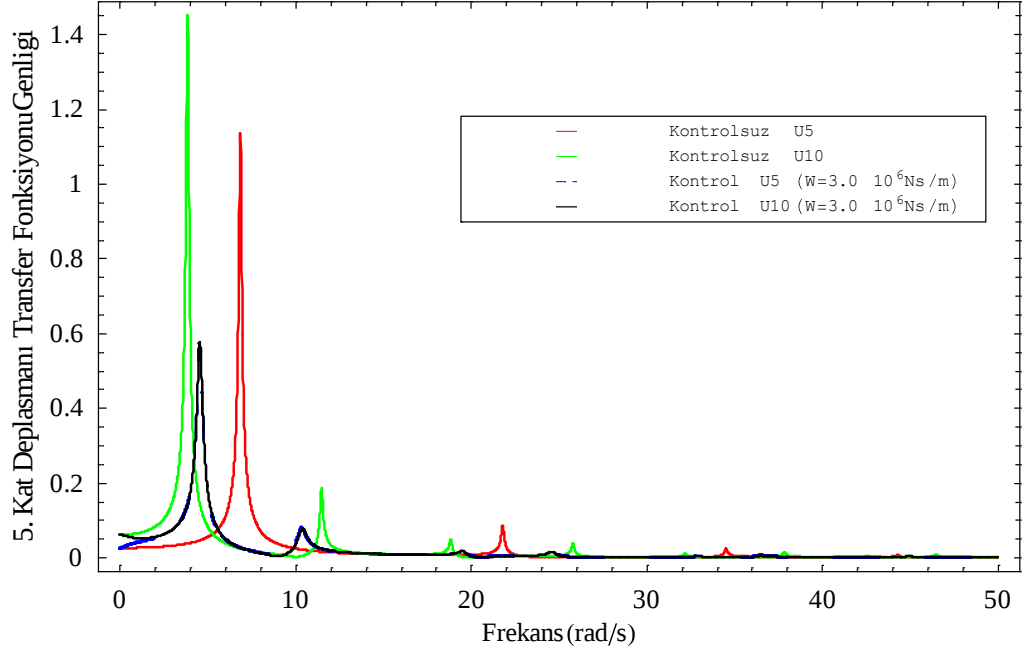
Şekil Ek-B.2. $W=0.9 \times 10^6$ Ns/m 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans grafiği



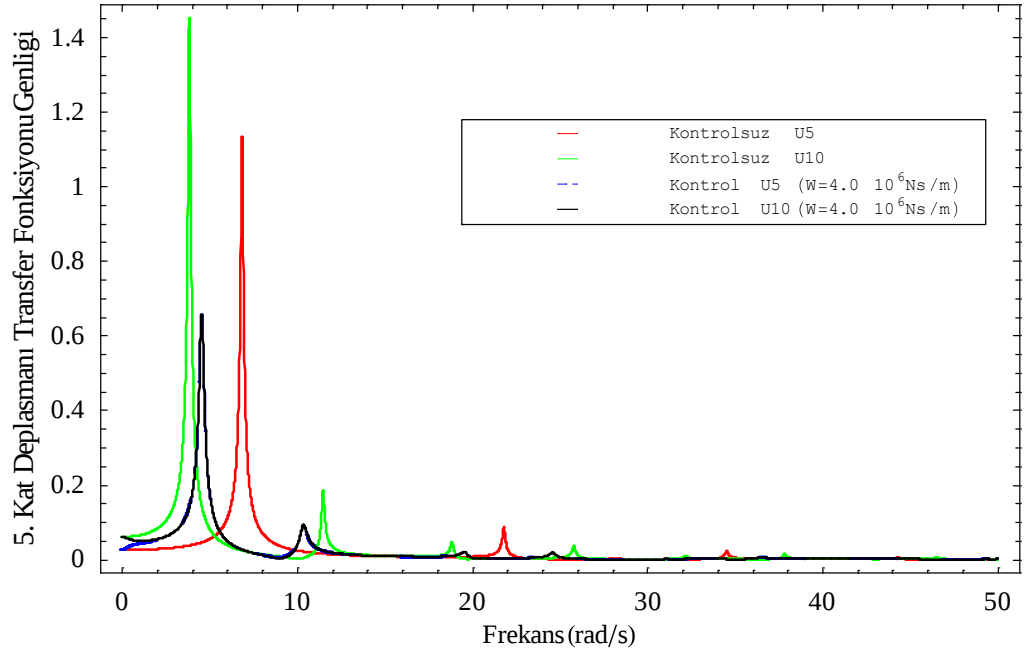
Şekil Ek-B.3. $W=1.0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans grafiği



Şekil Ek-B.4. $W=2.0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans grafiği

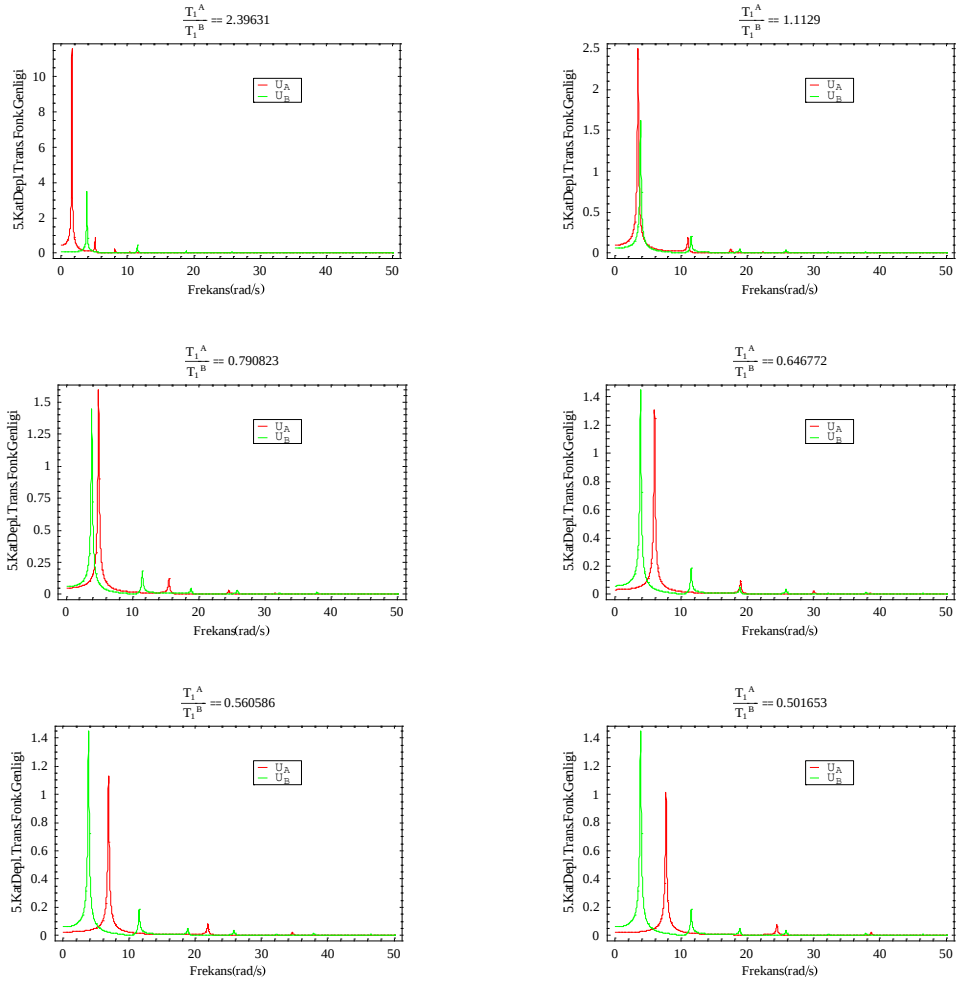


Şekil Ek-B.5. $W=3.0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans grafiği

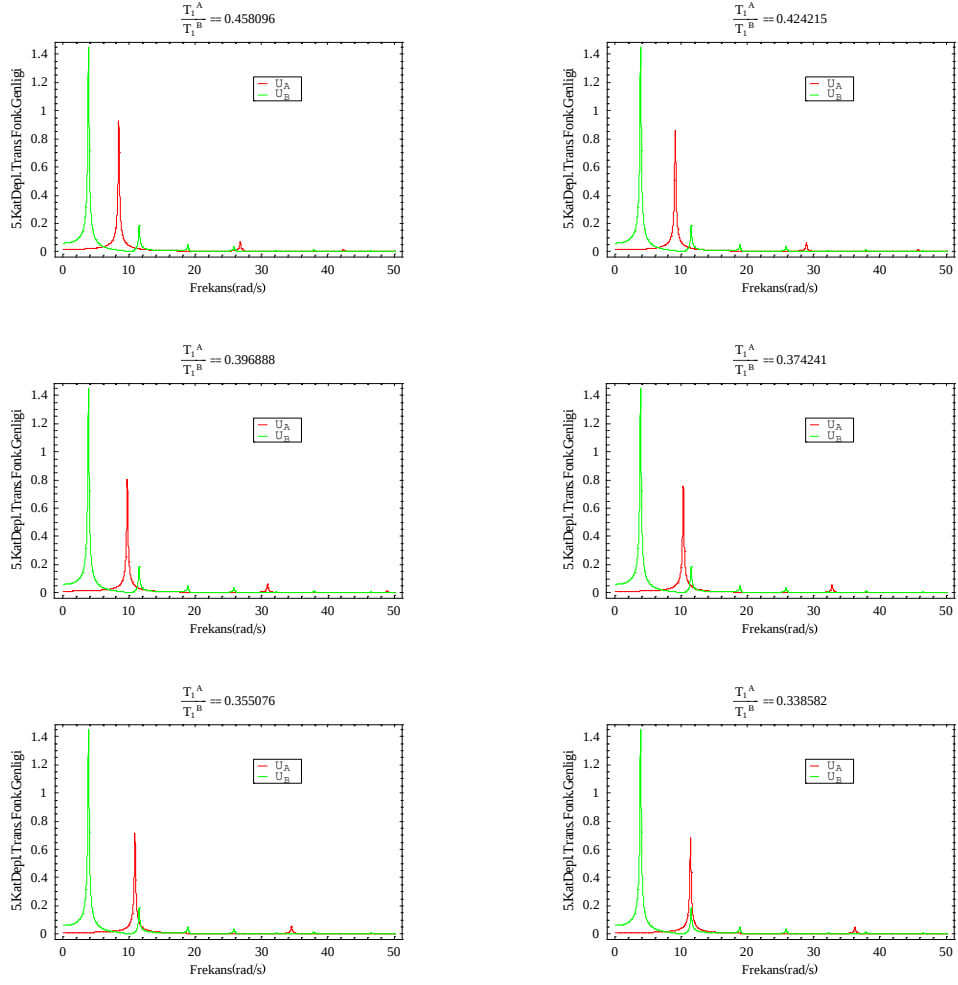


Şekil Ek-B.6. $W=4.0 \times 10^6$ Ns/m 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans grafiği

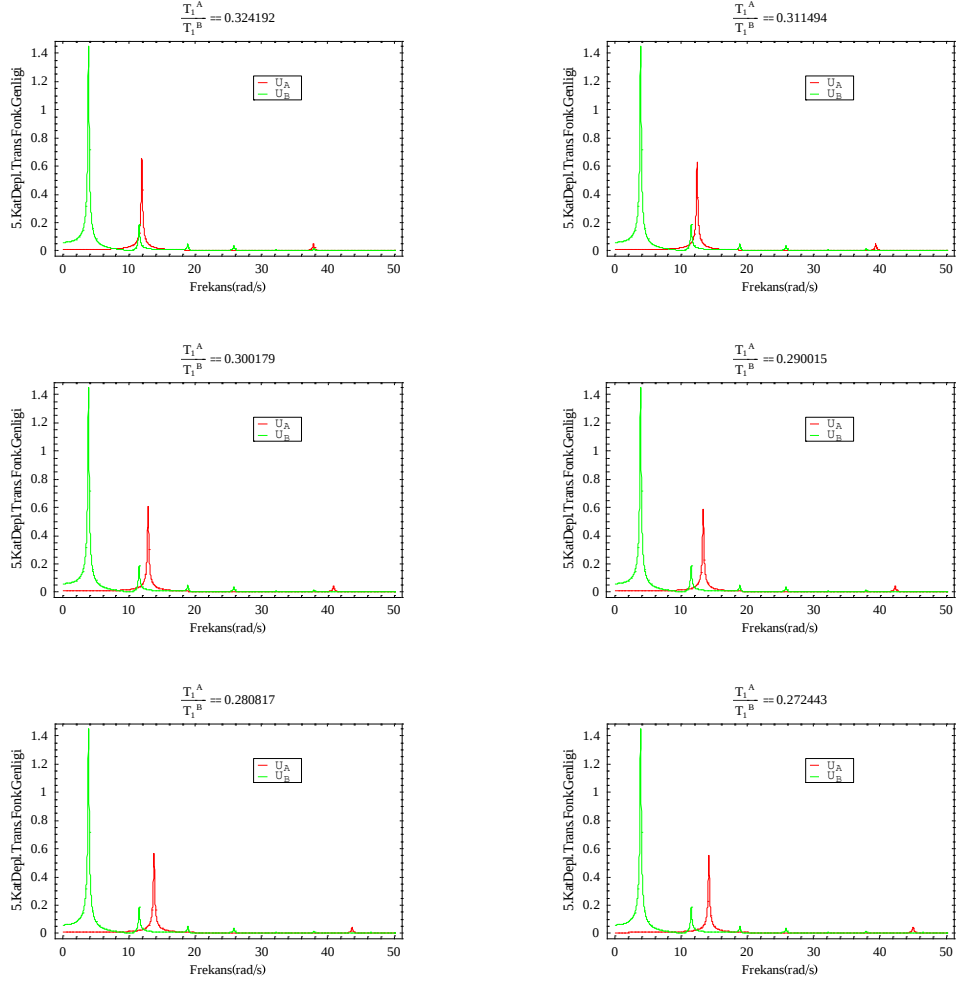
EK C



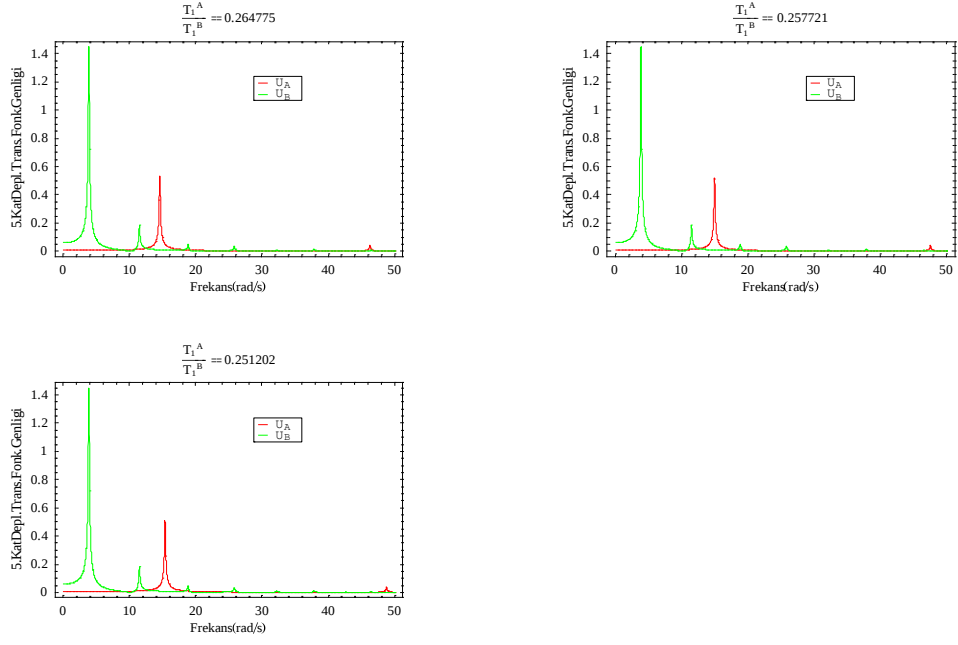
Şekil Ek-C.1. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



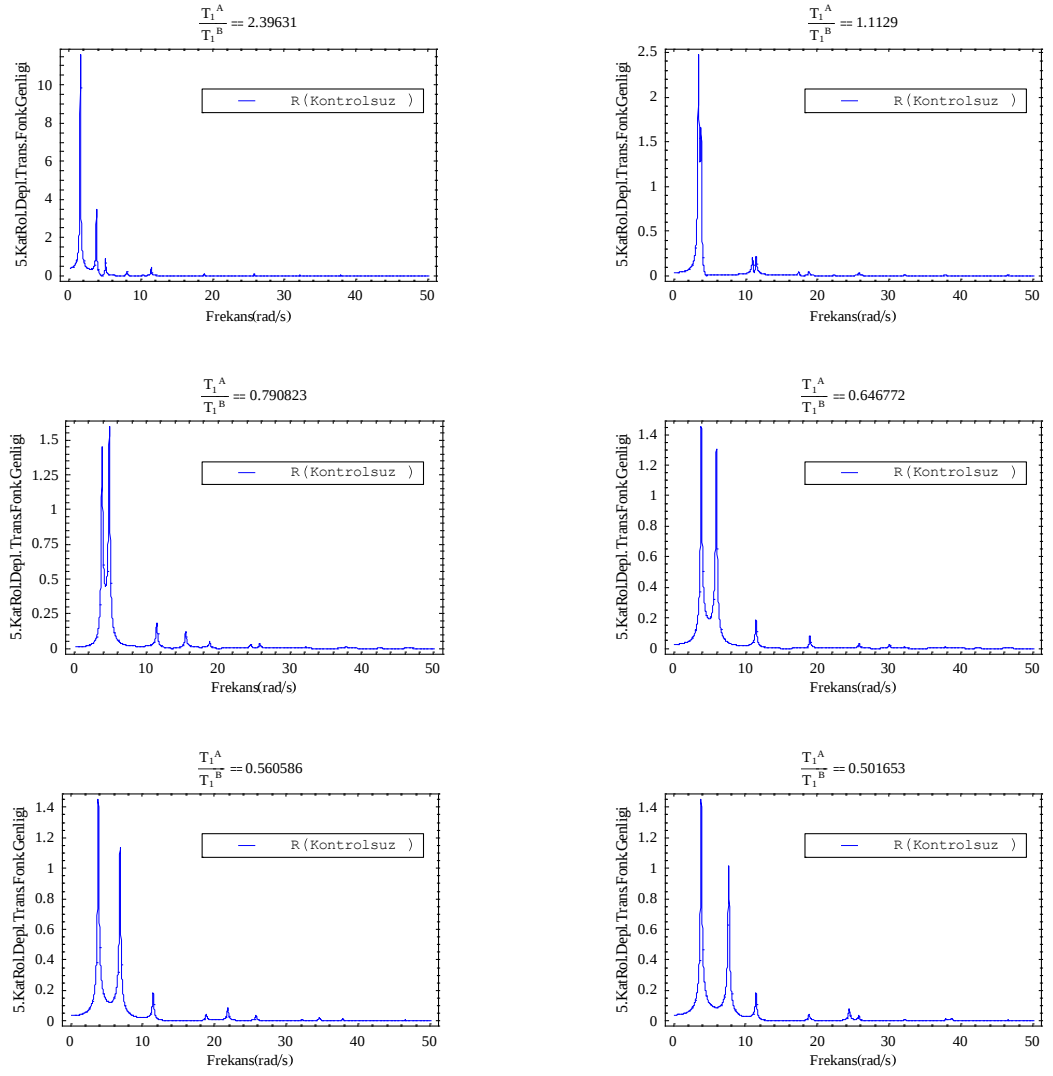
Şekil Ek-C.2. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



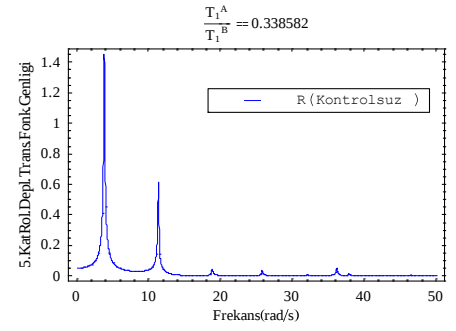
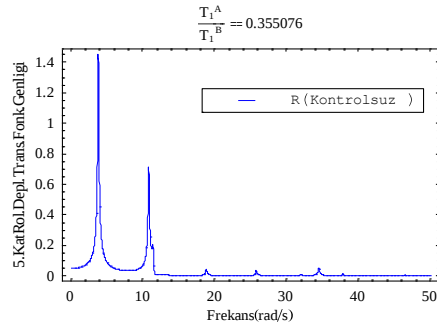
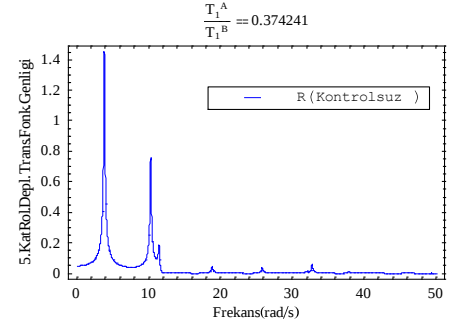
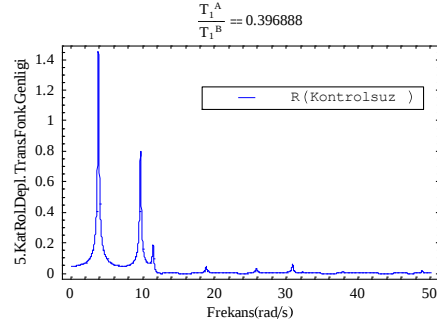
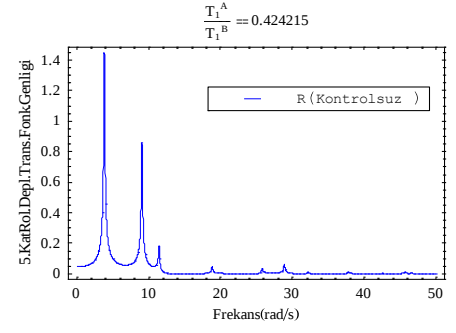
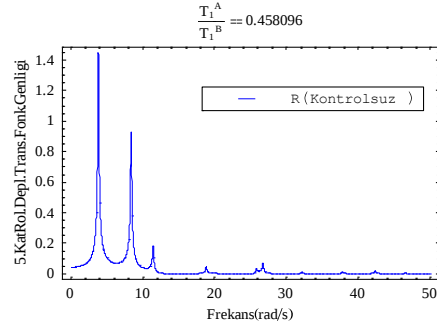
Şekil Ek-C.3. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



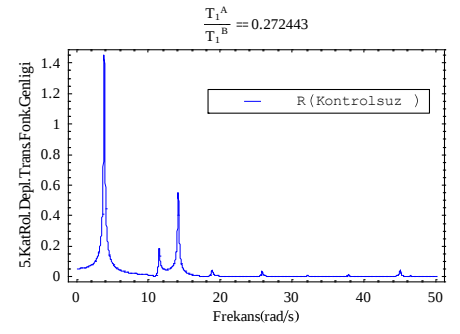
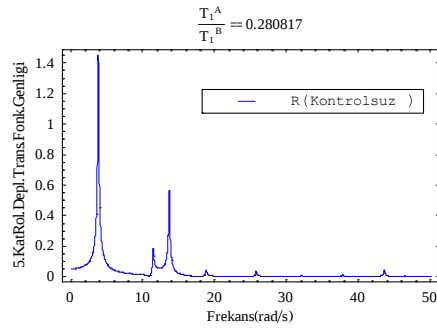
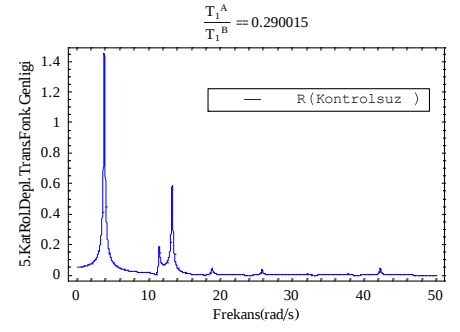
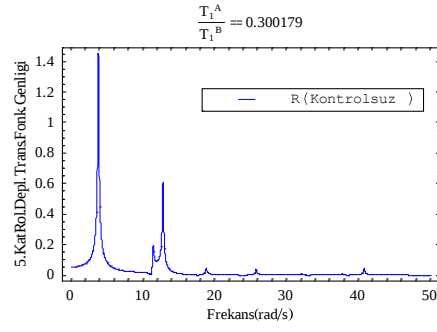
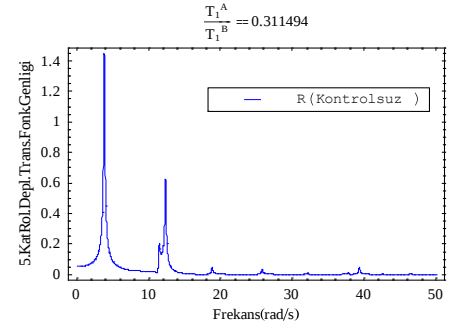
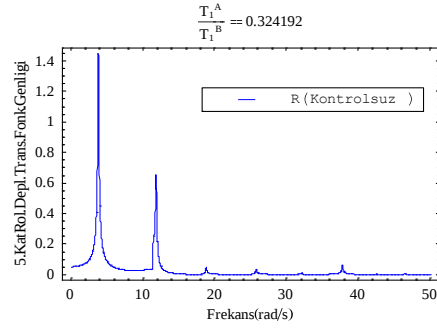
Şekil Ek-C.4. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



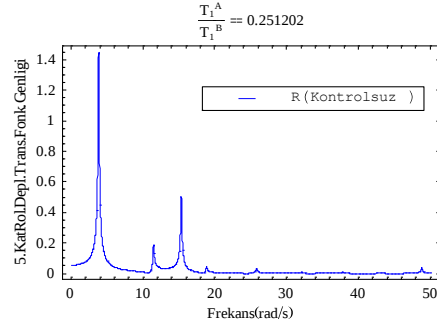
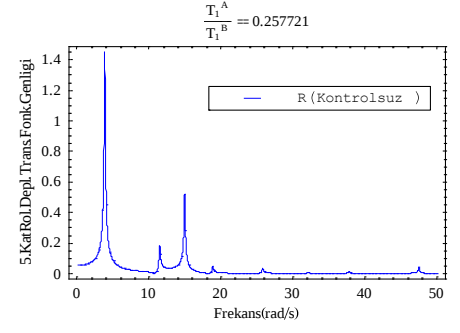
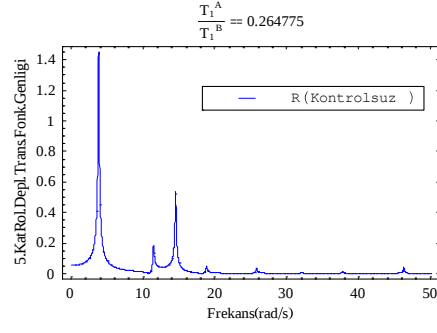
Şekil Ek-C.5. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



