



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

DEPREM ETKİSİNDEKİ BİTİŞİK BİNALARDA ÇARPIŞMA ETKİSİNİ
ÖNLEMELİK İÇİN VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERİN OPTİMUM TASARIMI

MUHAMMED DİKMEN

Temmuz 2017

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

DEPREM ETKİSİNDEKİ BİTİŞİK BİNALARDA ÇARPIŞMA ETKİSİNİ
ÖNLEMEK İÇİN VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERİN OPTİMUM TASARIMI

MUHAMMED DİKMEN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Ersin AYDIN

Temmuz 2017

Muhammed DİKMEN tarafından **Doç.Dr. Ersin AYDIN** danışmanlığında hazırlanan “**Deprem Etkisindeki Bitişik Binalarda Çarpışma Etkisini Önlemek İçin Viskoz Sönümleyicilerin Optimum Tasarımı**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :  Doç.Dr. Ersin AYDIN Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye :  Doç.Dr. Hakan ERDEM Niğde Ömer Halisdemir 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 V.

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.

Muhammed DİKMEN

ÖZET

DEPREM ETKİSİNDEKİ BİTİŞİK BİNALARDA ÇARPIŞMA ETKİSİNİ ÖNLEMELİK İÇİN VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERİN OPTİMUM TASARIMI

DİKMEN, Muhammed

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

:Doç. Dr. Ersin AYDIN

Temmuz 2017, 70 sayfa

Bu tez çalışmasında bitişik nizam olarak inşa edilen yapıların çarpışmalarını önlemek amacıyla aralarına yerleştirilecek olan viskoz sönümleyicilerin optimum yerleştirilmesi araştırılmıştır. Yapıların dinamik karakteristiklerinin farklı olması çarpışmaya sebebiyet vermektedir. Dinamik karakteristikleri farklı olan iki yapı kayma çerçevesi olarak modellenmiş ve deprem etkisi altında zaman tanım alanında dinamik analizler yapılmıştır. Daha sonra iki bina arasına sönümleyicilerin optimum yerleşimi ile analizler tekrarlanmıştır. Optimum yerleşim için hedef bir sönüm oranı ve binalar arası hedef bir rölatif yer değiştirme amaçlanmış ve sönümleyicilerin sönüm katsayılarının toplamı minimize edilmiştir. Sönümleyicilerin her kattaki değeri sınırlanmıştır. Sönümleyicili ve sönümleyicisiz hallerde yapılan analizler karşılaştırılmış ve amaçlanan metodun çarpışmayı engellemek amacıyla kullanımının faydalı olacağı ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sönümleyici optimizasyonu, yapılarda çekiçleme etkisi, depreme dayanıklı yapılar

SUMMARY

OPTIMUM DESIGN OF VISCOUS DAMPERS TO PREVENT COLLISION EFFECTS IN ADJACENT BUILDINGS AFFECTED BY EARTHQUAKES

DIKMEN, Muhammed

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ersin AYDIN

July 2017, 70 pages

In this thesis study, the optimum placement of viscous dampers to be placed between them was investigated in order to prevent collisions of the structures built as adjoining orders. The fact that the dynamic characteristics of the structures are different causes the collision. Two structures with different dynamic characteristics were modeled as sliding frames and dynamic analyzes were made in time domain under the effect of earthquake. Then the analyzes were repeated with the optimal placement of the dampers between the two buildings. A target damping ratio for an optimal settlement and an relative displacement between the targets are aimed and the sum of the damping coefficients of the dampers is minimized. The values of the dampers are limited every time. Analyzes made in the case of damperless and dampers were compared and it was suggested that the intended method would be useful in order to prevent collision.

Keywords: Damper optimization, the effect of pounding on the buildings, earthquake resistant structures

ÖN SÖZ

Şehirlerin kalabalıklaşması arsaların değerlenmesine ve yapıların birbirlerine daha yakın inşa edilmesine sebep olmaktadır. Bitişik nizam olarak yapılan yapıların birbirlerine olan etkileri tasarımlarında genellikle dikkate alınmamaktadır. Özellikle, dinamik özellikleri farklı olan bitişik yapıların deprem veya rüzgar esnasında çarpışma riski meydana gelmektedir. Yaygın uygulama, yönetmelik koşullarını da sağlayacak şekilde yapıların birbirlerinden yeteri kadar uzak inşa edilmeleridir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda çekiçleme etkisi denilen çarpışmadan kaynaklı bu etkinin sönümleyiciler kullanılarak ortadan kaldırılabileceği düşüncesi ile bu çalışma ortaya çıkarılmıştır. Yapıların deprem güvenliğinin artırılması amacıyla ortaya çıkarılan aktif, pasif, yarı aktif ve karma kontrol sistemlerinin pek çok yapısal davranışı iyileştirdiği bilinmekte olup bu çalışmada bitişik yapıların çarpışmasından kaynaklı çekiçleme etkisi ortadan kaldırılmak için viskoz sönümleyicilerin optimum kullanımı fikri ortaya atılmış ve araştırılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ersin AYDIN' a , Yüksek lisans tez çalışmam esnasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Çekiçleme.....	3
1.3 Çekiçleme İçin Deprem Yönetmeliğinde Alınan Önlemler.....	5
1.4 Çekiçleme Etkisi İle Zarar Gören Yapılar ve İncelenmesi	6
BÖLÜM II YAPI KONTROL SİSTEMLERİ	10
2.1 Yapı Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması	10
2.1.1 Pasif kontrol sistemleri	11
2.1.1.1 Viskoz sönümleyici	11
2.1.2 Aktif kontrol sistemleri	14
2.1.3 Yarı aktif kontrol sistemleri	14
2.1.4 Karma kontrol sistemleri	14
BÖLÜM III BİTİŞİK NİZAM YAPILARIN ARASINA SÖNÜMLEYİCİLERİN YERLEŞİMİ	15
3.1 Problemin Formülasyonu.....	15
3.2 Bitişik Nizam Binalar İçin Optimum Sönümleyici Probleminin Tanımlanması.....	18
3.3 Optimizasyon İçin Önerilen Algoritma	19
BÖLÜM IV SAYISAL ÖRNEKLER	21
4.1 Bitişik Nizam 4 Katlı İki Yapının Analizi ve Sonuçları	21

4.1.1 Yapılan analizlerin sonuçları (4 katlı yapılar).....	23
4.1.2 4 Katlı yapılarda sönüm oranlarının etkisi.....	27
4.2 Bitişik Nizam 8 Katlı İki Yapının Analizi ve Sonuçları	30
4.2.1 Yapılan analizlerin sonuçları (8 katlı yapılar)	33
4.2.2 8 Katlı yapılarda sönüm oranlarının etkisi	36
4.3 Bitişik Nizam 12 Katlı İki Yapının Analizi ve Sonuçları	40
4.3.1 Yapılan analizlerin sonuçları (12 katlı yapılar).....	42
4.3.2 12 Katlı yapılarda sönüm oranlarının etkisi	45
BÖLÜM V SONUÇLAR.....	50
KAYNAKLAR	52
EKLER	55
ÖZ GEÇMİŞ	69
TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yapı kontrol sistemleri	10
Çizelge 4.1. 4 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı	30
Çizelge 4.2. 8 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı	39
Çizelge 4.3. 12 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı	49



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Şekil değiştirmesiz durum (a), benzer özellikli yapıların şekil değiştirmesi (b) ve benzer özellikli olmayan yapıların şekil değiştirmesi (c)	4
Şekil 1.2. Bitişik nizam iki yapının çarpışması.....	4
Şekil 1.3. Bitişik nizamda ortada kalan bina.....	6
Şekil 1.4. Şekil 1.3' ün farklı açıdan gösterilmesi	7
Şekil 1.5. Tek katlı bir ile çok katlı bir yapının bitişik nizamı	7
Şekil 1.6. Bodrum olmayan yapılarda çekiçleme	8
Şekil 1.7. Bodrum olmayan yapılarda çekiçleme	9
Şekil 2.1. Viskoz sönümleyici kesiti.....	12
Şekil 2.2. Viskoz sönümleyici	12
Şekil 2.3. SUT binası, Shizuoka, 1993	13
Şekil 2.4. Çelik kafes sistemde viskoz sönümleyici	13
Şekil 3.1. Bitişik nizam yapılar ve sönümleyici dağılımı	16
Şekil 4.1. A ve B yapılarının kat deplasmanları	22
Şekil 4.2. A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi	22
Şekil 4.3. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi	23
Şekil 4.4. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve iterasyon numarasına göre yapılar arasındaki rölatif deplasmanların değişimi	24
Şekil 4.5 El Centro depremi yer ivmesi-zaman grafiği.....	25
Şekil 4.6. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği	25
Şekil 4.7. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici(mavi çizgi) ile sönümleyicisiz(mor çizgi) yapıların kat seviyesi-rölatif yer değiştirme grafiği	26
Şekil 4.8. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği .	27
Şekil 4.9. 2. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği .	28
Şekil 4.10. 3. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	28

Şekil 4.11. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	29
Şekil 4.12. 8 Katlı A ve B yapılarının kat deplasmanları	31
Şekil 4.13. 8 Katlı A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi	32
Şekil 4.14. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi	33
Şekil 4.15. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve iterasyon numarasına göre yapılar arasındaki rölatif deplasmanların değişimi	34
Şekil 4.16. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği	35
Şekil 4.17. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici(mavi çizgi) ile sönümleyicisiz(mor çizgi) yapıların kat seviyesi-rölatif yer değiştirme grafiği	36
Şekil 4.18. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	37
Şekil 4.19. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	38
Şekil 4.20. 8. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	38
Şekil 4.21. 12 Katlı A ve B yapılarının kat deplasmanları	40
Şekil 4.22. 12 Katlı A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi	41
Şekil 4.23. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi	42
Şekil 4.24. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve iterasyon numarasına göre yapılar arasındaki rölatif deplasmanların değişimi	43
Şekil 4.25. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği	44
Şekil 4.26. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici(mavi çizgi) ile sönümleyicisiz(mor çizgi) yapıların kat seviyesi-rölatif yer değiştirme grafiği	45
Şekil 4.27. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	46

Şekil 4.28. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	47
Şekil 4.29. 8. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	47
Şekil 4.30. 12. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği	48



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
α	Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
m	Kütle
k	Rijitlik katsayısı
c	Sönüm katsayısı
c_{ad}	Eklene sönüm katsayısı
M	Kütle matrisi
M_A	A yapısının kütle matrisi
M_B	B yapısının kütle matrisi
K	Rijitlik matrisi
K_A	A yapısının rijitlik matrisi
K_B	B yapısının rijitlik matrisi
C	Sönüm matrisi
C_A	A yapısının sönüm matrisi
C_B	B yapısının sönüm matrisi
C_{ad}	Eklene sönüm matrisi
c_i	i . sönüm katsayısı
C_i	C_{ad} ' in kısmı diferansiyeli
ϕ_1	Normalleştirilmiş temel mod vektörü
ω_1	Birleştirilmiş sistemin sönümsüz doğal frekans
ζ_{st}	Yapısal sönüm oranı
ζ_{ad}	Eklene sönüm oranı
ζ_1	Hedeflenen sönüm oranı
μ_i	Kütle ve sönüme bağlı bir sabit
\bar{c}_i	i . sönümleyici için sönüm katsayısının üst sınırı
U	Deplasman vektörü
U_A	A yapısının deplasman vektörü
U_B	B yapısının deplasman vektörü

\dot{U}	Hız vektörü
\dot{U}_A	A yapısının hız vektörü
\dot{U}_B	B yapısının hız vektörü
\ddot{U}	İvme vektörünü
\ddot{U}_A	A yapısının ivme vektörü
\ddot{U}_B	B yapısının ivme vektörü
\dot{U}_g	Yer ivmesi
r	Etki vektörü



BÖLÜM I

GİRİŞ

Şehir merkezlerinde, ticaret yapılan alanlarda ve sosyal faaliyetlerin yoğun olduğu yaşam alanlarında boş kalmış araziler az ve kıymetli olduğu için bu bölgelerde geçmişten günümüze gelen uygulama olan binaların bitişik nizam tipine göre projelendirildikleri görülmektedir. 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 yeteri kadar uzakta 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).

Çevremizde bitişik nizama uygun birçok yapı mevcuttur. Bu yapıların birçoğunda yetersiz dilatasyon derzi uygulanmıştır. Bu çalışma ile hedeflenen mevcut yapıların ve gelecekte yapılacak yapıların çekiçleme etkisinin yol açacağı daha büyük zararlardan ve yıkımlardan korumaktır. Ayrıca çekiçlemeyi önlemek için kullanılan viskoz sönümleyici adeti ve kapasitesini optimum şekilde elde etmektir.

Bu tez çalışmasında İnşaat mühendisleri ve deprem mühendislerinin problemi haline gelmiş olan bitişik nizam yapılarda çekiçleme etkisine viskoz sönümleyiciler kullanarak çözüm arandı. Hedeflenen rölatif deplasman değeri Deprem Yönetmeliğin' de verilen minimum deprem derz (dilatasyon) boşluğu kadar hedeflendi. Bu sönümleyiciler bitişik nizamlı 4 katlı, 8 katlı ve 12 katlı karşılıklı ikişer yapıda kullanıldı. Burada amaç El Centro depremi verileri karşısında iki yapının dilatasyon derzlerine yerleştirilen sönümleyicilerin global optimizasyonunu gerçekleştirmektir. Bu optimizasyon hesaplamaları yapılırken Mathematica 5.0 programından yardım alındı.

Yapılan bilgisayar yazılımı adımlarında optimizasyon algoritmalarını Mathematica 5.0 programının kütüphanesinde bulunan “Simulated Annealing”, “Nelder-Mead” ve “Differential Evolution” algoritmaları doğrudan programdan alındı. Elde edilen verilerle viskoz sönümleyicilerin katlara optimum olarak yerleştirilmesi hedeflendi.

Yapılan yazılımlar ile bitişik nizam iki yapı sönümleyicili ve sönümleyicisiz olarak analiz edildi. Çıkan sonuçlar kıyaslandıktan sonra, hedeflen yapılar arasında bırakılan boşlukta çalışabilen, gelen çekiçleme etkisini absorbe edebilen optimum sönümleyici değeri belirlendi.

Hedeflenen iki yapı arası (dilatasyon derzi) 4 katlı binada deprem yönetmeliği minimum değeri olan 0.05m, 8 katlı binada deprem yönetmeliği minimum değeri olan 0.09m ve 12 katlı binada deprem yönetmeliği minimum değeri olan 0.13m olarak alındı. Bu yazılımlar ile rölatif kat deplasmanları 0.05m, 0.09m ve 0.13m değerlerinin üzerine optimum sönümleyiciler yardımı ile çıkmadığı görüldü.

Bu çalışma ile hali hazırda tamamlanmış yada tamamlanma aşamasında olan bitişik nizam iki yapı arasında mesafeye bağlı olarak kullanılması gereken viskoz sönümleyici kapasiteleri belirlendi.

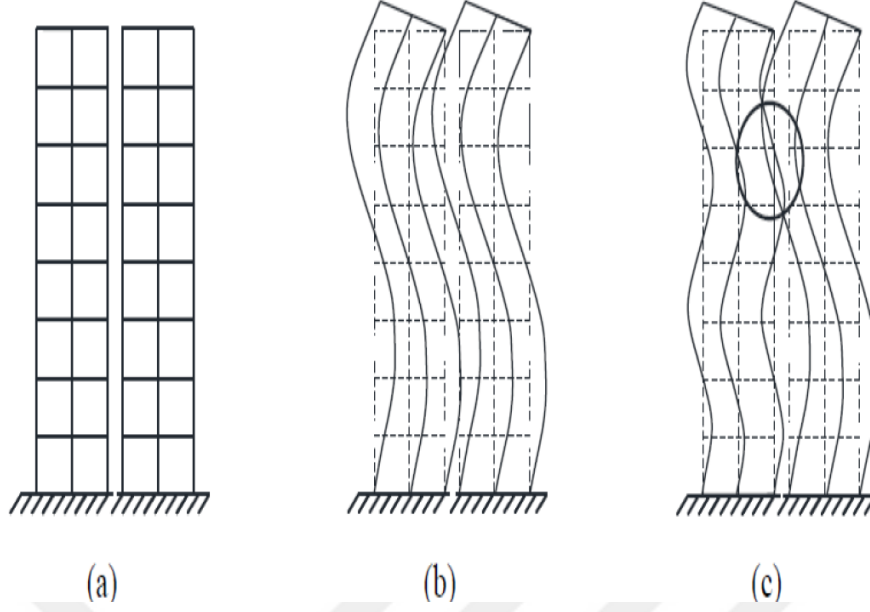
1.1 Literatür Özeti

Bitişik (B Tipi) nizam tipi yapılarda meydana gelen yapı çarpışmaları, deprem etkisi altında ki yapı dinamiği problemlerini karmaşık bir hale getirmiştir. Bu tip yapılarda görülen çarpışma problemi için alternatif çözümler modellenmiştir (Anagnostopolus, 1998). Yapılar arasında bırakılması gereken boşluk miktarını belirlemek adına yapıya gelen yatay kuvvetlerin oluşturduğu enerjiyi sönümleme mantığına dayanarak en iyi olan tasarımları bulmak hedeflenmiştir (Stravroulakis and Abdalla, 1991). Bitişik yapılar arası boşluğu belirlemek ve çarpışmayı ortadan kaldırmak için “spectral difference method” (spektral fark metodu) ve çift fark kombinasyonu metoduna bağlı “random vibration theory” (rastgele titreşim teorisi) denilen bir çözüm tekniği geliştirilmiştir (Jeng vd, 1992). Deprem kuvvetlerinin sonucunda oluşan yer kabuğu hareketlerinin yapı sistemleri üzerindeki etkisi ile sönümleyicilerin miktarlarını ve yapıdaki uygulama noktalarını saptayabilmek için çalışmalar yapılmıştır (Gurley vd,

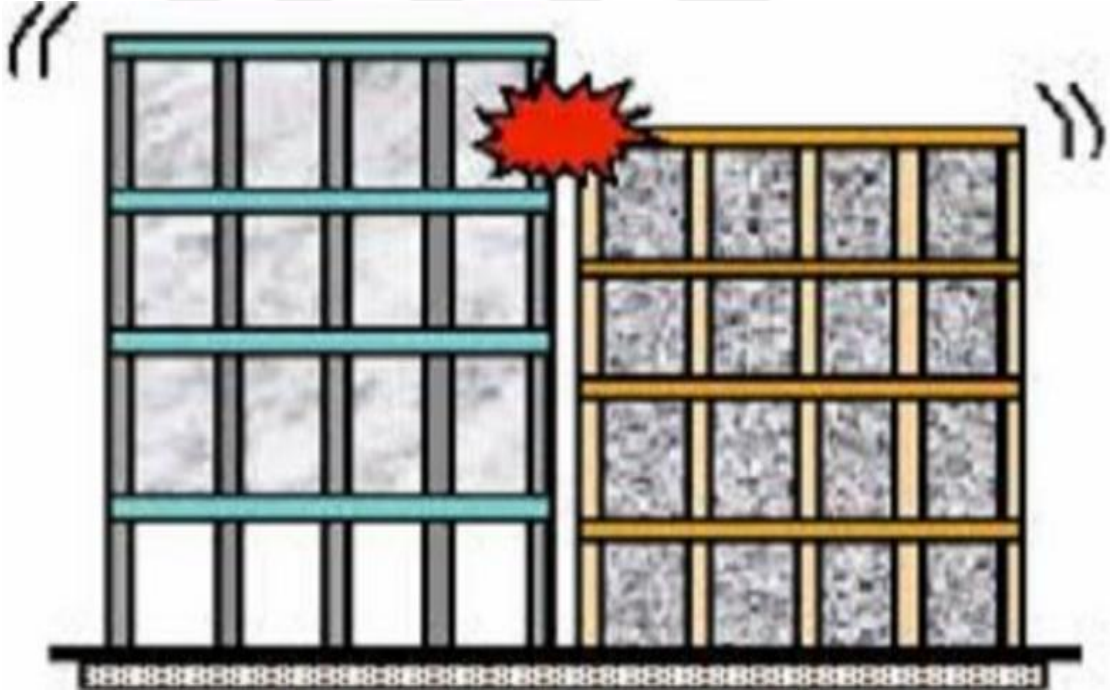
1993). Çekiçleme etkisinden kaynaklanan yapı deformasyonları hakkında çok sayıda rapor yayın haline getirilmiştir (Kasai vd, 1996). Bitişik nizam yapılarda çekiçlemeyi önlemek için rastgele titreşim teorisi kullanılarak ortalama istatistiksel bir yaklaşım metodu geliştirilmiştir (Lin, 1997) Yapı dinamiği problemi olan depremlerde karşılaşılan çekiçleme etkisine bağlı temsili enerji hattı üzerinde çalışılarak minimum dilatasyon mesafesi belirlenmiştir ve bu mesafeyi korumak için radikal çözümler sunulmuştur (Valles and Reinhorn, 1997). Düzgün (üniform) yerleştirilmiş olan sönümleyiciler (damper) ile yüksek katlı yapılarda yapı fonksiyon genliğini minimize etmek için yapı üst kotu deplasmanı bulunmuştur (Luco and De Barros, 1998). Deprem ivmesinin yapı kütlesi ile birleşerek oluşturduğu deprem kuvveti altında yapıda meydana gelen deformasyonları ortadan kaldırmak amacıyla visko-elastik sönümleyiciler için optimizasyon değerleri belirlenmiştir (Zhang and Xu, 1999). Çarpışma ihtimallerini ortadan kaldırmak ve yapıda oluşacak salınım hareketlerini sönümlemek için bitişik iki yapıya mesnetlenmiş, tek bir ayarlı kütle sönümleyici yerleştirilip deprem etkisi altında incelenmiştir (Abdullah vd, 2001). Bitişik iki yapıyı bağlamada kullanılan sıvı sönümleyiciler için kullanılan Maxwell modeli ile alternatif denklemler elde edilmiştir (Zhu and Xu, 2005). Çarpışmayı sönümlemek için bitişik yapılar da alternatif kontrol algoritmaları geliştirilmiştir (Aldemir and Aydın, 2005). Pasif sönümleyicilerin yapı katları üzerindeki etkileri incelenerek rölatif yer değiştirme bilgileri elde edilmiştir (Aydın vd, 2010). Bitişik nizamlı yapılarda tepe ve ara katlarda çekiçleme etkilerini sönümlemek ve rölatif yer değiştirme verileri hesaplanmıştır (Aydın ve Güney, 2011).

1.2 Çekiçleme

Birbirine yakın yapılmış yapıların deprem sırasında farklı davranmaları 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 (Şekil 1.2.) olayını kaçınılmaz kılmaktadır (Doğan ve Günaydın, 2009).



Şekil 1.1. Şekil değiştirmesiz durum (a), benzer özellikli yapıların şekil değiştirmesi (b) ve benzer özellikli olmayan yapıların şekil değiştirmesi (c) (Doğan ve Günaydın, 2009)



Şekil 1.2. Bitişik nizam iki yapının çarpışması (<http://3dkonut.com/cekileme-etkisi-nedir-/haberi>)

Bitişik nizam yapılarda çekişmenin şiddeti kat yüksekliklerine, binaların kütlesi, binaların rijitliği, binaların periyotlarına ve deprem ivmesine bağlıdır. Bu faktörlere bağlı olarak çekişme şiddeti, yapılarda meydana gelen deformasyonlar, yapı elemanlarında meydana gelen hasar ve yıkılma oranları değişkenlik gösterebilir.

1.3 Çekişleme İçin Deprem Yönetmeliğinde Alınan Önlemler

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik’ de bitişik binalar arasına uygulanacak deprem derzleri bölüm numaraları ile birlikte olduğu gibi verilmiştir (DBYBHY, 2007).

2.10.3. Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin 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.

Yapılan bu çalışmada yönetmelik değerlerine bağlı kalınarak deprem derz boşluğu bırakıldı.

1.4 Çekişme Etkisi İle Zarar Gören Yapılar ve İncelenmesi

Bitişik nizam yapılarda deprem derzi makul seviyelerde uygulanmazsa binaların başına neler gelebileceği yaşamış olduğumuz depremlerden sonra açıkça görülmüştür. Bu sebepten ötürü binaların deprem anında birbirine olan çekiş darbesi etkisi, meydana gelen yapı problemini çok daha karmaşık ve tahrip gücü yüksek hale getirmektedir (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Bitişik nizamda ortada kalan bina
(<https://megainsaatvemimarlik.wordpress.com/tag/cekiceme-etkisi/>)

Şekil 1.3. ve Şekil 1.4.’ de gösterilen farklı karakteristik özelliklere sahip üç yapı bitişik nizamda bir araya getirilmiş ve deprem derzleri uygun seviyede bırakılmadığı için sağ ve sol binaların salınım hareketlerinin (mod hareketlerinin) ters yönde oluşması sonucu ortadaki yapı sağ ve sol tarafındaki yapılar arasında sıkışmıştır. Bunun sonucu olarak orta binada zemin katta dükkanlar için boş bırakılan kısımlarda, zayıf kat düzensizliğinden dolayı yapı zemin katta olduğu gibi çökmüştür.



Şekil 1.4. Şekil 1.3.' ün farklı açıdan gösterilmesi
(<https://megainsaatvemimarlik.wordpress.com/tag/cekicleme-etkisi/>)



Şekil 1.5. Tek katlı bir yapı ile çok katlı bir yapının bitişik nizamı
(<http://www.insaatmag.com/cekicleme-etkisi-nedir/>)

Şekil 1.5.'de görülen tek katlı yapının çok katlı yapıya uyguladığı çekişleme tek katlı yapının salınım periyodu ve yer değiştirme miktarının bina yüksekliğine bağlı olarak az olmasından dolayı çekişleme etkisi sadece yapı elemanında küçük çapta bir deformasyon oluşturmuştur. Eğer tek katlı yapının yerine çok katlı bir yapı olmuş olsaydı yer değiştirme miktarı da buna bağlı olarak artacağından yapılardaki deformasyon daha fazla olması beklenebilirdi.



Şekil 1.6. Bodrum olmayan yapılarda çekiçleme
(<http://www.insaatmag.com/cekicleme-etkisi-nedir/>)

Şekil 1.6.' da ve Şekil 1.7.' de yapılarda meydana gelmiş olan yapının kullanılabilirlik durumunun sebebi çekiçleme etkisi ve taşıma kapasitesi düşük zemindir. Şöyle ki; deprem anında mod salınımlarını gerçekleştiren yapıların birbirlerine doğru hareket edip maksimum yer değiştirmenin olduğu noktadan birbirleri ile çarpışmıştır. Deprem kuvvetinden farklı olarak bu çarpışmadan dolayı ilave bir kuvvet (darbe) yapıya etkimiştir. Bu kuvvet ile yapının mesnet noktasına ilave moment (dönme) almıştır. Temelden zemine mesnetlenmiş olan yapıya kuvvet çarpı kuvvet kolu prensibine göre gelen dönme etkisi yetersiz mesnetten (küçük ebatlardaki temel ve bodrum olmayışı) ve gevşek zeminden dolayı gönyesinden kayarak dışarı doğru yatmıştır. Ayrıca çerçeve sistemi incelendiğinde, yapı elemanlarında deformasyon olmamasına rağmen, binada bodrum kat olmadığı için, çekiçleme etkisinden dolayı bina kullanılabilir haldedir.



