

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇELİK YAPILARDA EĞRİSEL ŞEKLİ METALİK SİSMİK
SÖNÜMLEYİCİLERİN ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

İnş. Yük. Müh. Amirahmad CHAVOSHKHATAMI

HAZİRAN 2021
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇELİK YAPILARDA EĞRİSEL ŞEKLİ METALİK SİSMİK
SÖNÜMLEYİCİLERİN ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**

İnş. Yük. Müh. Amirahmad CHAVOSHKHATAMI

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.06.2021
Tezin Savunma Tarihi : 28.06.2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin HÜSEM

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Bu çalışmada “*Çelik Yapılarda Eğrisel Şekilli Metalik Sismik Sönümleyicilerin Araştırılması ve Geliştirilmesi*” başlığıyla Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Doktora konusunu bana öneren ve doktora süresinin her aşamasında gerek bilgi ve tecrübelerini gerekse maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Metin HÜSEM’ e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Şevket ATEŞ ve Sayın Prof. Dr. Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU ile jüri üyeliği görevini üstlenen değerli hocalarım Prof. Dr. Şükrü YETGİN ve Doç. Dr. Musa ARTAR’a ayrıca teşekkür ederim.

Akademik hayatım boyunca değerli bilgi ve görüşleri benimle paylaşan ve her zaman beni teşvik eden değerli hocam rahmetli sayın Prof. Dr. Abdullah HUSSEINI, İran’da yaptığım yüksek lisans Hocalarım Sayın Prof. Dr. Abdolreza SARVGHADMOGHADAM, Sayın Dr. Morteza RAISI teşekkürlerimi sunmayı zevkli bir görev sayarım.

Hayatım boyunca beni maddi ve manevi destekleyen Anneme ve Babama şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışma boyunca beni sabırla destekleyen her türlü zorluklarla karşı benimle beraber mücadele eden sevgili eşim Mona FARNEJAD’ e, minik prensim Karen KHATAMI ve tüm aileme en kalbi duygularıyla teşekkür eder bu çalışmanın yeni çalışmalar için ışık tutmasını temenni ederim.

Amirahmad CHAVOSHKHATAMI
Trabzon, 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Çelik Yapılarda Eğrisel Şekilli Metalik Sönümleyicilerin Araştırılması ve Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Metin HÜSEM’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 28/06/2021

Amirahmad CHAVOSHKHATAMI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIX
SEMBOLLER DİZİNİ	XX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri	2
1.3. Sismik Sönümleyiciler.....	7
1.3.1. Aktif Sismik Kontrol Sistemleri	9
1.3.2. Pasif Sismik Kontrol Sistemleri.....	10
1.3.2.1. Taban İzolasyon Sistemleri.....	10
1.3.2.2. Enerji Sönümleyen Sistemler	12
1.4. Konu ile İlgili Yapılan Diğer Bazı Çalışmalar	21
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	25
2.1. Giriş	25
2.2. Eğrisel Şekilli Metalik Sönümleyicilerin Sayısal Modelleri	25
2.2.1. Çelik Çerçeve Referans Modeli (SFRM)	26
2.2.1.1. Çelik Çerçeve Modelinin Özellikleri.....	27
2.2.1.2. Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması, Sınır Koşulları ve Çevrimsel Yüklemenin Uygulanması	29
2.2.2. Ters V Çaprazlı Çelik Çerçevede Modeli(IVSFM).....	31
2.2.3. Eğrisel Şekilli S- Tipi Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFSTD).....	32
2.2.4. Eğrisel Şekilli Sürtünmeli Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCFD)	33
2.2.4.1. Büyük Levhalı Sürtünmeli Metalik Sönümleyici(SFCFD-A).....	33
2.2.4.2. Küçük Levhalı Sürtünmeli Metalik Sönümleyici (SFCFD-B)	34

2.2.5.	Eğrisel Şekilli Akma Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCYD)	36
2.2.6.	Eğrisel Şekilli Paralel Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCPD).....	40
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	43
3.1.	Giriş	43
3.2.	Sonlu Eleman Modeli ve Modelin Doğrulanması	43
3.3.	Eğrisel Şekilli Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modellerinin Çevrimsel Yükleme Altında Sayısal Analizinden Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	44
3.3.1.	Çelik Çerçeve Referans Modelinden (SFRM) Elde edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	44
3.3.2.	Ters V Çaprazlı Çelik Çerçeve Modelinden (IVSFM) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	50
3.3.3.	Eğrisel Şekilli S-Tipi Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFSTD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	55
3.3.4.	Eğrisel Şekilli Sürtünmeli Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCFD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	60
3.3.4.1.	SFCFD-A ve SFCFD-B için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	60
3.3.4.2.	SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	69
3.3.4.3.	SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	77
3.3.4.5.	SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	92
3.3.4.6.	SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	99
3.3.4.7.	SFCFD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	106
3.3.5.	Eğrisel Şekilli Akma Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCYD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	111
3.3.5.1.	SFCYD-1 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	111
3.3.5.2.	SFCYD-2 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	116
3.3.5.3.	SFCYD-3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	120
3.3.5.4.	SFCYD-4 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	124
3.3.5.5.	SFCYD-5 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	128
3.3.5.6.	SFCYD-6 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	132
3.3.5.7.	SFCYD-7 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	136
3.3.5.8.	SFCYD-8 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	140
3.3.5.9.	SFCYD-9 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	144
3.3.5.10.	SFCYD-10 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	148
3.3.5.11.	SFCYD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	152