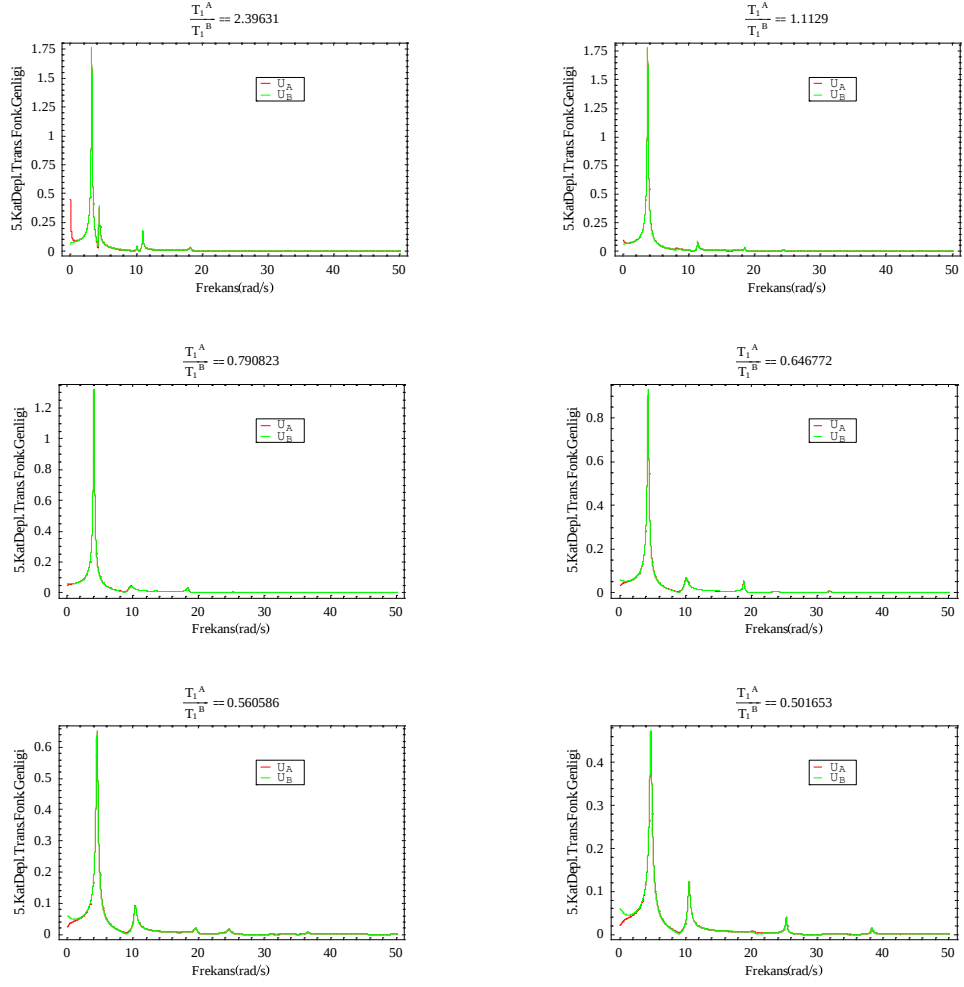
Şekil Ek-C.6. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



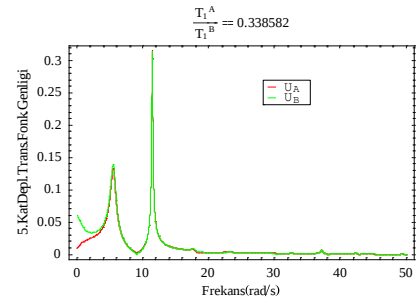
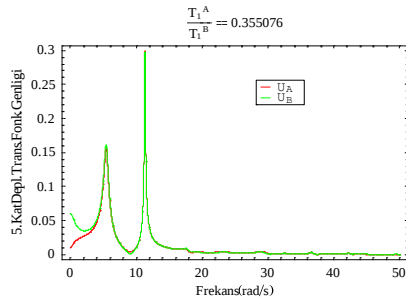
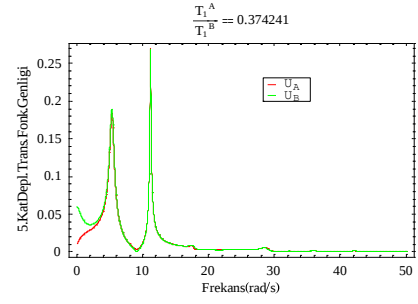
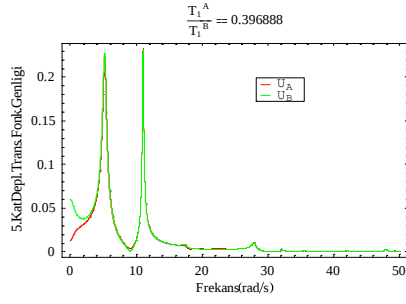
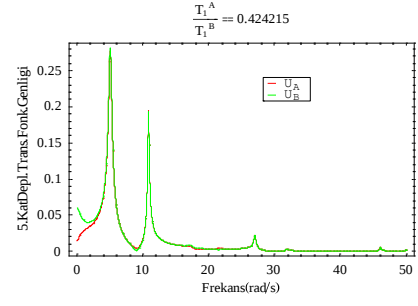
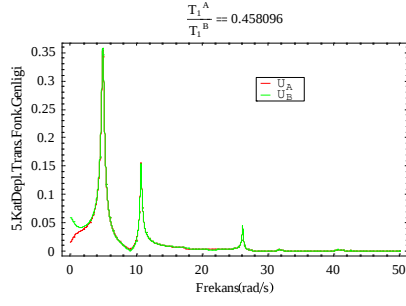
Şekil Ek-C.7. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



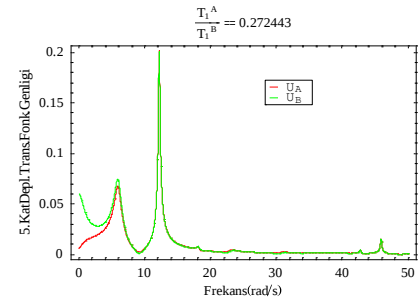
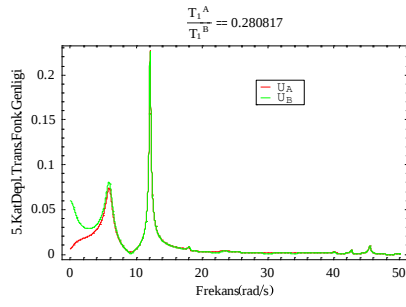
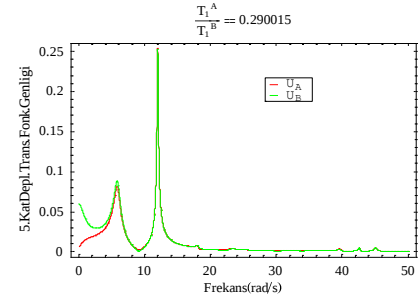
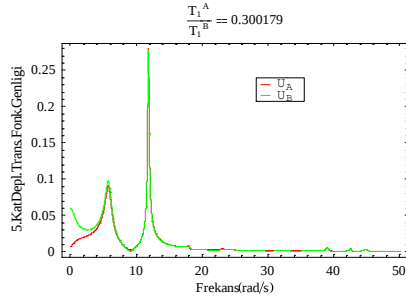
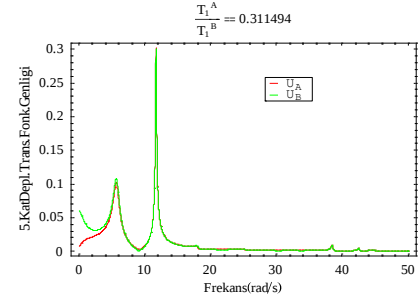
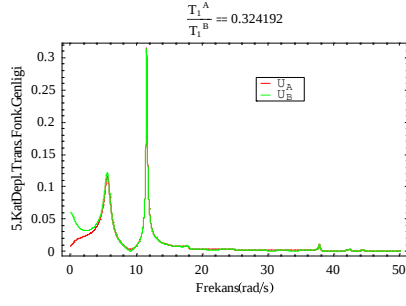
Şekil Ek-C.8. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



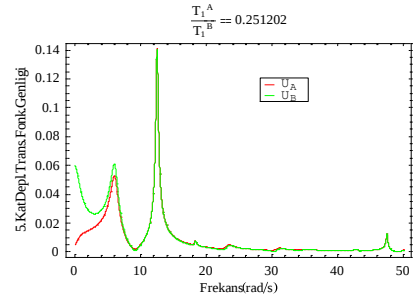
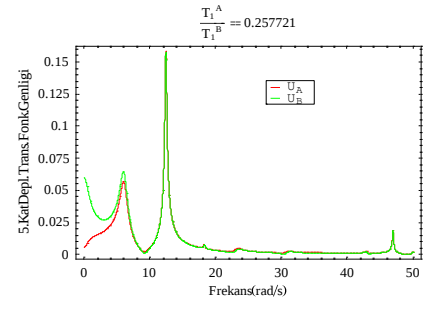
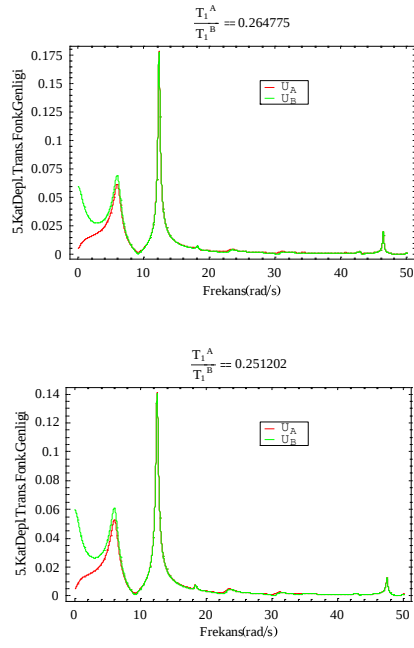
Şekil Ek-C.9. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



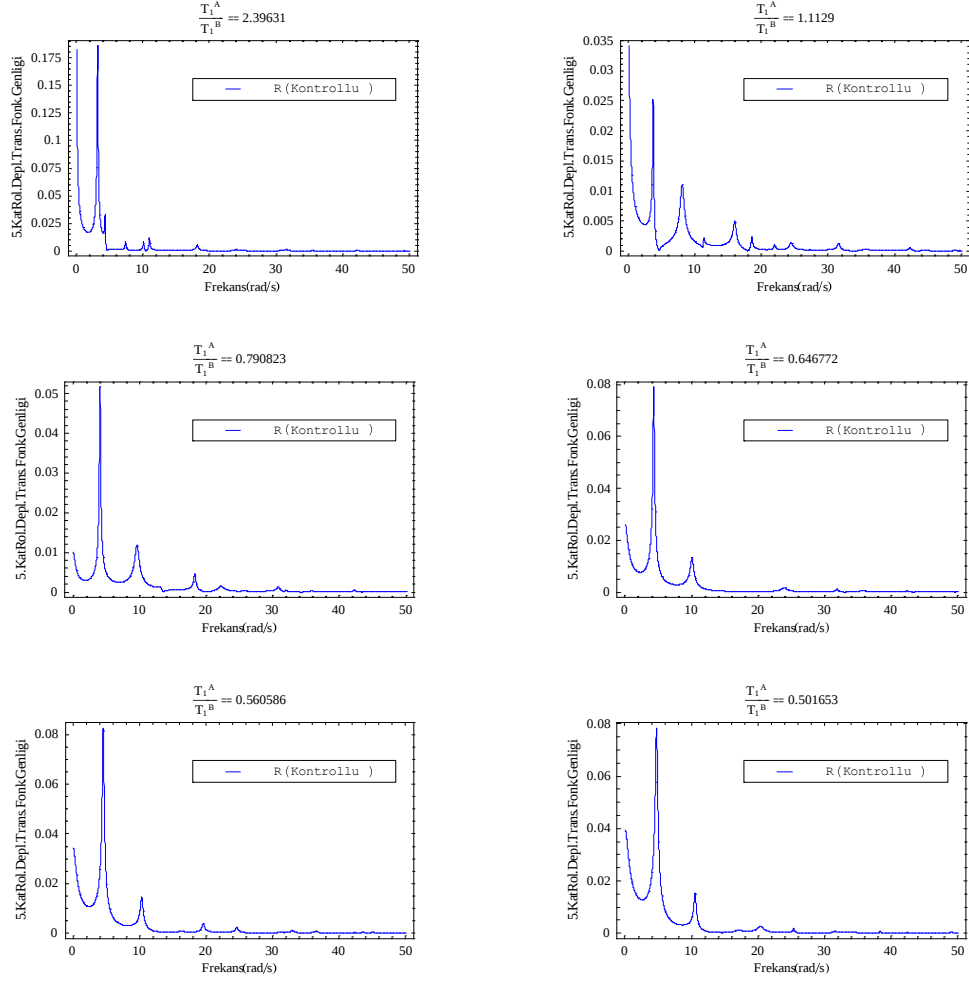
Şekil Ek-C.10. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



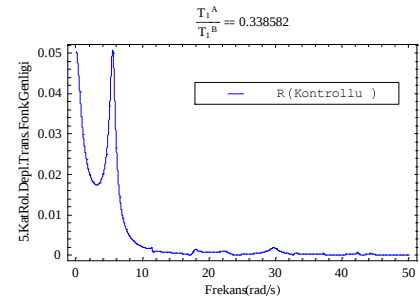
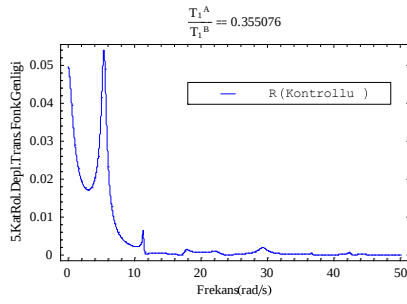
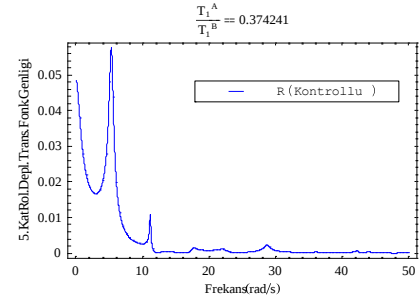
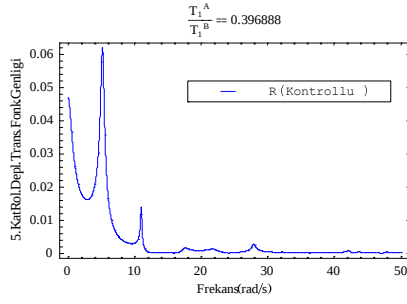
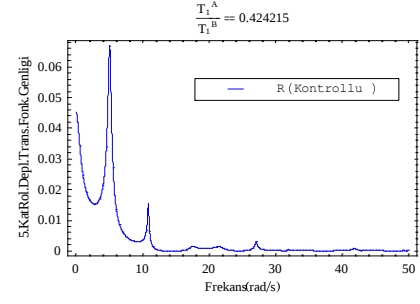
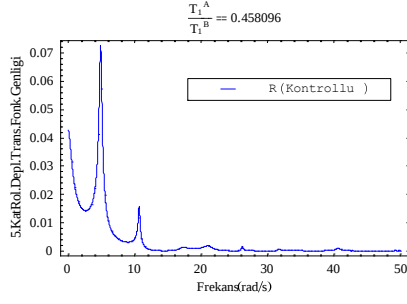
Şekil Ek-C.11. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



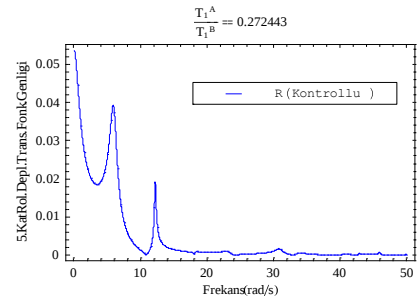
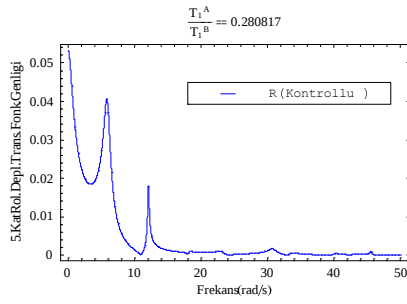
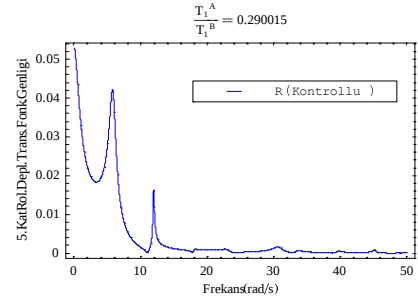
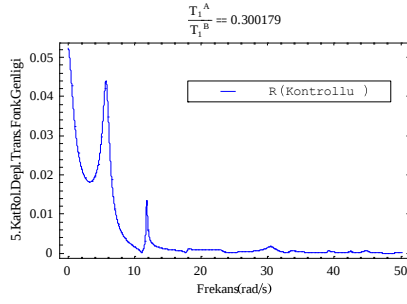
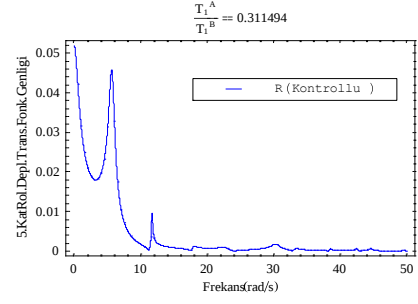
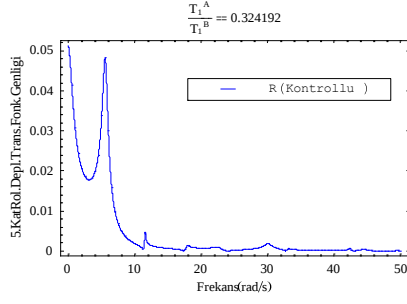
Şekil Ek-C.12. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



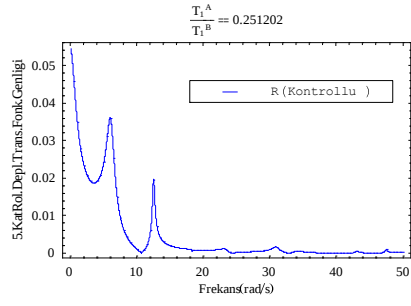
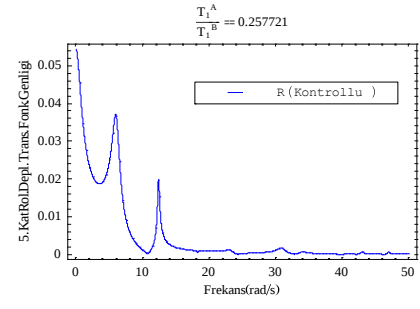
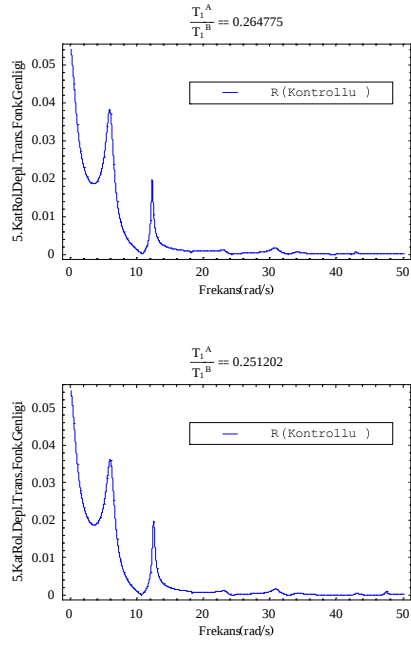
Şekil Ek-C.13. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri



Şekil Ek-C.14. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri

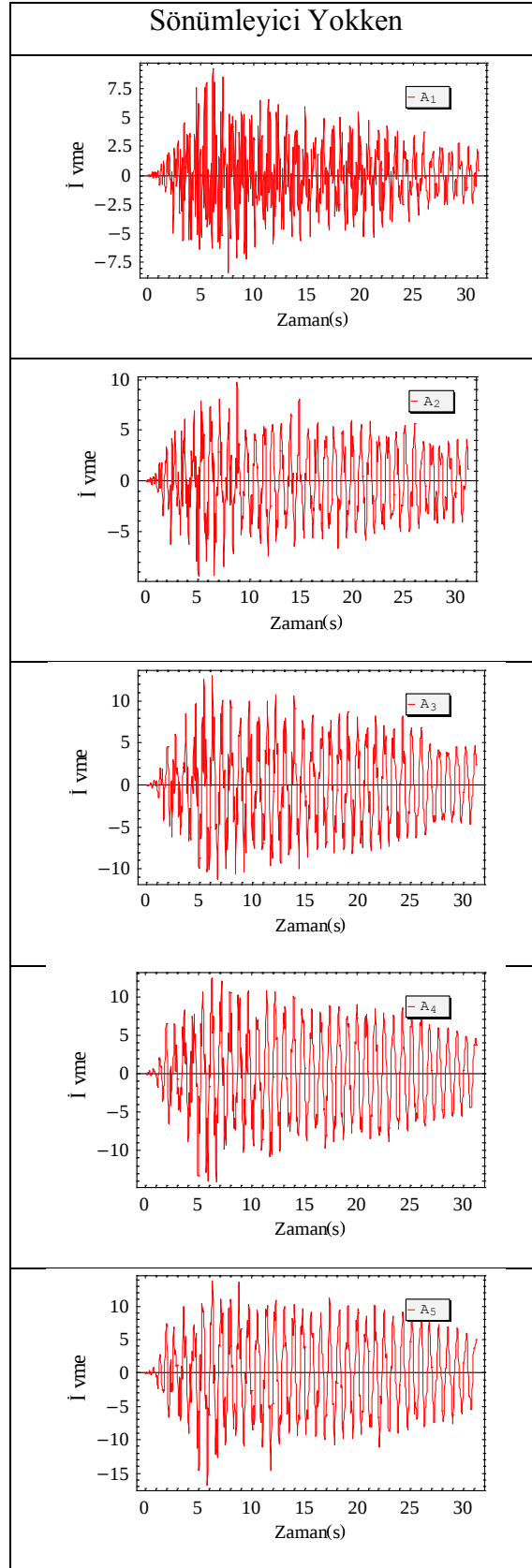


Şekil Ek-C.15. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri

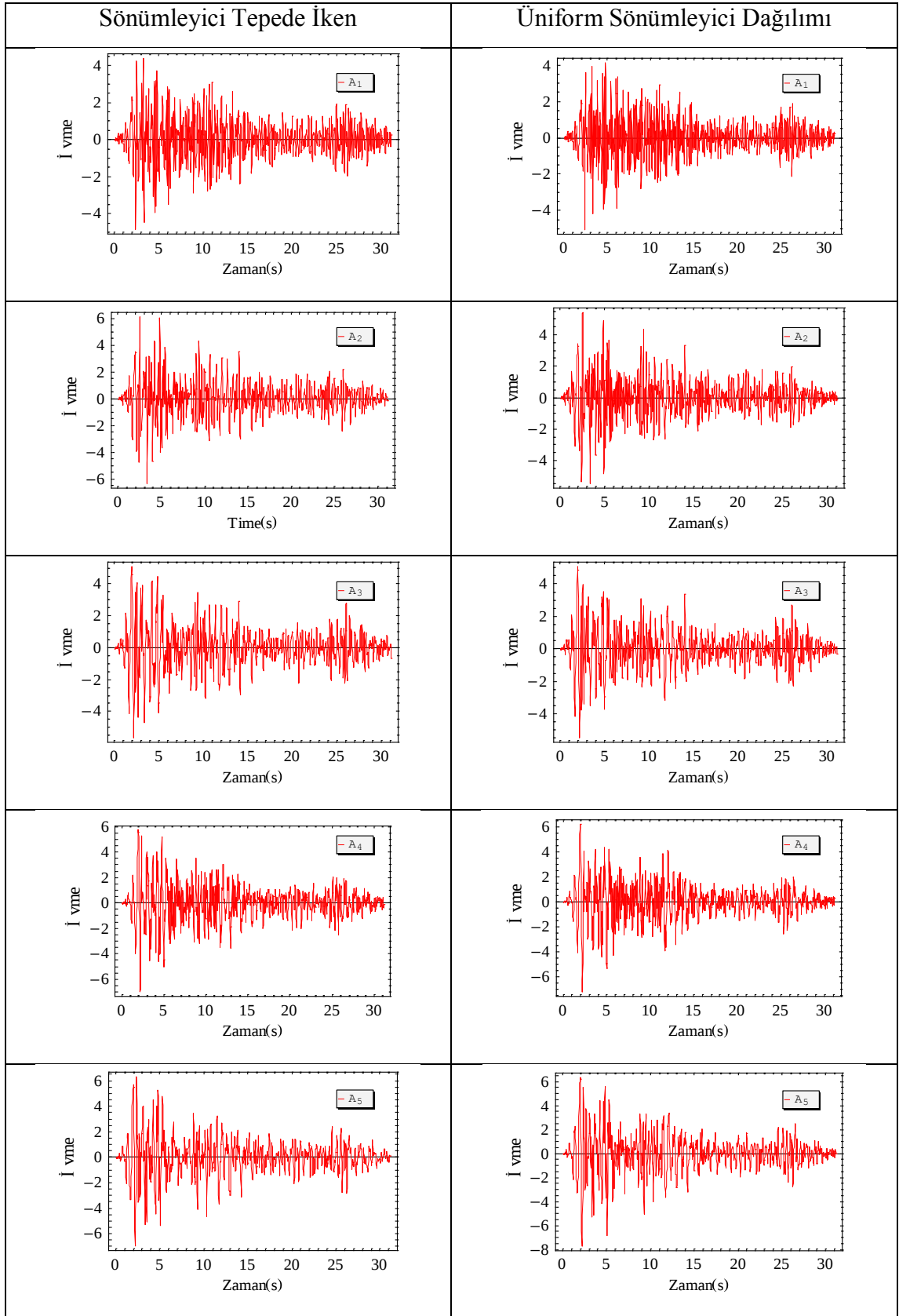


Şekil Ek-C.16. Farklı T_a/T_b oranlarında 5.kat rölatif deplasmanı transfer fonksiyonu genliği-frekans eğrileri