Şekil 1.7. Bodrum olmayan yapılarda çekileme
(<http://www.insaatmag.com/cekileme-etkisi-nedir/>)

BÖLÜM II

YAPI KONTROL SİSTEMLERİ

Yapı kontrol sistemleri ile yapıların deprem kuvvetlerini sönmüleyebilme kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır. Doğal afet gibi durumlarda kullanılacak olan hastane, enerji santralleri ve köprüler gibi kritik yapılarda farklı bir tasarım ihtiyacı meydana gelmiştir. Yapı kontrol sistemi olarak adlandırılan bu sistemler binalarla birlikte hareket edebilen ve binaya yapım aşamasında ya da sonra yerleştirilen cihazlar yardımıyla dinamik kuvvetlere karşı koyabilen bir sistemdir. Bu cihazlar deprem hareketleri sonucu meydana gelen yer değiştirme ve kesit zorlanmalarını belli seviyelerde tutarak yapının daha emniyetli olmasını sağlar.

2.1 Yapı Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması

Bu sistemler 4 grupta incelenir.

- I. Pasif kontrol sistemleri
- II. Aktif kontrol sistemleri
- III. Karma kontrol sistemleri
- IV. Yarı aktif kontrol sistemleri

Çizelge 2.1. Yapı kontrol sistemleri (Aldemir and Aydın, 2005)

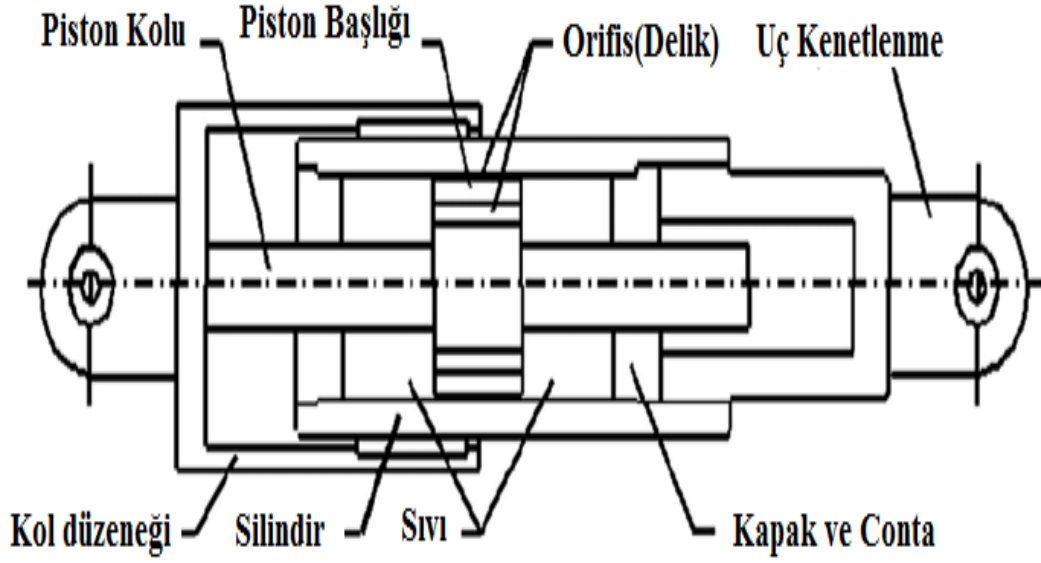
Yapı Kontrol Sistemleri		
Pasif Kontrol		Yarı Aktif ve Aktif Kontrol
Sismik İzolasyon	Pasif Enerji Sönmüleyiciler	
Elastomer Mesnetler	Metal Sönmüleyiciler	Aktif Kuvvet Veren Sistemler
Kurşun Merkezli-Kauçuk Mesnetler	Sürtünme Sönmüleyiciler	Aktif Kütle Sistemleri
Elastomer Mesnetler ve Enerji Sönmüleyici Cihazlar	Visko-elastik Sönmüleyiciler	Değişken Rijitlik ve Kütle Sistemleri
Sürtünme Sarkacı Mesnetler	Viskoz Sönmüleyiciler	Akıllı Malzemeler
Kayıcı Mesnetler ve Yük Veren Cihazlar	Ayarlanmış Sıvı Sönmüleyiciler	
Yağlanmış Kayan Mesnetler ve Enerji Sönmüleyici Sistemler	Ayarlanmış Kütle Sönmüleyiciler	

2.1.1 Pasif kontrol sistemleri

Pasif kontrol ile yapının zeminden gelen deprem kuvvetine karşı koyma ve sönümleyebilme yeteneğini arttırmak hedeflenmektedir. Pasif kontrol ile aktif kontrolü kıyaslarsak pasif kontrolde daha az teknoloji kullanılır, daha ekonomiktir, sistemi emniyete almak için karmaşık hesaplara ihtiyaç duyulmaz. Bu avantajları ile aktif kontrol sistemleri yerine kullanılabilir. Yapıda pasif kontrol uygulaması projelendirilirken yapıya gelebilecek deprem kuvvetleri referans alınarak yapı sistemi boyutlandırılır. Yapının ömrü boyunca maruz kalacağı deprem kuvvetleri referans alınan deprem kuvvetlerinden yüksek olursa yapıda kalıcı ve hatta yıkıcı deformasyonlar oluşturabilir. Diğer bir deyişle pasif kontrol sistemlerinde referans alınan deprem kuvvetleri aşıldığı zaman yapı tehlike altındadır. Bu durum pasif kontrolün en önemli dezavantajıdır. Yapılarda pasif kontrol, yapıya montajı gerçekleştirilen mekanik cihazlar ile yapının enerji absorbe etme kapasitesini olumlu etkilerken, deprem ve rüzgar kuvvetlerinden dolayı meydana gelen yer değiştirme ve kesit zorlanmalarının herhangi bir enerji ihtiyacı olmadan belli bir seviyeye kadar karşılanması hedeflenir. Pasif kontrol sistemleri, Çizelge 2.1.'de alt grupları ile verilmiştir.

2.1.1.1 Viskoz sönümleyici

Viskoz sönümleyiciler içerisindeki sıvı basıncı ile çalışmaktadır. Genelde bu sıvı yağdır. Pnömatik sistemlerde kullanılan hava basıncı yerine hidrolik sistemlerde yağ basıncı kullanılır. Sönümleyici silindiri içerisindeki piston kolu yardımı ile yağı sıkıştırır. İçerisinde özel sızdırmaz conta ve kapaklar mevcuttur. Sönümleyicinin uç kısımlarında bulunan kenetlenme noktalarından aldığı yükü piston kolu ve piston başlığı yardımı ile sıvıya aktarır ve sıvı silindir içerisinde sıkışarak gelen yükü absorbe eder (Şekil 2.1.). Bu özelliğinden dolayı yapı uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Viskoz sönümleyiciler, araç üreticileri tarafından amortisör ve hidrolik piston üretiminde kullanılmıştır. Hali hazırda yapılarda bilimsel çalışma konusu olarak, yapı onarımı ve güçlendirmesinde, depreme dayanıklı yapı tasarlama teknolojisinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.1. Viskoz sönümleyici kesiti
http://www.kawakinct.co.jp/english/bridges/b_d01.html



Şekil 2.2. Viskoz sönümleyici (https://www.researchgate.net/figure/269874191_fig1_Figure-1-Cross-section-through-a-double-ended-fluid-viscous-damper-from-Taylor)

Japonya' nın Shizuoka şehrinde Şekil 2.3.' de görülen çelik taşıyıcı sistemli SUT binasında yaklaşık 170 adet sönüm duvarı kullanılarak yapı salınım hareketlerinde %70' den fazla 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 performanslı çeşitli mühendislik alanlarında denenmiş viskoz

sönümleyicilerdir. Viskoz sönümleyicinin en önemli üstünlüğü en genel halde altı serbestlik dereceli sönümleme yapabilmesidir. Şekil 2.4.' de çelik kafes sistem için bir uygulama gösterilmiştir (Aldemir and Aydın, 2005).



Şekil 2.3. SUT binası, Shizuoka, 1993 (Aldemir and Aydın, 2005)



Şekil 2.4. Çelik kafes sistemde viskoz sönümleyici (Aldemir and Aydın, 2005)

2.1.2 Aktif kontrol sistemleri

Bu sistemde, deprem kuvvetine yapının tepkisini belirli seviyeler altında tutmak için geri besleme sisteminin belirlediği ve sürekli değişen kontrol kuvvetleri, kontrol süresince yapıya uygulanır. Yapıya dinamik kuvvet etkiğinde yapı bu kuvvete ters yönde kuvvet uygulamak için kontrol sistemindeki sensörlere sinyaller gönderir bu sinyaller sistem tarafından çözülerek bu kuvvete uygun ters yönde kontrol kuvvetleri yapıya uygulanır. Kontrol kuvvetleri, sistemde sürekli hazır bulunması gereken enerji yardımı ile üretilir. Bu tip yapılara “intelligent structures” (akıllı yapılar) adı verilmektedir.

2.1.3 Yarı aktif kontrol sistemleri

Aktif kontrol sistemlerine göre dış enerji ihtiyacı az olan yarı aktif kontrol sistemleri önemli gelişmelerden biridir. Sismik hareket esnasında aktif sistemlerin ana güç kaynakları devre dışı olabileme ihtimali mevcut iken, 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 sönmölemek için kullanılmaktadır. Yarı aktif sönmöleyiciler, 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 and Aydın, 2005).

2.1.4 Karma kontrol sistemleri

Karma kontrolde, bir yapı aktif veya yarı aktif kontrol sistemleri ile projelendirilmiş olup davranışı iyileştirmek için pasif kontrol sistemi ile de 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 and Aydın, 2005).

BÖLÜM III

BITİŞİK NIZAM YAPILARIN ARASINA SÖNÜMLEYİCİLERİN YERLEŞİMİ

3.1 Problemin Formülasyonu

Aynı kat sayısına sahip ve aynı seviyede olan iki adet, bitişik nizam kayma çerçeveleri göz önünde bulundurulacak olursa (Şekil 3.1.) yapılar arasında akışkan viskoz sönümleyiciler ekleyerek çarpışmaları önlenabilir. A ve B yapılarına ait hareket denklemleri, sönümleyiciler olmadan aşağıda verilmektedir.

$$M_A \ddot{U}_A(t) + C_A \dot{U}_A(t) + K_A U_A(t) = M_A r \ddot{U}_g(t) \quad (3.1)$$

$$M_B \ddot{U}_B(t) + C_B \dot{U}_B(t) + K_B U_B(t) = M_B r \ddot{U}_g(t) \quad (3.2)$$

Şekil 3.1.' de, A ve B yapılarının sırasıyla $U_A(t)$ ve $U_B(t)$ yer değiştirme vektörlerini temsil etmektedir. Hız vektörleri için $\dot{U}_A(t)$ ve $\dot{U}_B(t)$ kullanılacaktır. $\ddot{U}_A(t)$ ve $\ddot{U}_B(t)$ ivme vektörlerini, \ddot{U}_g ise yer ivmesini ifade eder. Aynı şekilde, M_A ve M_B kütle için semboller, C_A ve C_B yapısal sönüm için, K_A ve K_B A ve B yapılarının yapı rijitlik matrislerini göstermektedir. Ayrıca, r etki vektörü deprem hareketi yönünde elemanları 1 olan etki vektörünü ifade eder. A ve B yapılarının titreşimleri birlikte modellendiğinde, sönümsüz durum için hareket denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir. Yapıların karakteristik bilgileri Ek-D' de verilmiştir.

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

Burada, birleştirilmiş sistemin kütle, rijitlik ve yapısal sönümleme matrisleri sırasıyla aşağıdaki gibi verilebilir.

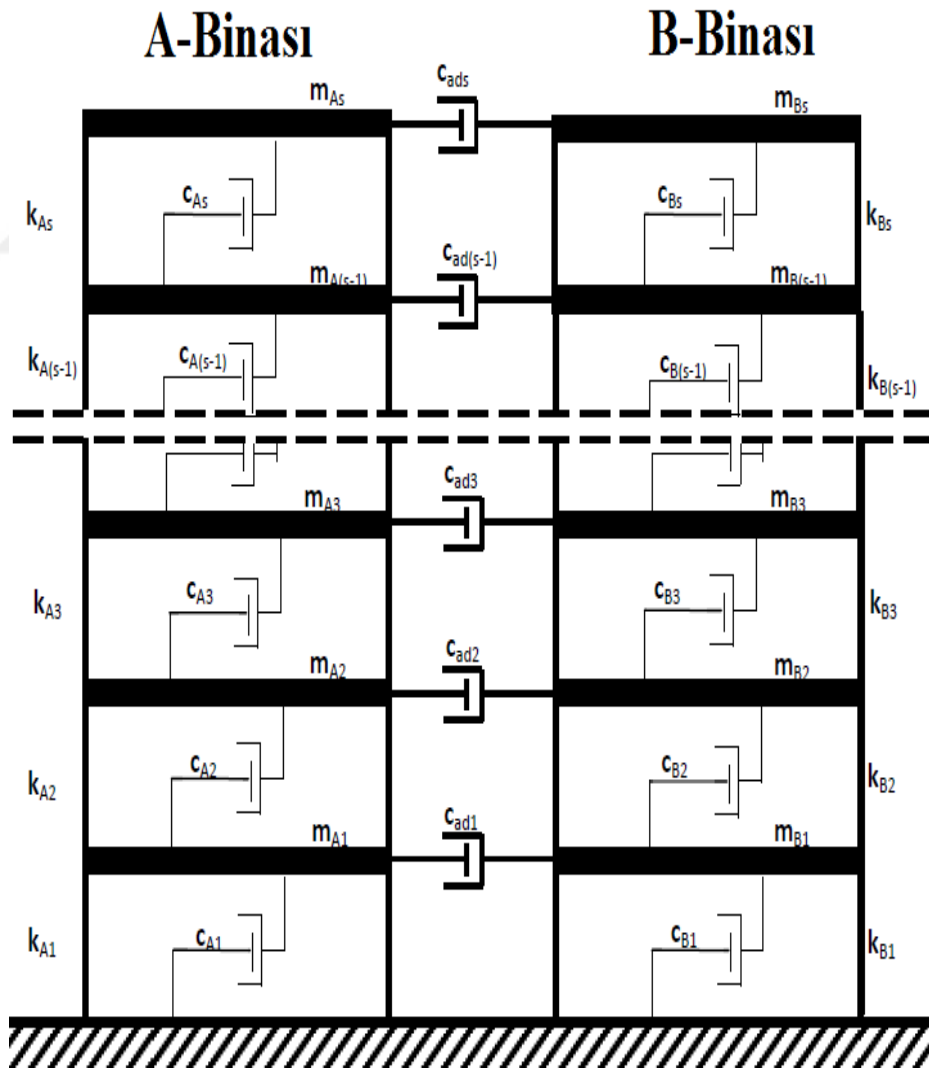
$$M = \begin{bmatrix} M_A & 0 \\ 0 & M_B \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} K_A & 0 \\ 0 & K_B \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} C_A & 0 \\ 0 & C_B \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Yapısal sönümleme matrisi C , sadece kütle matrisi, sadece rijitlik matrisi veya kütle ile rijitlik matrislerinin doğrusal kombinasyonu ile orantılı olarak hesaplanabilir. Hareket denklemi, yapılar arasında sönümleyiciler yerleştirildiğinde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M\ddot{U}(t) + (C + C_{ad})\dot{U}(t) + KU(t) = Mr\ddot{U}_g(t) \quad (3.5)$$

Burada C_{ad} eklenen viskoz sönümleyicinin sönüm matrisini belirtir. C_{ad} bir hedefi en aza indirmek için optimum bir şekilde tasarlanacak olan orantısız bir sönüm matrisidir. Matris C_{ad} eklenen viskoz sönümleyicilerin sönüm katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki gibi ayrık formda yazılabilir.

$$C_{ad} = c_1C_1 + c_2C_2 + \dots + c_sC_s \quad (3.6)$$



Şekil 3.1. Bitişik nizam yapılar ve sönümleyicilerin dağılımı

Burada, c_i ($i = 1, 2, \dots, s$) eklenen sönümleyicinin i . sönüm katsayısına tekabül eder. Konum matrisi de sönümleyicilerin i . sönüm katsayısı ile ilgili olarak C_i ($i = 1, 2, \dots, s$) C_{ad} ' in kısmi diferansiyeline eşittir ve aşağıdaki gibi yazılır.

$$C_i = \frac{\partial C_{ad}}{\partial c_i} \quad (3.7)$$

Girişimli sistemin birinci modu için aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$2\zeta_1 \omega_1 = \frac{\phi_1^T (C + C_{ad}) \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} = \frac{\phi_1^T C \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} + \frac{\phi_1^T C_{ad} \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} \quad (3.8)$$

Burada ζ_1 sönümleyiciler yapıya yerleştirildiği duruma karşı gelen sönüm oranıdır, ϕ_1 normalleştirilmiş birinci mod vektörünü, ω_1 ise girişimli sistemin sönümsüz doğal dairesel frekansını belirtir. Denklem (3.8)' in sağ tarafındaki ilk terim; orantılı sönümlenme matrisine karşılık gelir. Birinci mod ile diğer modların herhangi biri arasında eşleşme yoktur. Bu durum aşağıdaki gibi verilir.

$$\frac{\phi_1^T C \phi_i}{\phi_1^T M \phi_i} = \begin{cases} 2\zeta_{st} \omega_1 & i = 1 \\ 0 & i \neq 1 \end{cases} \quad (3.9)$$

Burada ζ_{st} birinci mod için yapısal sönüm oranını belirtir. Denklem (3.8)' in sağ tarafındaki ikinci terimi orantısız sönüm matrisini içermektedir. Bununla birlikte, sönümleyici tasarımını basitleştirmek için mod dikliği prensibine göre, bazı basitleştirici denklemlere ihtiyaç duyulur.

$$\frac{\phi_1^T C_{ad} \phi_i}{\phi_1^T M \phi_i} = \begin{cases} 2\zeta_{ad} \omega_1 & i = 1 \\ 0 & i \neq 1 \end{cases} \quad (3.10)$$

Burada ζ_{ad} birinci mod için eklenen sönüm oranını belirtir. Denklemlerden (3.9) ve (3.10) kullanılarak, denklem (3.8) aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$2\zeta_1 \omega_1 = 2(\zeta_{st} + \zeta_{ad})\omega_1 \quad (3.11)$$

Dolayısıyla sadeleşme yapılırsa,

$$\zeta_1 = \zeta_{st} + \zeta_{ad} \quad (3.12)$$

Yapısal sönüm oranı ζ_{st} genellikle farklı yapı türleri için kabul edilmiştir. Sönümleyiciler yapıya yerleştirildiğinde, ζ_1 parametresi sönümleme oranının hedeflenen değerini belirtir. Eklenen sönümleyiciler nedeniyle oluşan ζ_{ad} parametresi, eklenen sönüm oranıdır. Yapısal sönümleme oranı ve hedeflenen toplam sönümleme oranı biliniyorsa, denklem (3.12) kullanılarak ζ_{ad} istenen ek sönüm oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\zeta_{ad} = \zeta_1 - \zeta_{st} \quad (3.13)$$

Denklem (3.8) eklenen sönüm oranı için aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$2\zeta_{ad} \omega_1 = \frac{\phi_1^T c_{ad} \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} = c_1 \frac{\phi_1^T c_1 \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} + c_2 \frac{\phi_1^T c_2 \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} + \dots + c_s \frac{\phi_1^T c_s \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} \quad (3.14)$$

Burada μ_i katsayısı,

$$\mu_i = \frac{\phi_1^T c_i \phi_1}{\phi_1^T M \phi_1} \quad (3.15)$$

şeklinde hesaplanır. Denklemlerden (3.14) ve (3.15) kullanılarak, birinci mod için istenen ilave sönümleme oranı için formül aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\zeta_{ad} = \frac{1}{2\omega_1} (\mu_1 c_1 + \mu_2 c_2 + \dots + \mu_s c_s) = \frac{1}{2\omega_1} \sum_{i=1}^s \mu_i c_i \quad (3.16)$$

3.2 Bitişik Nizam Binalar İçin Optimum Sönümleyici Probleminin Tanımlanması

Yapıların optimum tasarımında farklı amaç ve kısıtlama fonksiyonları kullanılır. Amaç fonksiyonları, bir yapının herhangi bir davranış veya parametresini minimize veya maksimize etmek için kullanılır. Bu çalışmada, iki yapı arasına yerleştirilen sönümleyicilerin toplam sönüm katsayısını minimize eden amaç fonksiyon olarak seçilmiştir; Bu fonksiyon aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\text{Min}f = \sum_{i=1}^s c_i \quad (3.17)$$

Eklene sönümleyicilerin toplam sönüm katsayısı ve maliyet/amaç fonksiyonu denklem (3.18)'de gösterilmiştir. Eklene sönüm oranı açısından denklem (3.16) aşğıdaki gibi bir eşitlik kısıtlaması olarak yeniden yazılabilir.

$$\zeta_{ad} = \frac{1}{2\omega_1} (\mu_1 c_1 + \mu_2 c_2 + \dots + \mu_s c_s) = \frac{1}{2\omega_1} \sum_{i=1}^{ns} \mu_i c_i \quad (3.18)$$

Burada ζ_{ad} eklene sönüm oranı olarak verilebilecek sabit bir sönüm oranıdır. Birinci doğal dairesel frekansına bağılı olarak hesaplanan μ_i yapının titreşim özelliklerinden bilinen bir parametredir. Amaç/maliyet fonksiyonu ya da eşitlik kısıtlaması, tasarım parametrelerinin doğrusal birer fonksiyonudur. Eklene her bir sönümleyicinin sönüm katsayılarının üst ve alt sınırlarındaki eşitsizlik kısıtlamaları hesaba katılırsa aşğıdaki gibi verilir.

$$0 \leq c_i \leq \bar{c}_i \quad (i = 1, 2, \dots, s) \quad (3.19)$$

Burada \bar{c}_i sönümleyicinin i . sönüm katsayısının üst sınırını temsil eder. Bu değer üretim esnasında belli standartlara bağılı olarak üretilen sönümleyicilerin, pratik kullanımlarında karşılaşılabilecek bir kısıtlamadır.

3.3 Optimizasyon İçin Önerilen Algoritma

Sönümleyici optimizasyon problemini çözmek için birçok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen optimizasyon probleminin çözümü kolaydır çünkü objektif ve sınır fonksiyonları tasarım değişkenlerinin basit ve doğrusal fonksiyonlarıdır. Bu en uygun sönümleyici probleminde, toplam sönümleme maliyetini en aza indirmek için, belirli sınırlamalar altında optimizasyon sönümleyici katsayılarının hesaplanması için Mathematica 5.0'ın (Wolfram Research, 2003) sayısal minimizasyon modülü uygulanmaktadır. Optimizasyon literatüründe iyi bilinen üç sayısal minimizasyon yöntemi vardır. Bunlar “Differential Evolution”, “Nelder Mead” ve “Simulated Annealing”, optimizasyon problemini çözmek için kullanıldı.

Bir makaslama çerçevesine eklenen sönümleyicilerin en uygun şekilde yerleştirilmesi göz önüne alındığında işlem adımları aşağıdaki şekilde verilir:

Adım 1. Rijitlik matrisini (K) ve kütle matrisini (M) oluşturmak için girdi verisini okuyun ve ardından toplam sistemin ilk doğal dairesel frekansı (ω_1), birinci mod vektörü ve yapısal sönümleme matrisini hesaplayın (C). Doğrusal zaman tanım alanında hesaplanması için bir tasarım depremi seçin. Tasarım değişkeninin \bar{c}_i üst sınırını seçin.

Adım 2. Algoritmanın başında yineleme sayısı =1'dir.

Adım 3. Yeni bir hedef eklenen sönüm oranını, $\zeta_{ad}^{new} = \zeta_{ad}^{old} + 0.01$ denkleminde hesaplayın. İlk döngüde $\zeta_{ad}^{old} = 0$ düşünün. Bu çalışmada her yineleme için ζ_{ad} % 1 artmıştır.

Adım 4. Denklem (3.17)' de tanımlanan maliyet fonksiyonunu küçültün. Denklemlerden (3.18) - (3.19)' un kısıtlamalarına göre "Differential Evolution", "Nelder Mead" ve "Simulated Annealing" olmak üzere üç farklı yöntemi kullanarak doğrusal optimizasyon problemini çözmek için Mathematica 5.0' ın (Wolfram Research, 2003) sayısal minimizasyon modülünü kullanın. Aday bir optimum sönümleyici tasarımı bulun.

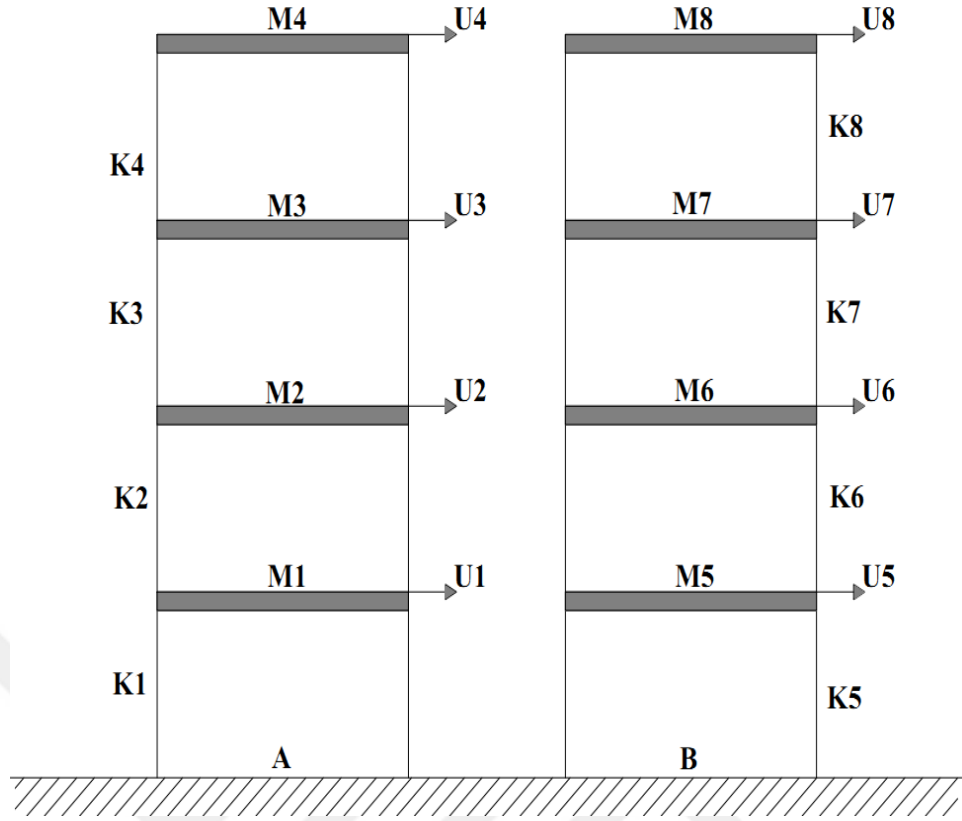
Adım 5. Adım 4' te elde edilen aday optimum sönümleyici tasarımının, zaman tanım alanında hesaplarını gerçekleştirerek ve tüm katlar için $RD_i = \{U_{Ai}(t) - U_{Bi}(t)\}$ formülünden kat seviyelerindeki rölatif yer değiştirmeleri hesaplayın, Burada, $U_{Ai}(t)$ yapı A' daki i . katın yer değiştirmesini ve $U_{Bi}(t)$ yapı B' deki i . katın yer değiştirmesini ifade eder. Bu adımda hesaplanan tüm rölatif yer değiştirmeler izin verilen seviyenin (bu çalışmada 0.05m-0.09m-0.13m için) değerlerine ulaşırsa döngüyü durdurur. Aksi takdirde, Adım 3'e dönün, yineleme sayısını artırın (yineleme numarası = yineleme numarası + 1 olarak) ve yeni bir hedef eklenen sönümleme oranını hesaplayın.