3.3.6.	Eğrisel Şekilli Paralel Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCPD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	155
3.3.6.1.	SFCPD-1 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	155
3.3.6.2.	SFCPD-2 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	160
3.3.6.3.	SFCPD-3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	164
3.3.6.4.	SFCPD-4 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	169
3.3.6.5.	SFCPD-5 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler.....	173
3.3.7.	SFCPD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler	178
3.4.	Eğrisel Şekilli Metalik Sismik Sönümleyici Modellerinden Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi	181
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	187
5.	KAYNAKLAR.....	190
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

ÇELİK YAPILARDA EĞRİSEL ŞEKLİ METALİK SİSMİK SÖNÜMLEYİCİLERİN
ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

Amirahmad CHAVOSHKHATAMI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Metin HÜSEM
2021, 193 Sayfa

Yapıların yatay yük etkisinde stabilitelerinin sağlanması ve yapı elemanında herhangi bir hasar oluşmadan bu tür elemanlarda hasarların oluşması istenmektedir. Bu amaçla literatürde metalik sönümleyiciler ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve geliştirilen metalik sönümleyicilerin etkinlikleri incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmalar genellikle çelik çaprazların kirişlerle birleşim bölgeleri için geliştirilmiştir. Ancak çerçeve boşluklarının kullanılması istenmesinde kolon-kiriş birleşim bölgeleri için geliştirilen eğrisel şekilli veya dirsek tipi sönümleyicilerin sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada, literatürde mevcut olan metalik sönümleyiciler yerine, çelik yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak, eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen farklı tiplerde eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin sayısal modelleri oluşturularak etkinlikleri araştırılmıştır. Bununla birlikte tasarlanan eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler, çerçeve ve çelik çapraz kullanılmış sistemin davranışları ile de karşılaştırılmıştır. Yatay yükler etkisinde en uygun enerji sönümleme sağlayan eğrisel şekilli metalik sönümleyici belirlenmiştir. Tez kapsamında geliştirilen eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin çelik çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini artırdığı ve daha fazla enerji tükettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çelik Çerçeve, Sönümleyici, Enerji Tüketimi, Rijitlik, Çevrimsel Yatay Yükleme, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Eğrisel Şekilli Sönümleyici

PhD. Thesis

SUMMARY

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CURVILINEAR SHAPED METALLIC SEISMIC DAMPERS IN STEEL STRUCTURES

Amirahmad CHAVOSHKHATAMI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Metin HÜSEM
2021, 193 Pages

Ensuring the stability of structures under the effect of horizontal load and without any damage to the structural element, it is desirable to damage to such elements. For this purpose, many studies on metallic dampers have been carried out in the literature and the effectiveness of the developed metallic dampers has been examined. These studies are generally developed for the junction areas of steel braces and beams. However, the number of curvilinear or elbow type dampers developed for column-beam junction areas is very limited when it is desired to use frame opening.

In this study, it is aimed to develop curvilinear shaped metallic dampers that will enable the effective use of frame spaces in structures, instead of the metallic dampers available in the literature. Numerical models of different types of curvilinear shaped metallic dampers have been developed and their efficiency has been investigated. In addition, the designed curvilinear metallic dampers were compared with the performances of the frame and steel brace system. A curvilinear metallic damper, which provides the most appropriate energy damping under horizontal loads, has been determined. It has been observed that the curvilinear metallic dampers developed within the scope of the thesis increase the horizontal load-carrying capacity of the steel frame and consume more energy.