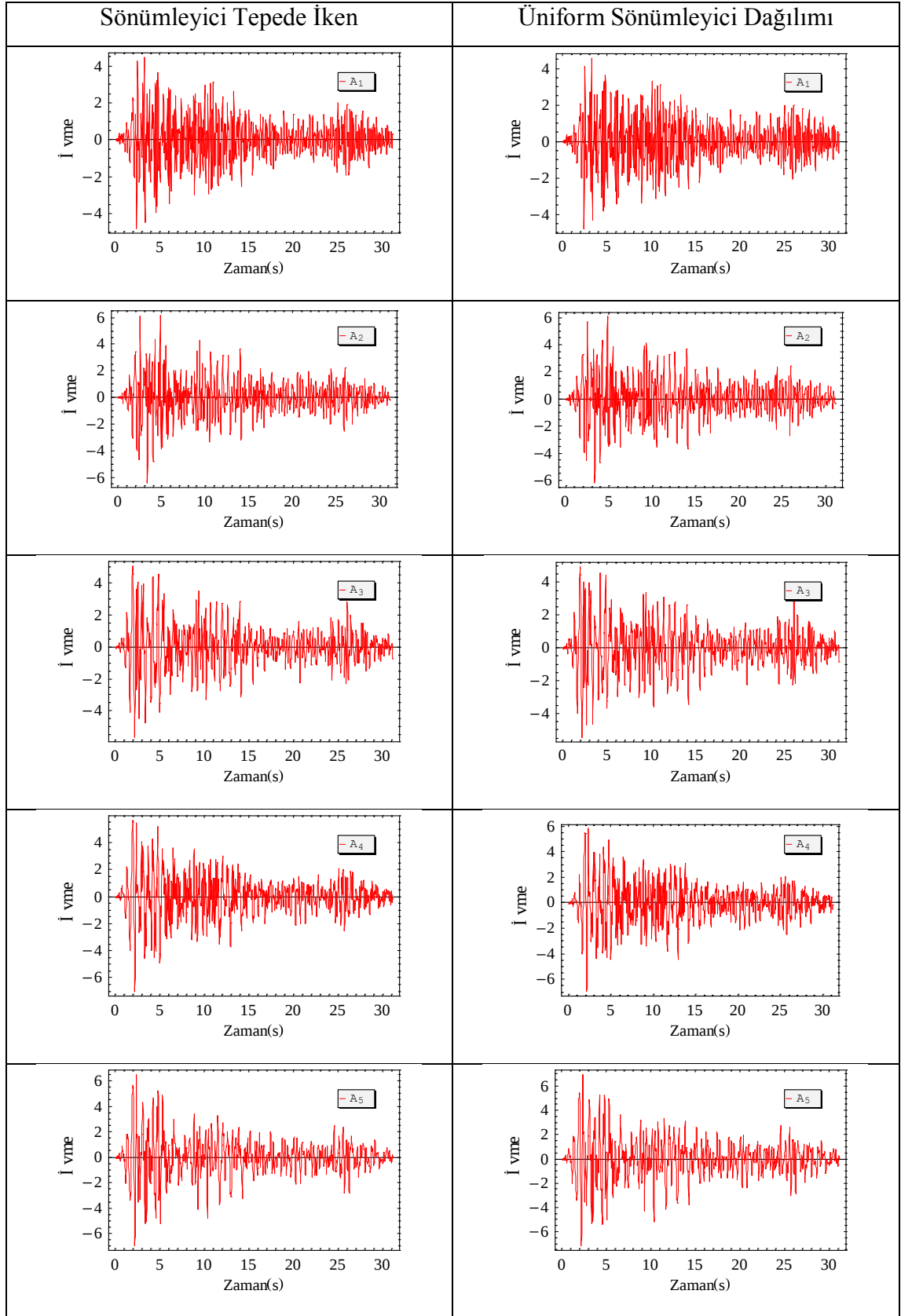
EK-D



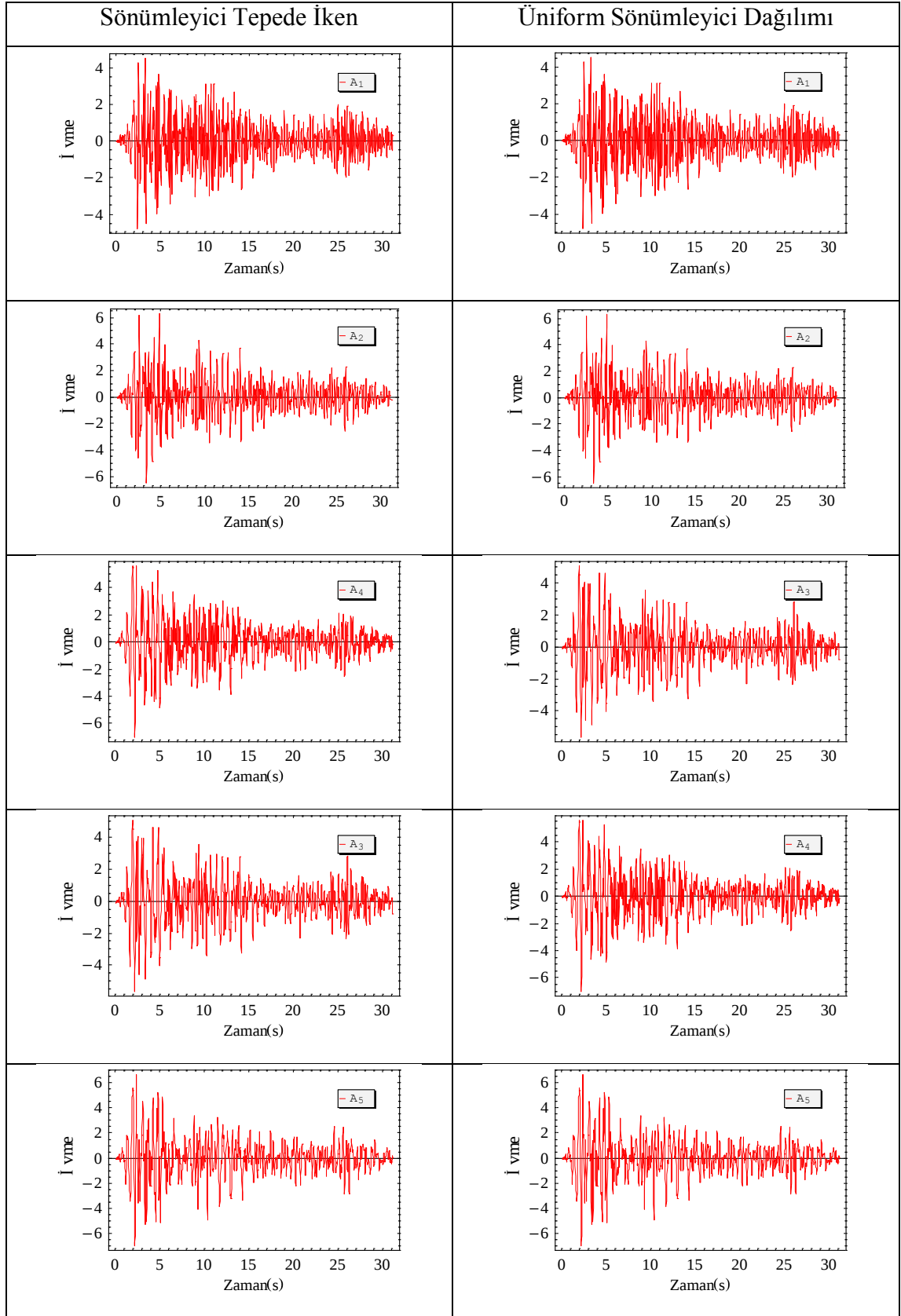
Şekil Ek-D.1. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönümleyicinin olmadığı durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



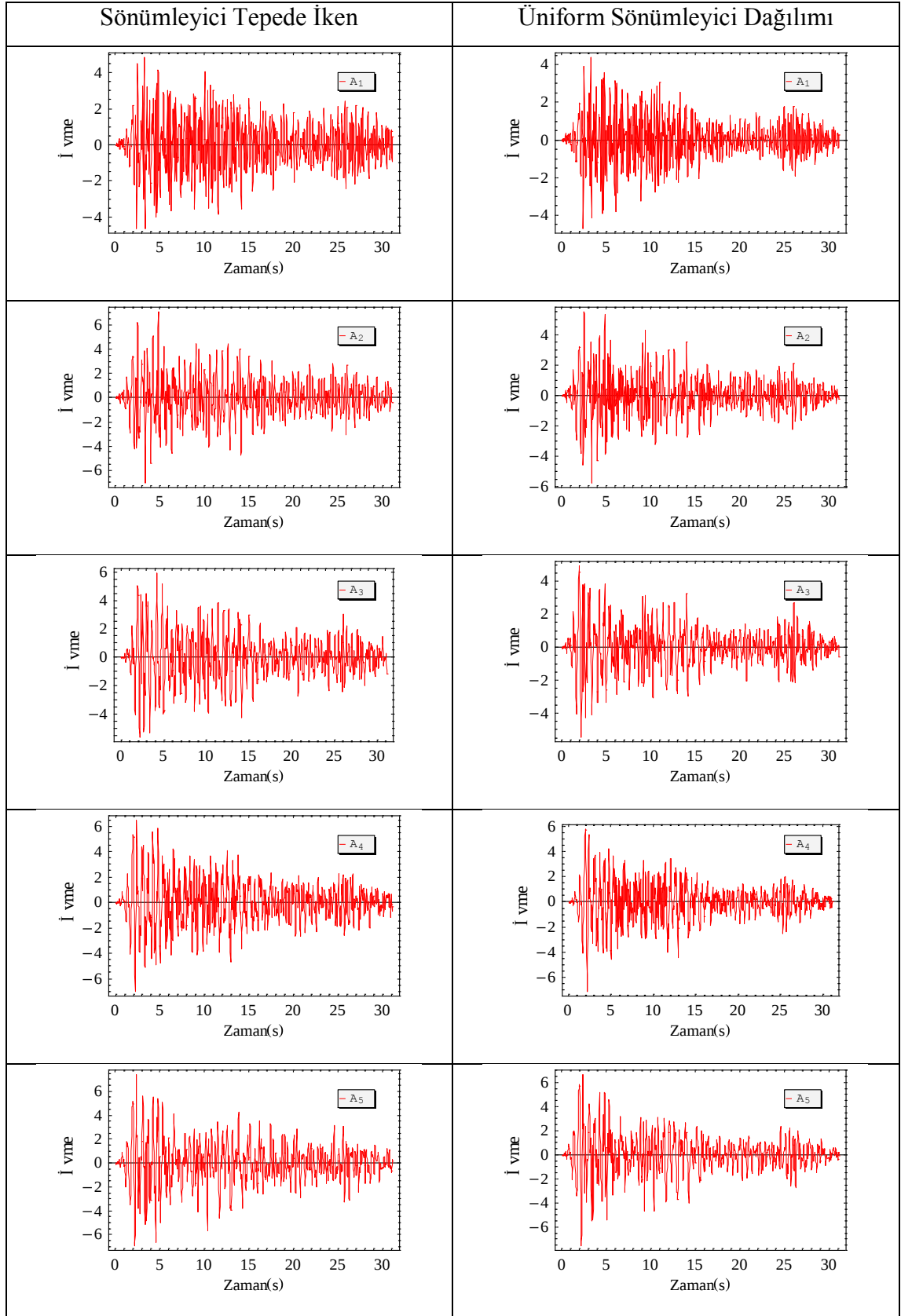
Şekil Ek-D.2. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0.8 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



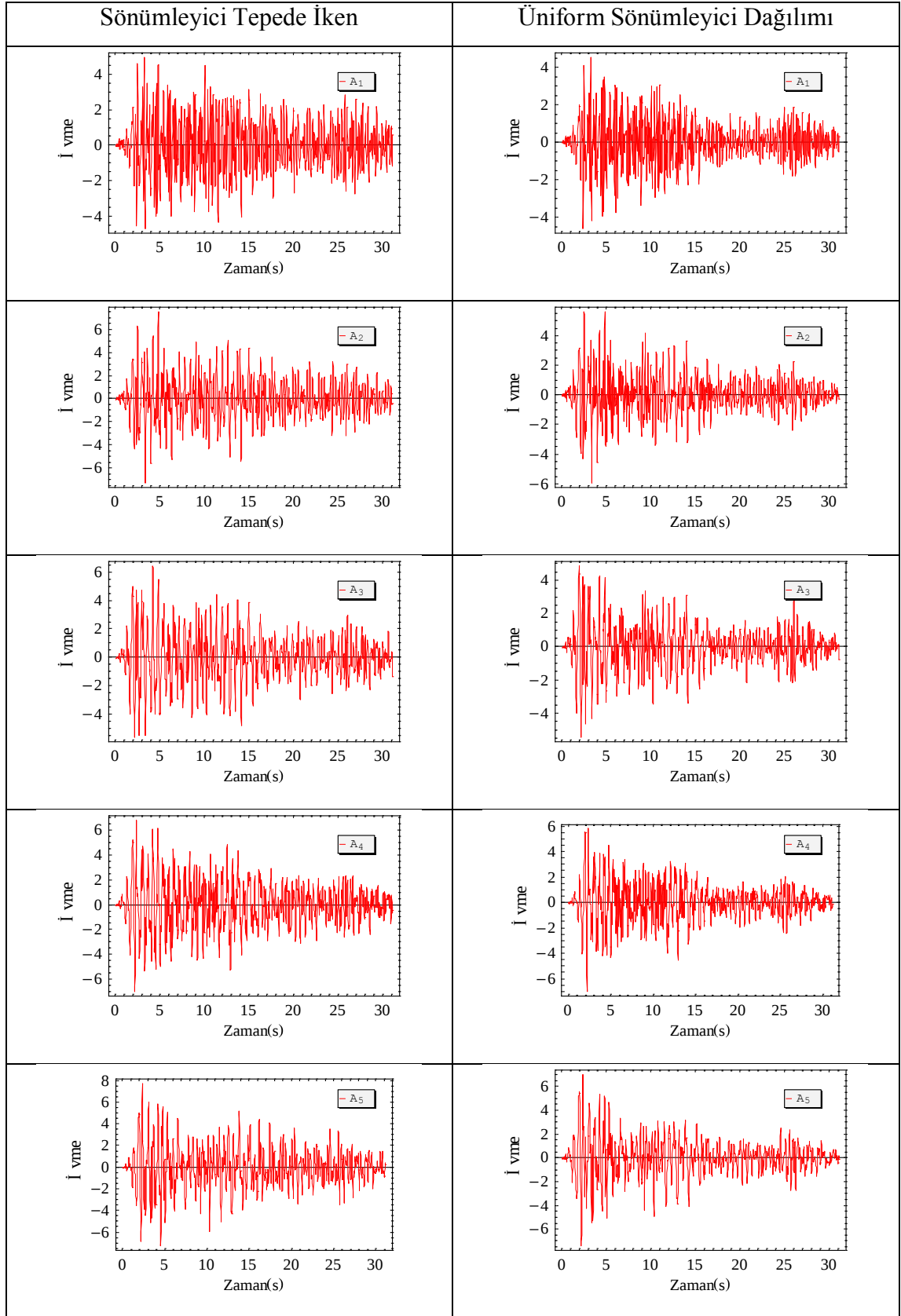
Şekil Ek-D.3. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=0.9 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



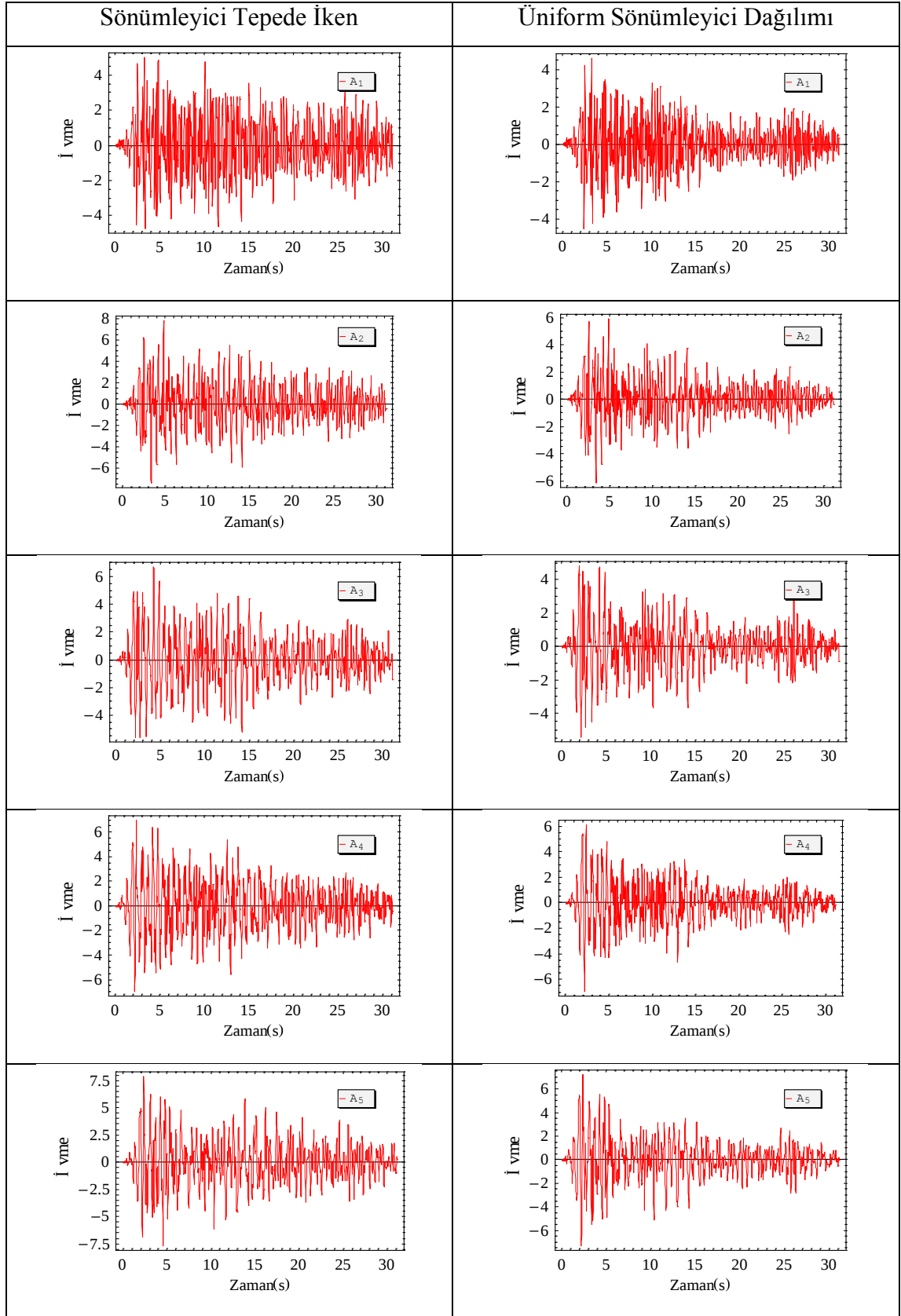
Şekil Ek-D.4. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=1 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



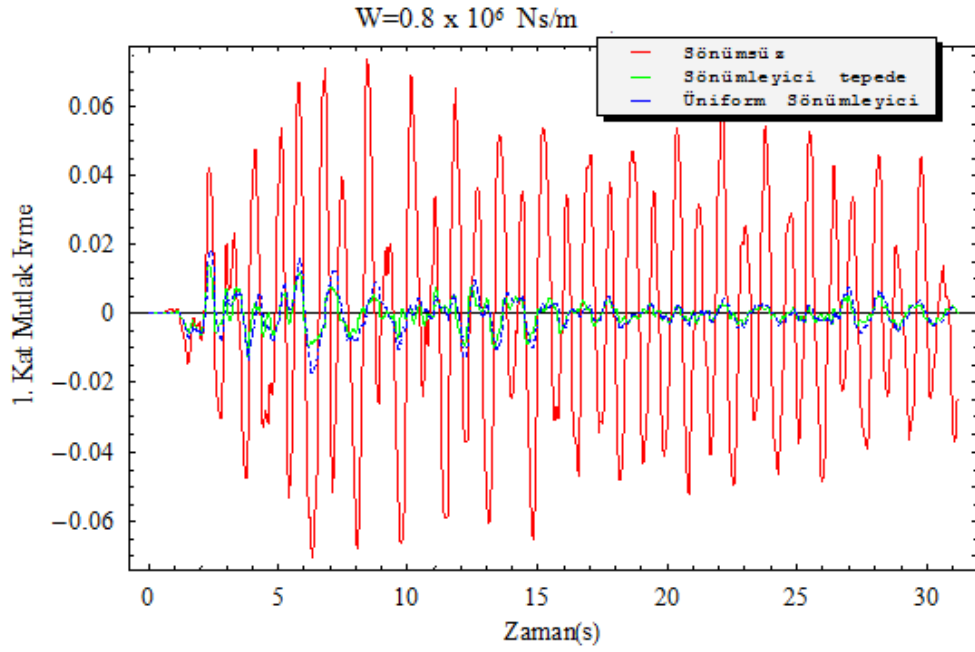
Şekil Ek-D.5. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=2 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



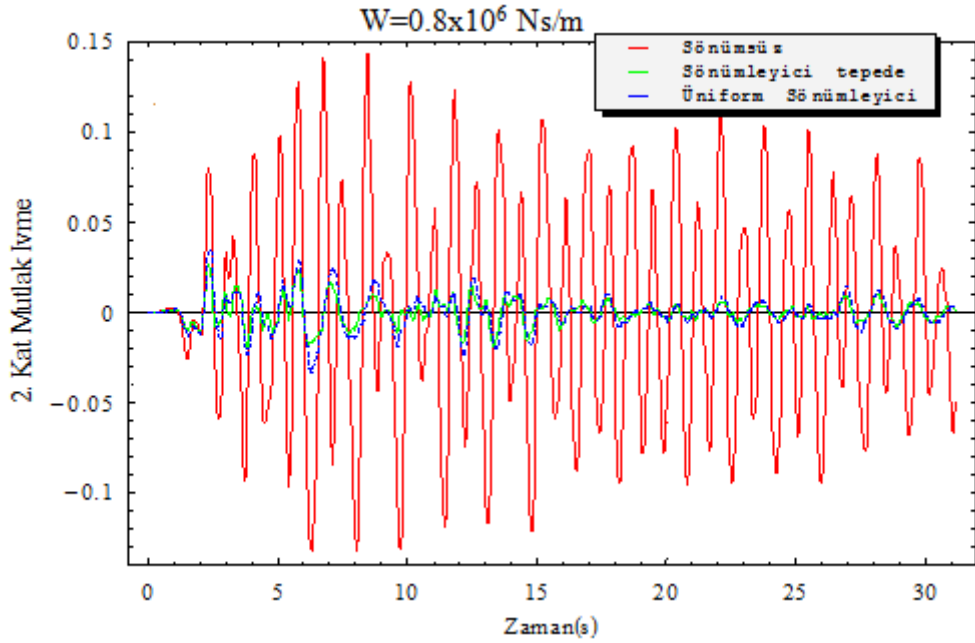
Şekil Ek-D.6. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=3 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



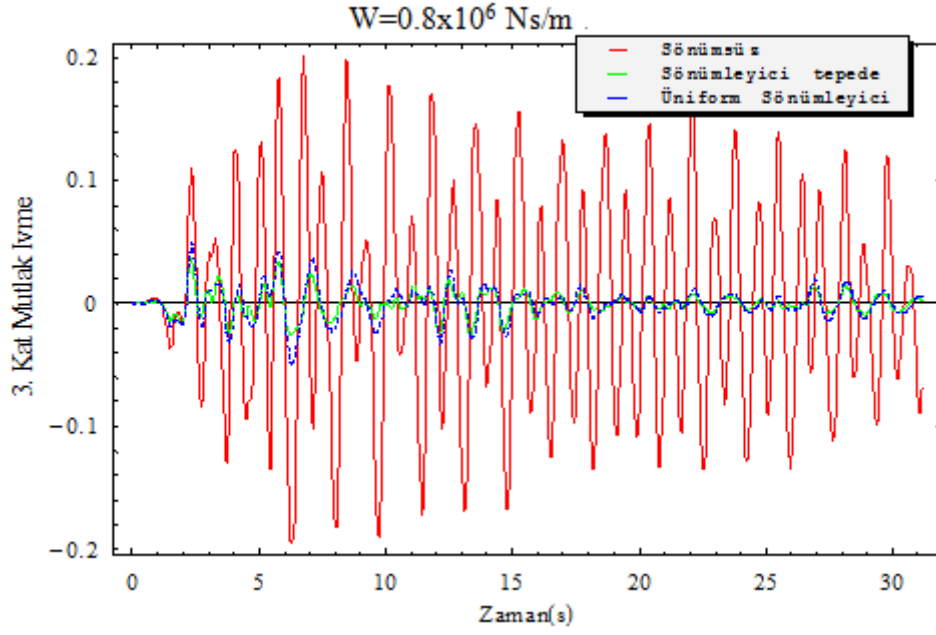
Şekil Ek-D.7. 1., 2., 3., 4., ve 5., kat için sönüm değerinin $W=4 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı ivme değişimi grafikleri



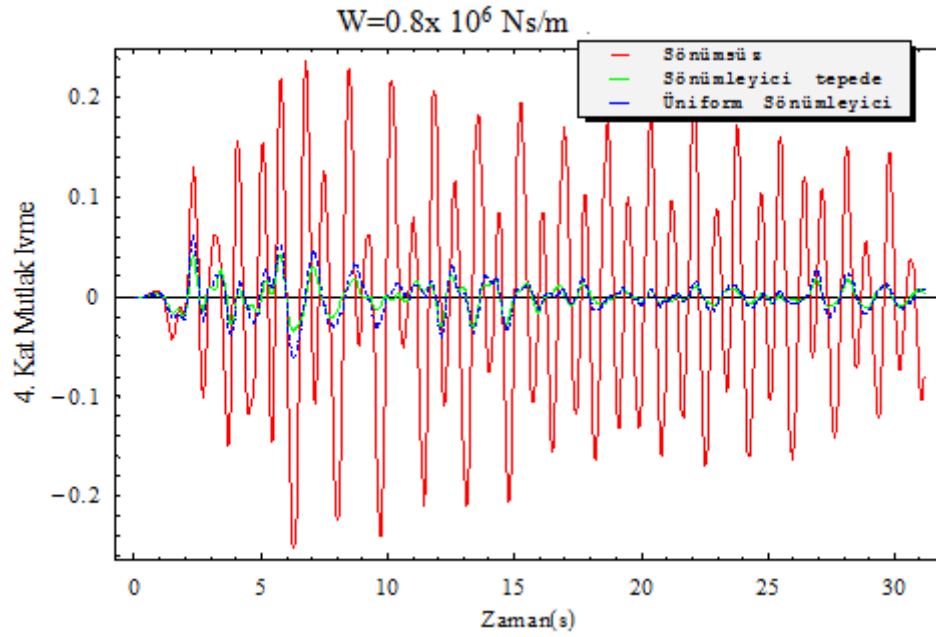
Şekil Ek-D.8. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



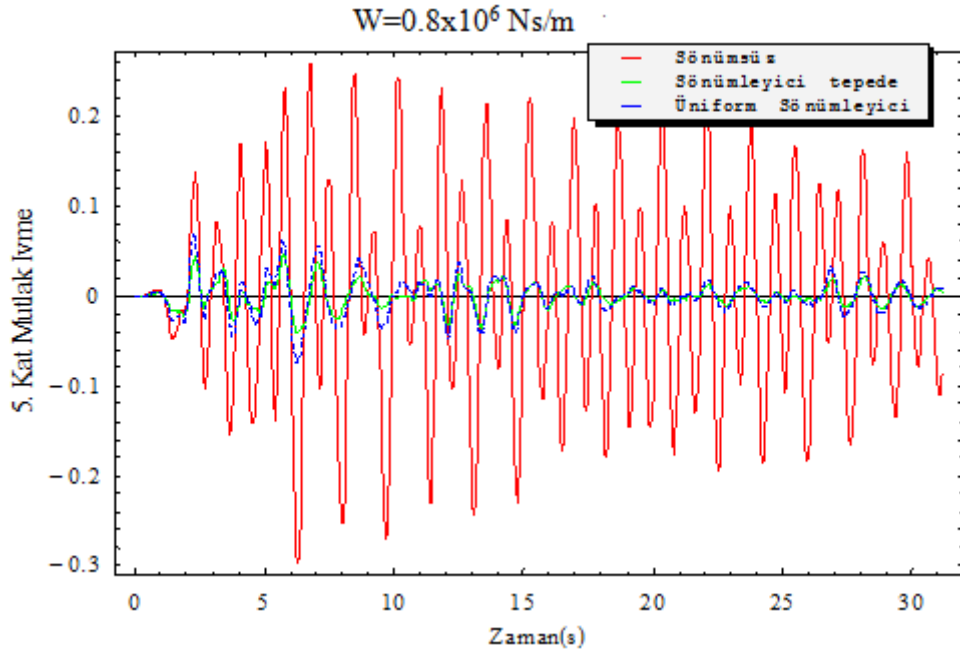
Şekil Ek-D.9. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