BÖLÜM IV

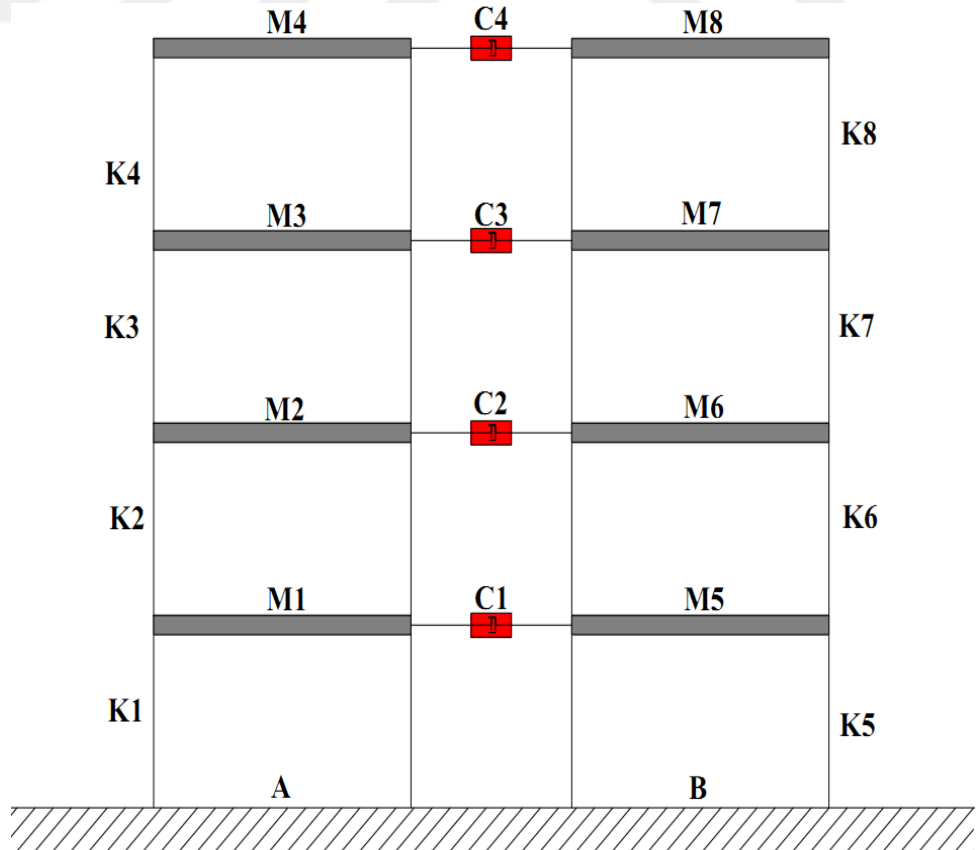
SAYISAL ÖRNEKLER

4.1 Bitişik Nizam 4 Katlı İki Yapının Analizi ve Sonuçları

Bitişik nizam 4 katlı iki yapıda Şekil 4.1.' de görüldüğü gibi deprem kuvveti etkisi altında ayrı ayrı kat deplasmanları meydana gelmektedir. Mathematica 5.0 (Wolfram Research, 2003) programı ile yapılan yazımlarda bu iki yapının sönümleyici olmadan (Şekil 4.1.) ve her kat seviyesine yerleştirilen viskoz sönümleyiciler (Şekil 4.2.) ile çözümlene yapıldı. Yapılan analiz basamaklarında “Simulated Annealing”, “Nelder Mead” ve “Differential Evolution” global optimizasyon formülleri kullanıldı. Bu optimizasyon algoritmaları sayesinde hedeflenen, yapılar arası mesafe 0.05m olarak seçildi ve hedeflenen sönümleyici kapasitesi olan $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m değeri problemi anlatmak için seçilen bir sönüm oranı değeri olarak kullanıldı. Problemi farklı sönümleyici katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) içinde incelendi ve sonuçları ayrıca gösterildi. Bu sönümleyici katsayılarına göre minimum sönümleyici miktarını ve hangi katlara sönümleyici yerleştirilmesi gerektiği belirlendi.



Şekil 4.1. A ve B yapılarının kat deplasmanları

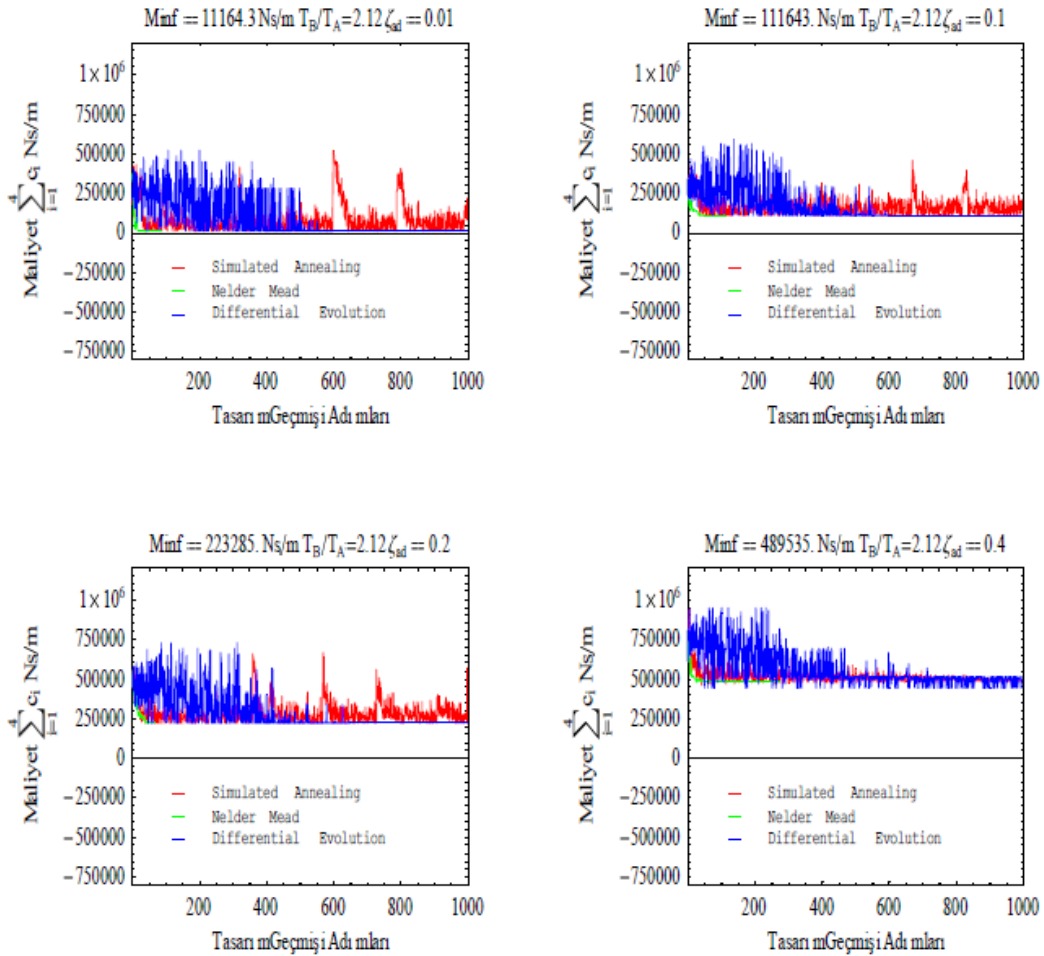


Şekil 4.2. A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi

Şekil 4.2.' de gösterilen C1, C2, C3, C4 temsili sönümleyici görselleridir. Optimizasyon işlemi sonrasında 4 katlı yapıların arasına 0.05m' de çalışabilen ve sönümleyici kapasitesi olarak $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m belirlenen sönümleyicilerden kaç adet yerleştirilmesi gerektiği optimizasyon işlemleri sonucunda elde edildi.

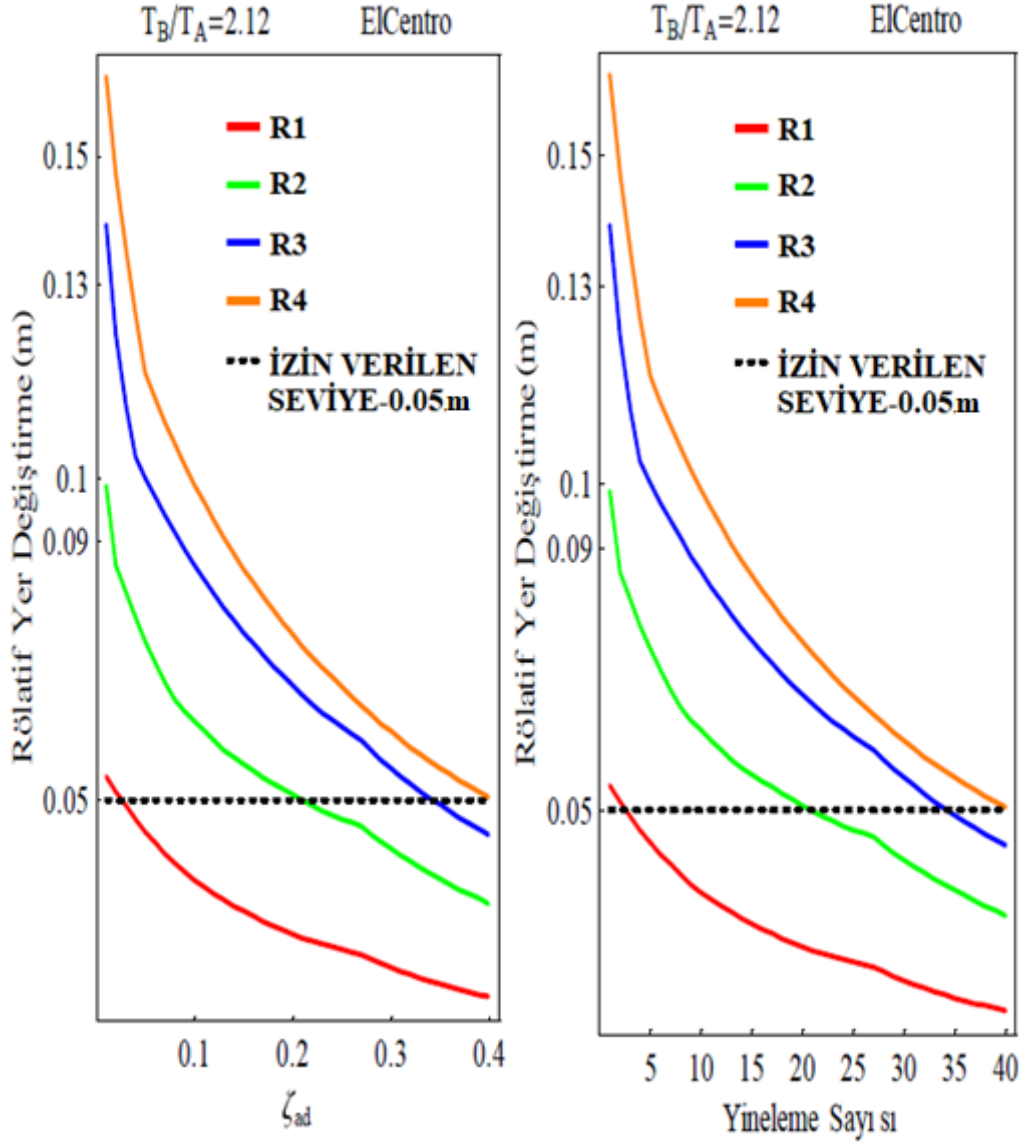
4.1.1 Yapılan analizlerin sonuçları (4 katlı yapılar)

Hedeflenen sönümleyici kapasitesi $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m maliyet (amaç) fonksiyonlarının grafikleri Şekil 4.3.' de verilmiştir. Burada üç farklı global optimizasyon algoritmalarının kıyaslanma grafikleri gösterilerek bu algoritmaların minimum değeri olan “Minf” değeri her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına (1. Adım, 10. Adım, 20. Adım ve son adım olan 40. Adım) göre Şekil 4.3.' de verilmiştir. Tüm adımlar (1-40 Adım arası) ise Ek-A' da verilmiştir.



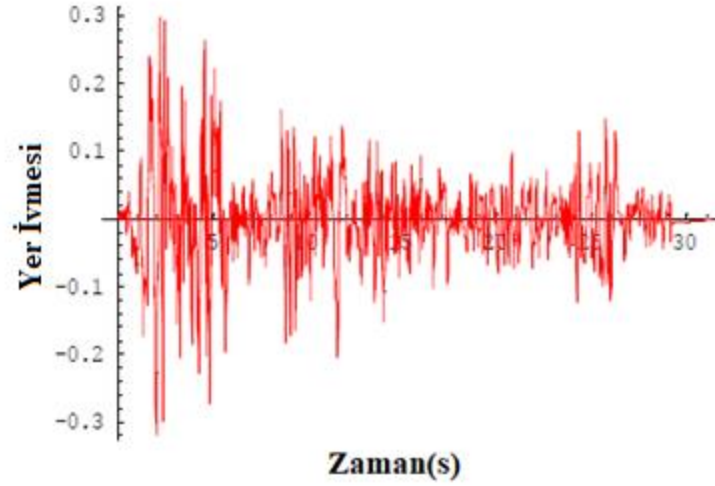
Şekil 4.3. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi

Elde edilen bu değerler ile karşılıklı rölatif kat deplasmanlarının grafiği Şekil 4.4.' de verildi. Kullanılan hedef sönümleyici kapasitesi ile hedeflenen dilatasyon derzi mesafesine (0.05m) toplamda 40 adımda yani $\zeta_{ad} = 0.40$ değerinde ulaşılmıştır. Şekil 4.4' de verilen R4 grafiği (Turuncu Renkli) A yapısının 4. katı ile B yapısının 4. katındaki rölatif deplasman değerlerinin sönümleyici yardımı ile 40. yineleme adımında 0.05m değerinin altında kaldığı görülmektedir.



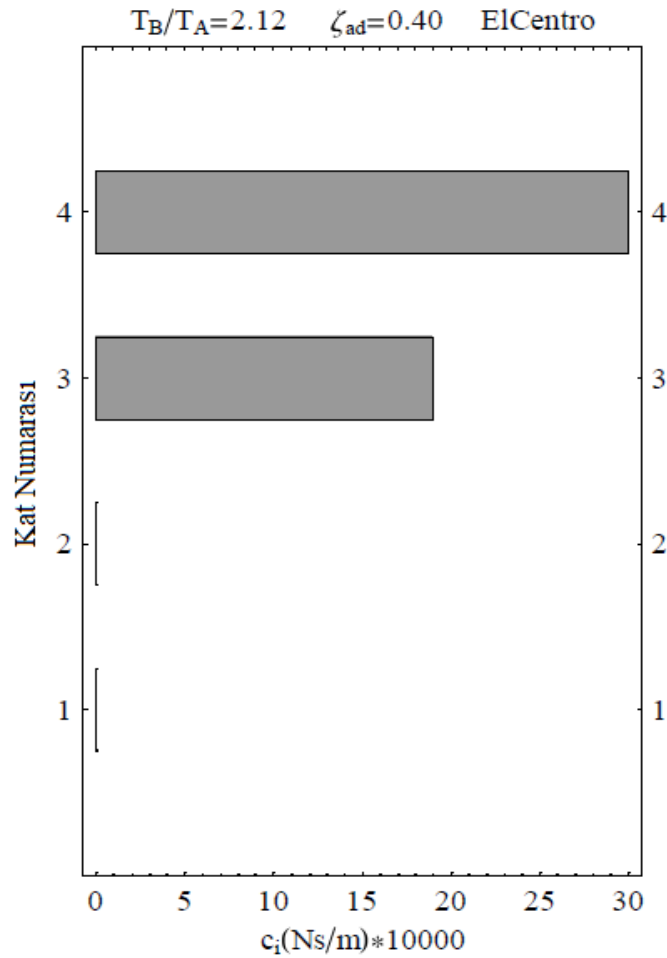
Şekil 4.4. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve yineleme numarasına göre yapılar arasındaki rölatif deplasmanların değişimi

Algoritmaların çözümlenebilmesi için El Centro (Kuzey-Güney) depremi datalarının yer ivmesi - zaman grafiği (Şekil 4.5.) kullanılmıştır.



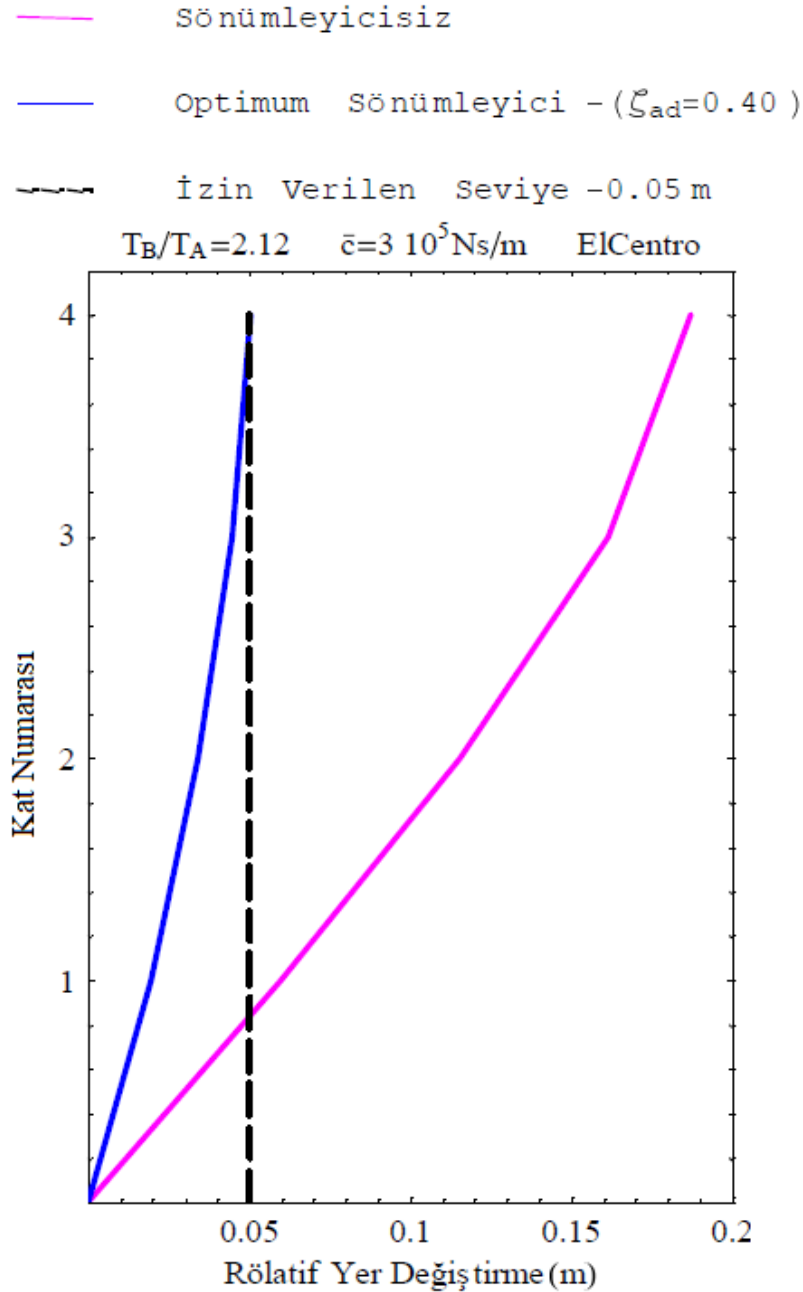
Şekil 4.5. El Centro depremi yer ivmesi-zaman grafiği

El Centro deprem datalarına göre sönümleyicilerin optimum olarak 4. katta ve 3. katta kullanılması gerektiği Şekil 4.6.' da Kat Numarası-Sönümleyici grafiğinde görülmektedir.



Şekil 4.6. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği

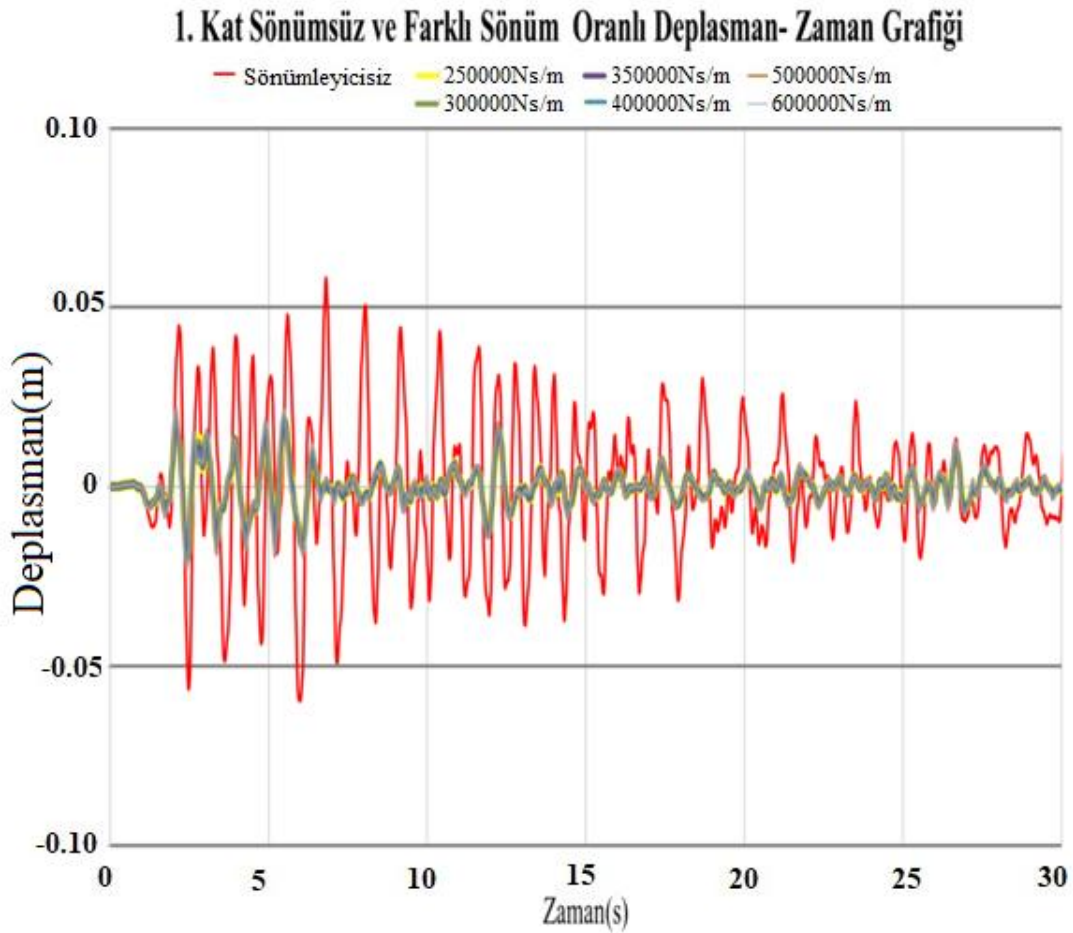
Hedeflenen dilatasyon derzi değerine de ulaşıldığı Şekil 4.7.' de Rölatif Deplasman-Kat Numarası grafiğinde 0.05m olduğu görülmektedir. Şekil 4.7.' de sönümleyici olmadan rölatif kat deplasmanları (mor çizgi) 0.20m değerine yaklaşmıştır. Fakat optimum sönümleyicilerin yardımı ile rölatif kat deplasmanları (mavi çizgi) 0.05m değerinin altında kalması sağlanmıştır.



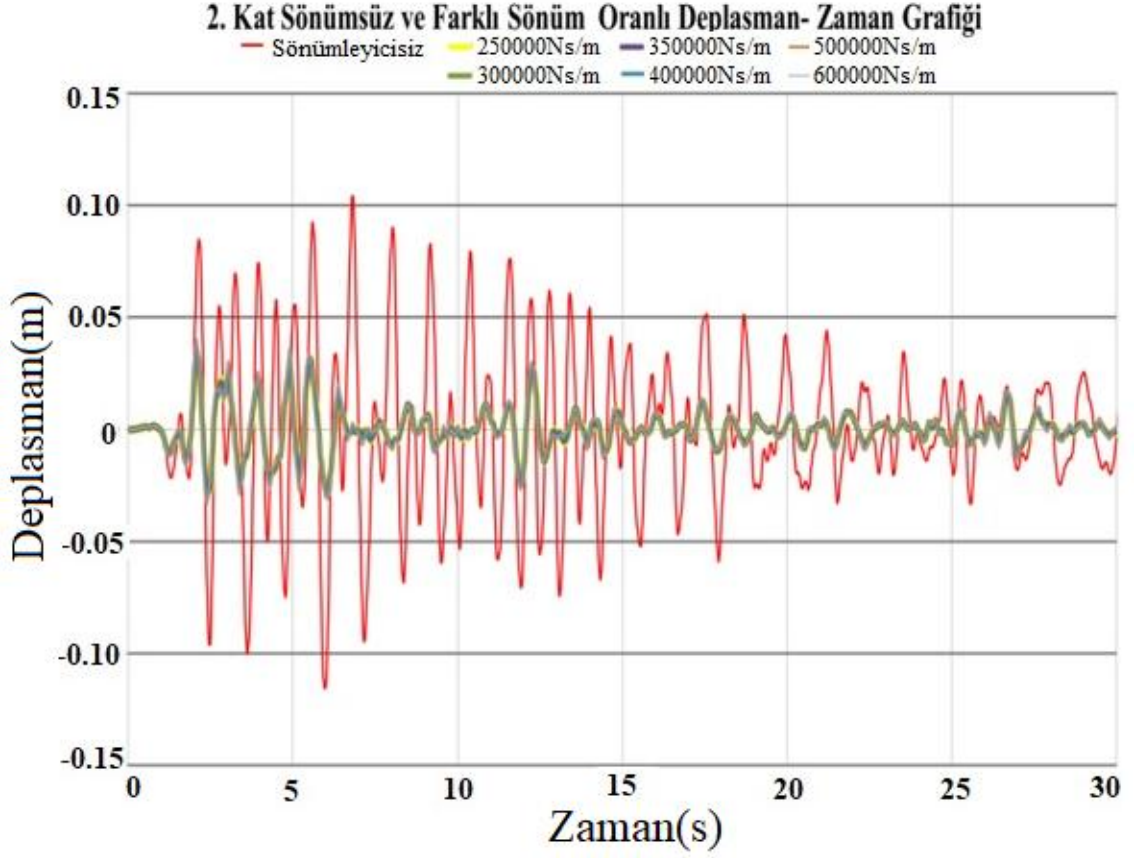
Şekil 4.7. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \cdot 10^5 \text{Ns/m}$ için optimum sönümleyici (mavi çizgi) ile sönümleyicisiz (mor çizgi) yapıların kat numarası-rölatif yer değiş tirme grafiğ i

4.1.2 4 Katlı yapılarda sönüm oranlarının etkisi

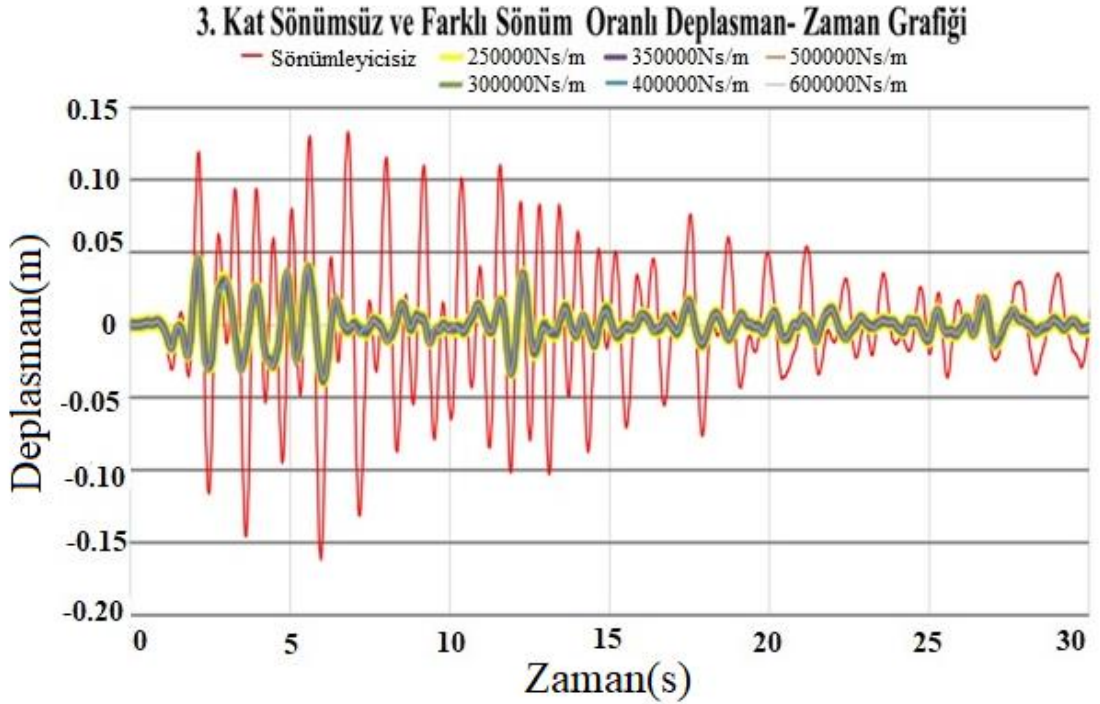
Sönümleyici olmadan A ve B yapılarının Zaman-Deplasman grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.8., Şekil 4.9., Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.) kırmızı çizgi sönümleyicisiz 4 katlı yapıların deplasman değeri 0.05m' yi aştığını göstermektedir. Grafiklerin ortasında ki farklı renklerden oluşan çizgiler ise farklı sönümleyici oranları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) için sönümleyicili yapıların Zaman-Deplasman değerlerini (Şekil 4.8., Şekil 4.9., Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.) göstermektedir. Bu deplasman değerleri sönümleyici yardımıyla 0.05m' nin altında kalması sağlandı.