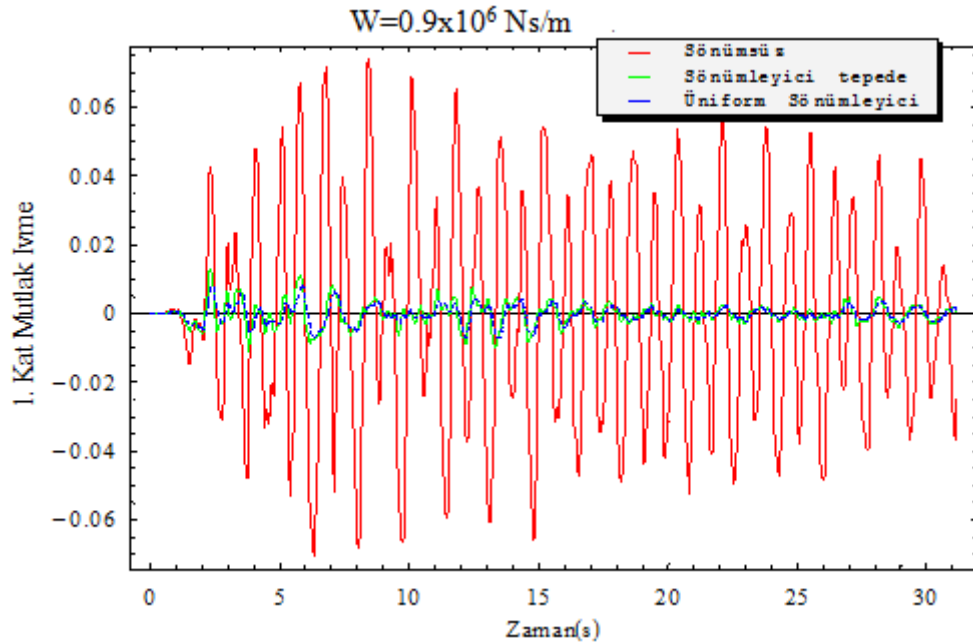
Şekil Ek-D.10. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



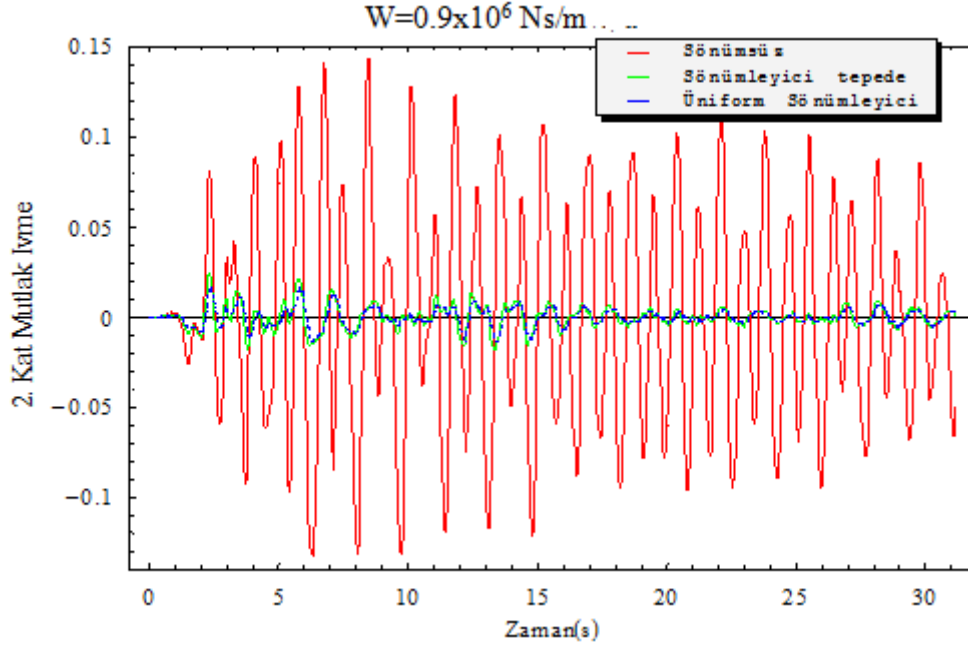
Şekil Ek-D.11. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



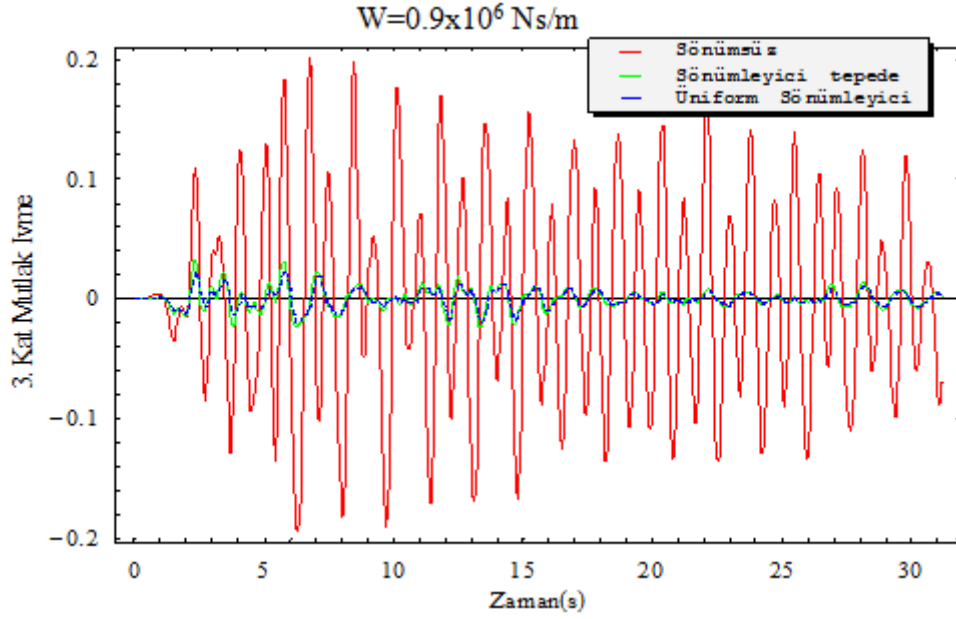
Şekil Ek-D.12. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.8 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



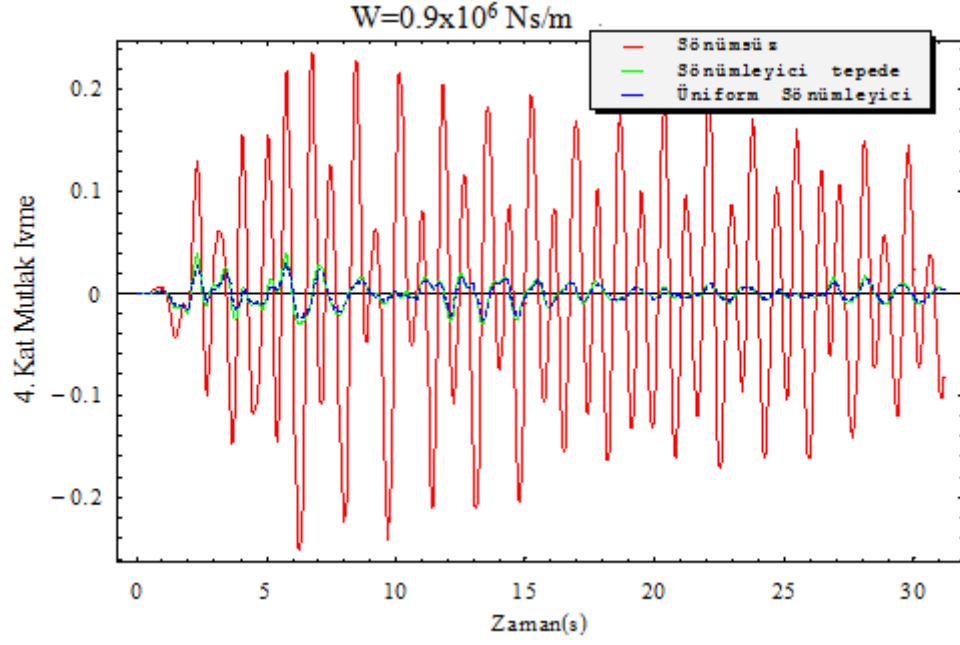
Şekil Ek-D.13. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



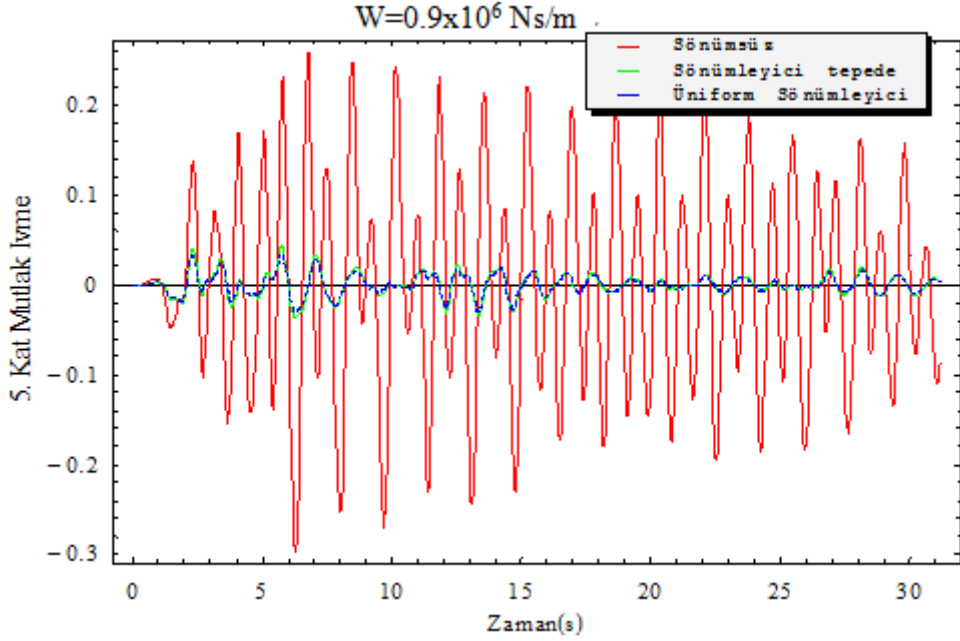
Şekil Ek-D.14. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



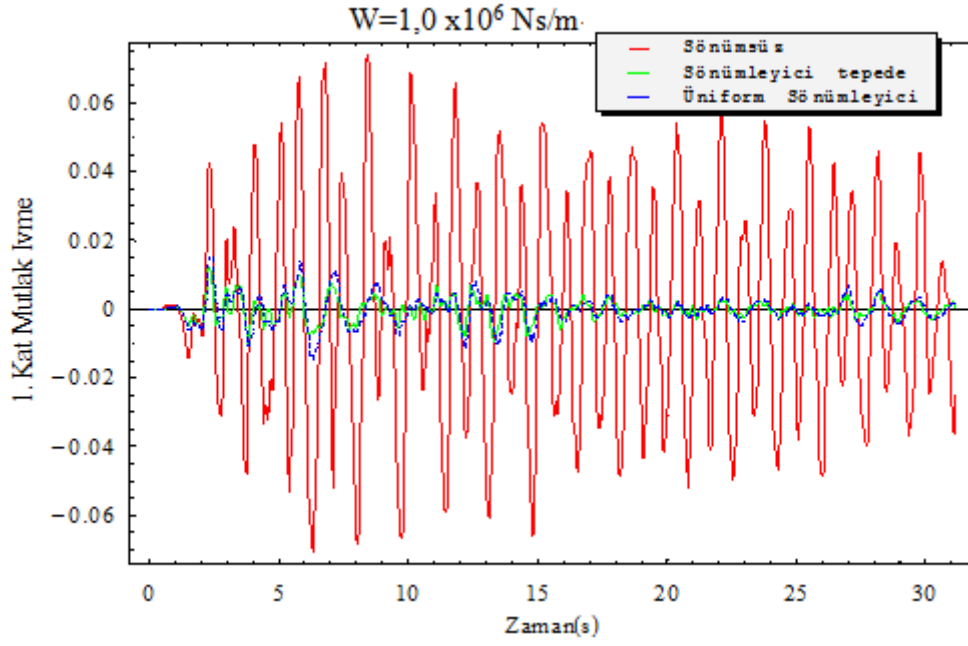
Şekil Ek-D.15. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



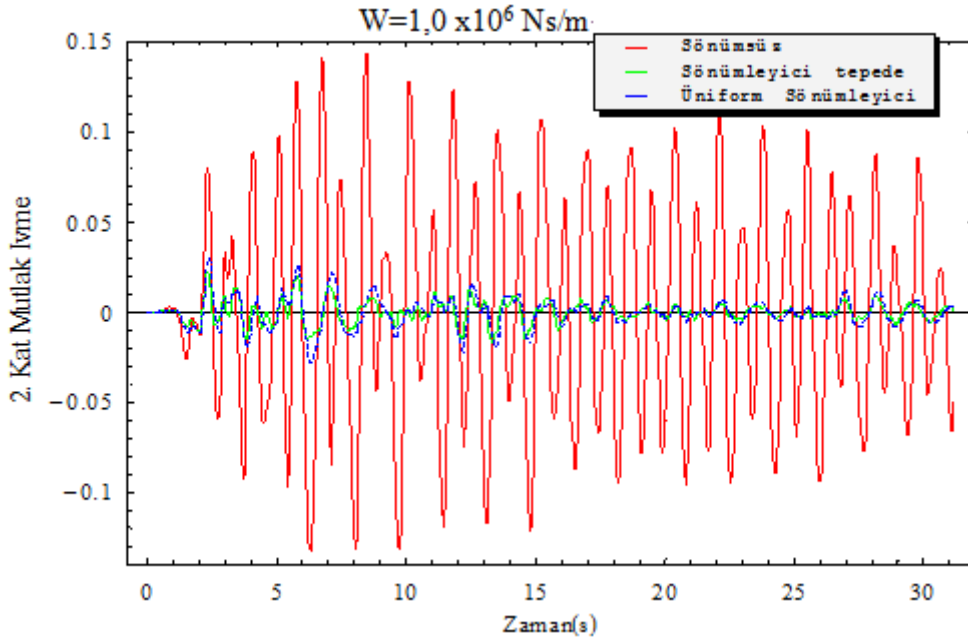
Şekil Ek-D.16. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



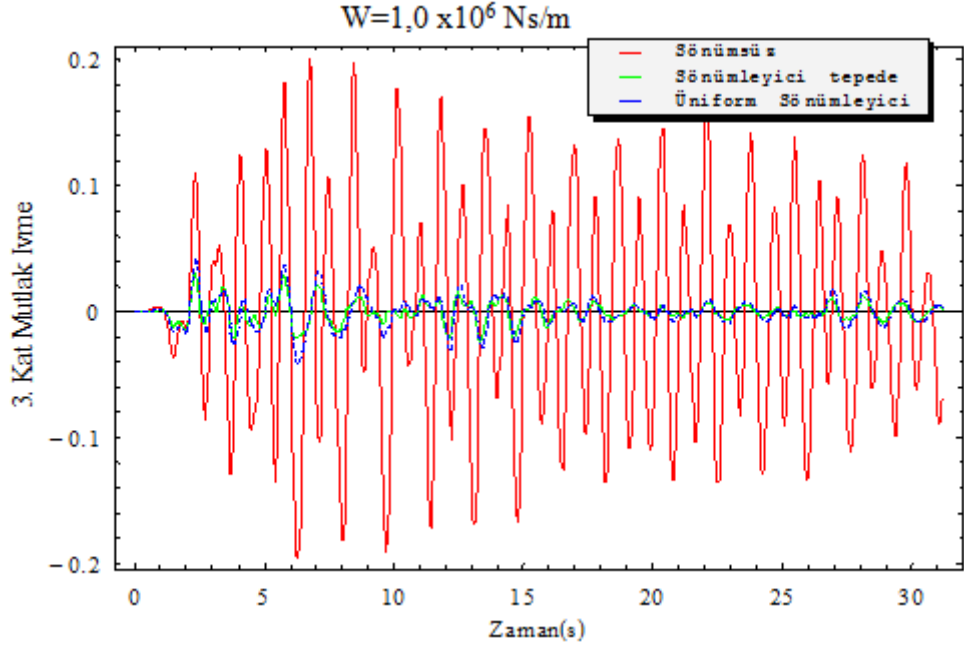
Şekil Ek-D.17. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=0.9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



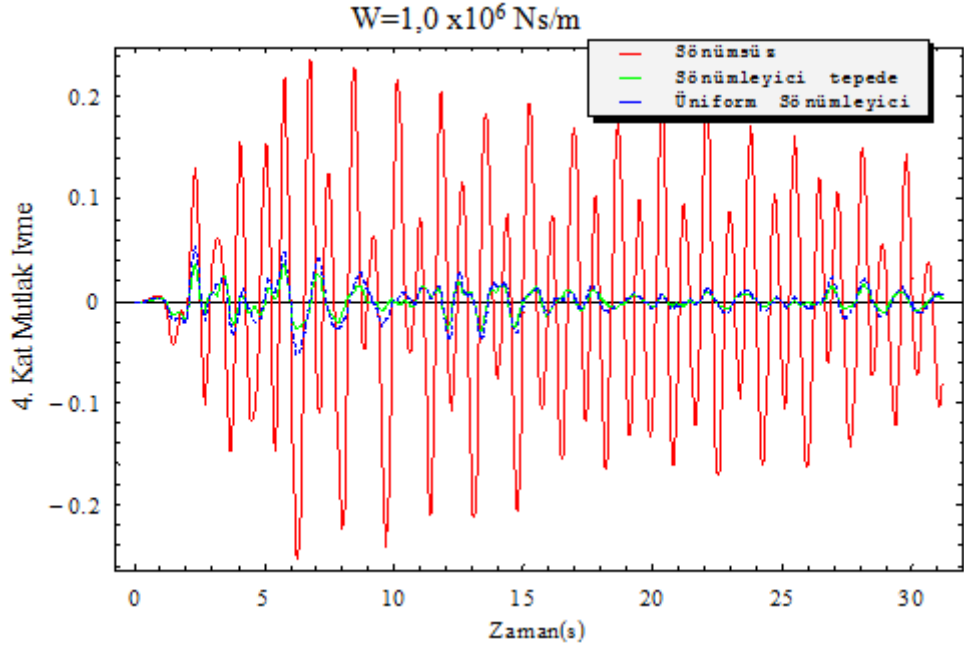
Şekil Ek-D.18. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1,0 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



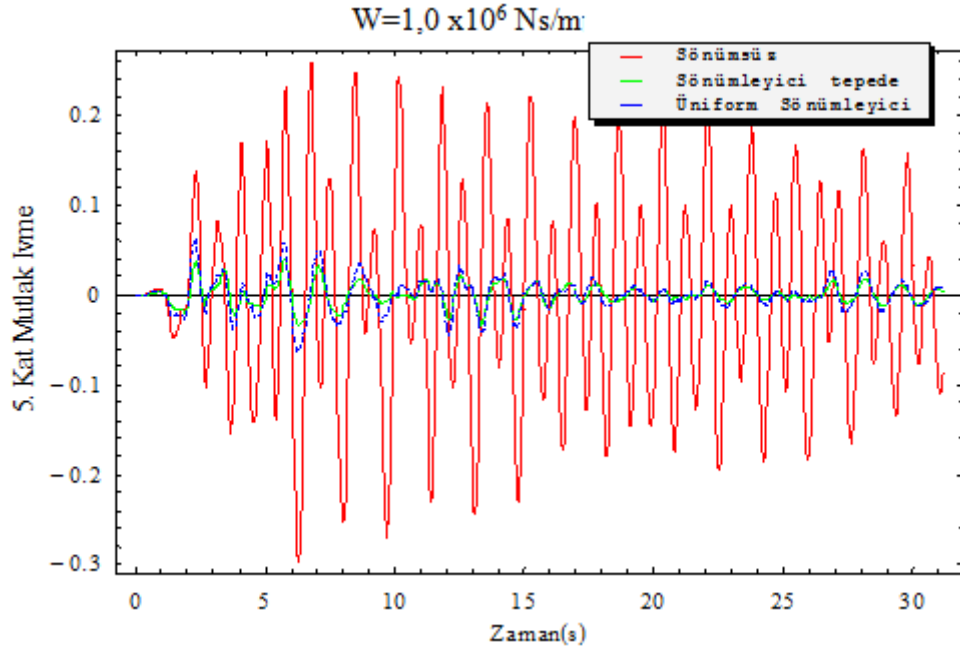
Şekil Ek-D.19. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1,0 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



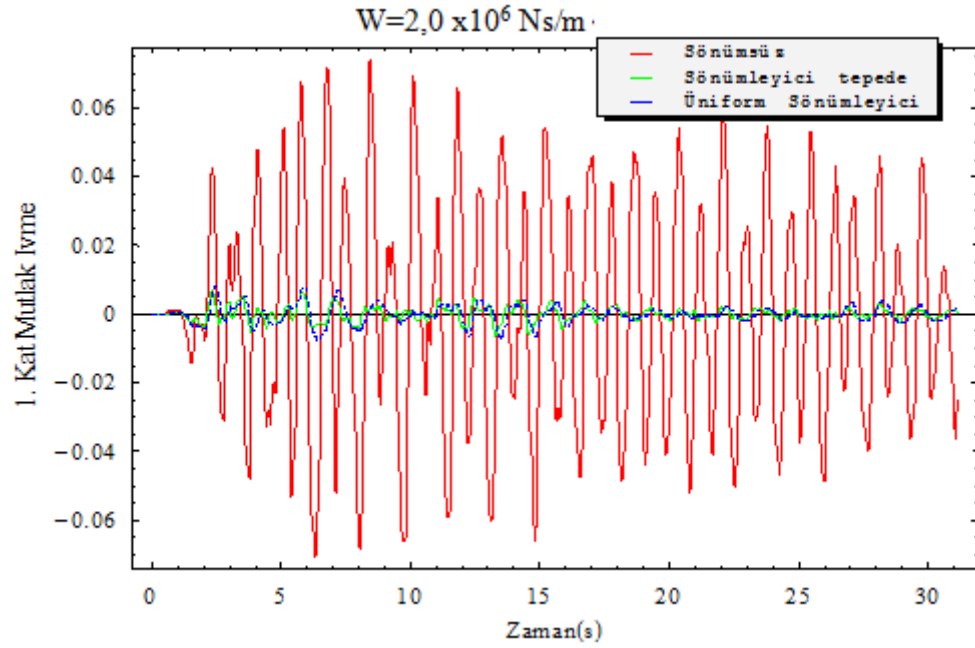
Şekil Ek-D.20. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1,0 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



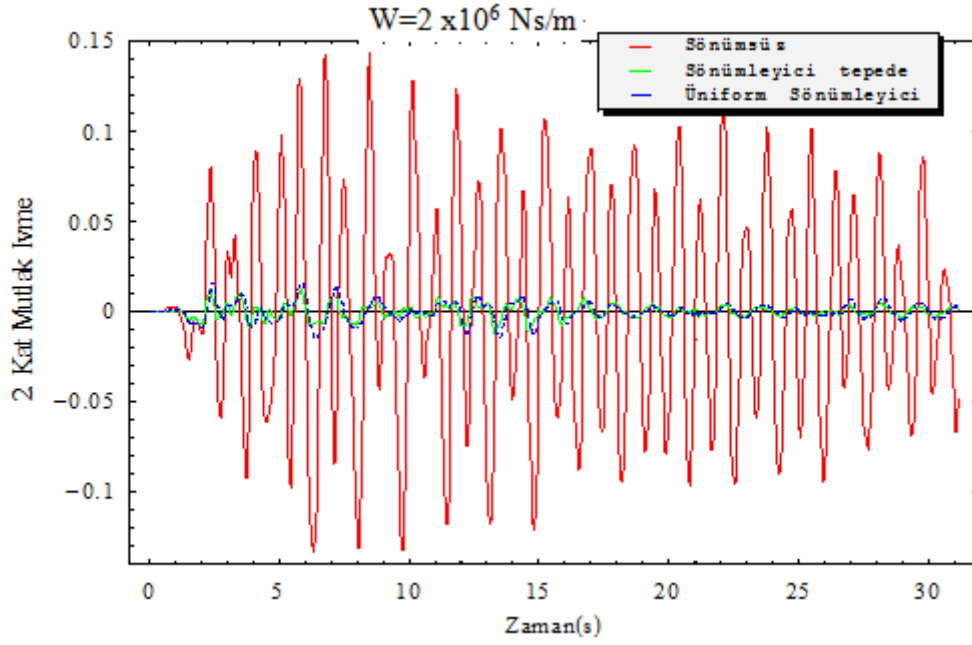
Şekil Ek-D.21. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1,0 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



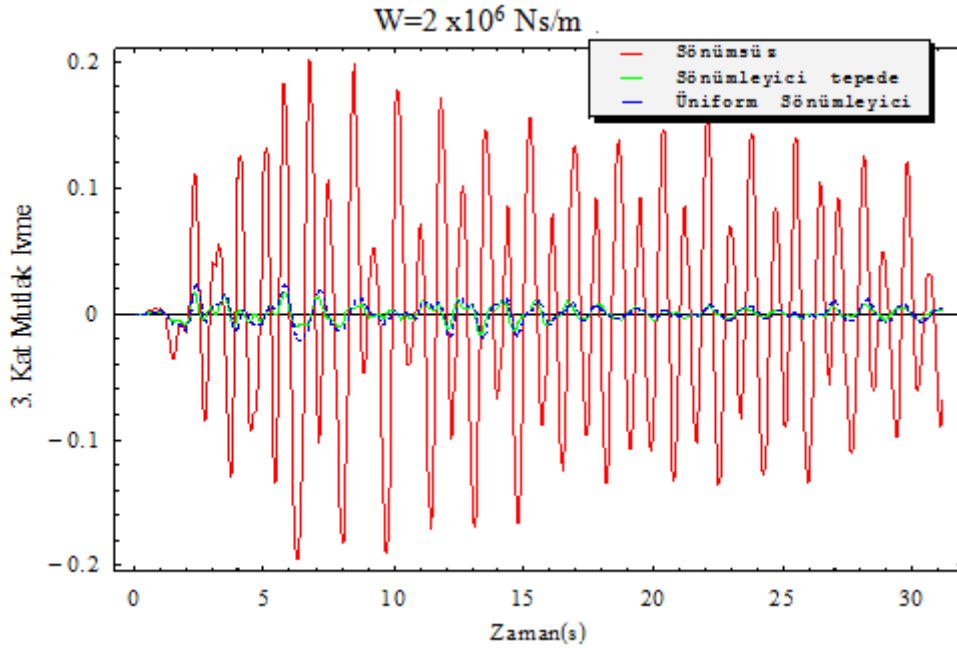
Şekil Ek-D.22. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=1,0 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



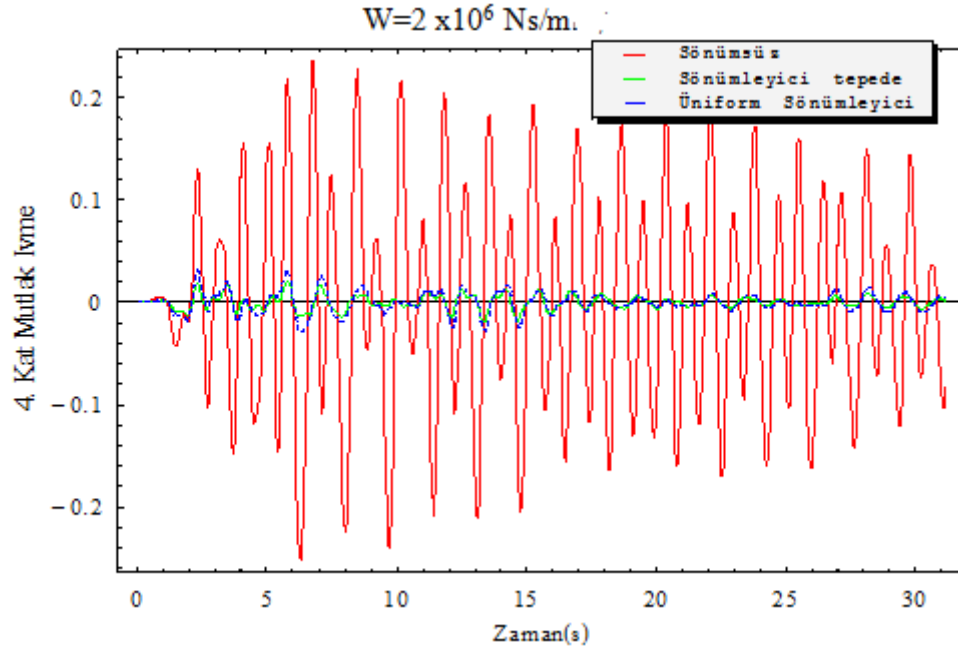
Şekil Ek-D.23. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2,0 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



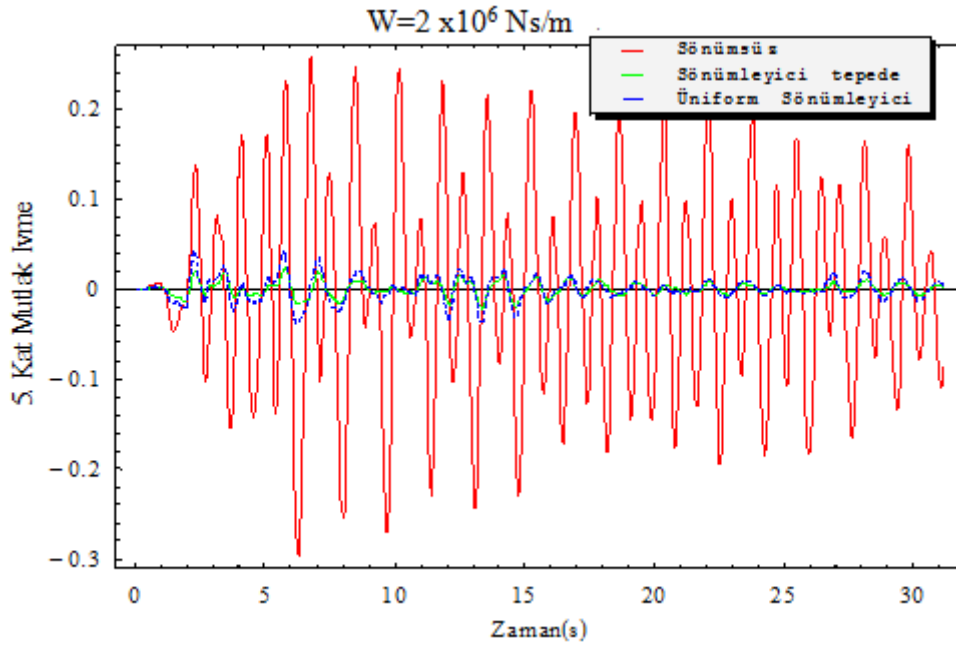
Şekil Ek-D.24. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



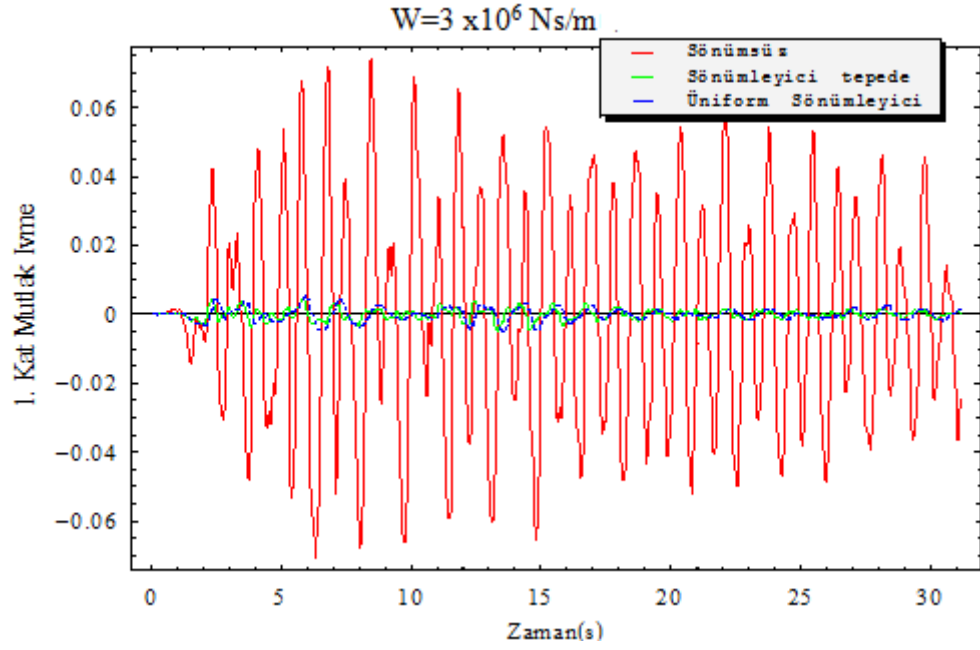
Şekil Ek-D.25. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



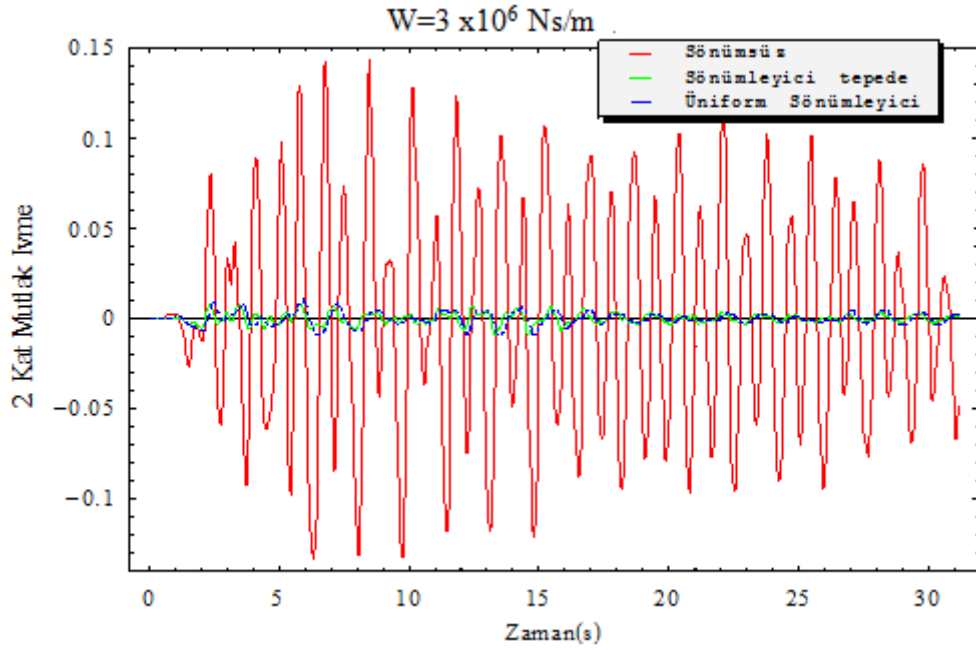
Şekil Ek-D.26. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



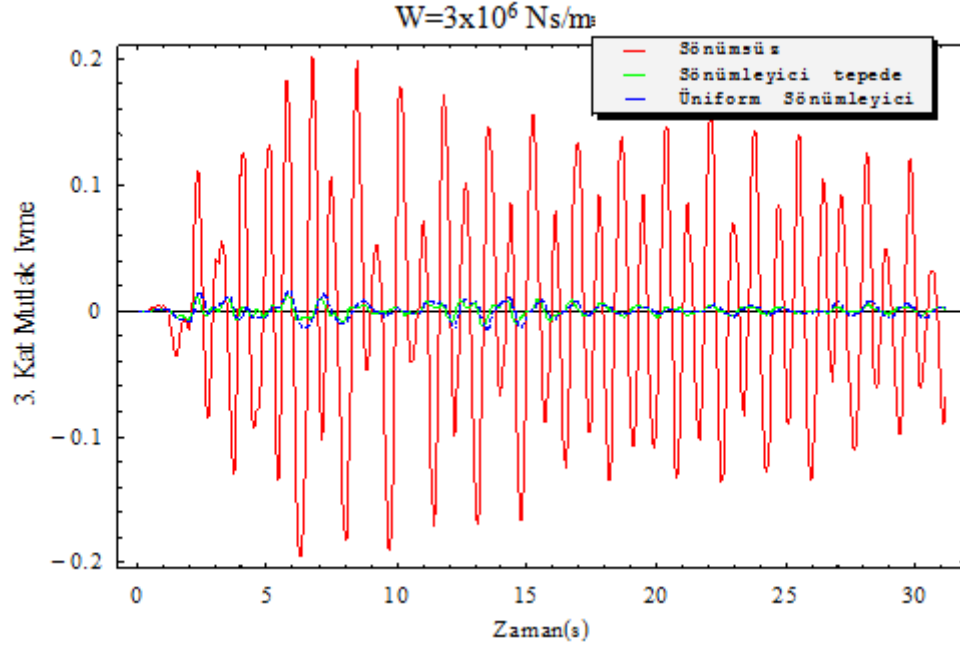
Şekil Ek-D.27. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



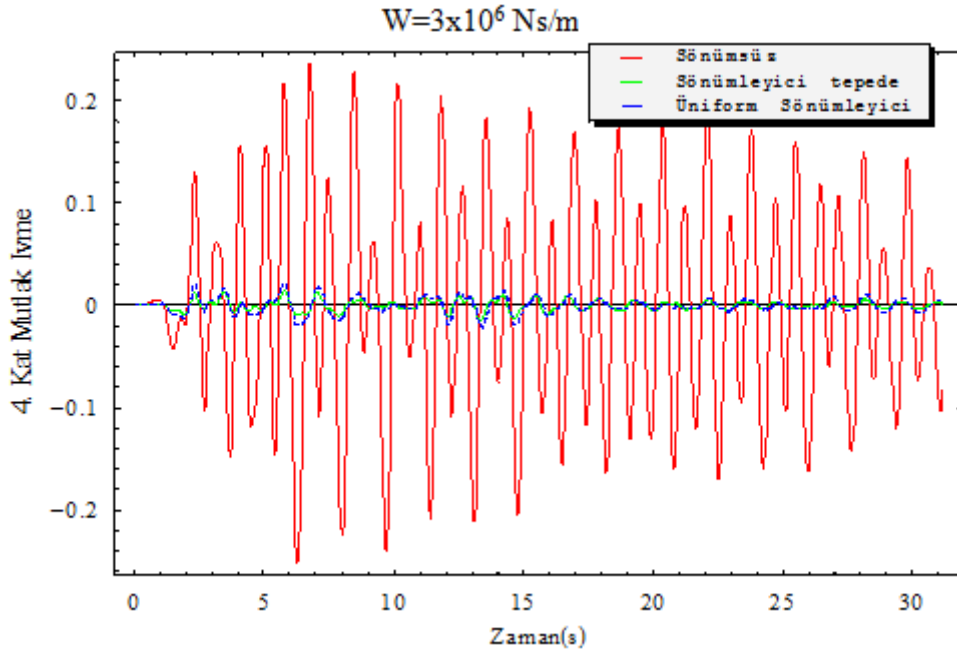
Şekil Ek-D.28. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



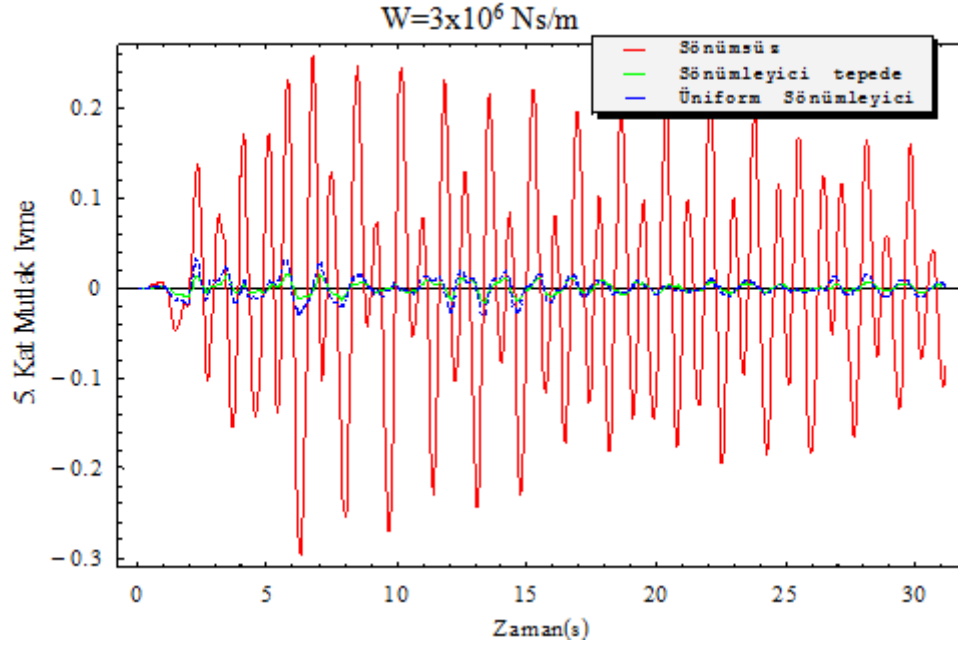
Şekil Ek-D.29. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



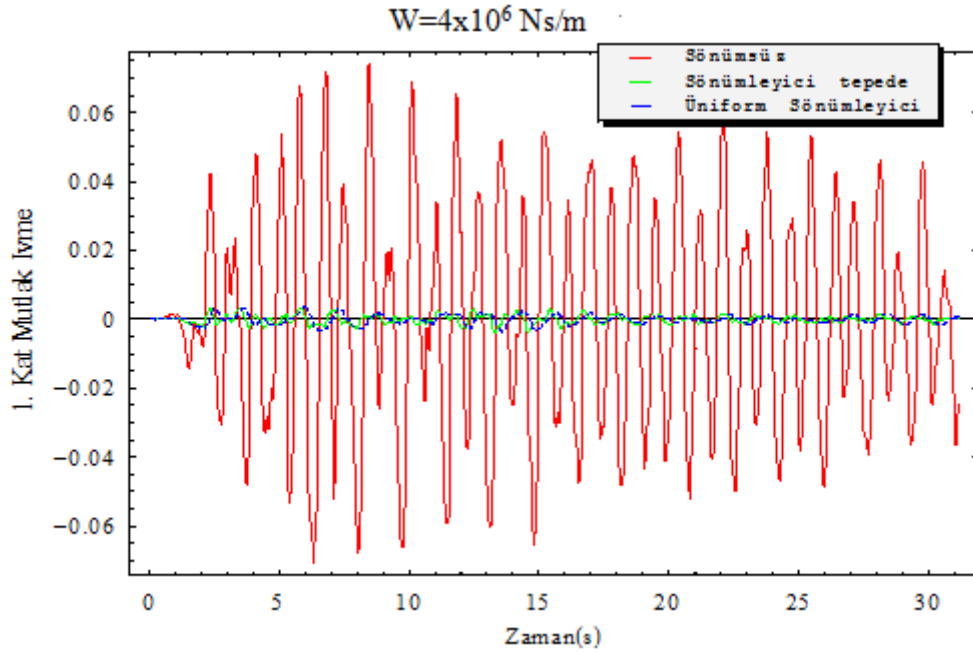
Şekil Ek-D.30. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



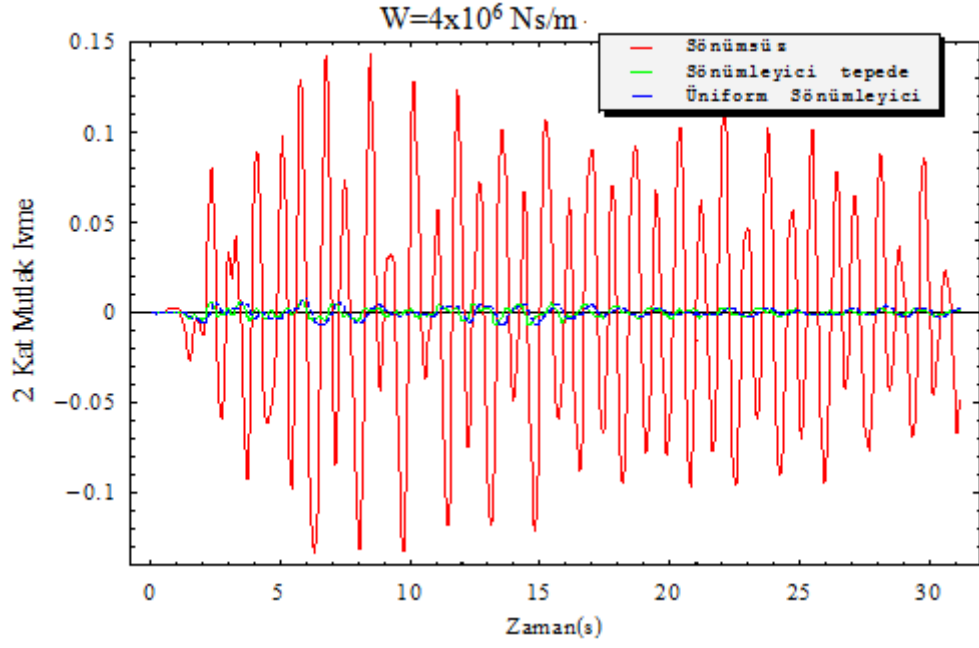
Şekil Ek-D.31. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



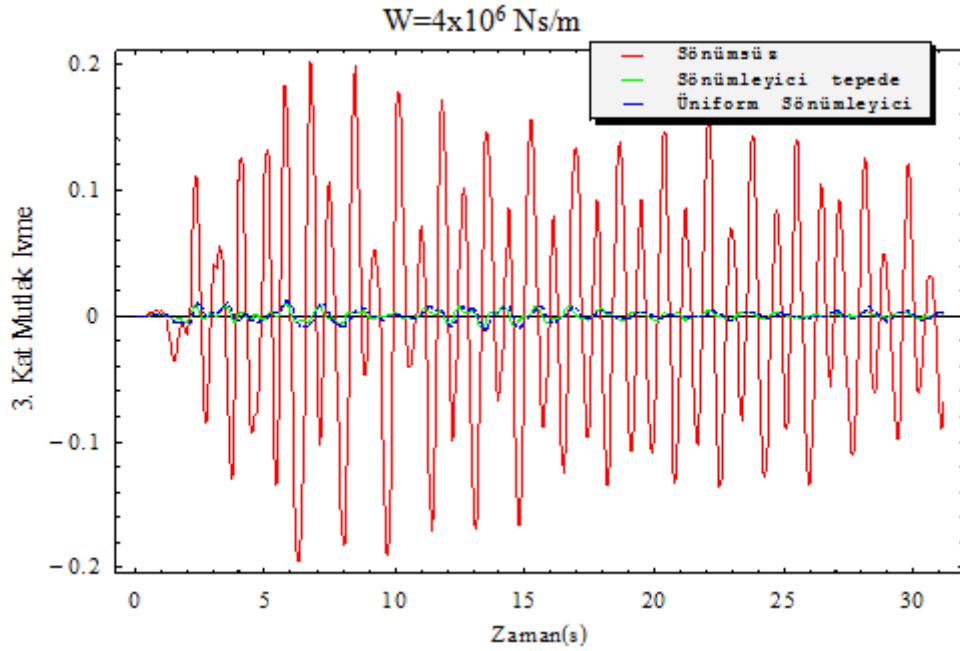
Şekil Ek-D.32. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



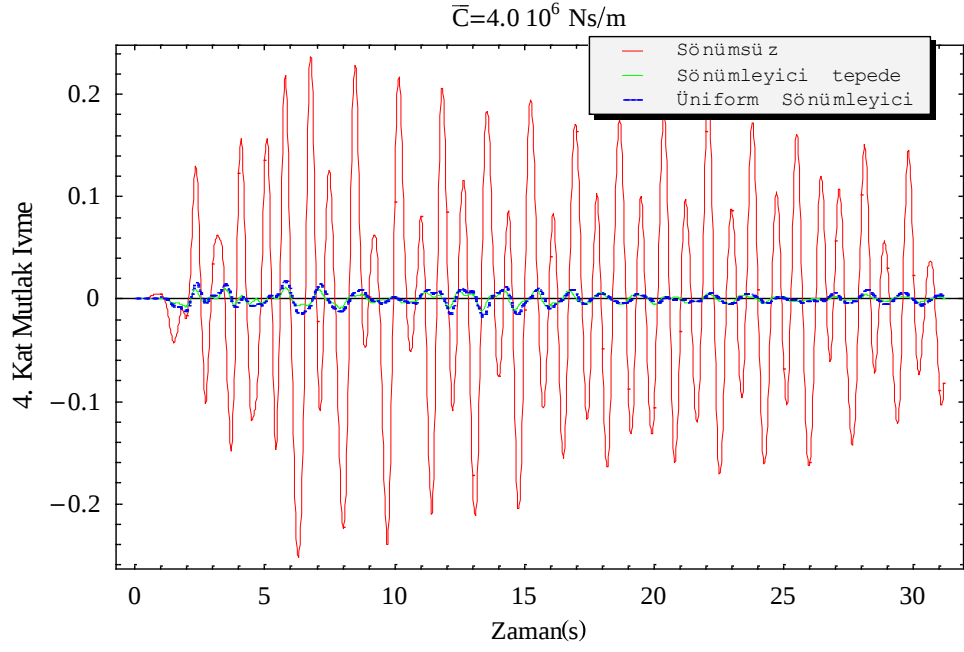
Şekil Ek-D.33. 1.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



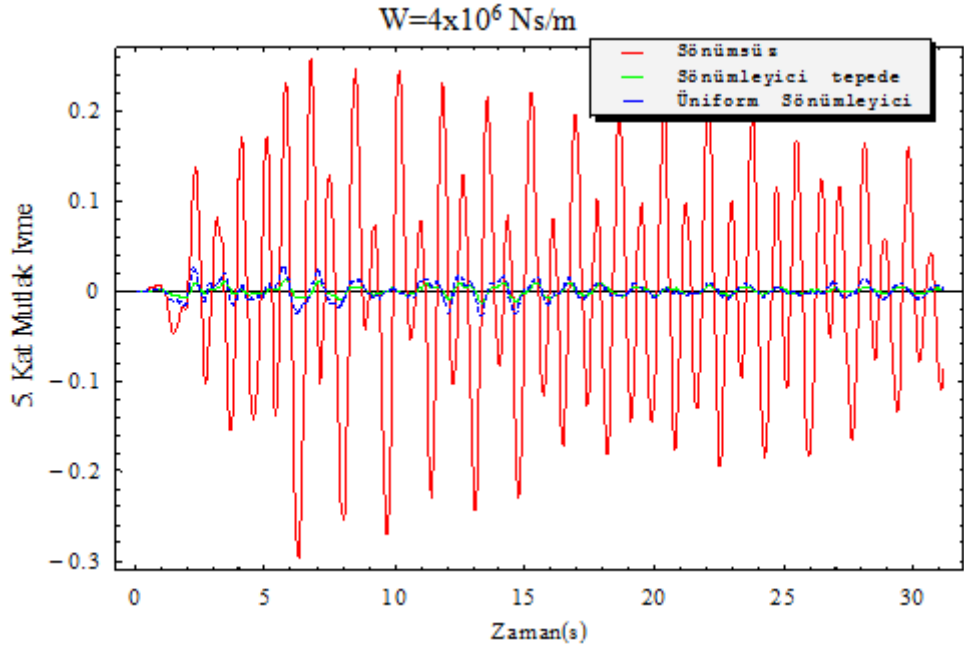
Şekil Ek-D.34. 2.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması



Şekil Ek-D.35. 3.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması

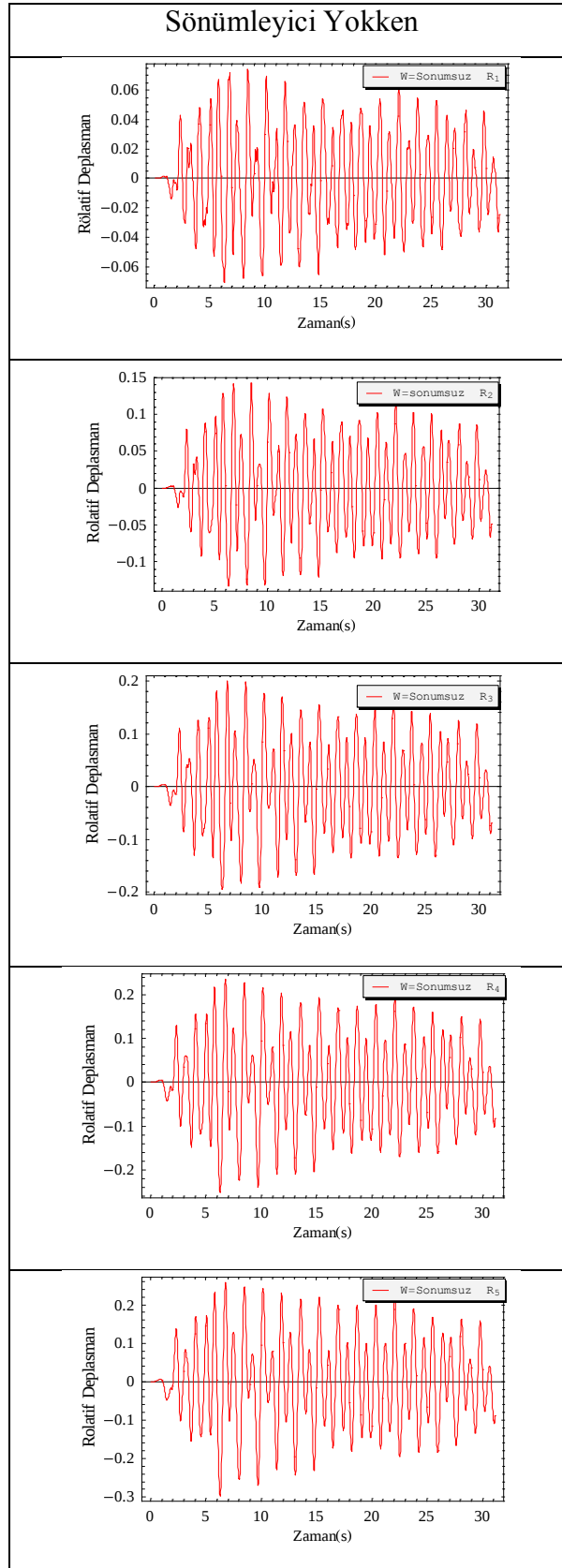


Şekil Ek-D.36. 4.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması

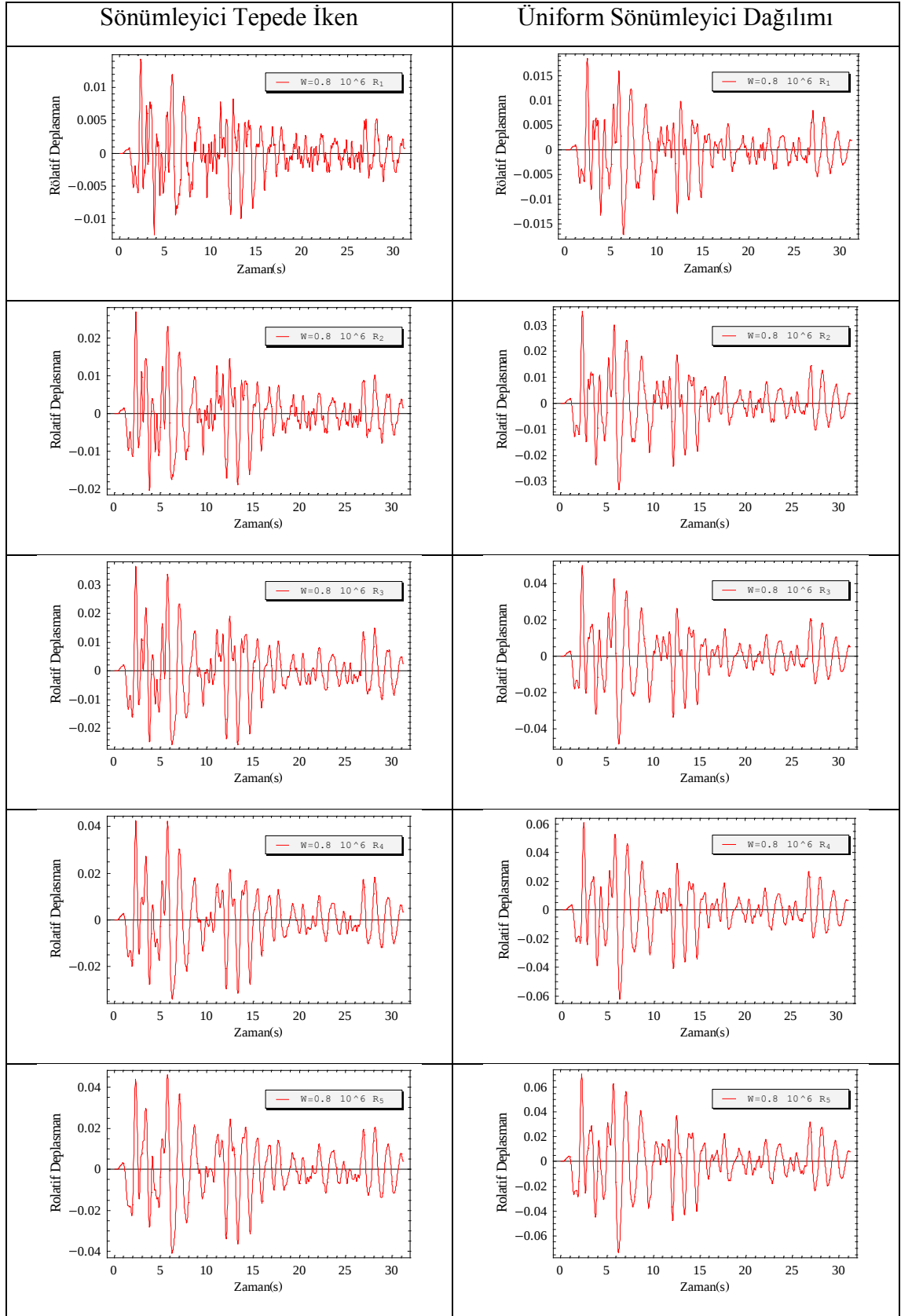


Şekil Ek-D.37. 5.kat için sönümleyicinin olmadığı durumda sönüm değeri $W=4 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumunda zamana bağlı ivme değişimlerinin karşılaştırılması