Şekil 4.8. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

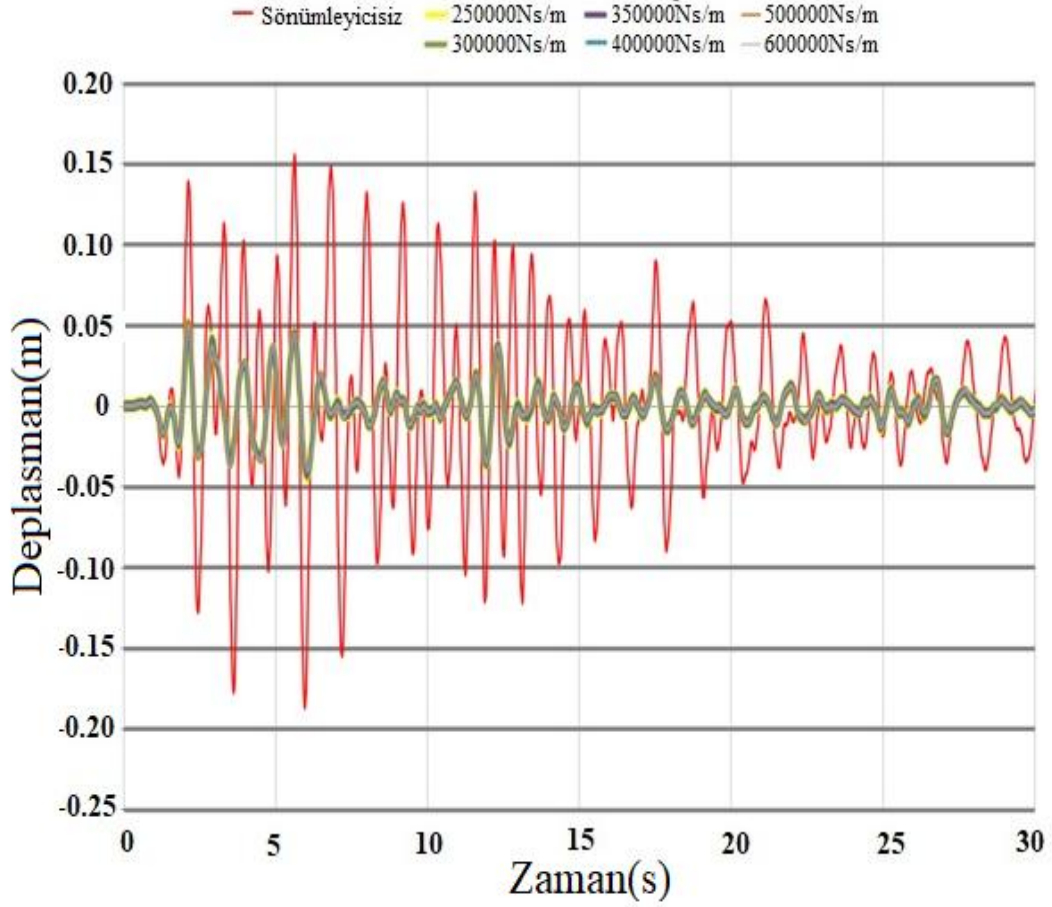


Şekil 4.9. 2. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği



Şekil 4.10. 3. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

4. Kat Sönümsüz ve Farklı Sönüm Oranlı Deplasman-Zaman Grafiği



Şekil 4.11. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

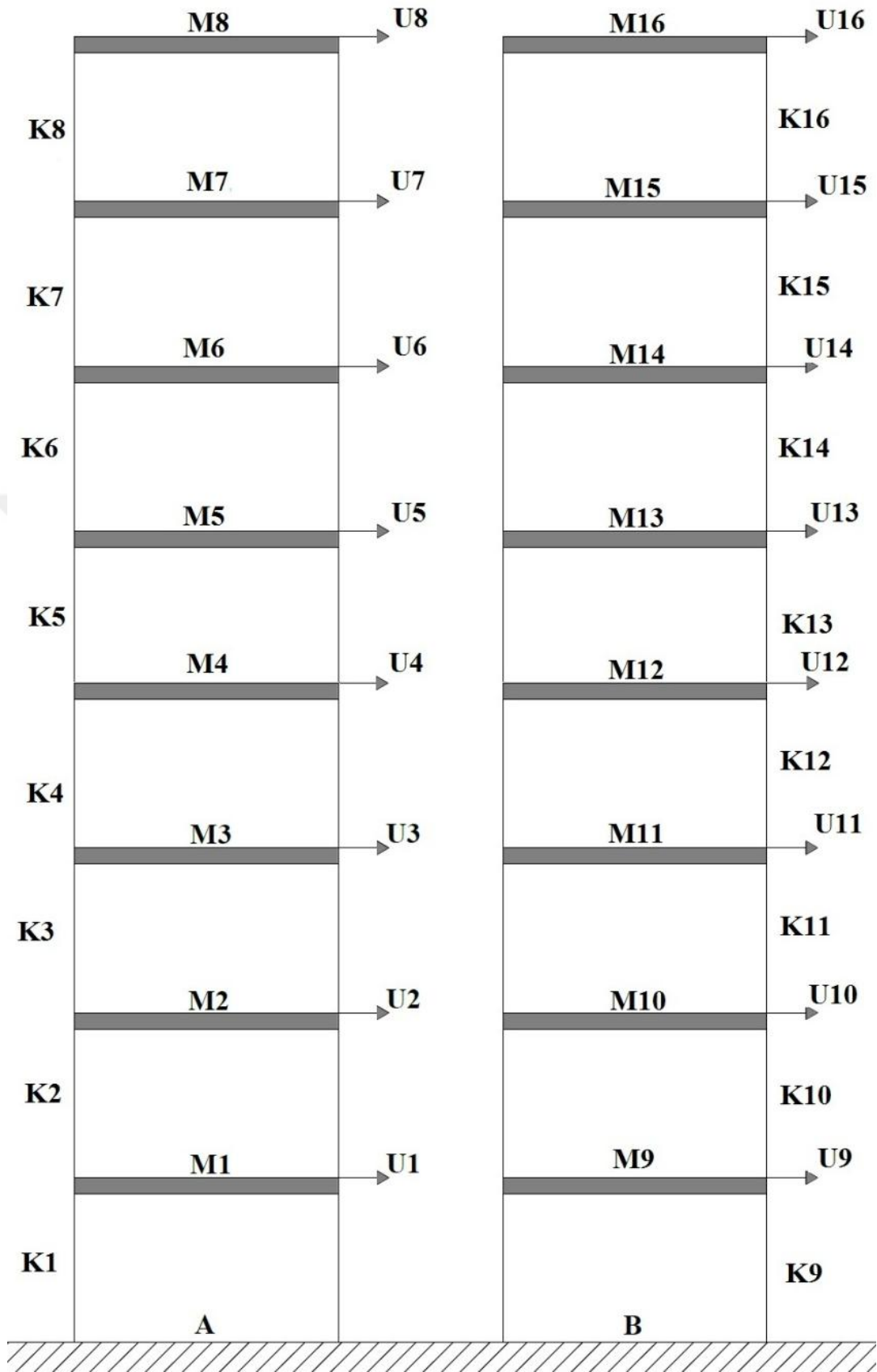
Çizelge 4.1.' de görüldüğü üzere farklı sönüm katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) kullanıldığında hangi sönümleyiciden hangi kata kaç adet yerleştirileceği optimum olarak belirlenmektedir. Minimum maliyet fonksiyonu olarak her sönüm oranında ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) optimum olarak sönümleyicilerin kapasitesine göre katlara ayrı ayrı yerleştirmektedir. 4 katlı yapı için hedeflenen sönüm oranı yüzdesi değeri de %40 sınır değerini aşmamıştır.

Çizelge 4.1. 4 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı

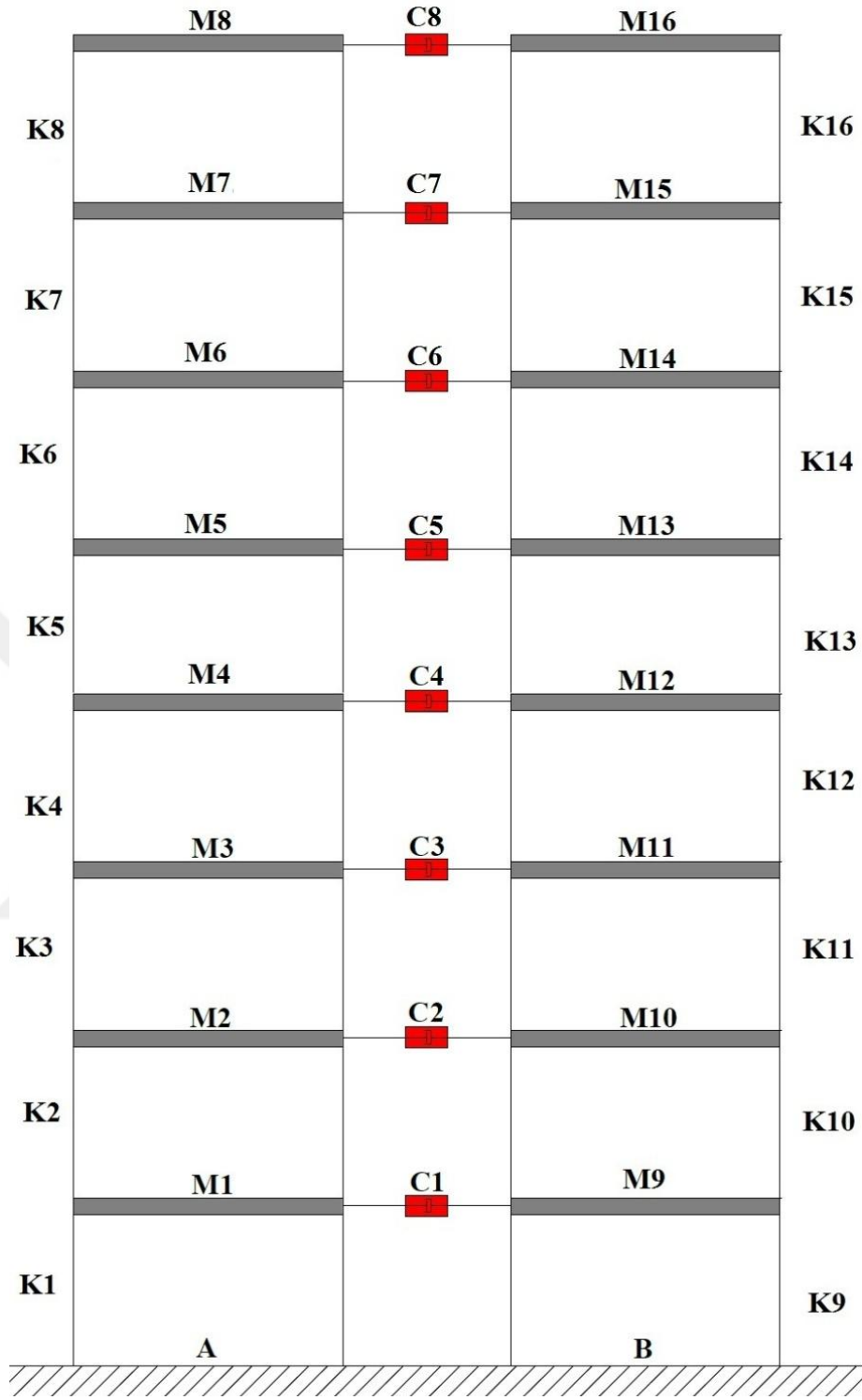
Sönüm Katsayısının Üst Sınırı Ns/m (10^5)	Optimum Sönüm Katsayısı Ns/m				Minimum Maliyet Fonksiyonu Değeri Ns/m	Hedeflenen İlave Sönüm Oranı %
	\bar{c}_i	c_1	c_2	c_3	c_4	$\sum_{i=1}^4 c_i$
2.5	0	7618	250000	250000	507618	40
3.0	0	0	189535	300000	489535	40
3.5	0	0	124879	350000	474879	40
4.0	0	0	60222	400000	460222	40
5.0	0	0	0	446571	446571	40
6.0	0	0	0	446571	446571	40

4.2 Bitişik Nizam 8 Katlı İki Yapının Analizi ve Sonuçları

Bitişik nizam 8 katlı iki yapıda Şekil 4.12.' de görüldüğü gibi deprem kuvveti etkisi altında ayrı ayrı kat deplasmanları meydana gelmektedir. Mathematica 5.0 (Wolfram Research, 2003) programı ile yapılan yazımlarda bu iki yapının sönümleyici olmadan (Şekil 4.12.) ve her kat seviyesine yerleştirilen viskoz sönümleyiciler (Şekil 4.13.) ile çözümlenmeler yapıldı. Yapılan analiz basamaklarında “Simulated Annealing”, “Nelder Mead” ve “Differential Evolution” global optimizasyon formülleri kullanıldı. Bu optimizasyon algoritmaları sayesinde hedeflenen yapılar arası mesafe 0.09m kullanıldı ve hedeflenen sönümleyici kapasitesi olan $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m değeri problemi anlatmak için seçilen bir sönüm oranı değeri olarak kullanıldı. Problem farklı sönümleyici katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) içinde incelendi ve sonuçları ayrıca gösterildi. Bu sönümleyici katsayılarına göre minimum sönümleyici miktarını ve hangi katlara sönümleyici yerleştirilmesi gerektiği belirlendi.



Şekil 4.12. 8 Katlı A ve B yapılarının kat deplasmanları



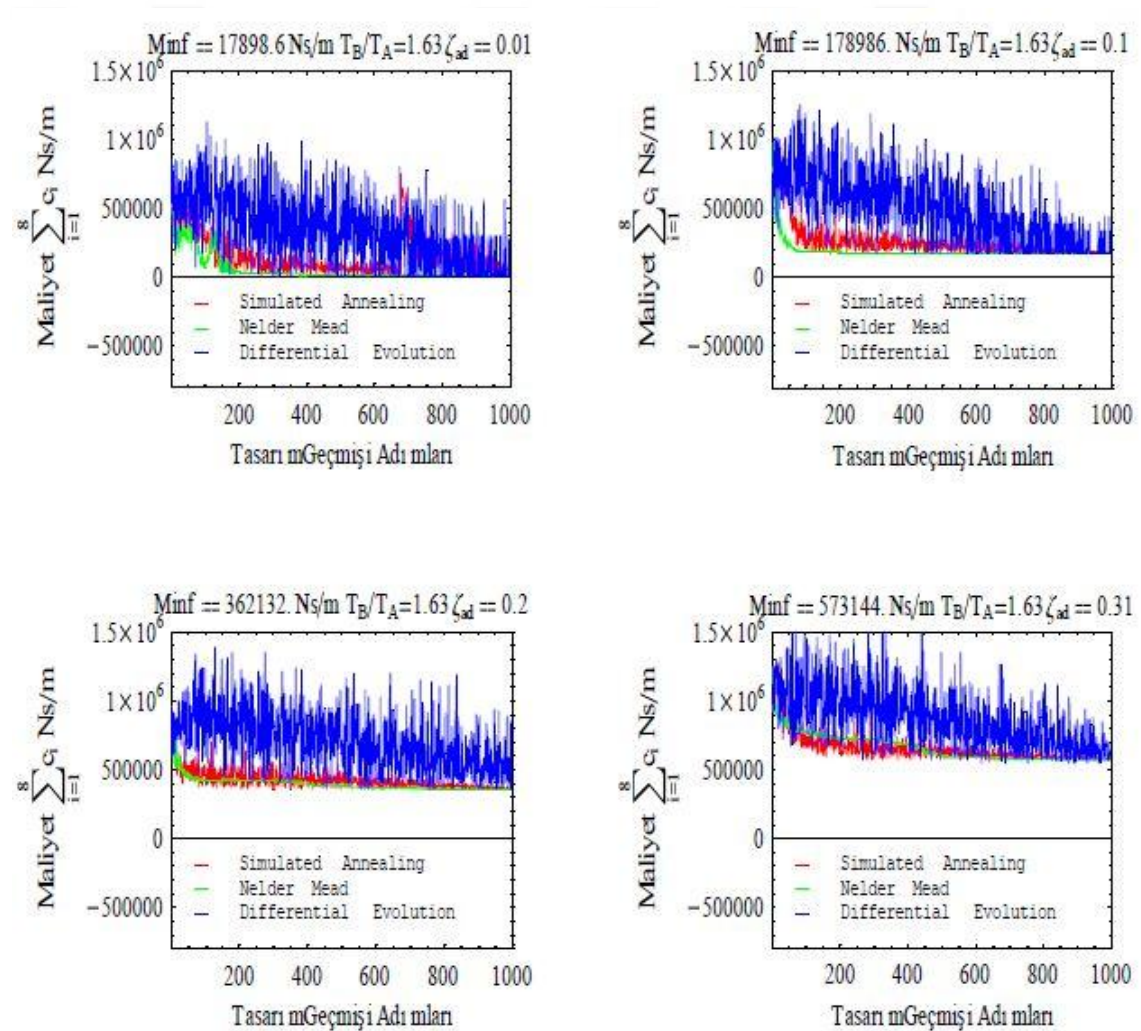
Şekil 4.13. 8 Katlı A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi

Şekil 4.13.' de gösterilen C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 temsili sönümleyicileri göstermektedir. Optimizasyon işlemi sonrasında 8 katlı yapıların arasına 0.09m' de çalışabilen ve sönümleyici kapasitesi olarak $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m belirlenen

sönümleyicilerden kaç adet yerleştirilmesi gerektiği optimizasyon işlemleri sonucunda elde edildi.

4.2.1 Yapılan analizlerin sonuçları (8 katlı yapılar)

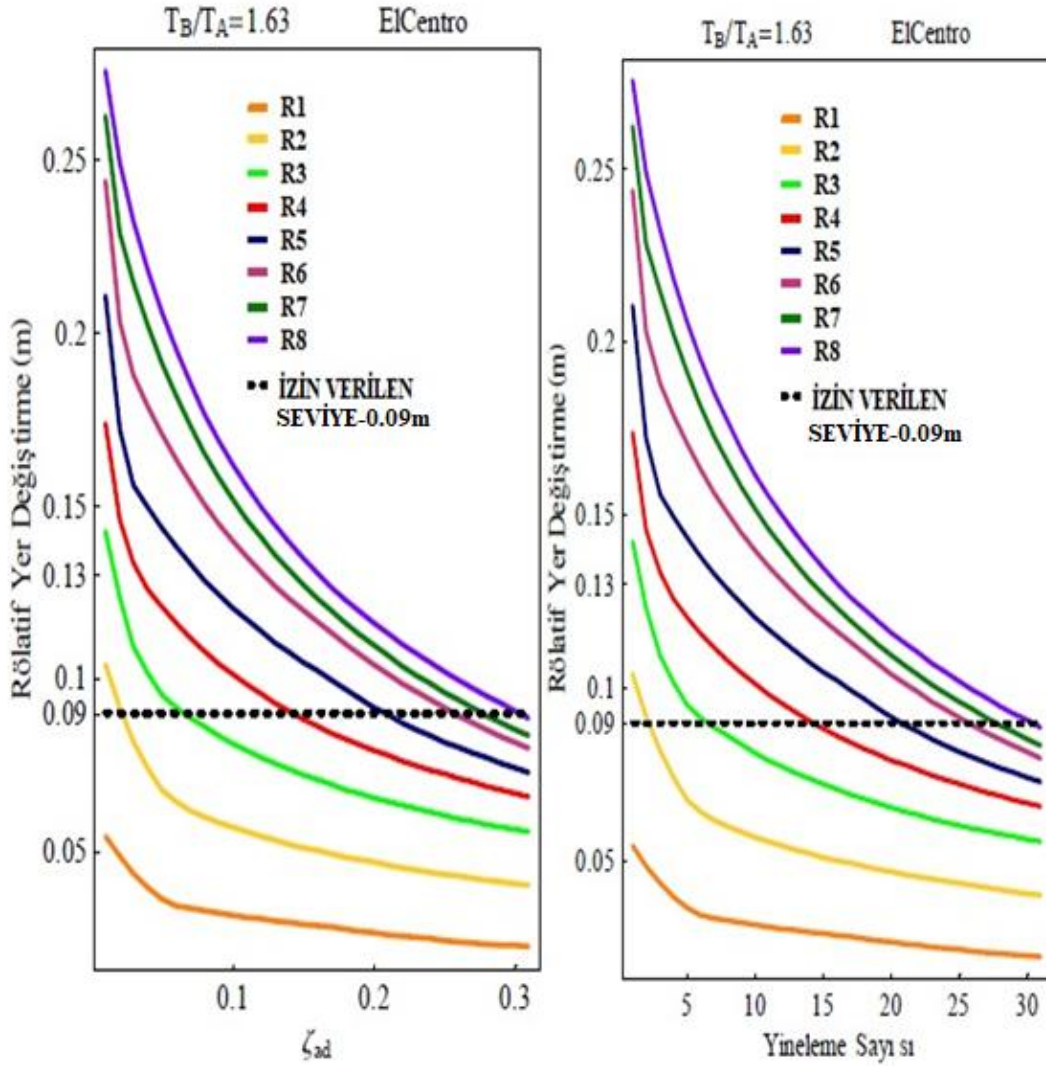
Hedeflenen sönümleyici kapasitesi $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için grafikler aşağıda verilmiştir. Burada global optimizasyon algoritmalarının kıyaslanma grafikleri gösterilerek bu algoritmaların minimum değeri olan “Minf” değeri her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına (1. Adım, 10. Adım, 20. Adım ve son adım olan 31. Adım) göre Şekil 4.14.’ de verilmiştir. Tüm adımlar (1-31 Adım arası) ise Ek-B’ de verilmiştir.



Şekil 4.14. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi

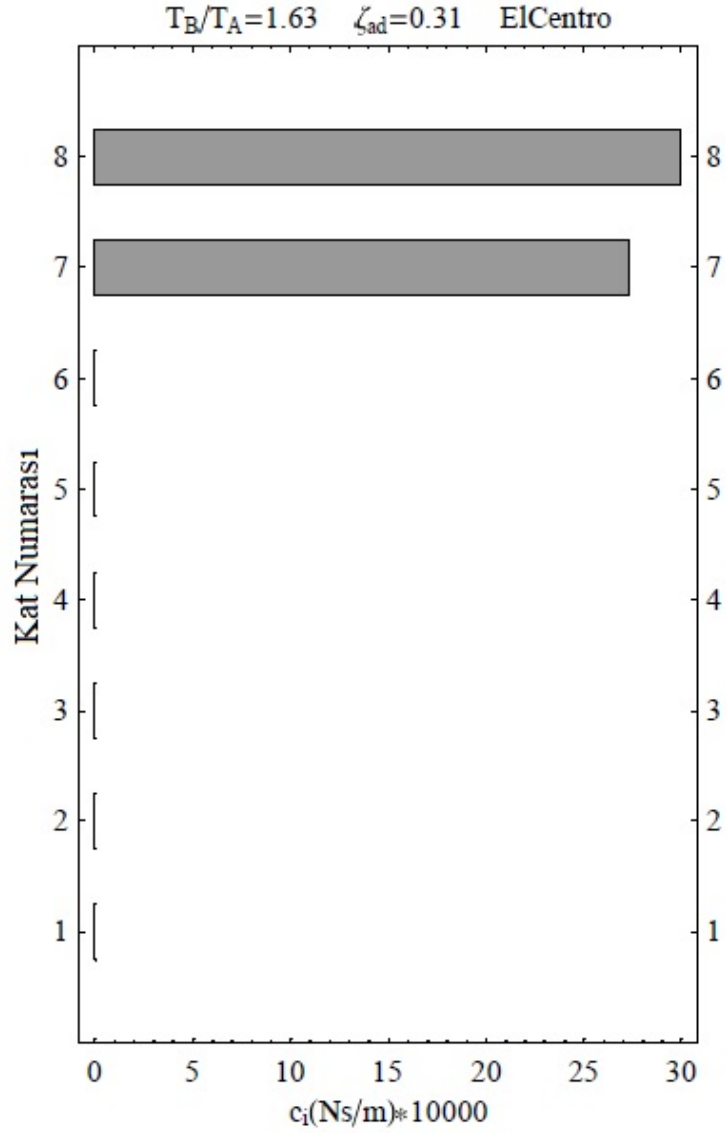
Elde edilen bu değerler ile karşılıklı rölatif kat deplasmanlarının grafiği Şekil 4.15.’ de verilmiştir. Kullanılan hedef sönümleyici kapasitesi ile hedeflenen dilatasyon derzi

mesafesine (0.09m) toplamda 31 adımda yani $\zeta_{ad} = 0.31$ değerinde ulaşıldı. Şekil 4.15.' de verilen R8 grafiği (mor renkli) A yapısının 8. katı ile B yapısının 8. katındaki rölatif deplasman değerlerinin sönümleyici yardımı ile 31. yineleme adımında 0.09m değerinin altında kaldığı görüldü.