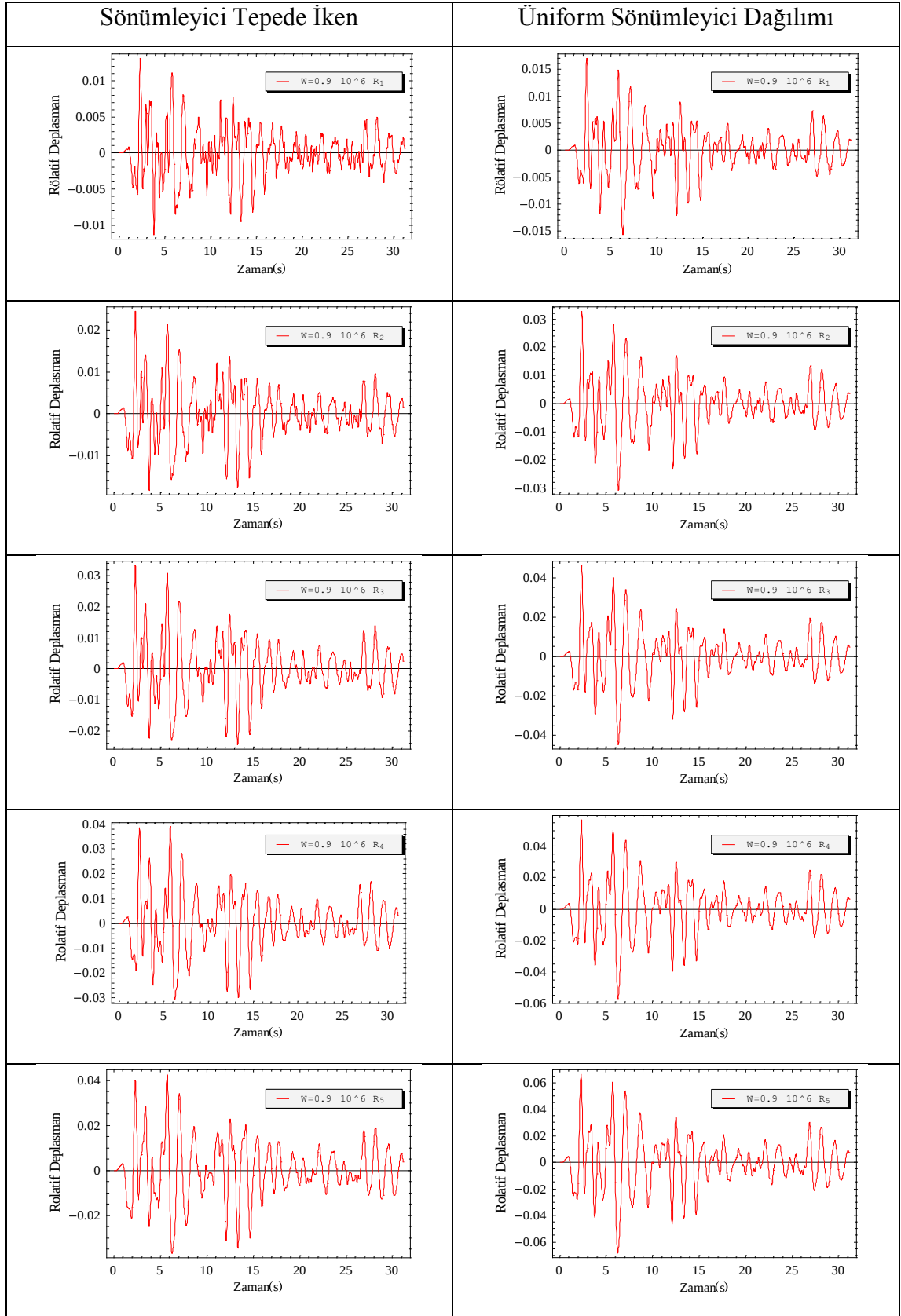
EK-E



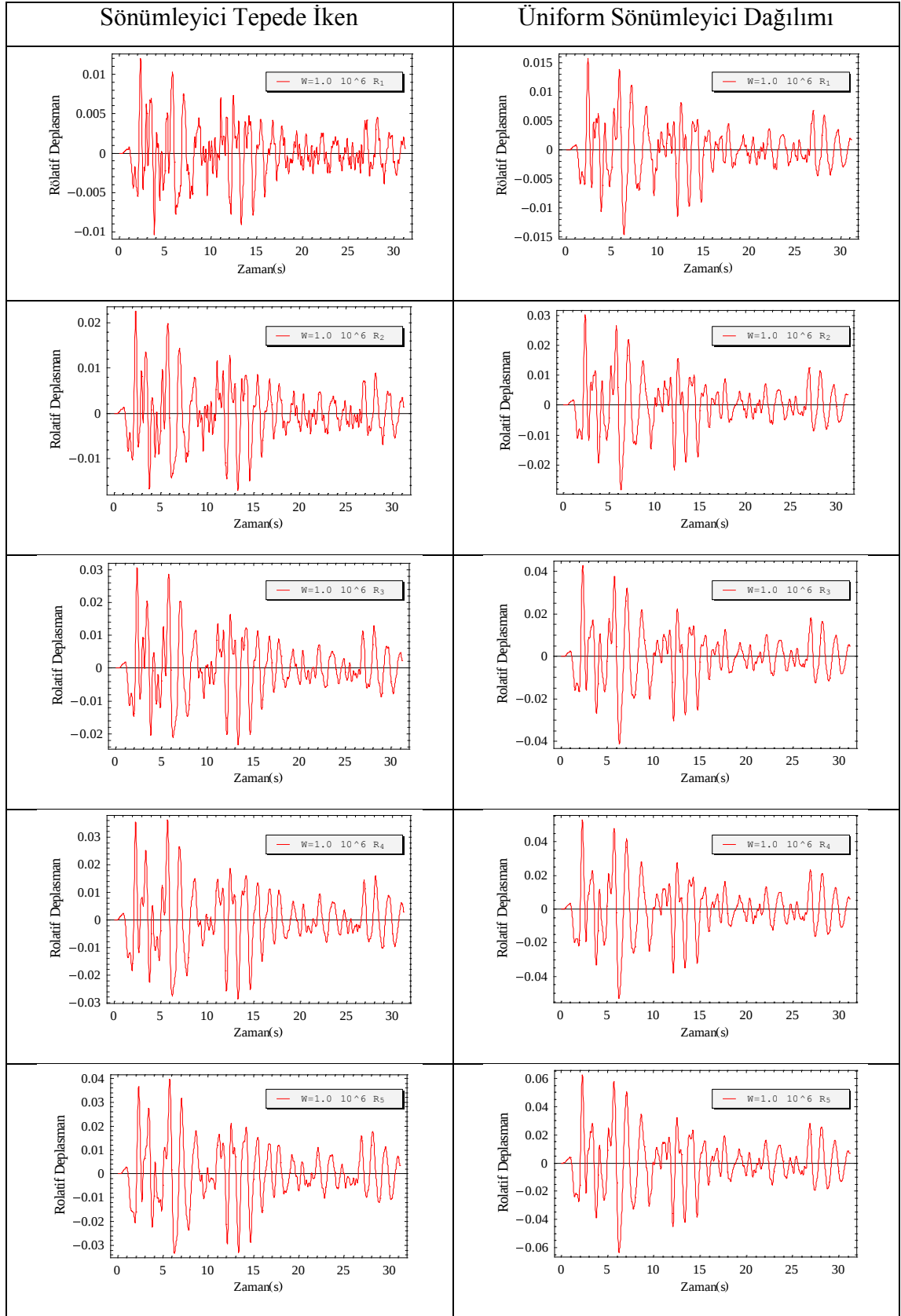
Şekil Ek-E.1. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönümleyicinin olmadığı durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



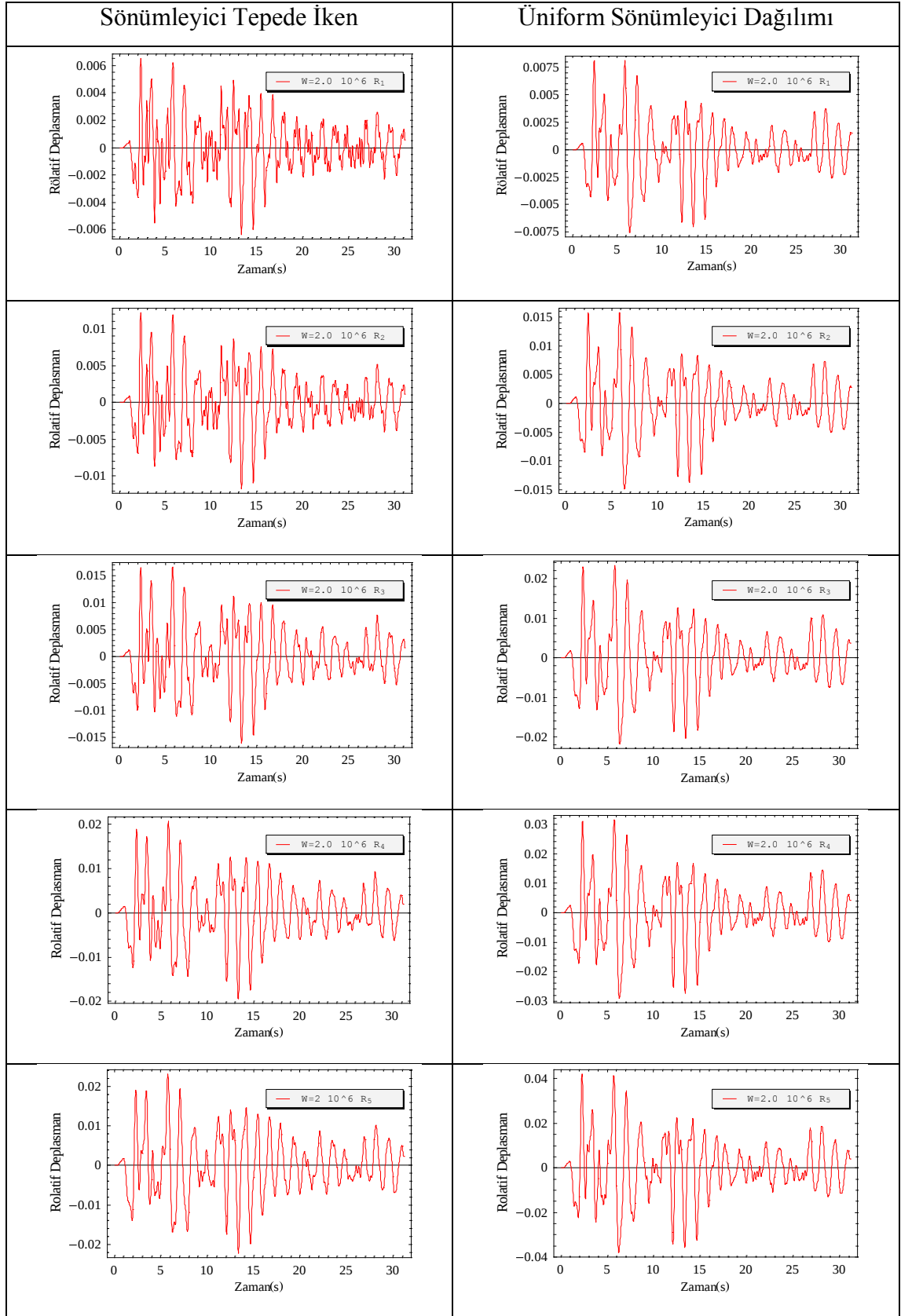
Şekil Ek-E-2. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=0.8 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



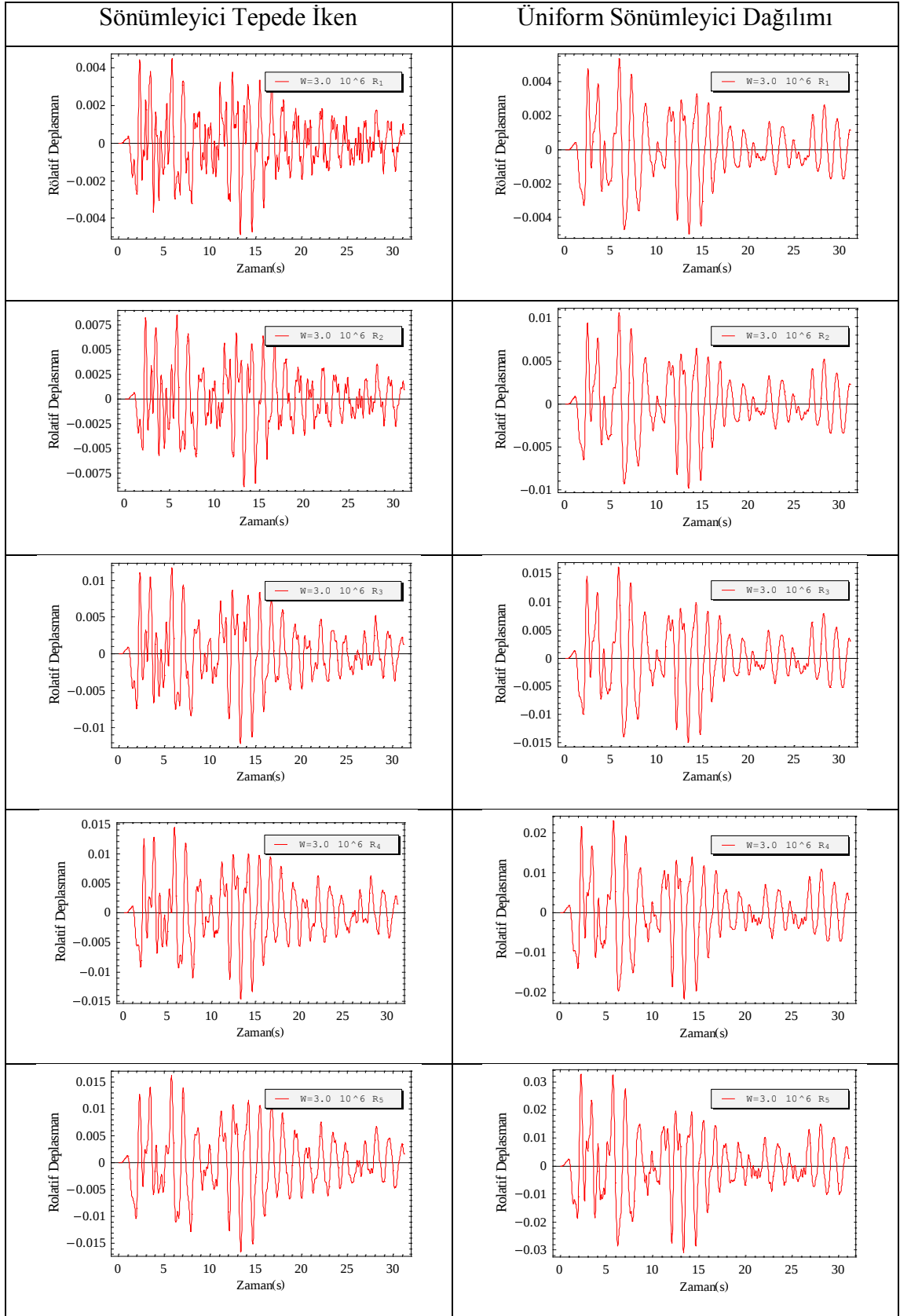
Şekil Ek-E.3. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=0.9 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



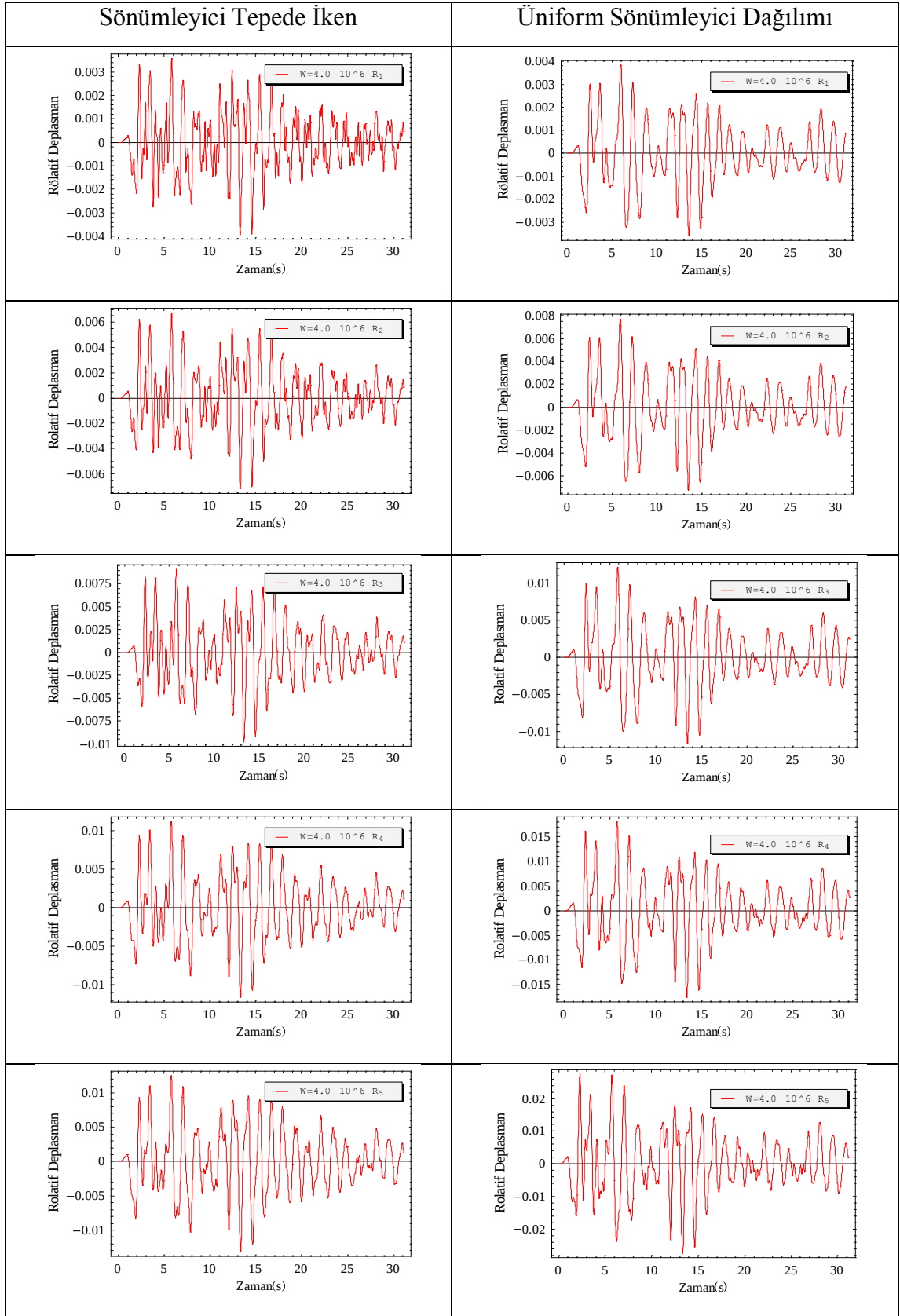
Şekil Ek-E.4. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=1.0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



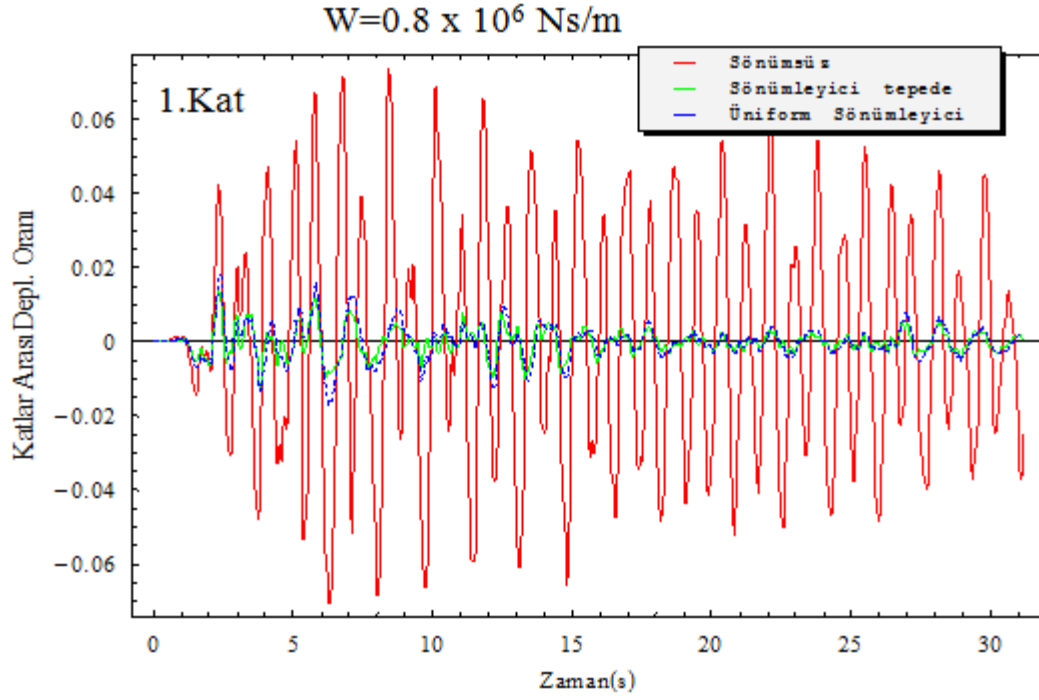
Şekil Ek-E.5. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=2.0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



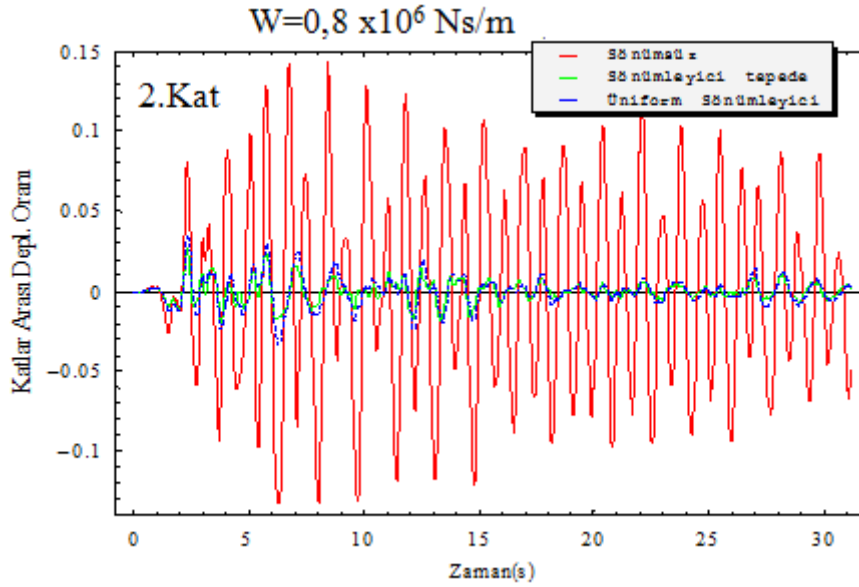
Şekil Ek-E.6. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=3.0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



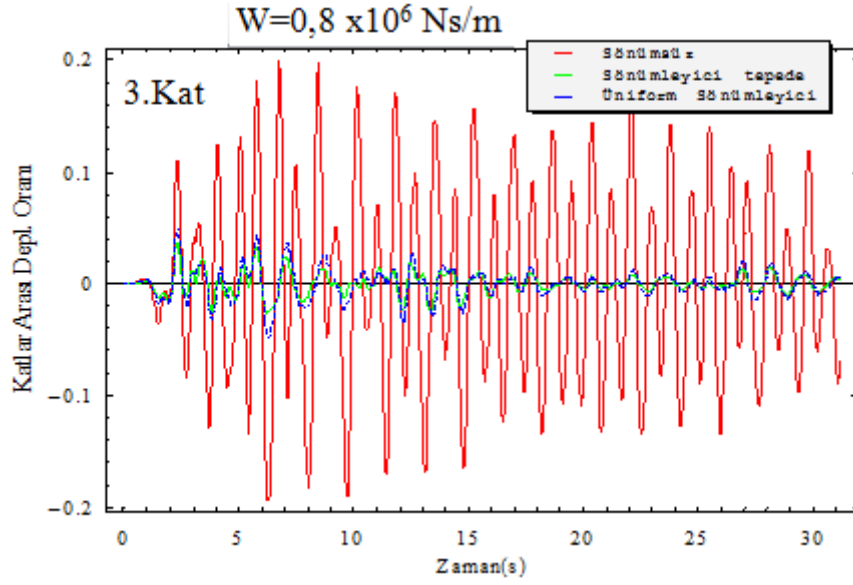
Şekil Ek-E.7. 1., 2., 3., 4., ve 5. kat için sönüm değerinin $W=4.0 \times 10^6$ olduğu durumda zamana bağlı rölatif deplasman değişimi grafikleri