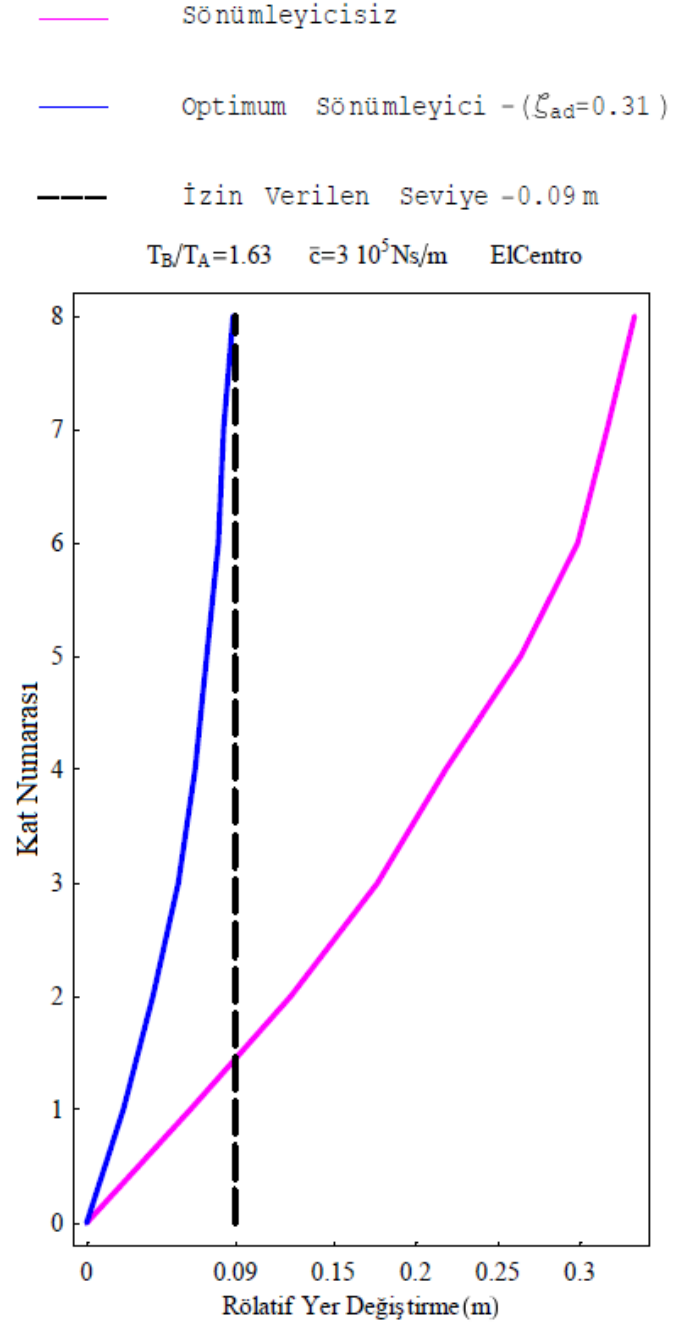
Şekil 4.15. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve yineleme numarasına göre yapılar arasındaki rölatif deplasmanların değişimi

Algoritmaların çözümlenebilmesi için El Centro depreminin yer ivmesi-zaman grafiği kullanılmıştır(Şekil 4.5.). El Centro deprem datalarına göre sönümleyicilerin optimum olarak 8. katta ve 7. katta kullanılması gerektiği Şekil 4.16.' de Kat Numarası-Sönümleyici grafiğinde görülmektedir.



Şekil 4.16. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği

Hedeflenen dilatasyon derzi değerine de ulaşıldığı Şekil 4.17.' de Rölatif Deplasman-Kat Numarası grafiğinde 0.09m olduğu görülmektedir. Şekil 4.17.' de sönümleyici olmadan rölatif kat deplasmanlarının (mor çizgi) 0.35m değerine yaklaştı. Fakat optimum sönümleyiciler yardımı ile rölatif kat deplasmanları (mavi çizgi) 0.09m değerinin altında kalması sağlandı.

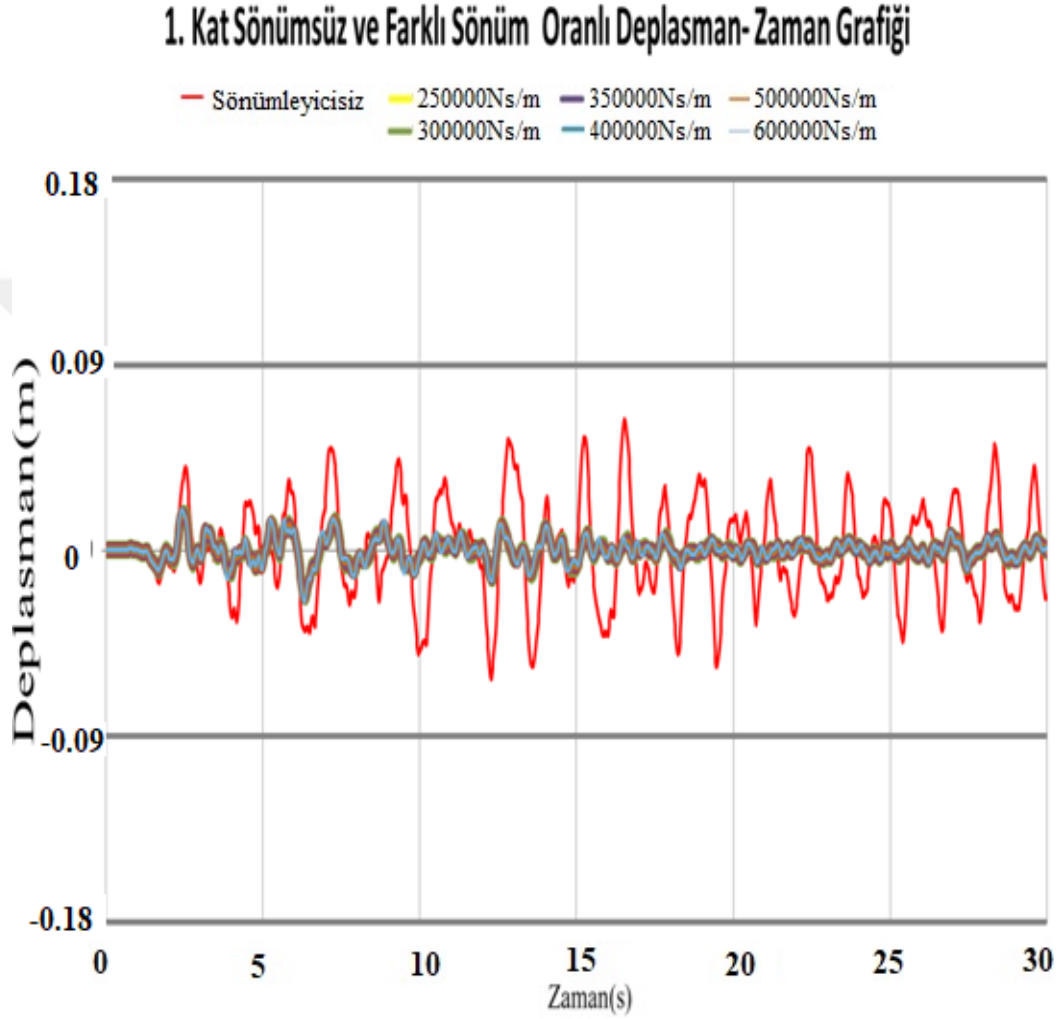


Şekil 4.17. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \cdot 10^5 \text{Ns/m}$ için optimum sönümleyici (mavi çizgi) ile sönümleyicisiz (mor çizgi) yapıların kat numarası-rölatif yer değiştirme grafiği

4.2.2 8 katlı yapılarda sönüm oranları etkisi

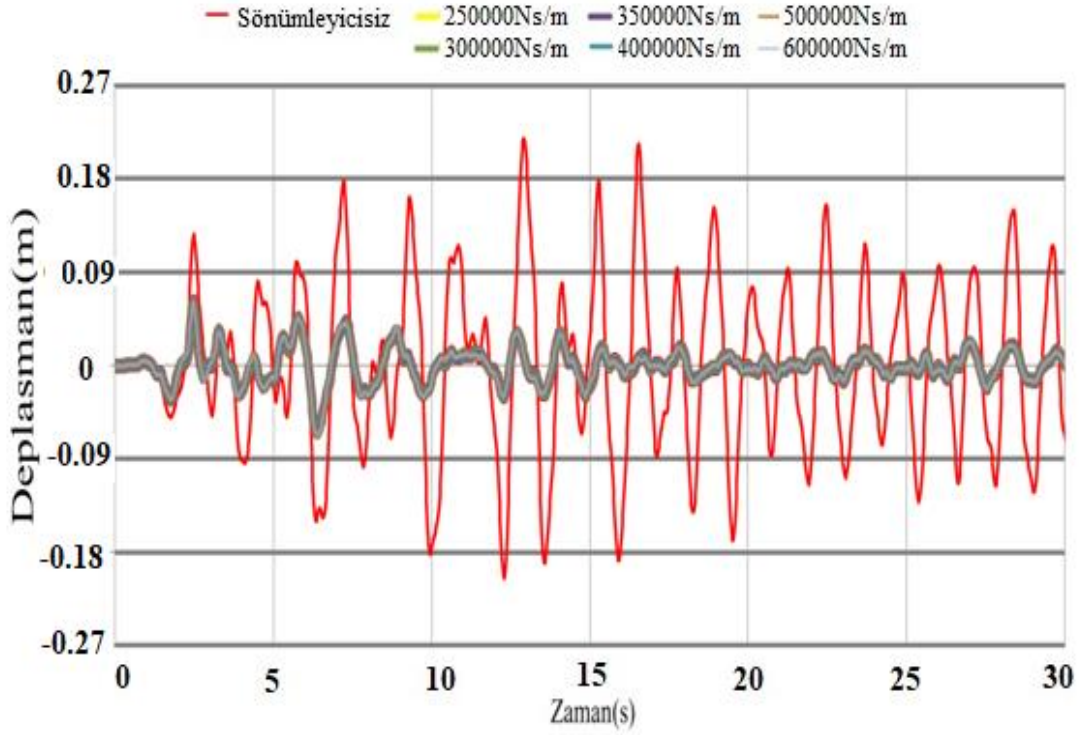
Sönümleyici olmadan A ve B yapılarının Zaman-Deplasman grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.18., Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.) kırmızı çizgi sönümleyicisiz 8 katlı yapıların rölatif deplasman değerlerinin 0.09m' yi aştığını göstermektedir. Grafiklerin ortasındaki

farklı renklerden oluşan çizgiler ise farklı sönümleyici oranları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) için sönümleyicili yapıların Zaman-Deplasman değerlerini (Şekil 4.18., Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.) göstermektedir. Bu değerler sönümleyici yardımıyla 0.09m' nin altında kaldığı açık bir şekilde görülmektedir.



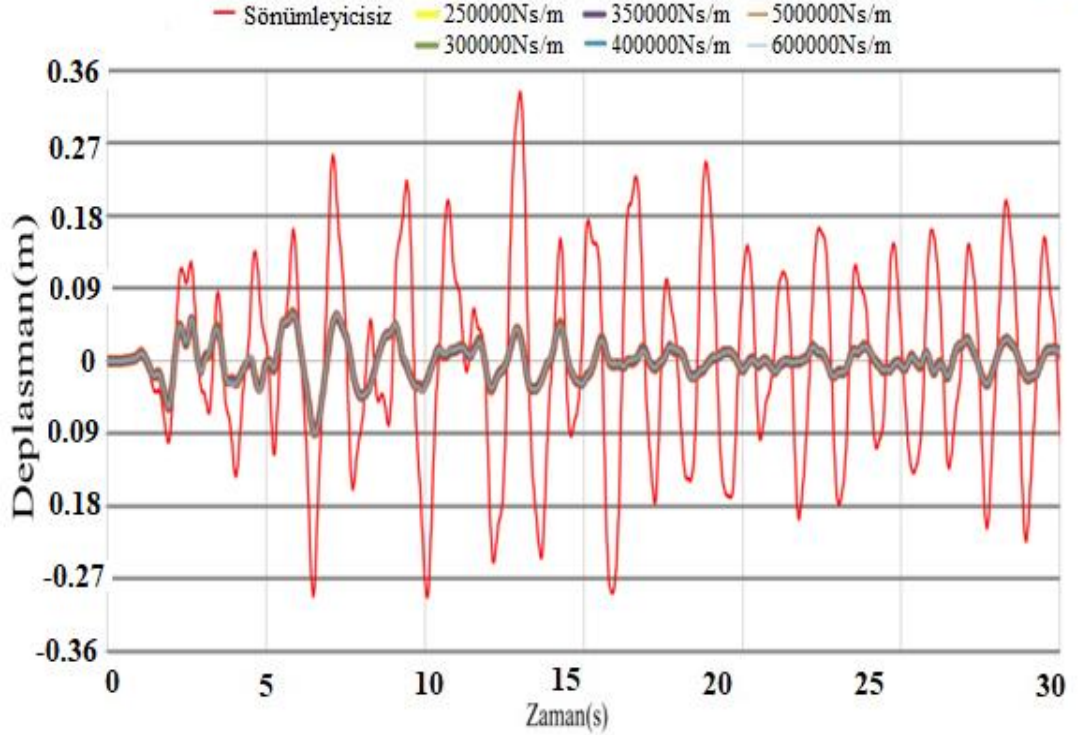
Şekil 4.18. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

4. Kat Sönümsüz ve Farklı Sönüm Oranlı Deplasman-Zaman Grafiği



Şekil 4.19. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

8. Kat Sönümsüz ve Farklı Sönüm Oranlı Deplasman-Zaman Grafiği



Şekil 4.20. 8. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

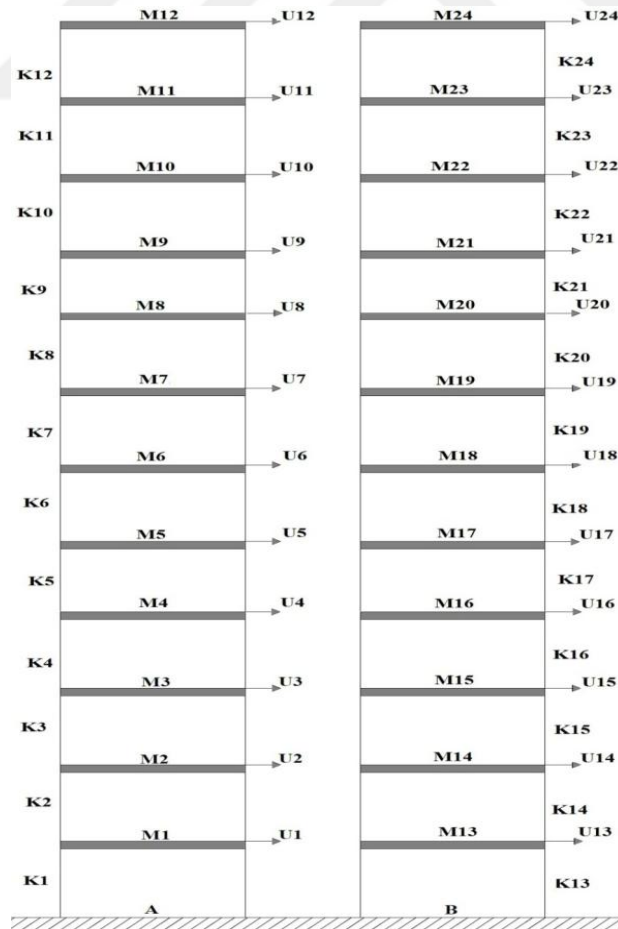
Çizelge 4.2.' de görüldüğü üzere farklı sönüm katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) kullanıldığında hangi sönümleyiciden hangi kata kaç adet yerleştirileceği optimum olarak belirlendi. Minimum maliyet fonksiyonu olarak her sönüm oranında ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) optimum olarak sönümleyicilerin kapasitesine göre katlara ayrı ayrı yerleştirildi. 8 katlı yapı için hedeflenen sönüm oranı yüzdesi değeri %30 ve %31 değerlerinde kalmıştır ve %40 sınır değerini aşmamıştır.

Çizelge 4.2. 8 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı

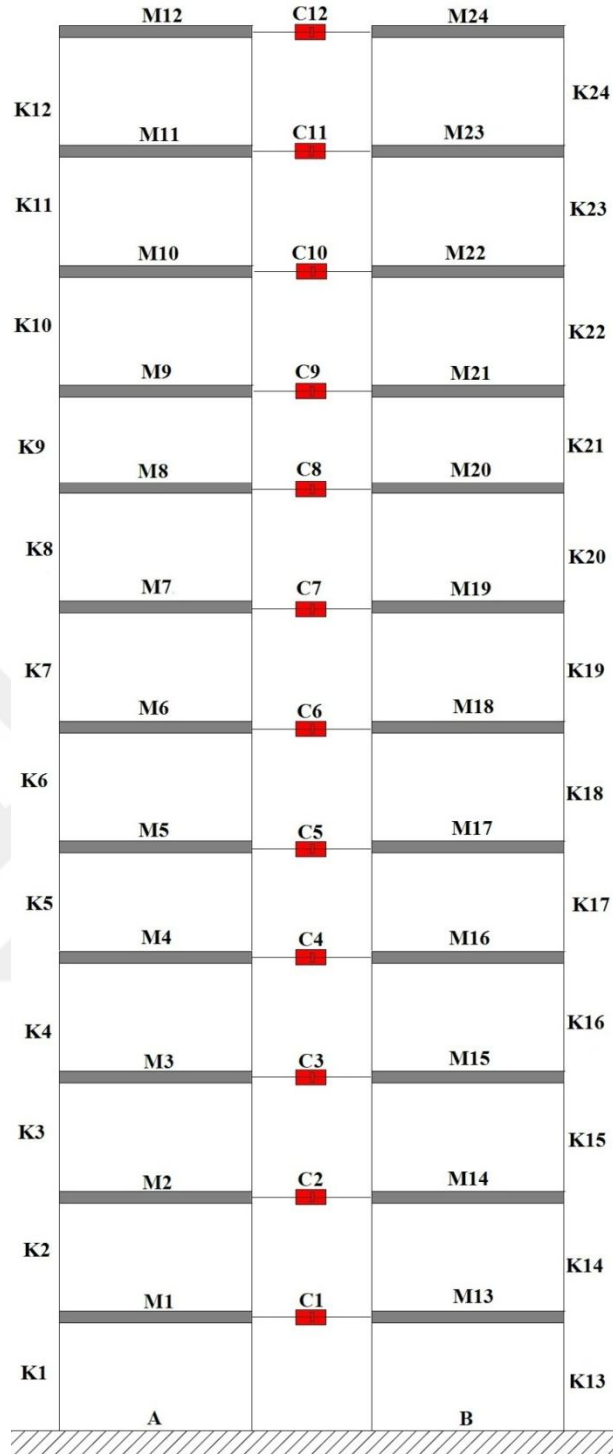
Sönüm Katsayısının Üst Sınırı Ns/m (10^5)	Optimum Sönüm Katsayısı Ns/m								Minimum Maliyet Fonksiyonu Değeri Ns/m	Hedeflenen İlave Sönüm Oranı %
	\bar{c}_i	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	$\sum_{i=1}^4 c_i$
2.5	0	0	0	0	0	88586	250000	250000	588586	31
3.0	0	0	0	0	0	0	273144	300000	573144	31
3.5	0	0	0	0	0	0	219558	350000	569558	31
4.0	0	0	0	0	0	0	146786	400000	546786	30
5.0	0	0	0	0	0	0	39611	500000	539611	30
6.0	0	0	0	0	0	0	0	536959	536959	30

4.3 Bitişik nizam 12 katlı iki yapının analizi ve sonuçları

Bitişik nizam 12 katlı iki yapıda Şekil 4.21.' de görüldüğü gibi deprem kuvveti etkisi altında ayrı ayrı kat deplasmanları meydana gelmektedir. Mathematica 5.0 (Wolfram Research, 2003) programı ile yapılan yazımlarda bu iki yapının sönümleyici olmadan (Şekil 4.21.) ve her kat seviyesine yerleştirilen viskoz sönümleyiciler (Şekil 4.22.) ile çözümlene yapıldı. Yapılan analiz basamaklarında “Simulated Annealing”, “Nelder Mead” ve “Differential Evolution” global optimizasyon formülleri kullanılmıştır. Bu optimizasyon algoritmaları sayesinde hedeflenen yapılar arası mesafe 0.13m kullanıldı ve hedeflenen sönümleyici kapasitesi olan $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m değeri problemi anlatmak için seçilen bir sönüm oranı değeri olarak alındı. Problemi farklı sönümleyici katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) içinde incelendi ve sonuçları ayrıca gösterildi. Bu sönümleyici katsayılarına göre minimum sönümleyici miktarı ve hangi katlara sönümleyici yerleştirilmesi gerektiği belirlendi.



Şekil 4.21. 12 Katlı A ve B yapılarının kat deplasmanları

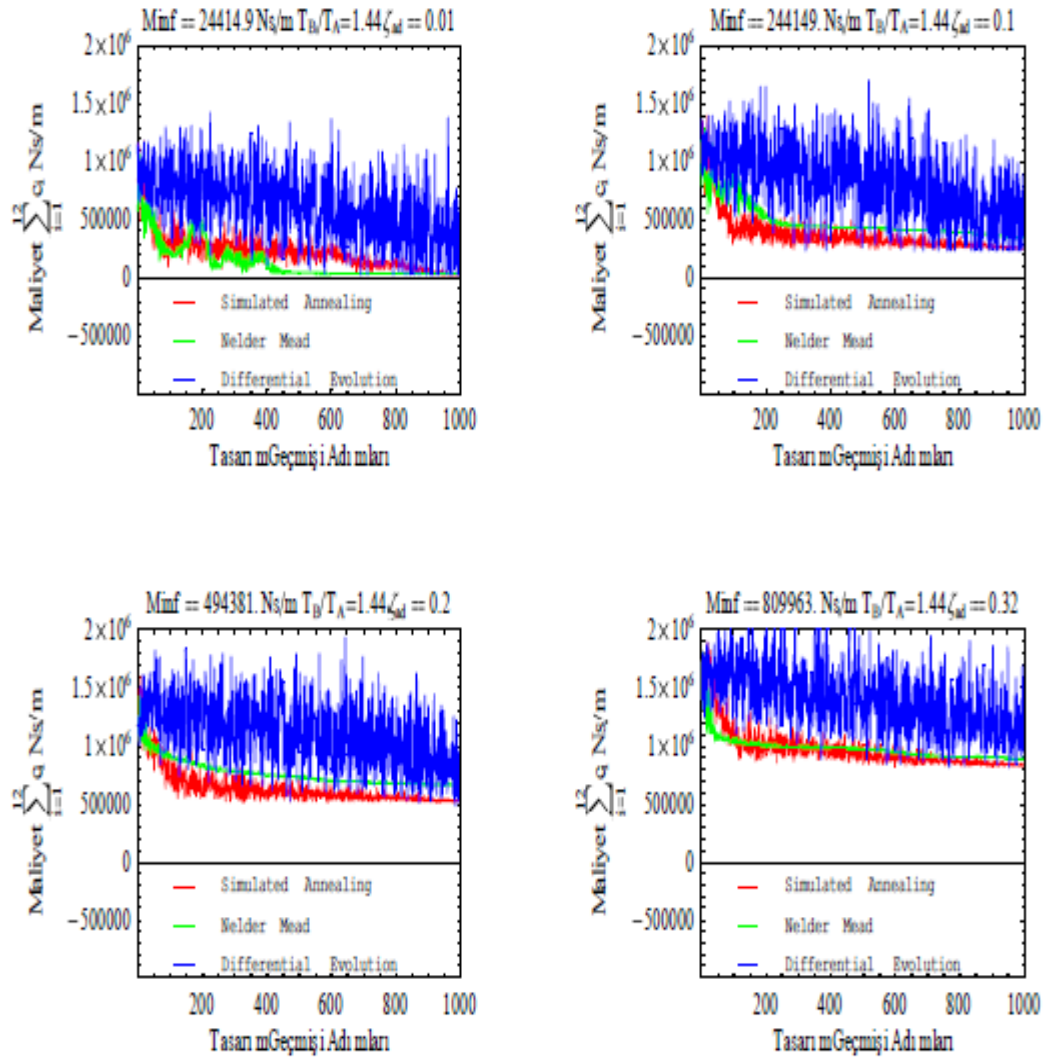


Şekil 4.22. 12 Katlı A ve B yapılarının her kat seviyesine sönümleyici eklenmesi

Şekil 4.22’ de gösterilen C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12 temsili sönümleyicileri göstermektedir. Optimizasyon işlemi sonrasında 12 katlı yapıların arasına 0.13m’ de çalışabilen ve sönümleyici kapasitesi olarak $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m belirlenen sönümleyicilerden kaç adet yerleştirilmesi gerektiği optimizasyon işlemleri sonucunda elde edildi.

4.3.1 Yapılan analizlerin sonuçları (12 katlı yapılar)

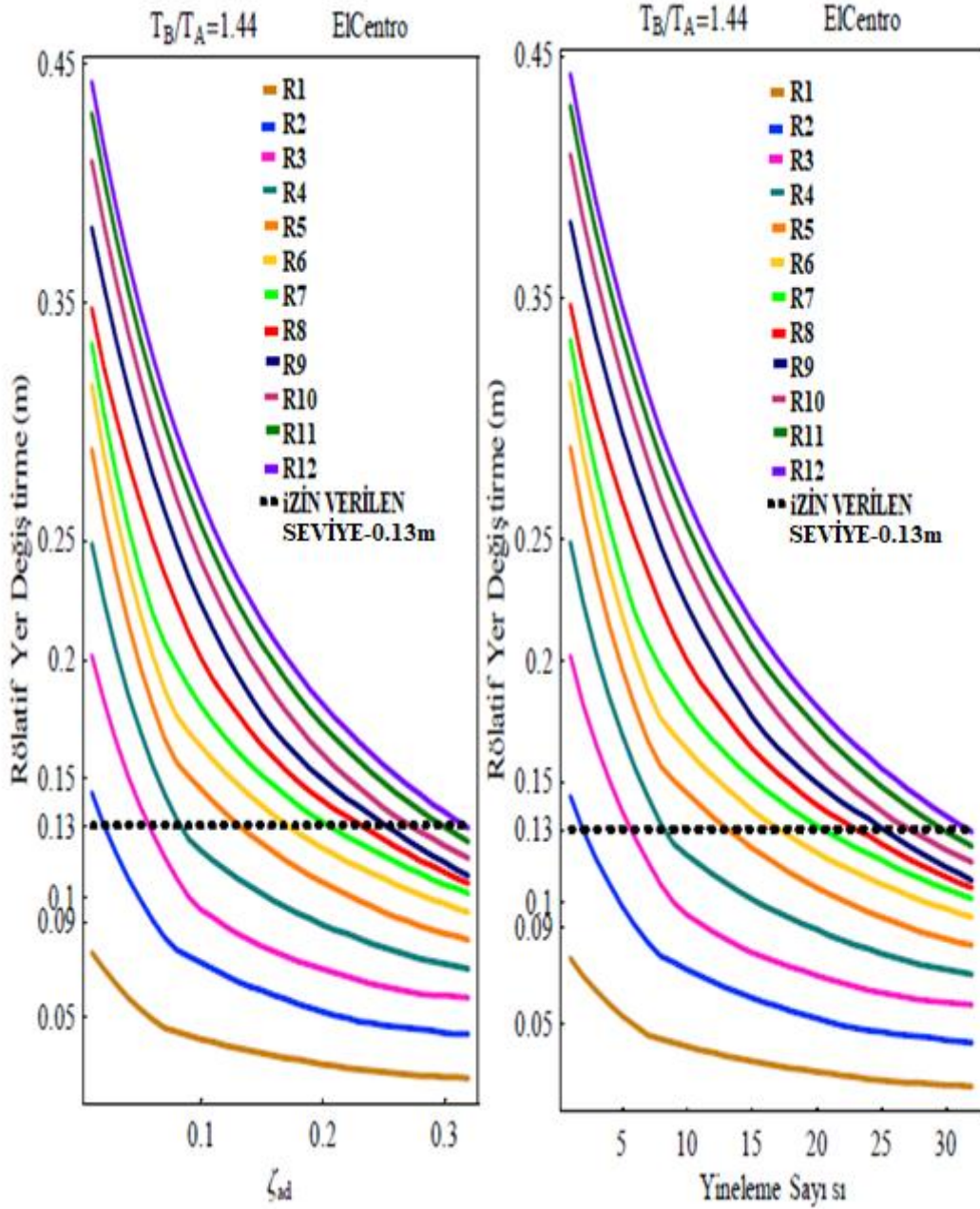
Hedeflenen sönümleyici kapasitesi $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için grafikler aşağıda verilmiştir. Burada global optimizasyon algoritmalarının kıyaslanma grafikleri gösterilerek bu algoritmaların minimum değeri olan “Minf” değeri her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına (1. Adım, 10. Adım, 20. Adım ve son adım olan 32. Adım) göre Şekil 4.23.’de verilmiştir. Tüm adımlar (1-32 Adım arası) ise Ek-C’ de verilmiştir.