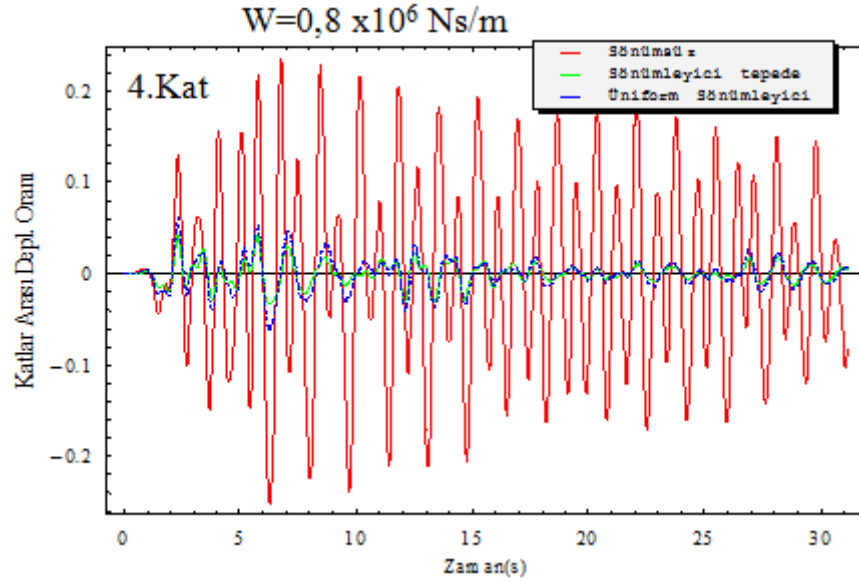
Şekil Ek-E.8. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



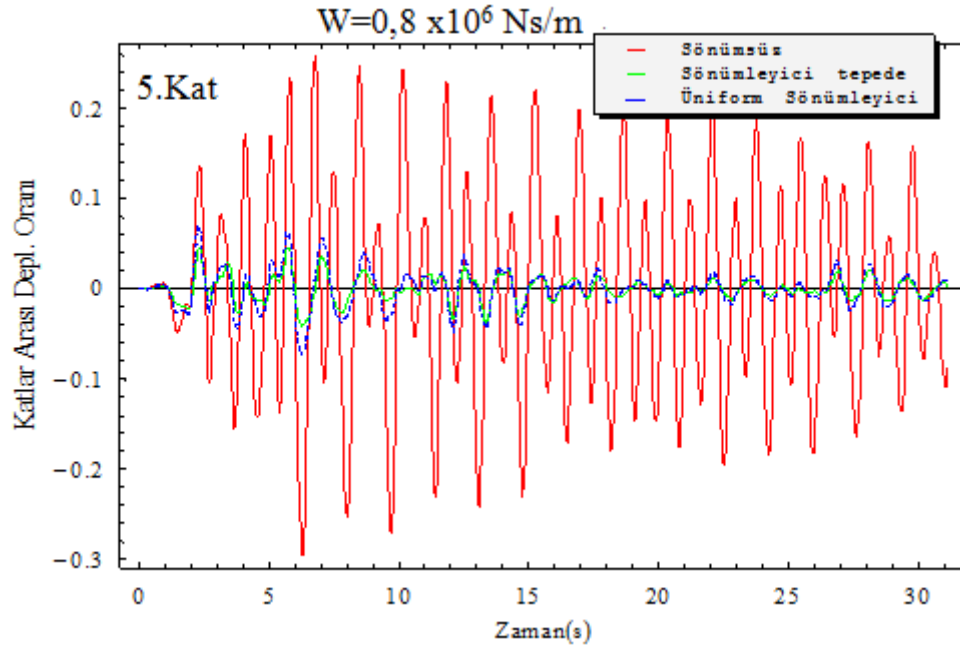
Şekil Ek-E.9. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



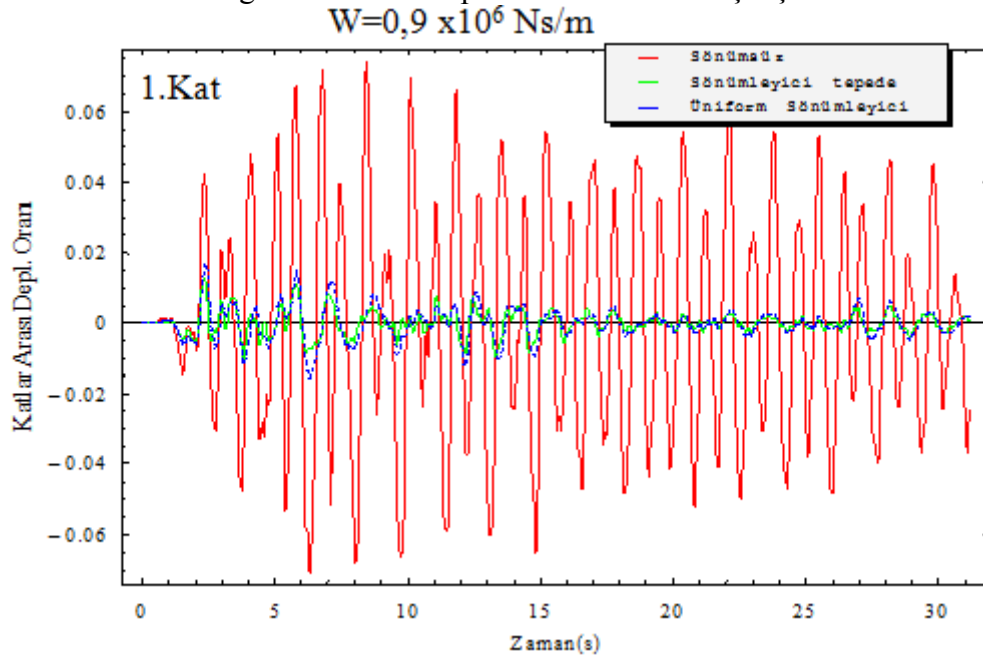
Şekil Ek-E.10. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



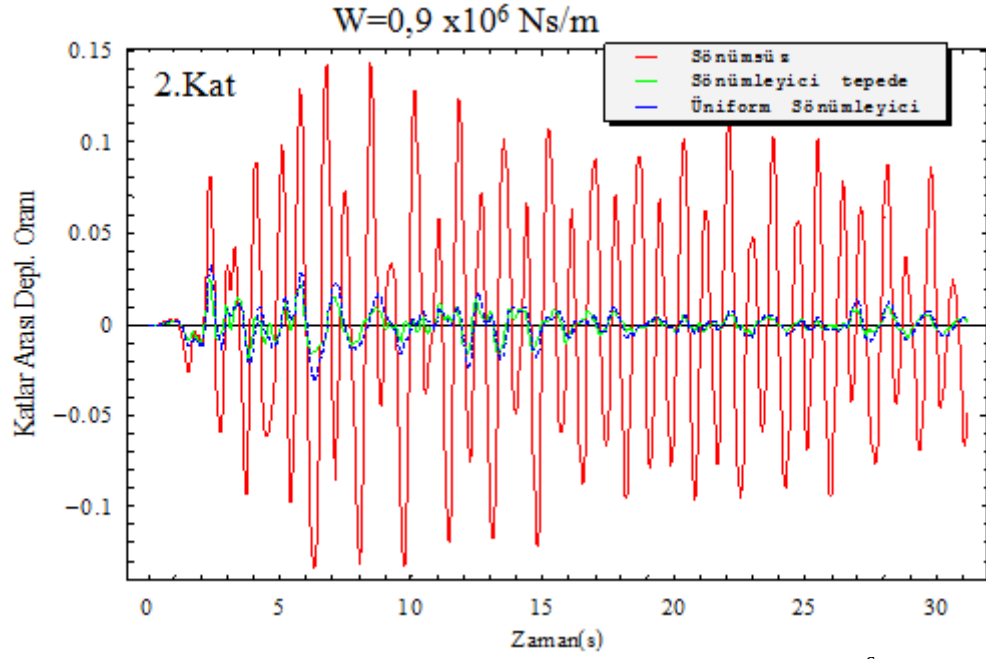
Şekil Ek-E.11. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



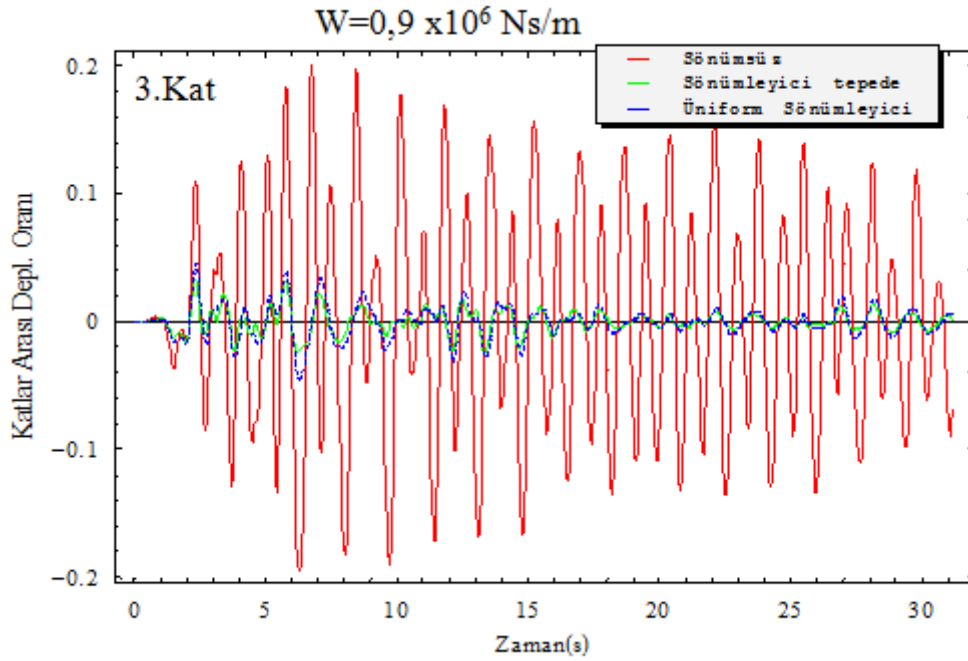
Şekil Ek-E.12. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,8 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



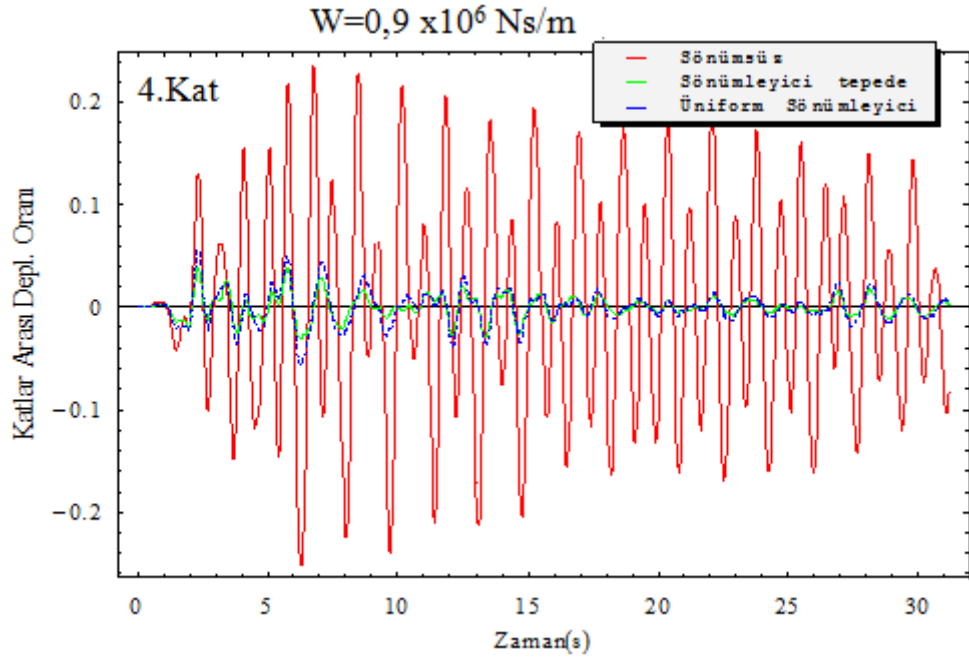
Şekil Ek-E.13. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



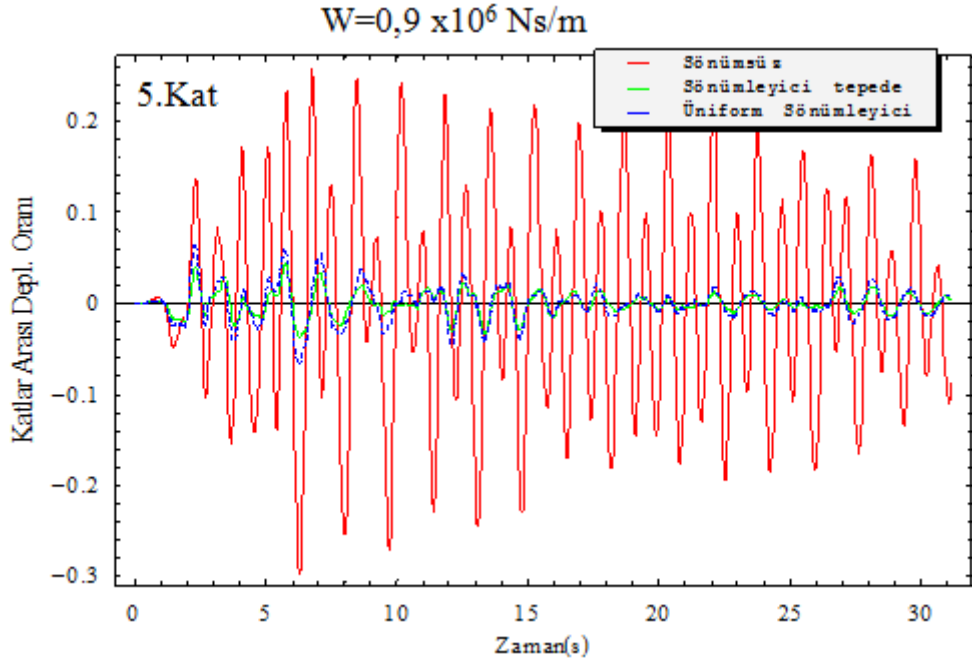
Şekil Ek-E.14. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



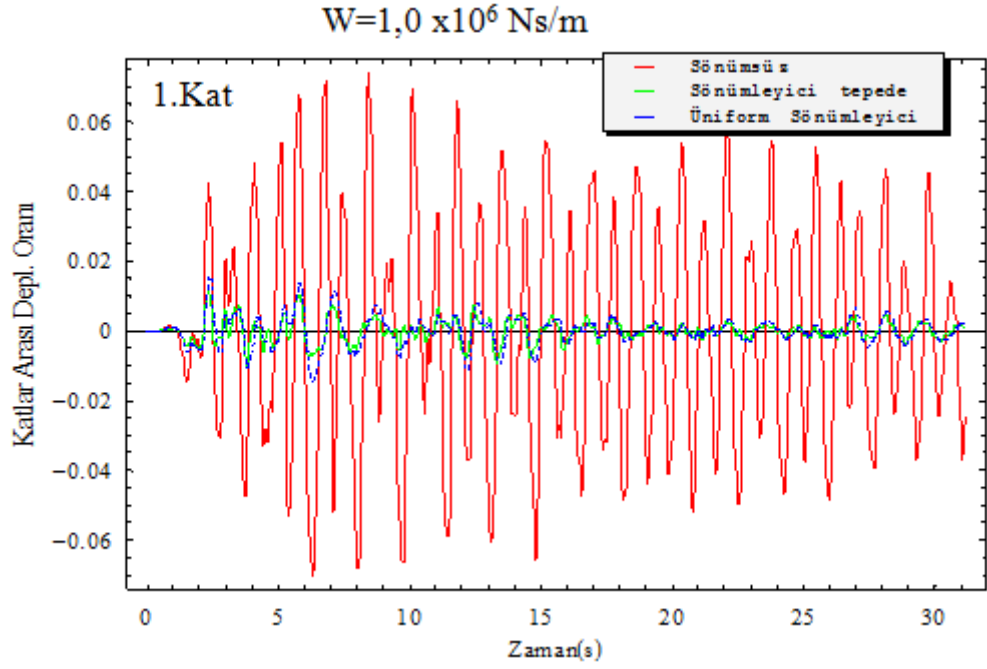
Şekil Ek-E.15. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



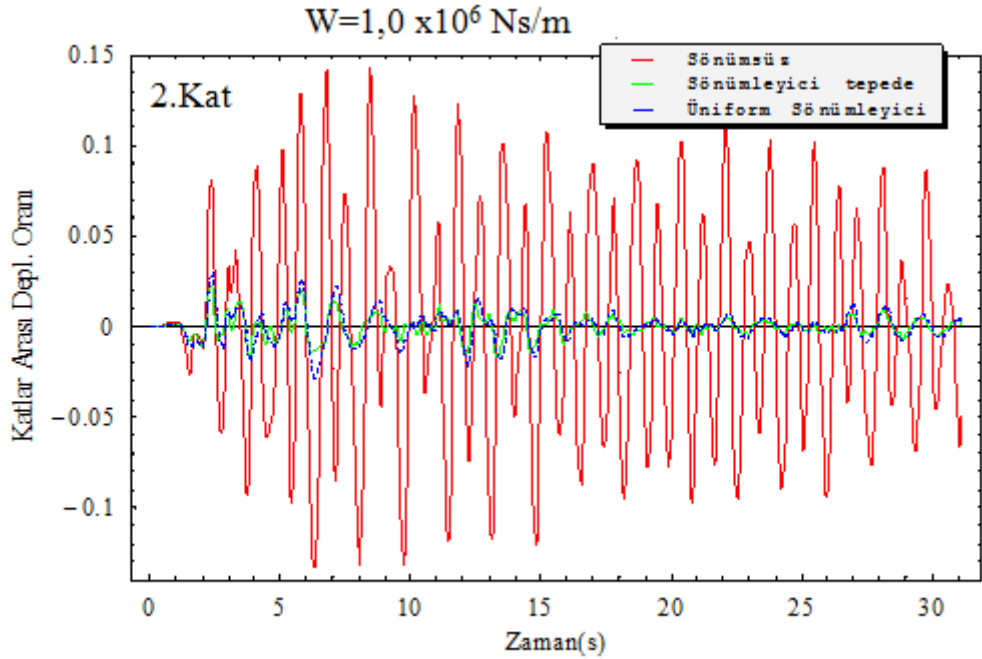
Şekil Ek-E.16. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



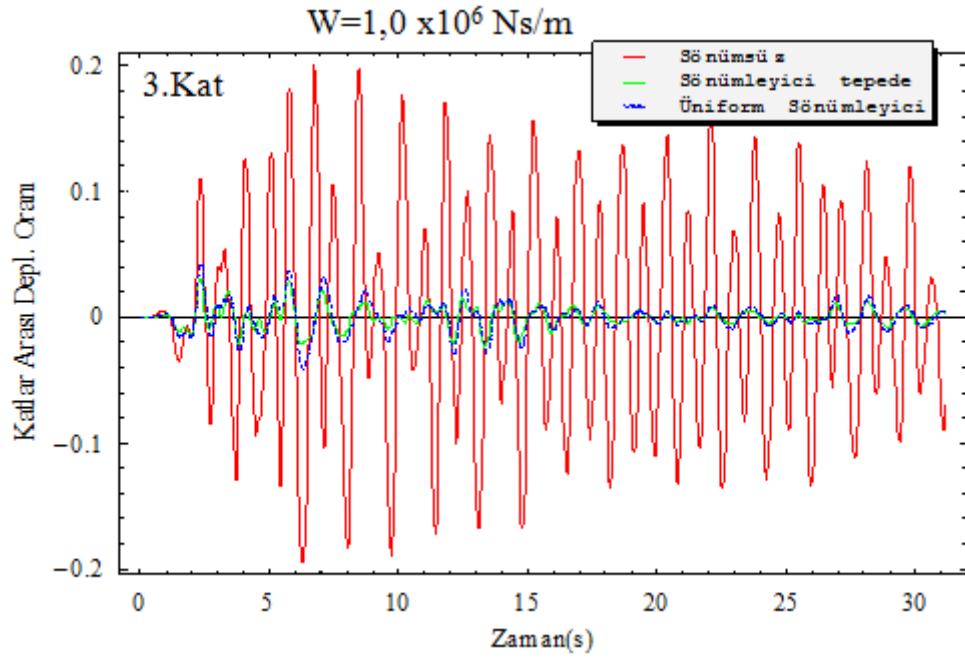
Şekil Ek-E.17. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=0,9 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



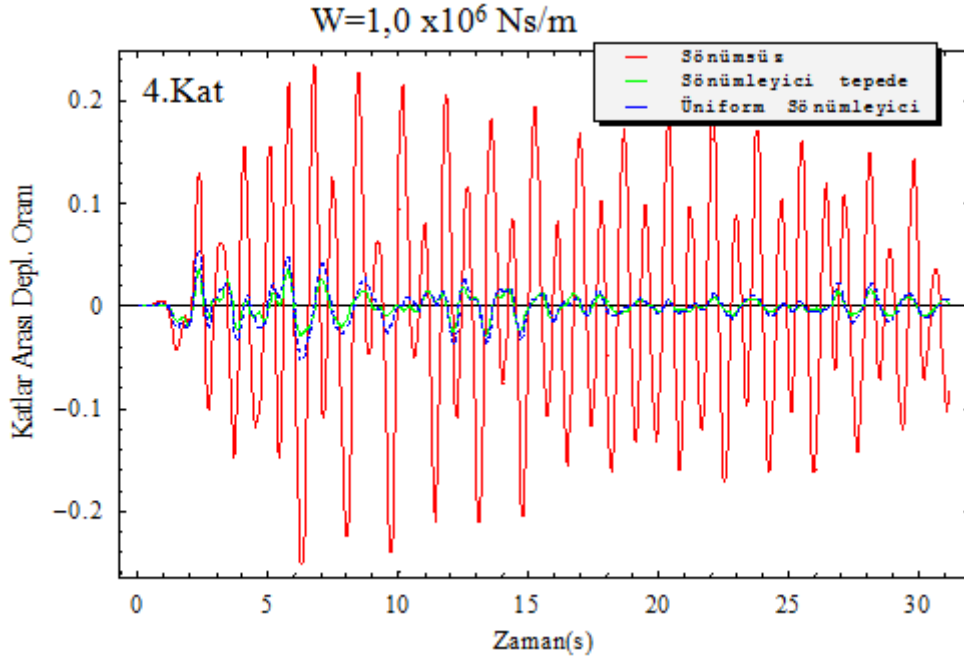
Şekil Ek-E.18. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



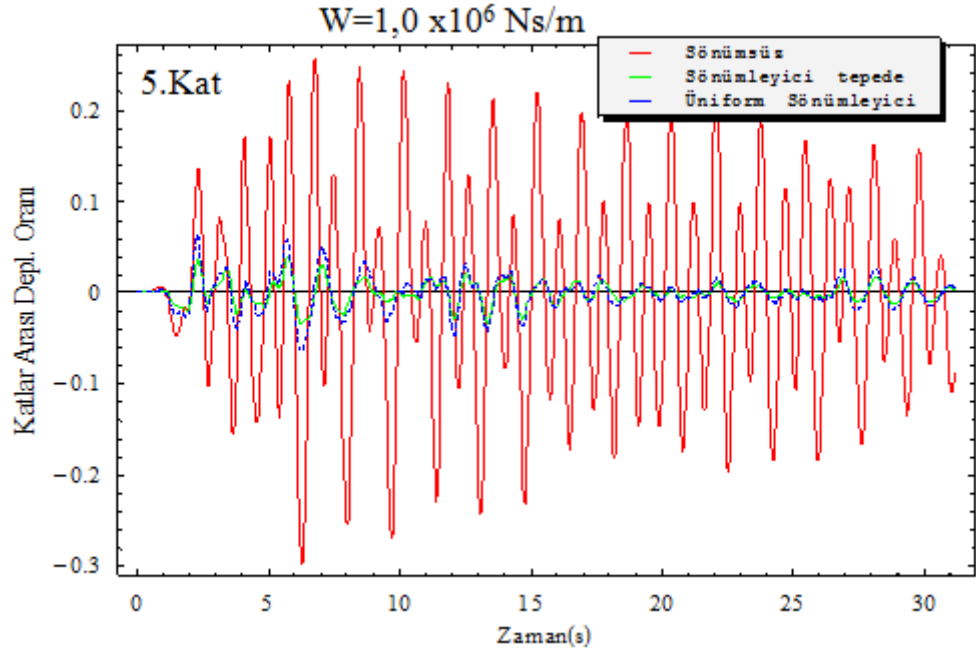
Şekil Ek-E.19. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



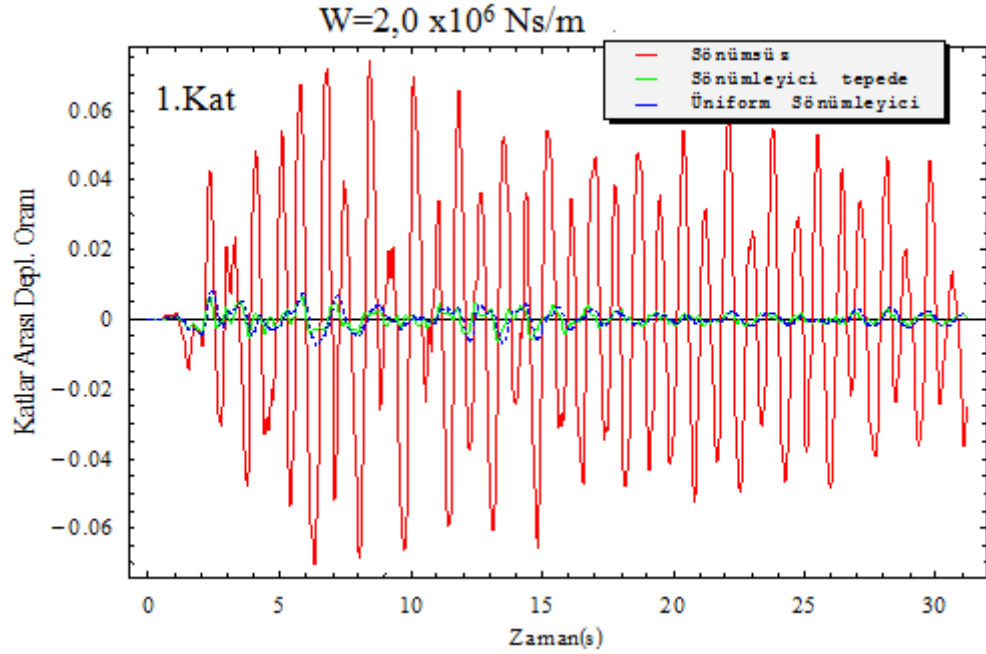
Şekil Ek-E.20. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



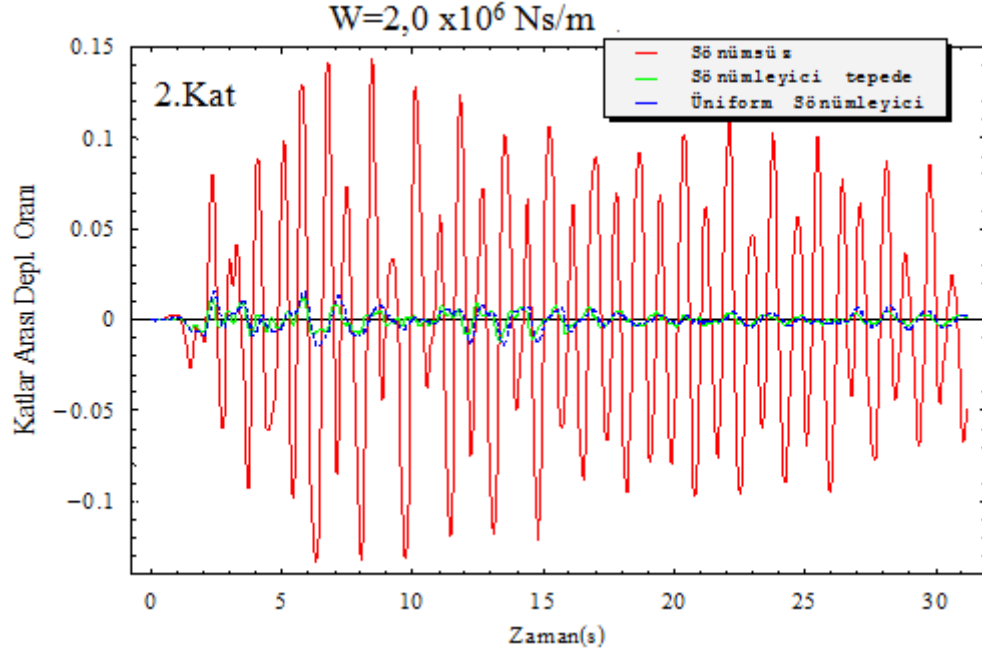
Şekil Ek-E.21. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



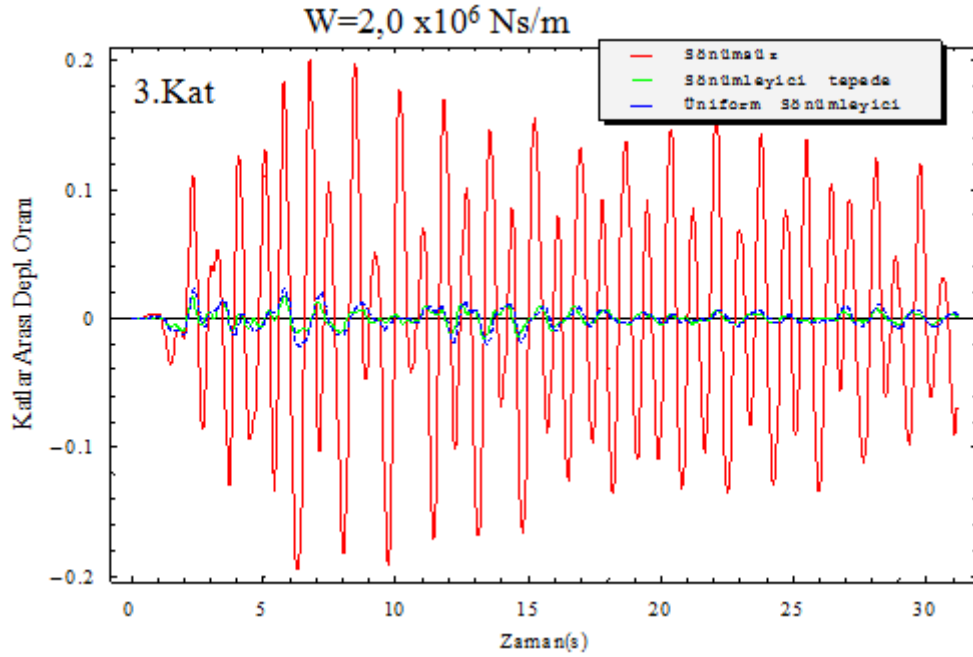
Şekil Ek-E.22. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=1 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



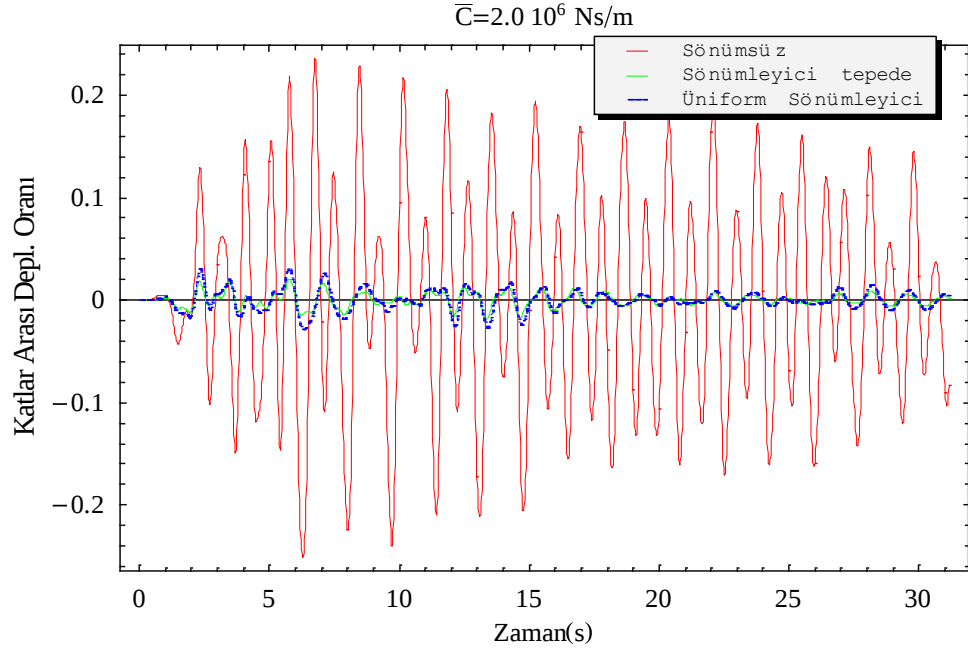
Şekil Ek-E.23. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



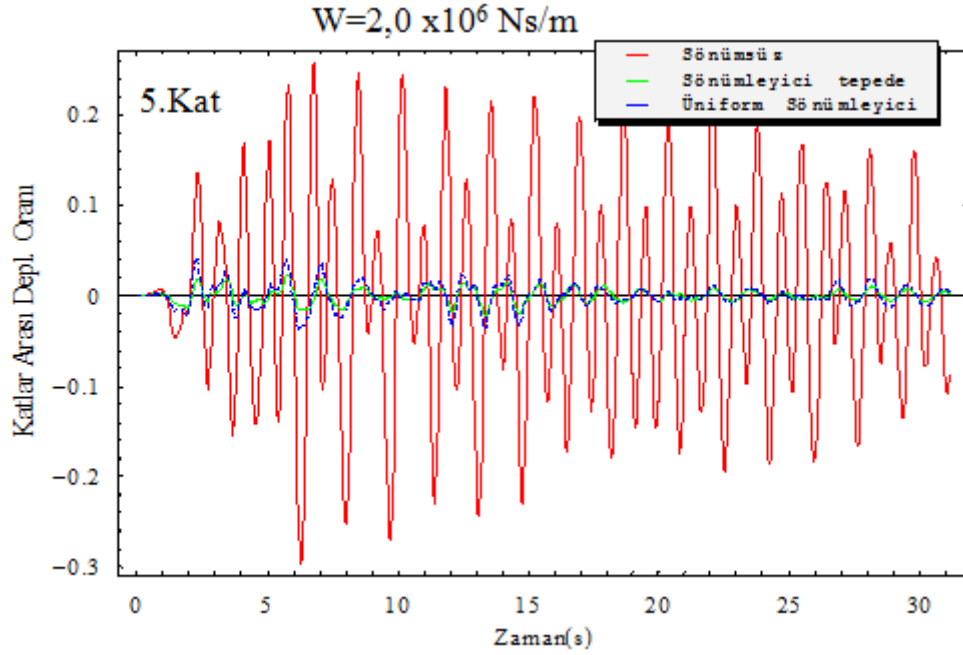
Şekil Ek-E.24. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



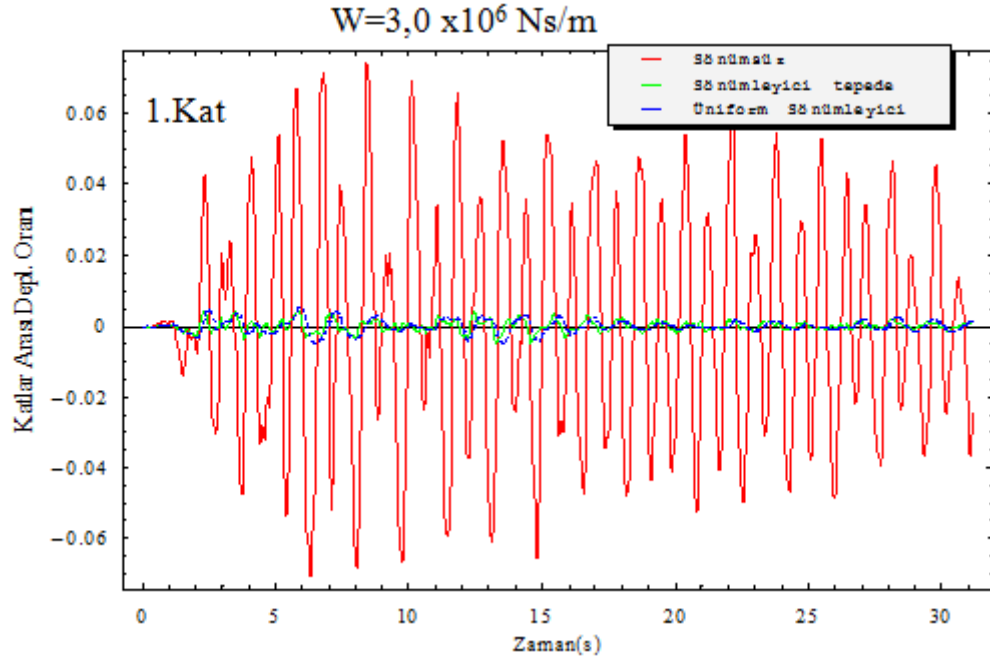
Şekil Ek-E.25. sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



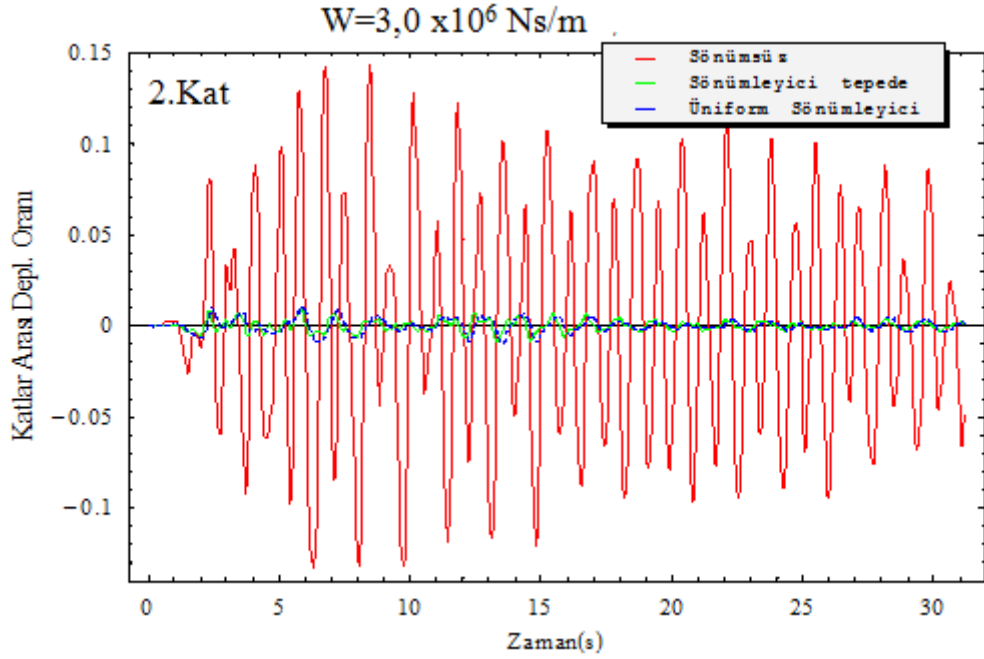
Şekil Ek-E.26. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



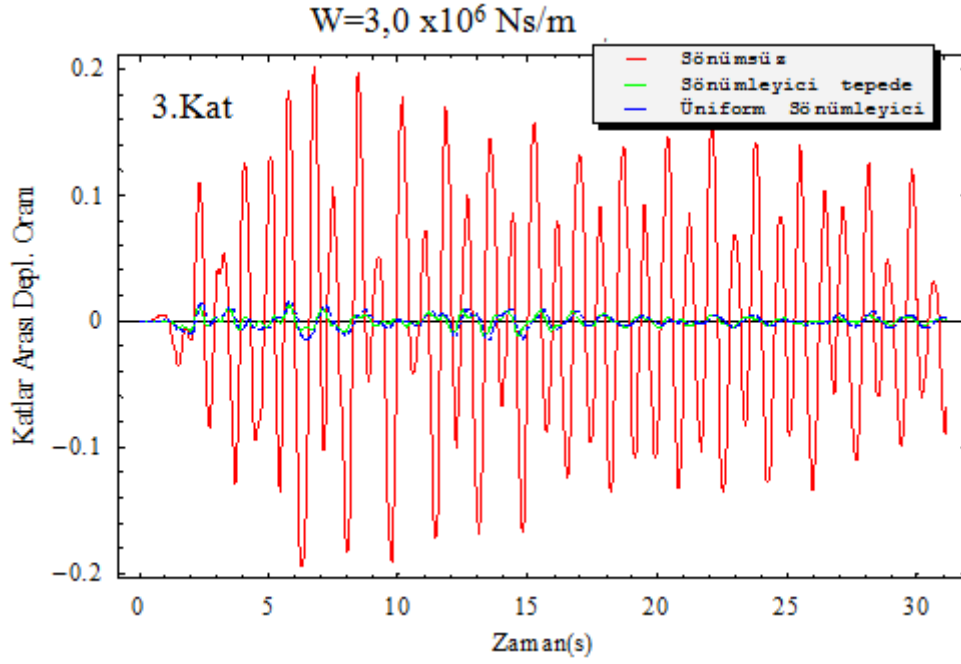
Şekil Ek-E.27. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=2 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



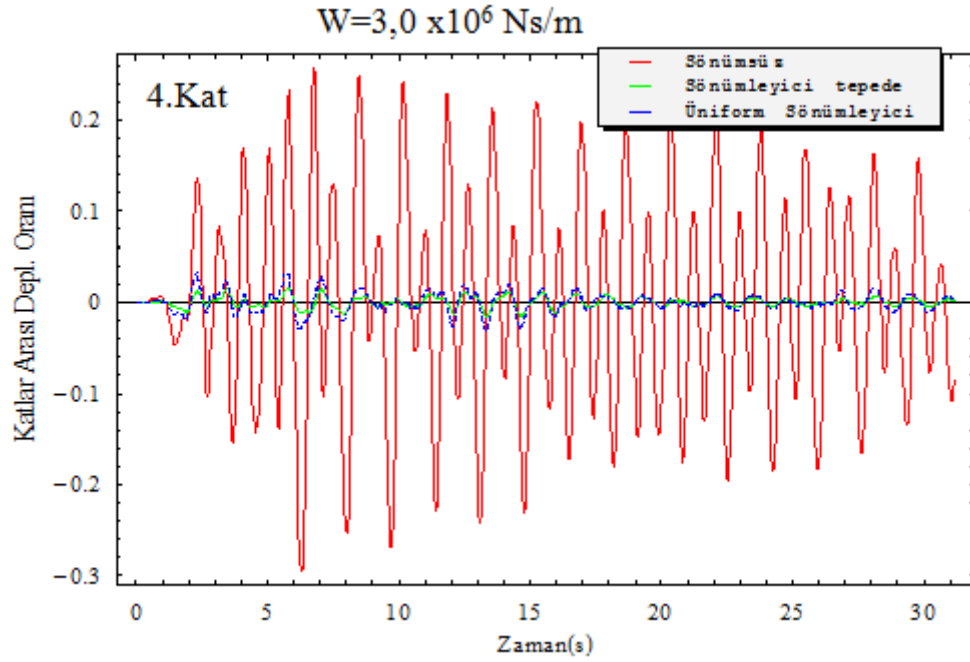
Şekil Ek-E.28. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



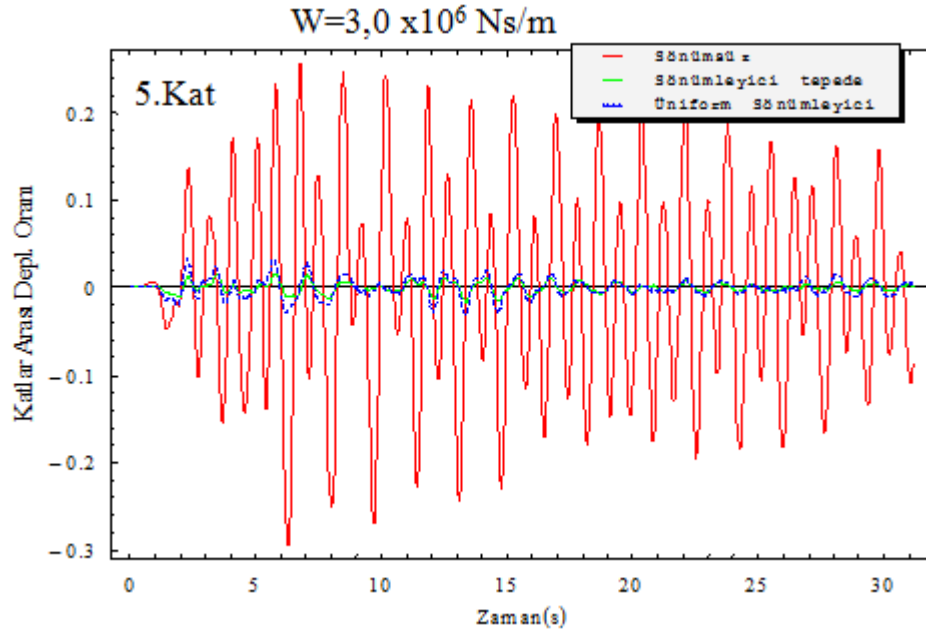
Şekil Ek-E.29. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



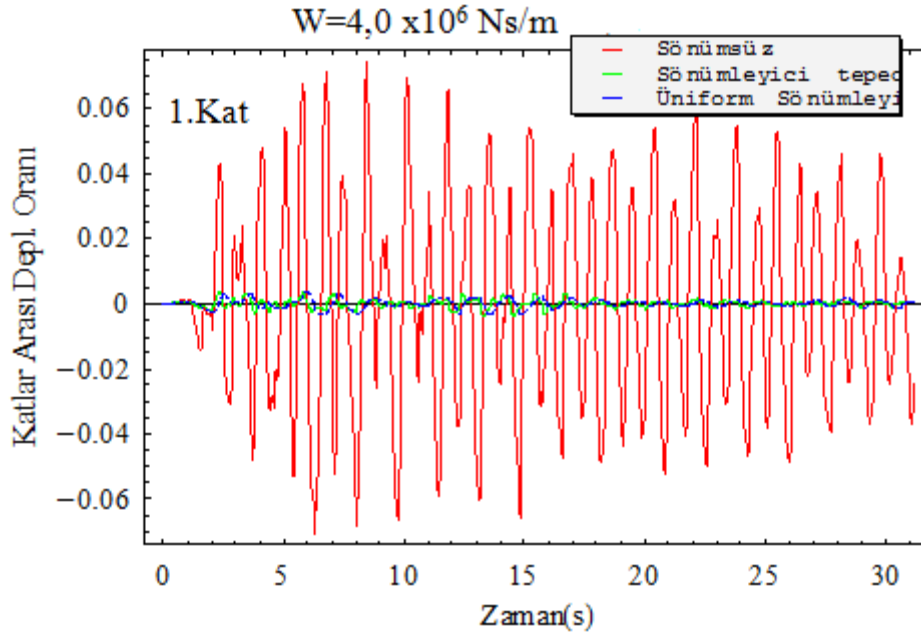
Şekil Ek-E.30. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



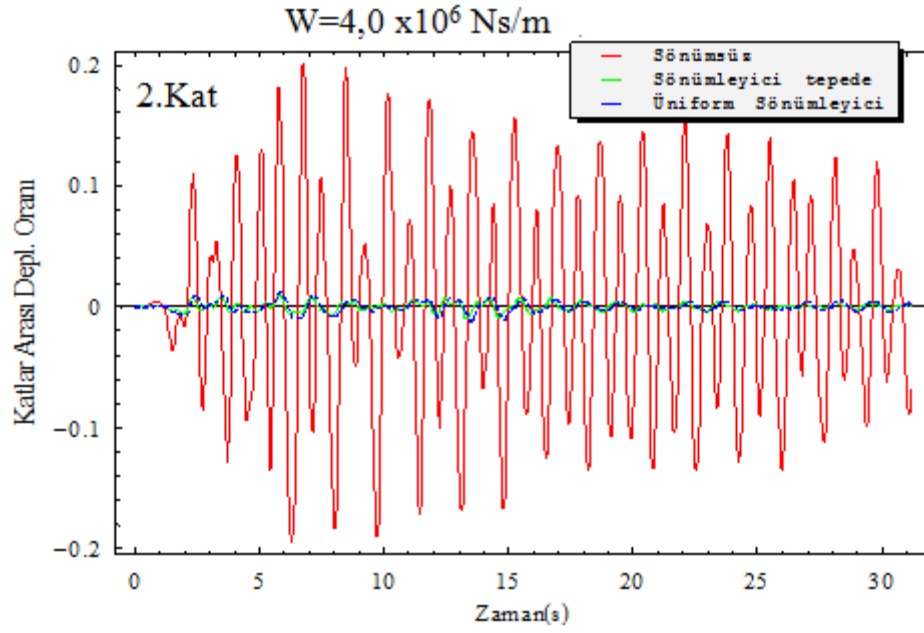
Şekil Ek-E.31. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



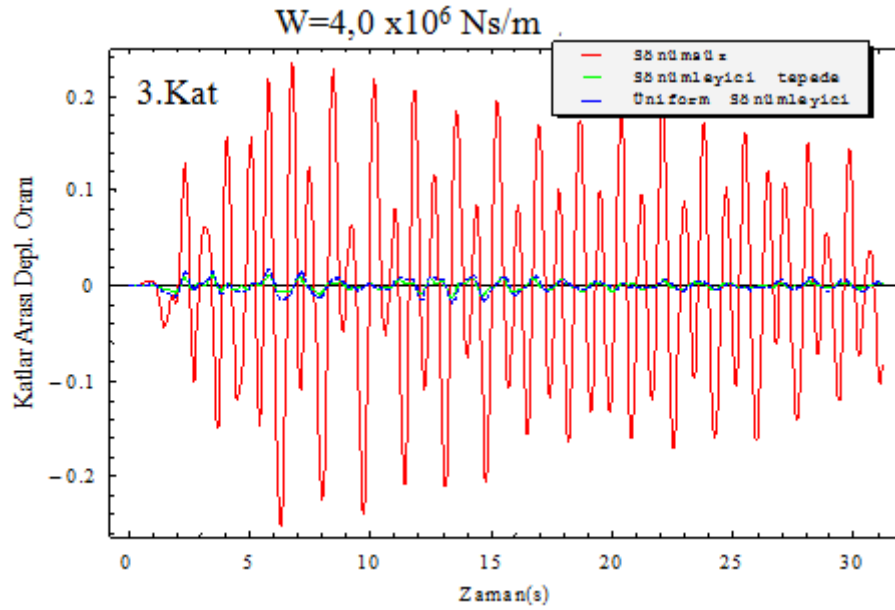
Şekil Ek-E.32. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=3 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



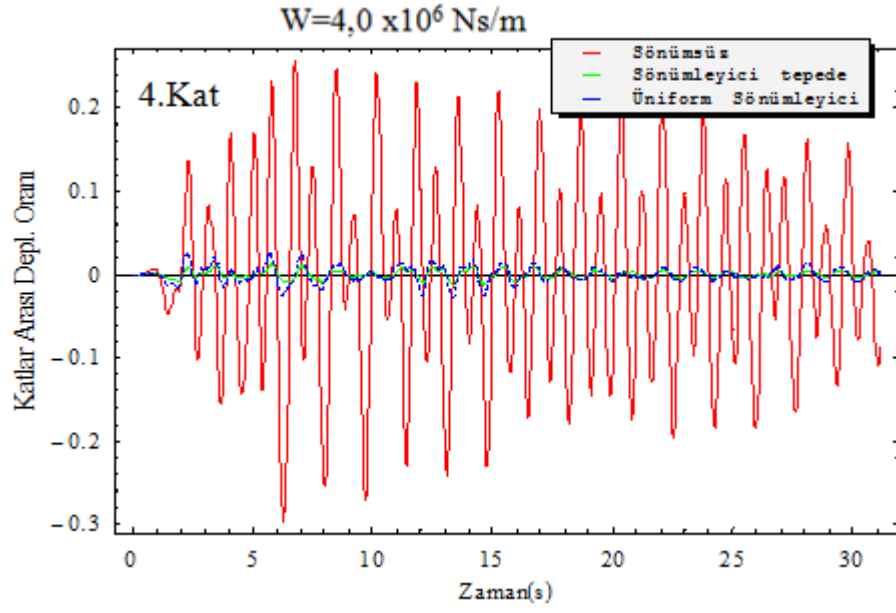
Şekil Ek-E.33. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 1.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



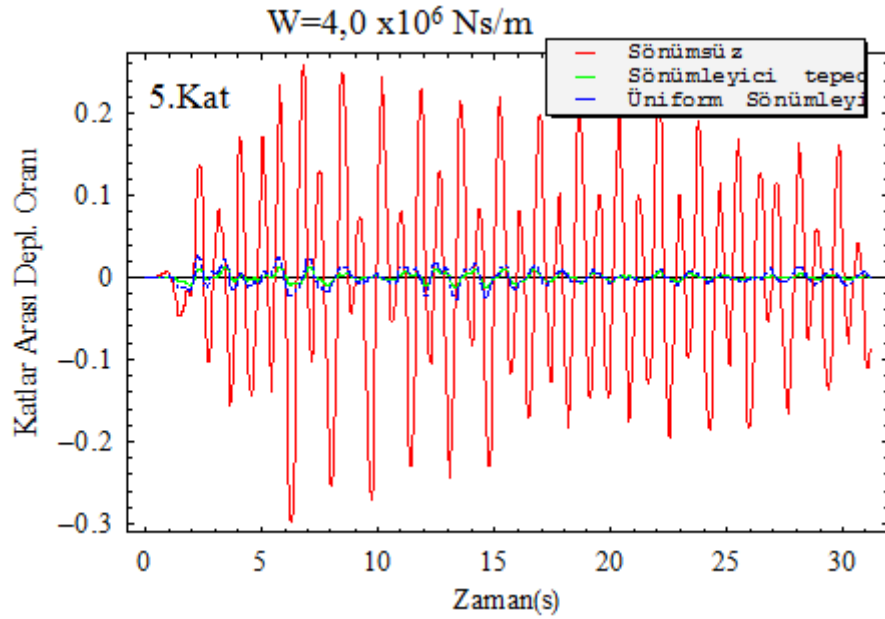
Şekil Ek-E.34. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 2.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



Şekil Ek-E.35. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6$ Ns/m için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 3.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



Şekil Ek-E.36. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 4.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması



Şekil Ek-E.37. Sönümleyicinin olmadığı, sönüm değeri $W=4 \times 10^6 \text{ Ns/m}$ için sönümleyici tepede iken ve üniform sönümleyici dağılımı durumlarında 5.katın zamana bağlı katlar arası deplasman oranının karşılaştırılması

ÖZ GEÇMİŞ

Özlem Turhan 26.09.1988 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Kayseri’de tamamladı. 2006 yılında girdiği Niğde Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden Haziran 2011’de mezun oldu. 2011 yılında Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek lisansa başladı. 2011-13 yılları arasında Enerjik Yapı Denetim Ltd. Şti. ve 2013 Aks Teknik Yapı Denetim Ltd. Şirketinde kontrol mühendisi olarak çalıştı. 2013-2014 Öğretim yılında Niğde Üniversitesi NTBMYO İnşaat Bölümü Yapı Denetimi Programı’ na öğretim görevlisi olarak atandı.