Şekil 4.23. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m hedef sönüm oranı için optimizasyon sürecinde hedef fonksiyonunun değişimi

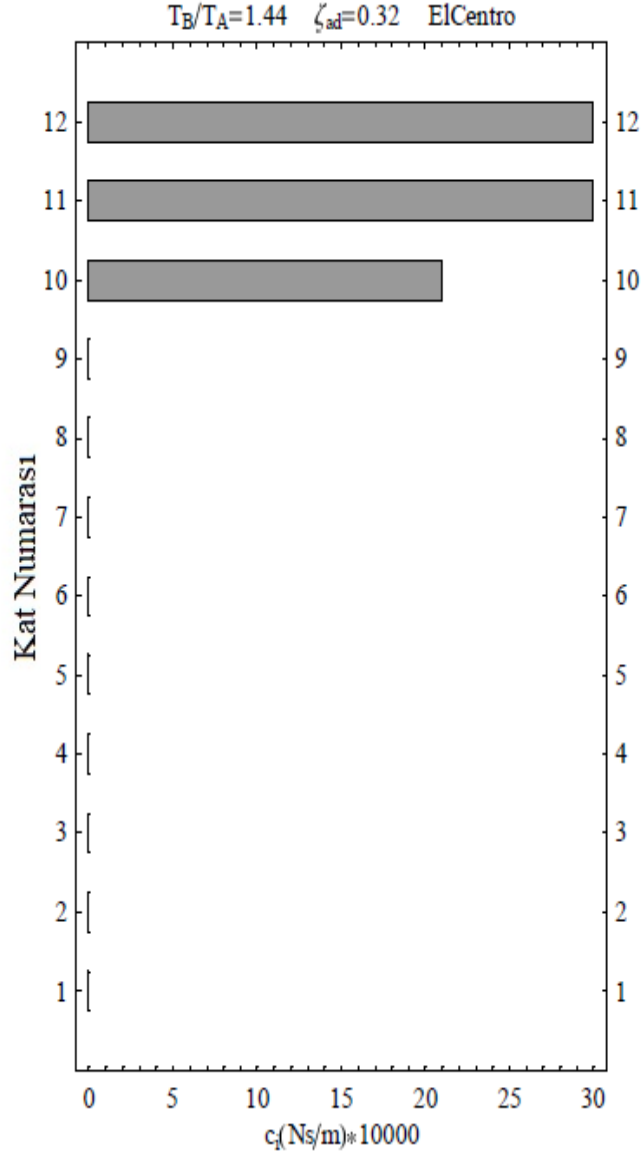
Elde edilen bu değerler ile karşılıklı rölatif kat deplasmanlarının grafiği Şekil 4.24.’de çizdirilmiştir. Kullanılan hedef sönümleyici kapasitesi ile hedeflenen dilatasyon derzi mesafesine (0.13m) toplamda 32 adımda yani $\zeta_{ad} = 0.32$ değerinde ulaşıldı. Şekil

4.24.' de verilen R12 grafiği (mor renkli) A yapısının 12. katı ile B yapısının 12. katındaki rölafif deplasman değerlerinin sönümleyici yardımı ile 32. yineleme adımında 0.13m değerinin altında kaldığı görüldü.



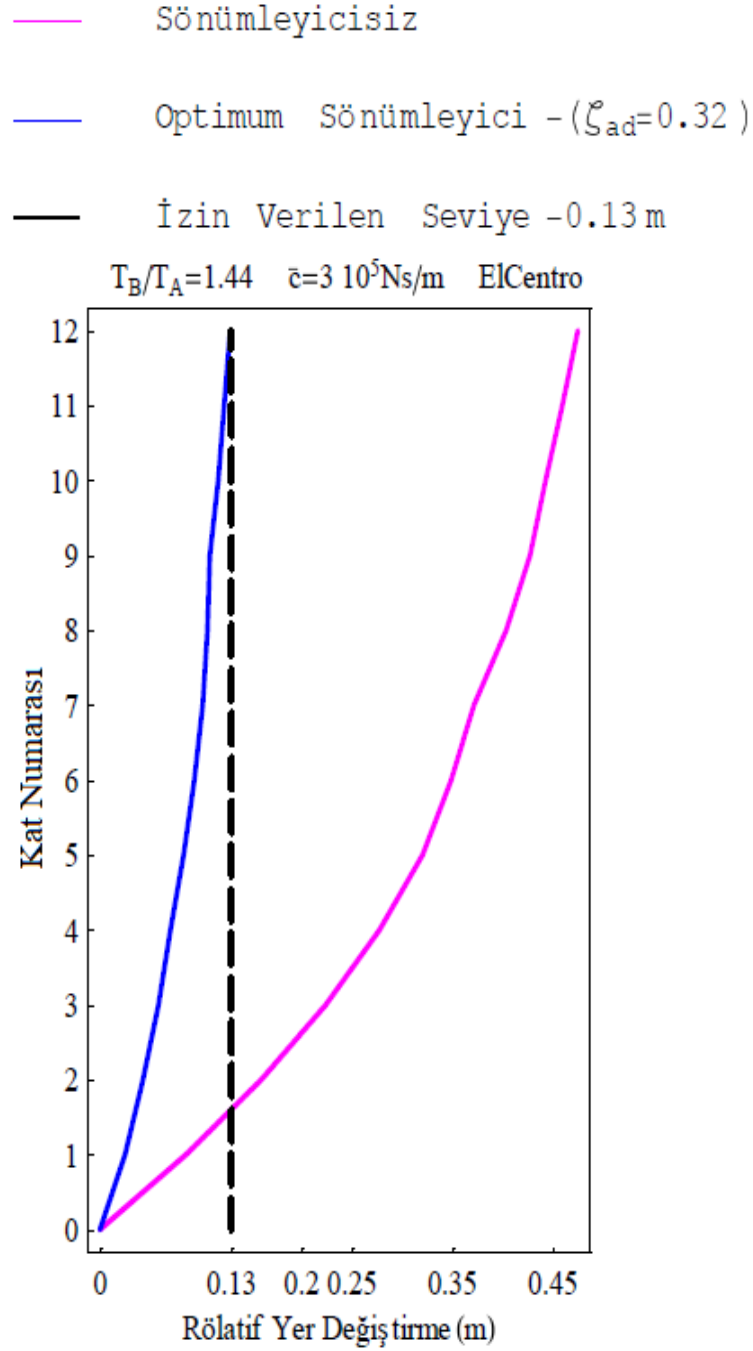
Şekil 4.24. $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimizasyon adımlarında her bir ζ_{ad} ve yineleme numarasına göre yapılar arasındaki rölafif deplasmanların değiş imi

Algoritmaların çözümlenebilmesi için El Centro depreminin yer ivmesi-zaman grafiği kullanılmıştır (Şekil 4.5.). El Centro deprem datalarına göre sönümleyicilerin optimum olarak 12. katta, 11. katta ve 10. katta kullanılması gerektiği Şekil 4.25.' de Kat Numarası-Sönümleyici grafiğinde görülmektedir.



Şekil 4.25. ElCentro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5$ Ns/m için optimum sönümleyici dağılım grafiği

Hedeflenen dilatasyon derzi değerine de ulaşıldığı Şekil 4.26.' da Rölatif Deplasman-Kat Numarası grafiğinde 0.13m olduğu görülmektedir. Şekil 4.26.' da sönümleyici olmadan rölatif kat deplasmanları (mor çizgi) 0.50m değerine yaklaşmıştır. Fakat optimum sönümleyicilerin yardımı ile rölatif kat deplasmanları (mavi çizgi) 0.13m değerinin altında kalması sağlandı.

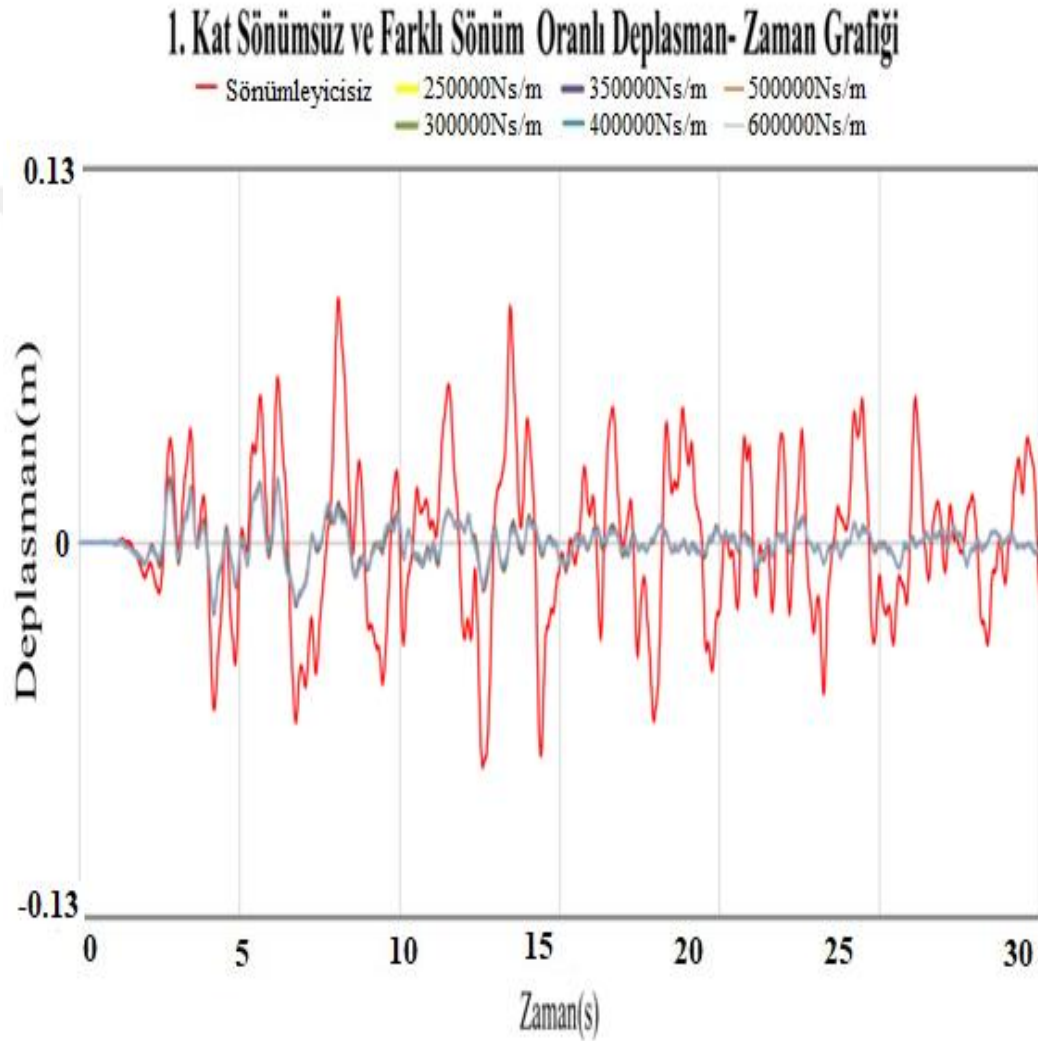


Şekil 4.26. El Centro depremi verileri altında $\bar{c} = 3 \times 10^5 \text{ Ns/m}$ için optimum sönümleyici (mavi çizgi) ile sönümleyicisiz (mor çizgi) yapıların kat numarası-rölatif yer değiştirme grafiği

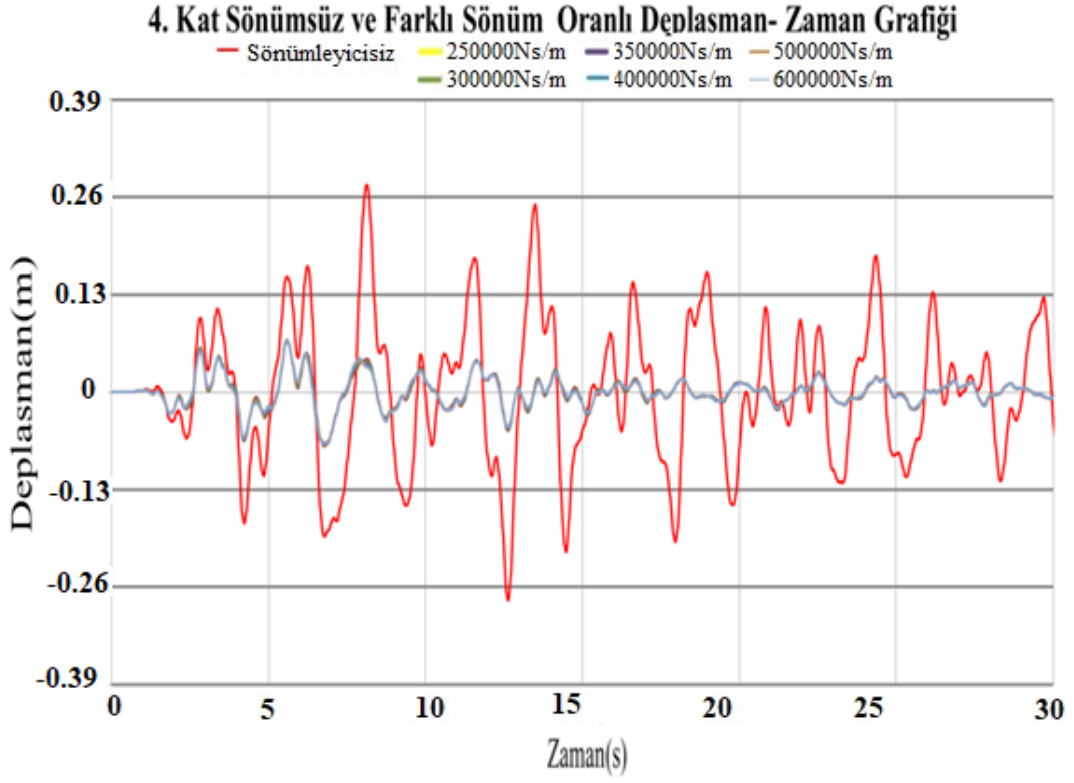
4.3.2 12 Katlı yapılarda sönüm oranlarının etkisi

Sönümleyici olmadan A ve B yapılarının Zaman-Deplasman grafiklerini incelendiğinde (Şekil 4.27., Şekil 4.28., Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.) kırmızı çizgi sönümleyicisiz 12 katlı yapıların deplasman değerlerinin 0.13m' yi aştığını göstermektedir. Grafiklerin

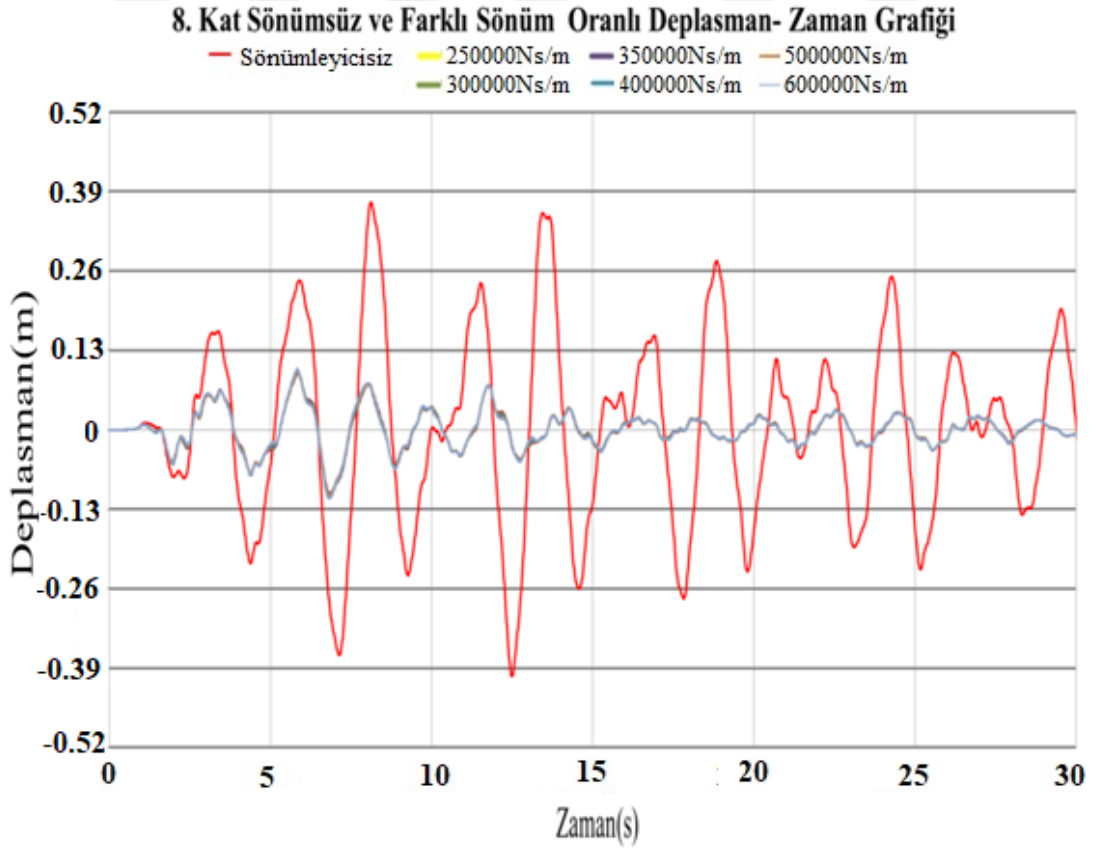
ortasında ki farklı renklerden oluşan çizgiler ise farklı sönümleyici oranları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) için sönümleyicili yapıların Zaman-Deplasman değerlerini (Şekil 4.27., Şekil 4.28., Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.) göstermektedir. Bu değerler sönümleyici yardımıyla 0.13m' nin altında kaldığı açık bir şekilde görülmektedir.



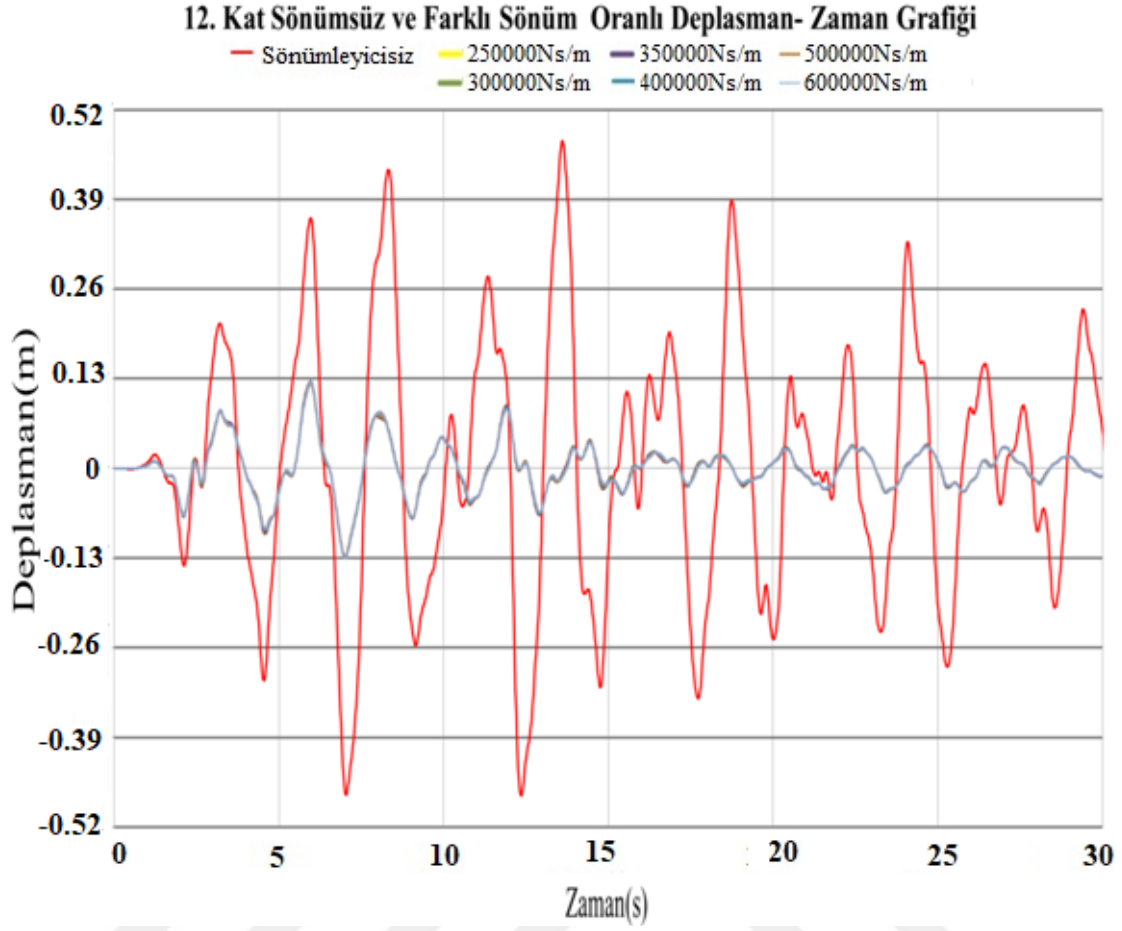
Şekil 4.27. 1. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği



Şekil 4.28. 4. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği



Şekil 4.29. 8. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği



Şekil 4.30. 12. Kat sönümsüz ve farklı sönüm katsayıları için zaman-deplasman grafiği

Çizelge 4.3.' de görüldüğü üzere farklı sönüm katsayıları ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) kullanıldığında hangi sönümleyiciden hangi kata kaç adet yerleştirilmesi gerektiği optimum olarak belirlenmektedir. Minimum maliyet fonksiyonu olarak her sönüm oranında ($\bar{c} = 2.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 3.5 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 4.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 5.0 \times 10^5$ Ns/m, $\bar{c} = 6.0 \times 10^5$ Ns/m) optimum olarak sönümleyicilerin kapasitesine göre katlara ayrı ayrı yerleştirildi. 12 katlı yapı için hedeflenen sönüm oranı yüzdesi değeri %32 ve %33 değerlerinde kalmıştır ve %40 sınır değerini aşmamıştır.

Çizelge 4.3. 12 Katlı binalar için optimum sönüm oranlarının dağılımı

Sönüm Oranı Üst Sınırı N_s/m (10^5)	Optimum Sönüm Katsayısı N_s/m												Minimum Maliyet Fonksiyonu Değeri N_s/m	Hedeflenen İlave Sönüm Oranı %	
	\bar{c}_i	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}			c_{12}
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75526	250000	250000	250000	825526	32
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209963	300000	300000	809963	32
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101565	350000	350000	801565	32
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20053	400000	400000	820053	33
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315567	500000	815567	33
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187133	600000	787133	32

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Bu tez çalışması ile bitişik nizam olarak inşa edilen yapıların viskoz sönümleyiciler yardımıyla çarpışmalarının önlenebileceği gösterildi. Kullanılan optimizasyon yöntemleri ve yeni geliştirilen algoritma ile viskoz sönümleyicilerin optimum yerleşimleri hesaplandı. Üç farklı optimizasyon yöntemi kullanılarak sistem kendi içinde kontrol edildi ve üç yöntemin sonuçları ile yapılan optimizasyon doğrulandı.

Farklı dinamik karakteristiklere sahip yapıların rölatif deplasmanlarının kontrol altına alınabildiği gösterildi. Kat seviyelerine yerleştirilen sönümleyicilerin sönüm katsayısının üst sınırının değişimleri için optimum tasarımlar tekrar bulundu. Farklı sönüm katsayıları için optimizasyon işlemlerinin de yapılabileceği gösterilerek sonuçları çizelgelerle gösterildi. Sönümleyicili ve sönümleyicisiz hallerde yapılan analizler karşılaştırılmış ve amaçlanan metodun çarpışmayı engellemek amacıyla kullanımının faydalı olacağı gösterilmiştir.

Optimum sönümleyici yerleşimi için toplam sönüm katsayısını minimize yapan, hedef bir rölatif deplasman (binalar arası) ve hedef bir sönüm oranına ulaşmayı garanti eden ve zaman tanım alanında hesaplar içeren yeni bir algoritma amaçlanmıştır.

Amaçlanan algoritmanın uygulaması 4, 8, 12 katlı üç ayrı yapı modelleri üzerinde yapılmıştır. Ayrıca her bir örnekte katlardaki sönümleyicinin üst sınırlarının farklı olması durumunda optimum tasarımların değiştiği gösterilmiştir. Sönümleyicilerin üst sınır değeri arttıkça sönümleyicilerin yerleşimi daha az kata ve tepeye doğru azalan bir şekilde olmaktadır. Bulunan farklı optimum tasarımların hepsi hedeflenen performansları tutturmaktadır. Sönümleyicilerin üretim standartlarının değişimine göre farklı optimum tasarımlar ortaya konmuştur.

Üç farklı model üzerinde, yani farklı periyot oranına sahip modeller kullanılarak hesaplar tekrarlanmış periyot oranındaki değişim optimum sönümleyicilerin nerelere odaklandığı da gösterilmiştir.

Yapılan sayısal analizler göstermiştir ki, amaçlanan algoritma ile bitişik nizam yapıların arasına optimum olarak sönümleyicilerin yerleşimi ile çekişme/çarpışma hadisesi engellenebilecektir.



KAYNAKLAR

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

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

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

Aydın E. ve Güney D., “Bitişik tarz yapıların rölatif deplasman davranış spektrumları kullanılarak çarpışma riskinin azaltılması”, *7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, s. 123, 31 Mayıs - 3 Haziran 2011.

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.

Doğan, M., and Günaydın, A., “Pounding of Adjacent RC Buildings During Seismic Loads”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 22(1), 129-145, 2009

Gurley, K., Kareem, A., Bergman, L.A., Johnson, E.A. and 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.

İnsaatmag, <http://www.insaatmag.com/cekicleme-etkisi-nedir/>, 14.04.2017

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.

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.

Kawakinct, http://www.kawakinct.co.jp/english/bridges/b_d01.html, 14.04.2017

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

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.

Megainsaatve mimarlik, <https://megainsaatve mimarlik.wordpress.com/tag/cekicileme-etkisi/>, 14.04.2017

Researchgate, https://www.researchgate.net/figure/269874191_fig1_Figure-1-Cross-section-through-a-double-ended-fluid-viscous-damper-from-Taylor, 14.04.2017

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

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.

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.

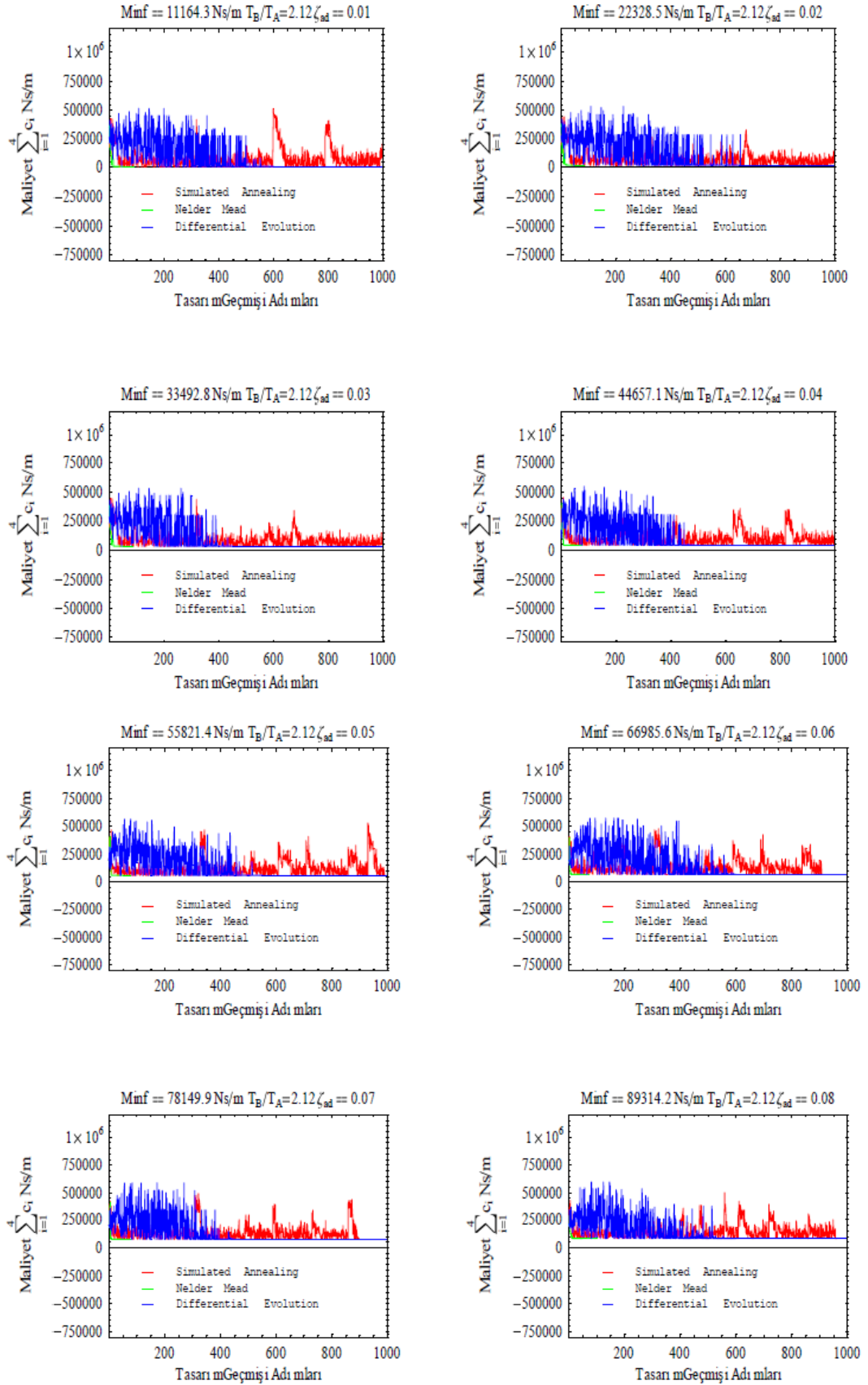
WOLFRAM RESEARCH, Mathematica Edition, Version 5.0, Wolfram Research, Champaign, Illinois, 2003.

3dkonut, <http://3dkonut.com/cekiceme-etkisi-nedir-/haberi>, 14.04.2017

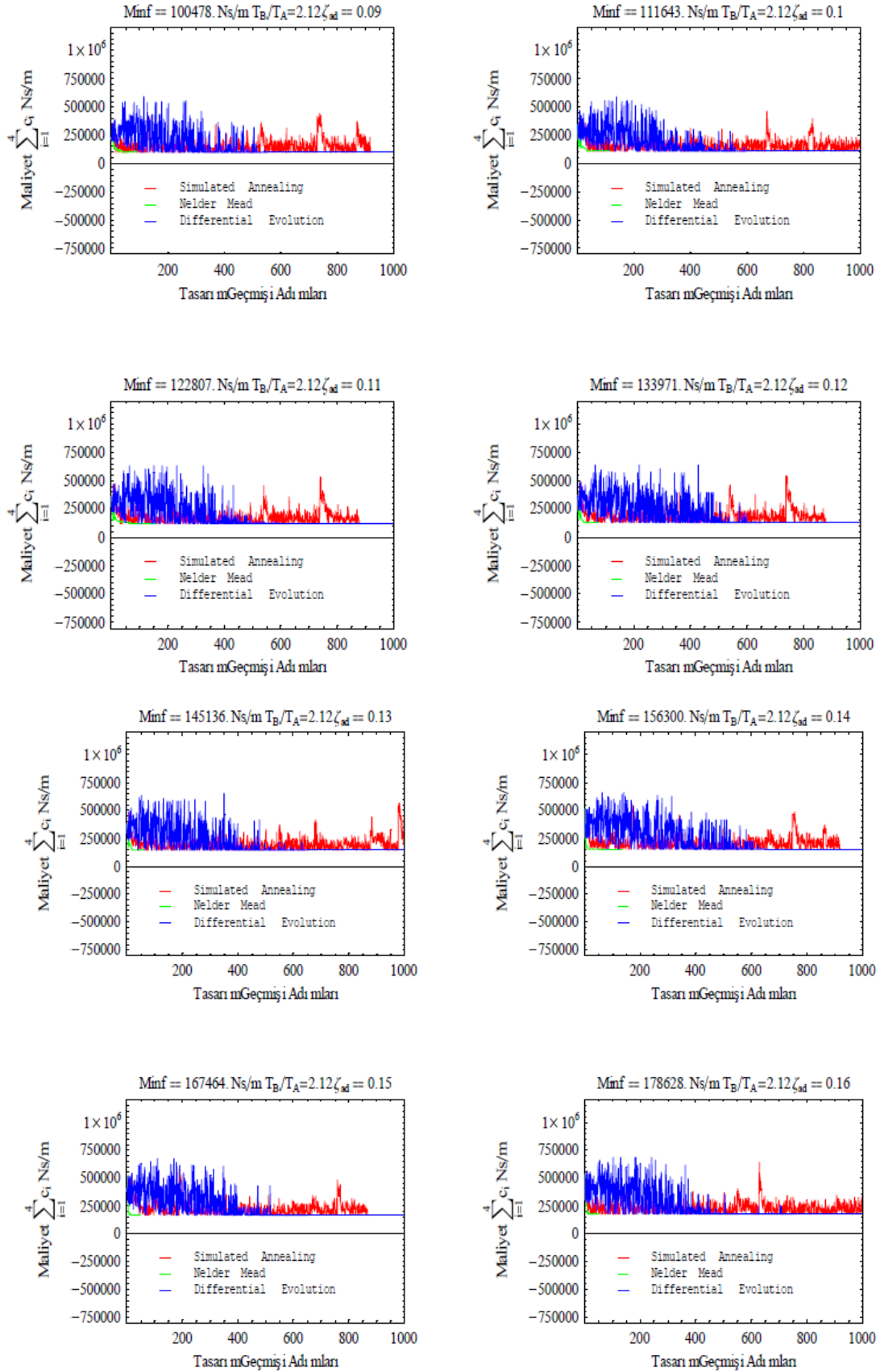
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007), T. C. Resmi Gazete, 26454, 06 Mart 2007



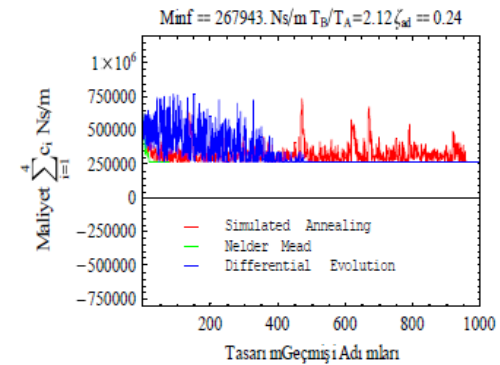
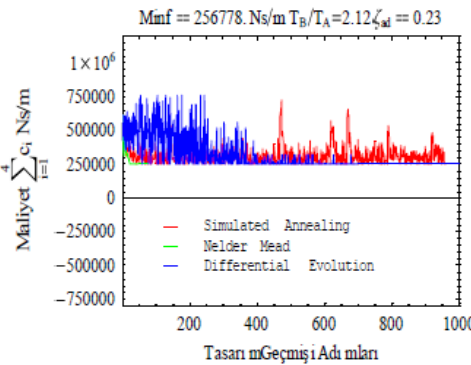
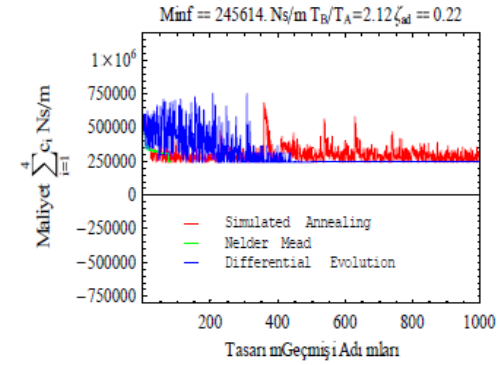
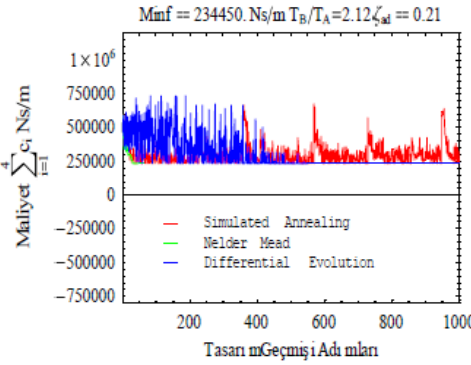
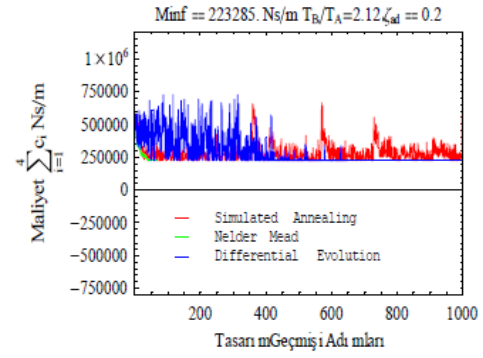
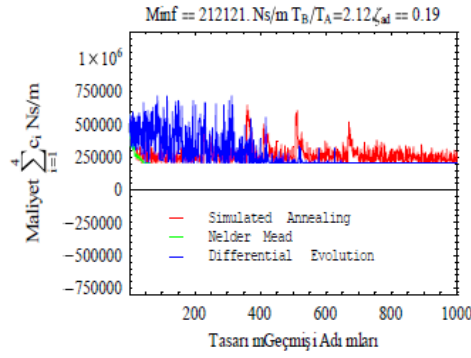
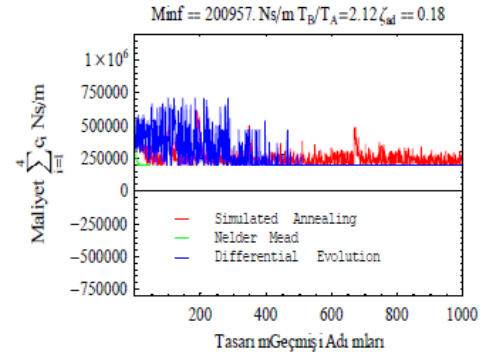
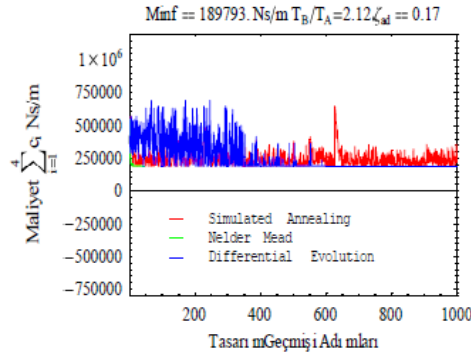
Ek-A “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (1. ve 8. Adım)



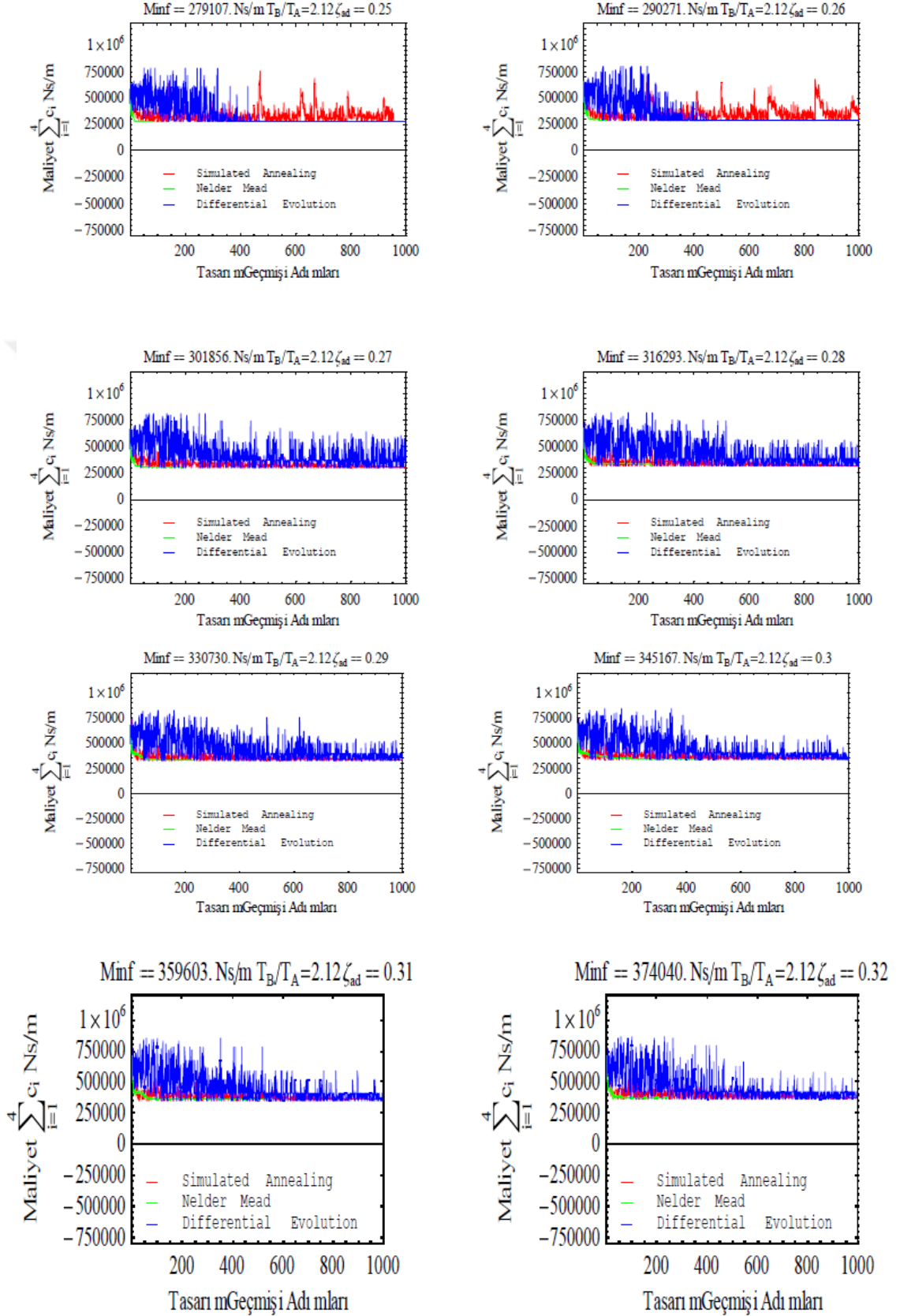
Ek-A (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (9. ve 16. Adım)



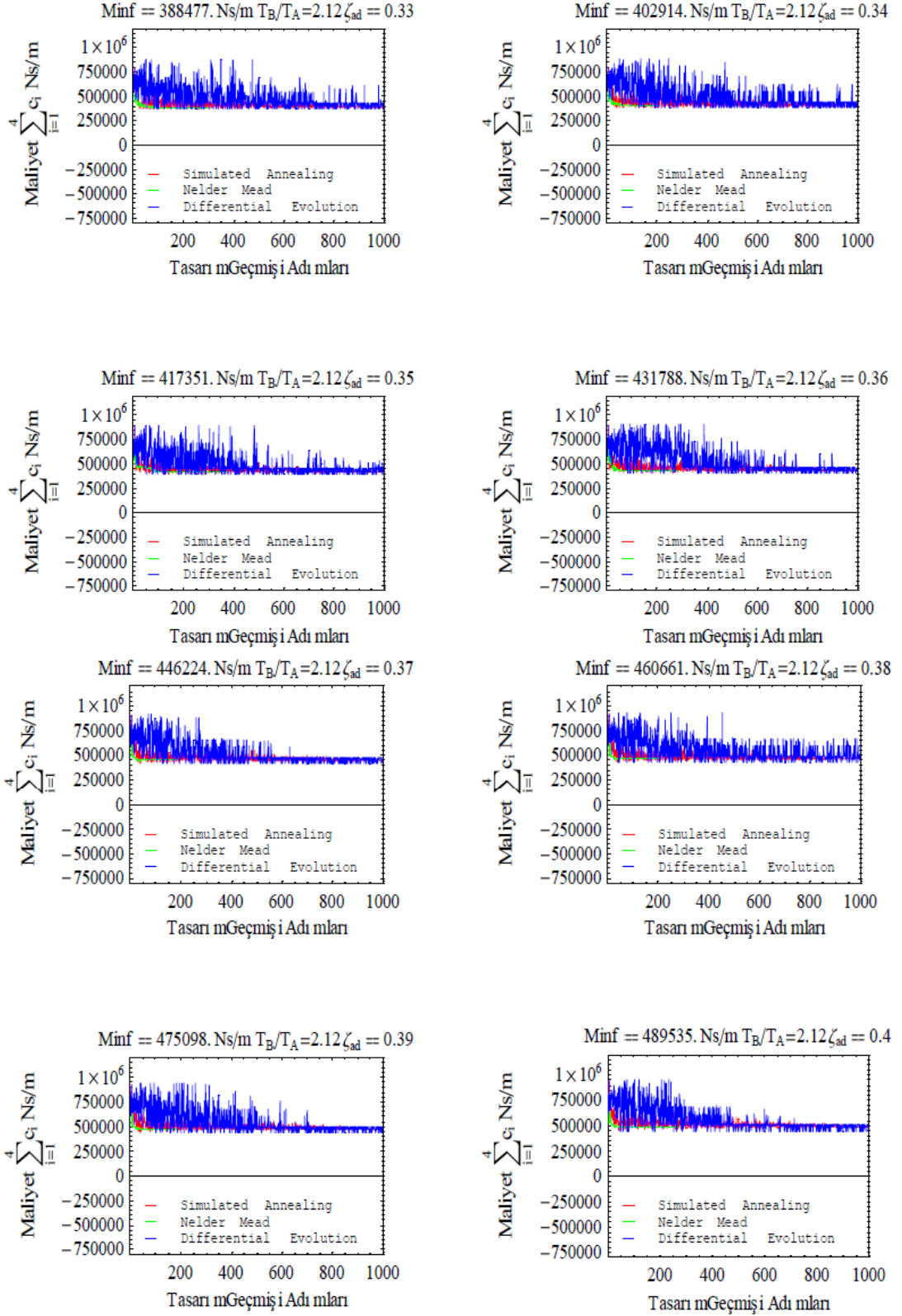
Ek-A (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (17. ve 24. Adım)



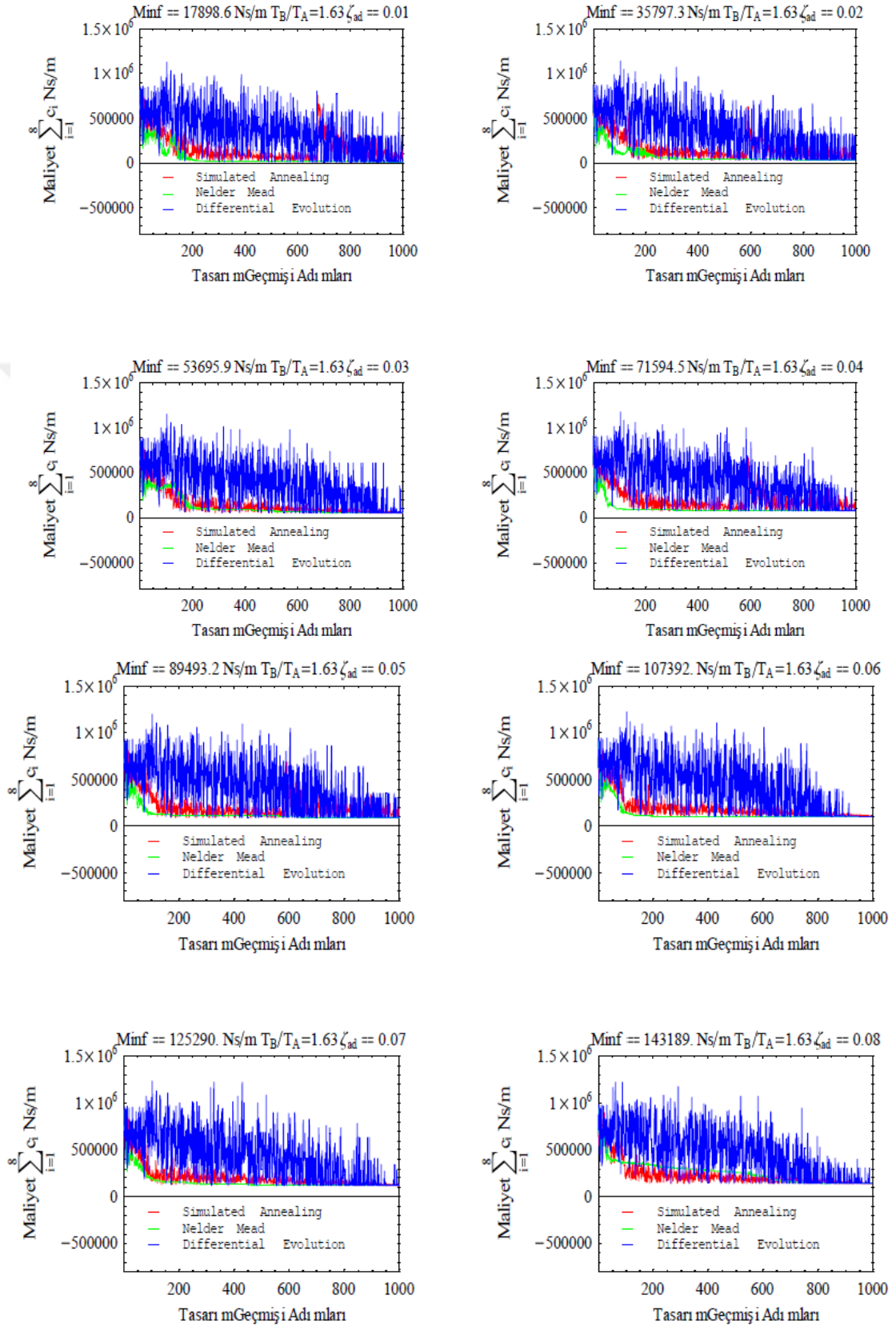
Ek-A (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (25. ve 32. Adım)



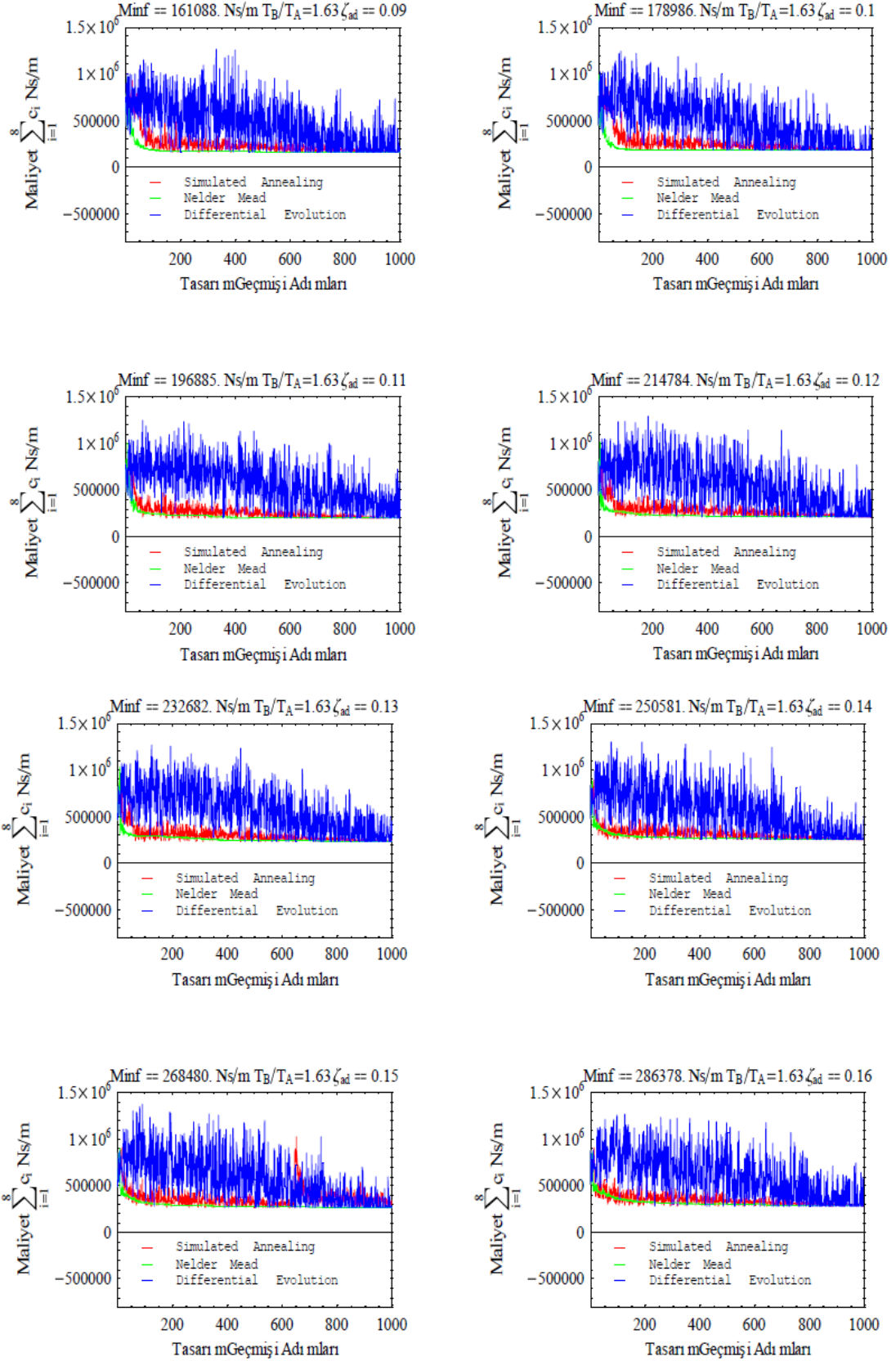
Ek-A (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (32. ve 40. Adım)



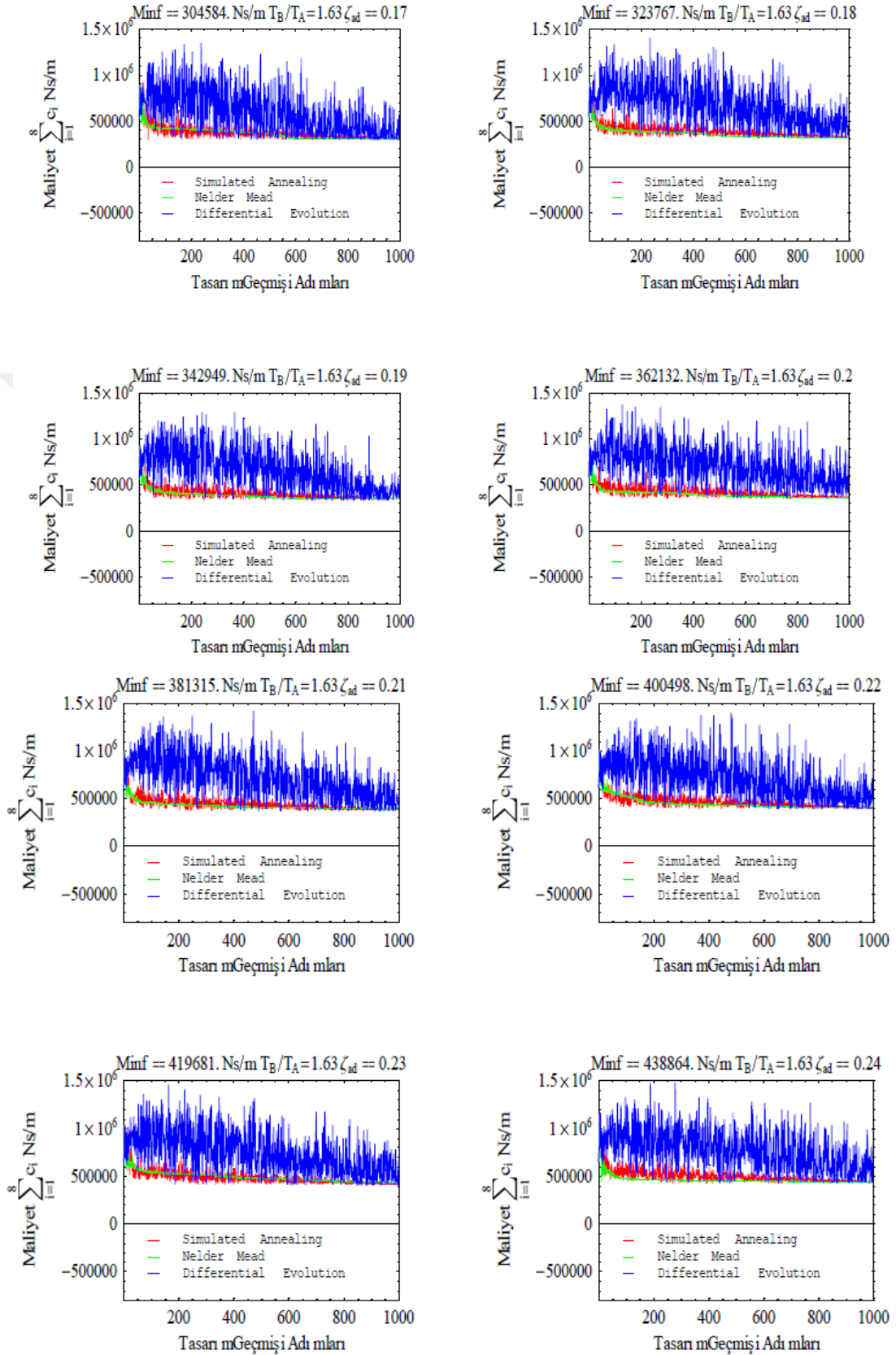
Ek-B “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (1. ve 8. Adım)



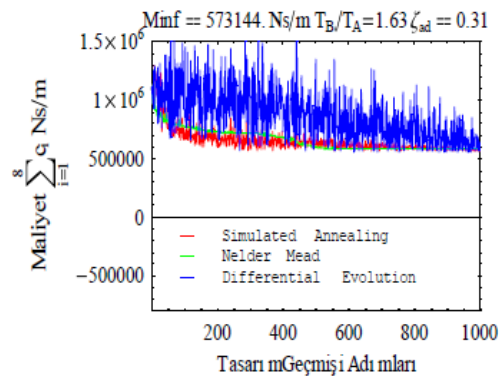
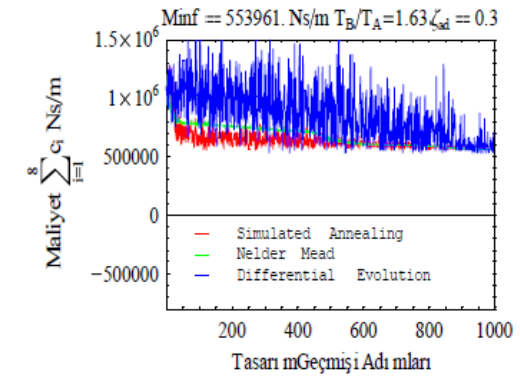
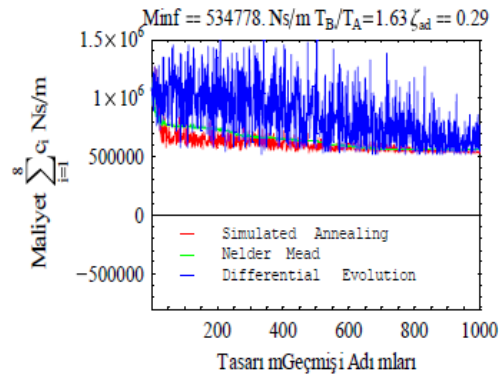
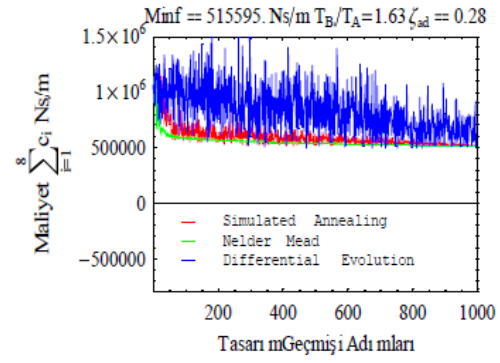
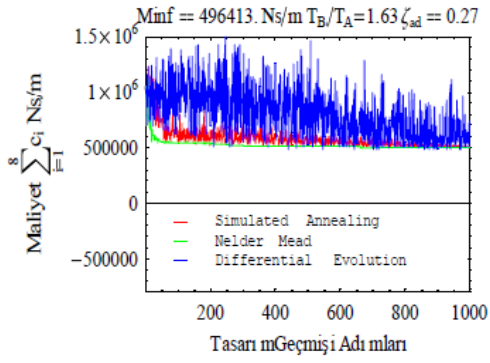
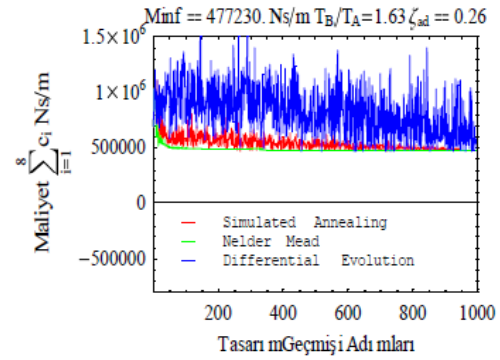
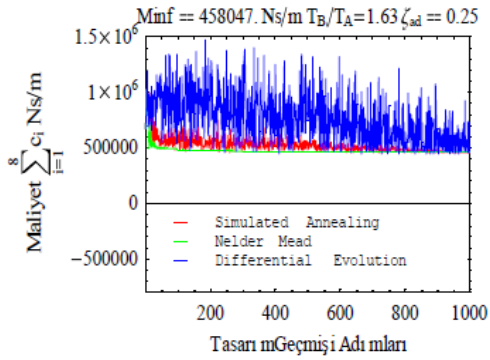
Ek-B (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (9. ve 16. Adım)



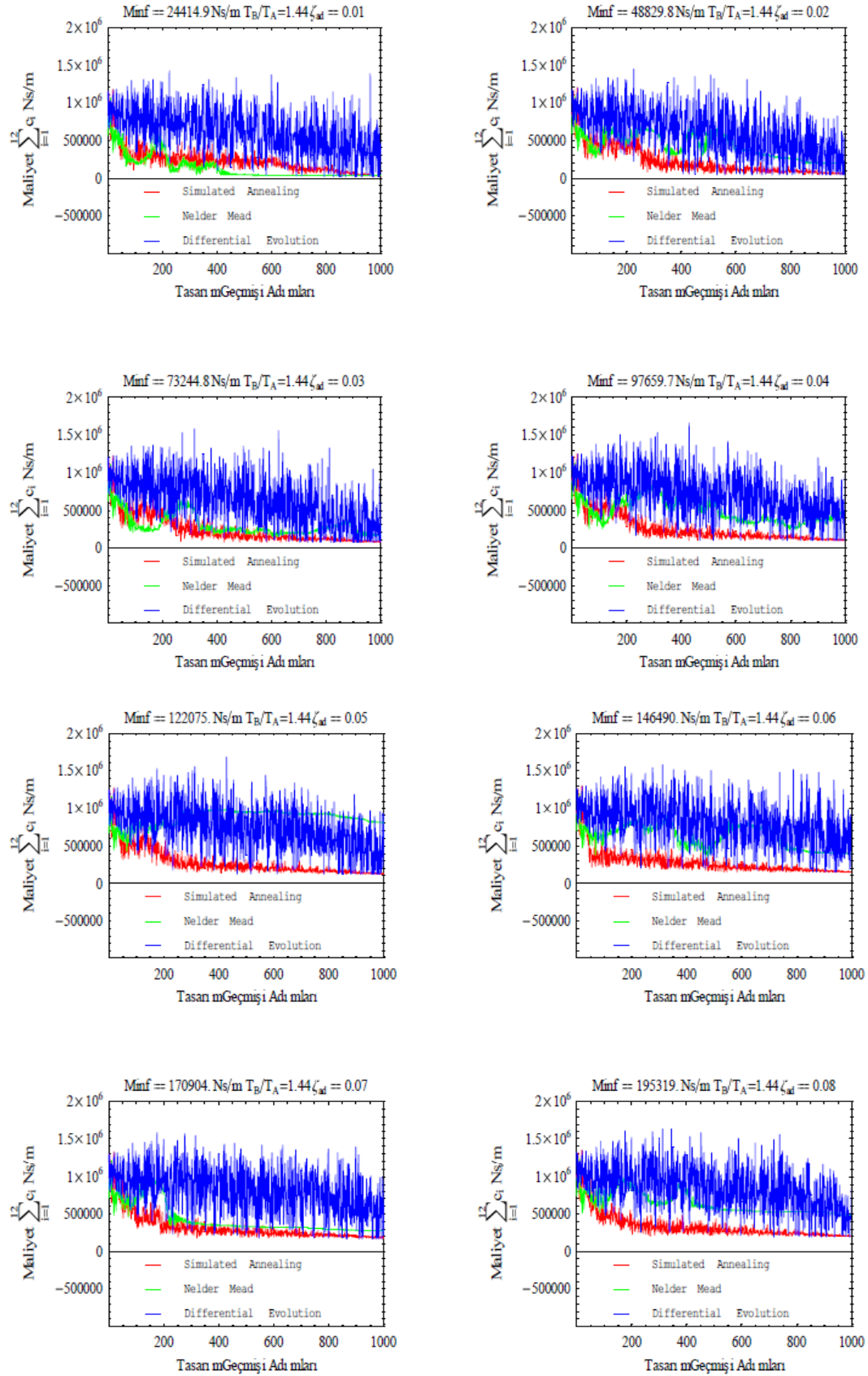
Ek-B (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (17. ve 24. Adım)



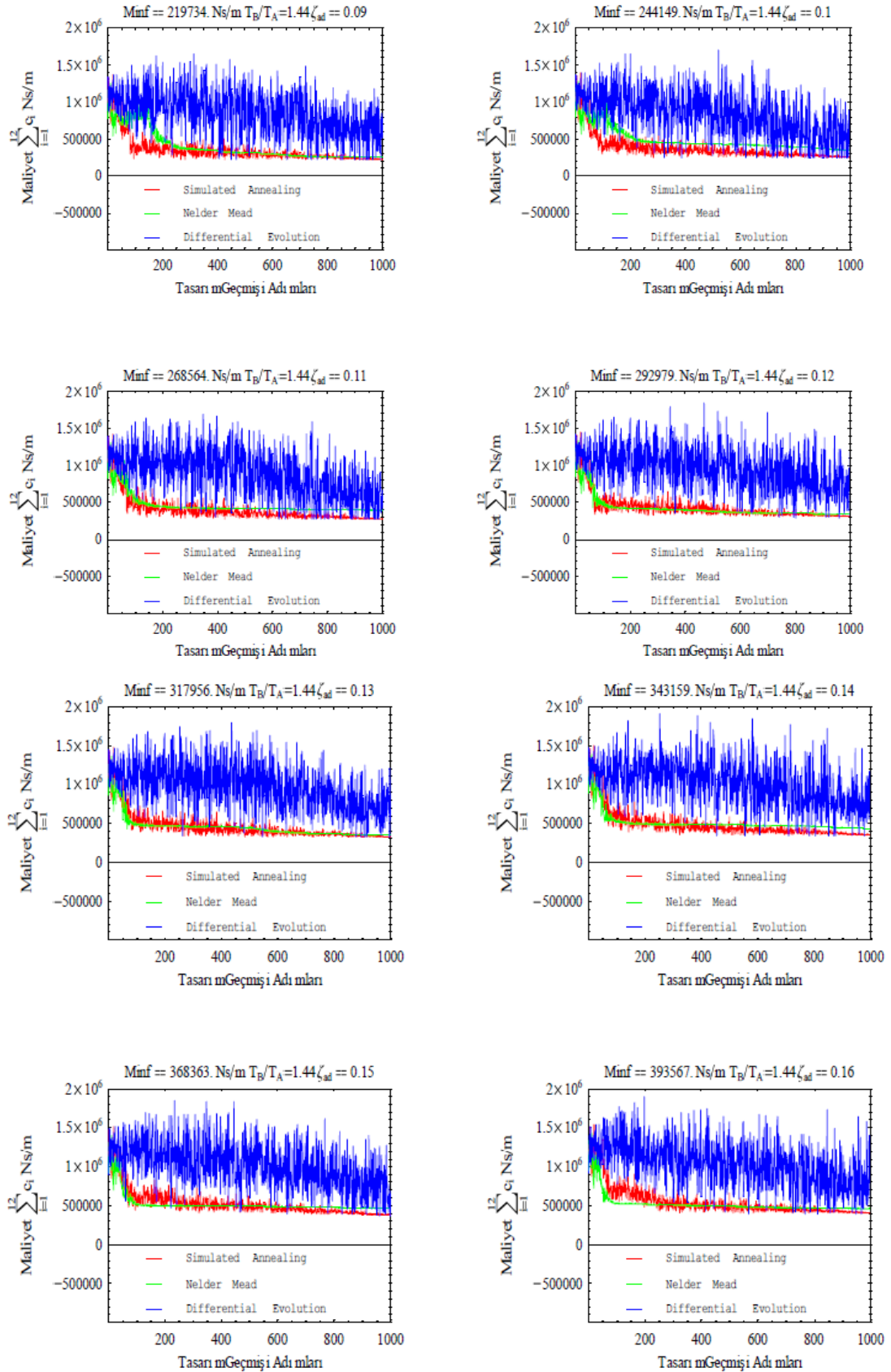
Ek-B (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (25. ve 31. Adım)



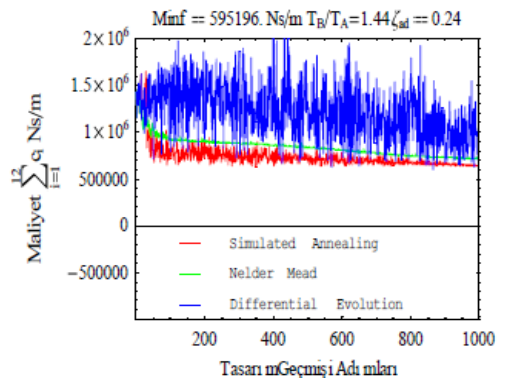
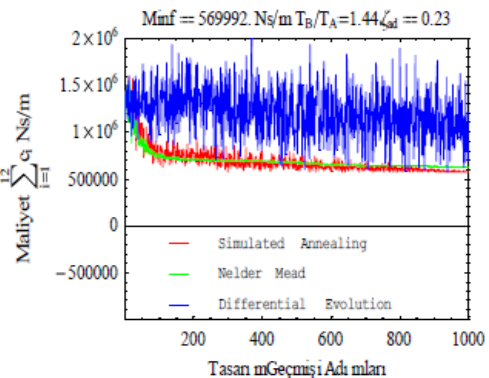
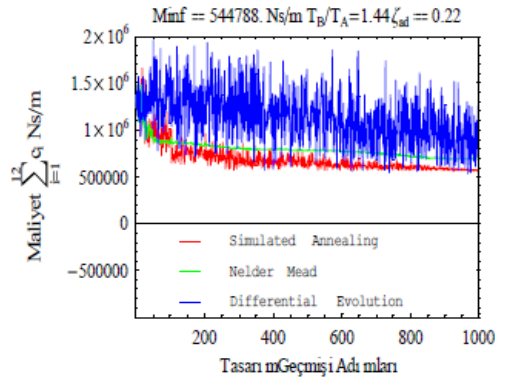
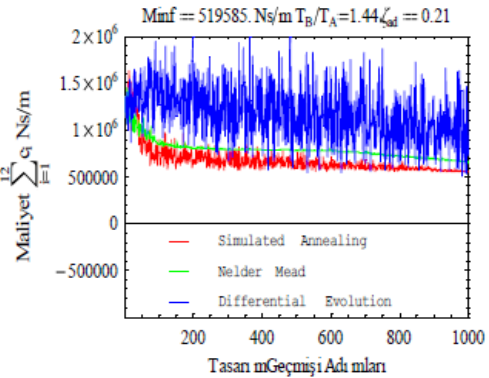
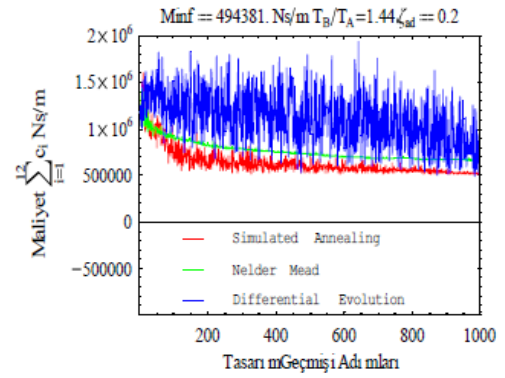
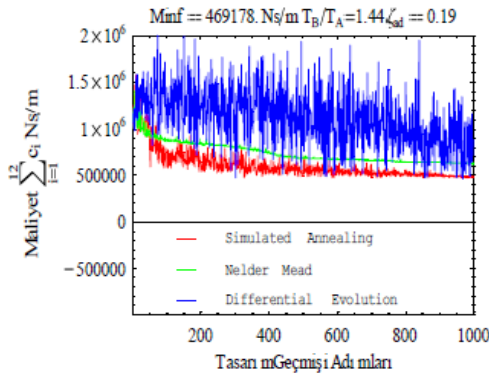
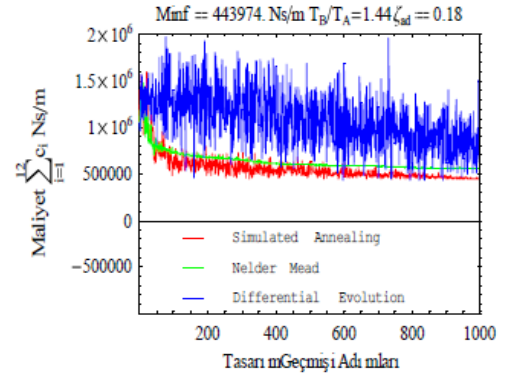
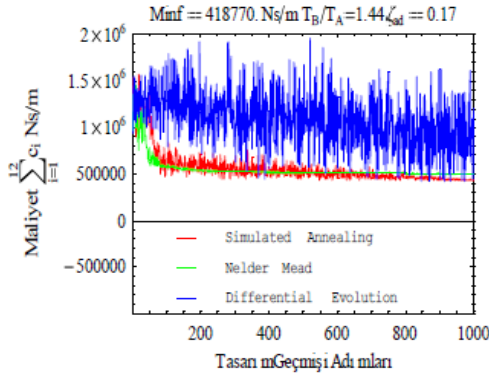
Ek-C “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (1. ve 8. Adım)



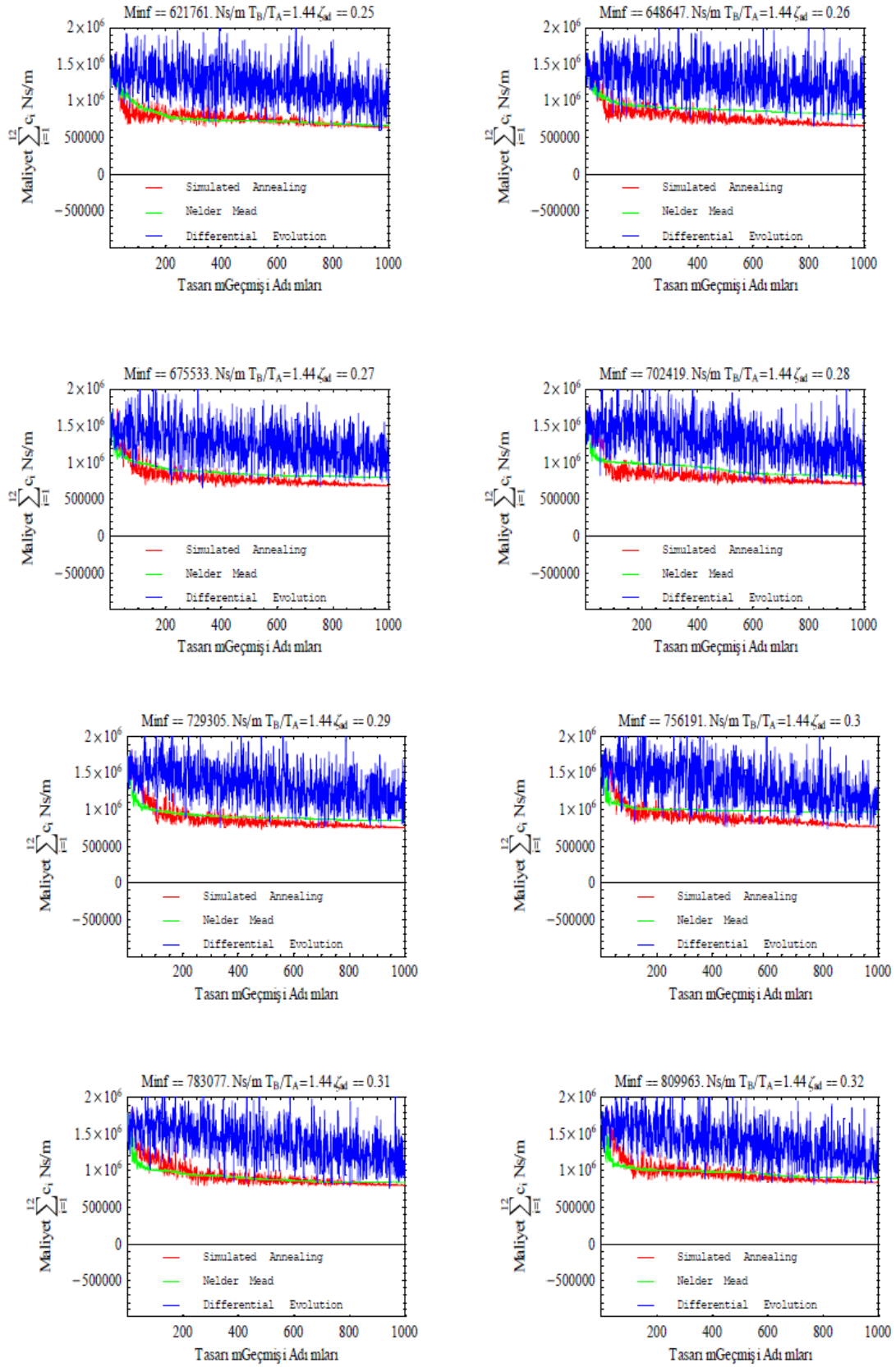
Ek-C (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (9. ve 16. Adım)



Ek-C (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (17. ve 24. Adım)



Ek-C (Devam) “Minf” fonksiyonunun her ζ_{ad} ve her yineleme adımlarına göre grafikleri (25. ve 32. Adım)



Ek-D Bu tez çalışmasında incelenen yapıların karakteristik özellikleri

Kat Sayısı	Yapı Adı	Yapı Kütlesi (Kg)	Yapı Rijitliği (N/m)	Yapı Sönümü Oranı	Periyot Oranları (TB/TA)
4 Katlı	A	3.2×10^4	3×10^7	0.02	2,12
	B	4.8×10^4	1×10^7	0.02	
8 Katlı	A	4.8×10^4	4×10^7	0.02	1,63
	B	6.4×10^4	2×10^7	0.02	
12 Katlı	A	6.4×10^4	5×10^7	0.02	1,44
	B	8.0×10^4	3×10^7	0.02	

ÖZ GEÇMİŞ

Muhammed DİKMEN 31.05.1989 tarihinde Isparta'nın Şarkıkaraağaç ilçesinde doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Şarkıkaraağaç'ta tamamladı. 2008 yılında girdiği Niğde Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2012 yılında mezun oldu. 2012-2014 yılları arasında Niğde' de İnşaat Mühendisi olarak çalıştı. 2014-2015 Eğitim öğretim yılında Kilis 7 Aralık Üniversitesi' ne Öğretim Görevlisi olarak atandı ve halen görevine devam etmektedir.



TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER

Bu tez çalışmasından, 1 (bir) adet ulusal makale üretilmiştir. Bu makale aşağıda sunulmuştur.

Aydın, E., Öztürk, B. ve Dikmen, M., “Bitişik nizam yapıların çarpışmasını önlemek ve hedef bir sönüm oranı ve hedef bir rölatif deplasman için optimum sönümleyici dağılımı”, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6(2), 581-592, 2017