Key Words: Steel Frame, Energy Dissipation, Stiffness, Cyclic Horizontal Loading, Finite Element Method, Curved Damper

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Farklı dış merkez çelik çapraz uygulamaları..... 4
Şekil 2.	Hasarlı bir bağ kirişinden görünüm..... 5
Şekil 3.	Merkezi çelik çaprazlarda burkulma hasarlar 5
Şekil 4.	Burkulması sınırlandırılmış çelik çaprazlar 6
Şekil 5.	Burkulması önlenmiş ve merkezi çelik çaprazların yük altındaki davranışı 7
Şekil 6.	Burkulması önlenmiş çaprazların bağlantı levha hasarları (a) ve rijitleştirici levhalar (b)..... 7
Şekil 7.	Aktif kütle sönümleyici sistemin şematik şekli..... 9
Şekil 8.	Kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistemi 11
Şekil 9.	Sarkaç tipi sismik sönümleyici sistemi 11
Şekil 10.	Viskoz sönümleyici 12
Şekil 11.	Ayarlı viskoz sismik kütle sönümleyici 13
Şekil 12.	İdeal bir metalik sönümleyicinin çevrimsel davranışı..... 14
Şekil 13.	Metalik sönümleyici sistemler 16
Şekil 14.	ADAS sistemi..... 17
Şekil 15.	ADAS'lı ve ADAS'sız çelik çerçeve deney sonuçlarının karşılaştırılması 17
Şekil 16.	T-ADAS sistemi ve çevrimsel davranışı 18
Şekil 17.	T-ADAS sisteminin çalışma şekli 18
Şekil 18.	Eğilmeli çelik elemanlar..... 19
Şekil 19.	Honeycomb sönümleyicisi 19
Şekil 20.	Faklı şekillerde denenmiş eliptik şekilli sönümleyiciler 20
Şekil 21.	Eğrisel şekilli metalik sönümleyici 21
Şekil 22.	Çelik çerçeve modeli ve birleşim detayı 27
Şekil 23.	Kolon-kiriş birleşim detayı..... 28
Şekil 24.	Çelik ve cıvataya ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramı 28
Şekil 25.	Sonlu elemanlar modeli..... 29
Şekil 26.	Yükleme protokolü..... 30
Şekil 27.	Ters V çaprazlı çelik çerçeve modeli 31
Şekil 28.	Eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli 32

Şekil 29.	Büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-A).....	34
Şekil 30.	Büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyici ve bileşenleri	34
Şekil 31.	Küçük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-B).....	35
Şekil 32.	Küçük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyici ve bileşenleri	35
Şekil 33.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli (SFCDYD)	36
Şekil 34.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (1. Tip)	37
Şekil 35.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (2. Tip)	37
Şekil 36.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (3. Tip)	38
Şekil 37.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (4. Tip)	38
Şekil 38.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (5. Tip)	38
Şekil 39.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (6. Tip)	39
Şekil 40.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (7. Tip)	39
Şekil 41.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (8. Tip)	39
Şekil 42.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (9. Tip)	40
Şekil 43.	Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (10. Tip)	40
Şekil 44.	Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyici (SFCPD-1)	41
Şekil 45.	Eğrisel şekilli paralel levhalı örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-2).....	41
Şekil 46.	Eğrisel şekilli paralel levhalı kafes örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-3).....	41
Şekil 47.	Eğrisel şekilli paralel levhalı örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-4).....	42
Şekil 48.	Eğrisel şekilli paralel levhalı kafes örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-5).....	42
Şekil 49.	Deneysel yatay yük-yerdeğiştirme ile sayısal modelden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrileri	44
Şekil 50.	Çelik çerçeve sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali.....	45
Şekil 51.	Statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	45
Şekil 52.	SFRM için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	47
Şekil 53.	Tekrarlı yatay yüklemeye her bir çevrim için rijitlik değerlerinin belirlenmesi	48
Şekil 54.	SFRM modeli için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi.....	48
Şekil 55.	Herhangi bir çevrimde tüketilen enerji ve depolanan elastik şekildeğiştirme enerjisi.....	49
Şekil 56.	SFRM elemanının toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	49

Şekil 57.	SFRM elemanının eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	50
Şekil 58.	IVSFM için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali	51
Şekil 59.	IVSFM için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	51
Şekil 60.	IVSFM için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	52
Şekil 61.	IVSFM için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	53
Şekil 62.	IVSFM için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	54
Şekil 63.	ISFM için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	55
Şekil 64.	SFSTD için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali.....	56
Şekil 65.	SFSTD için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	56
Şekil 66.	SFSTD için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	57
Şekil 67.	SFSTD için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi.....	58
Şekil 68.	SFSTD için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	59
Şekil 69.	SFSTD için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	59
Şekil 70.	SFCFD-A ve SFCFD D-B için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri (öngerilme uygulanmamış)	60
Şekil 71.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	61
Şekil 72.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	61
Şekil 73.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	63
Şekil 74.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	64
Şekil 75.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi.....	65
Şekil 76.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi.....	66
Şekil 77.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	67
Şekil 78.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	67
Şekil 79.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	68
Şekil 80.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	68
Şekil 81.	Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A0.1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm).....	69

Şekil 82.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm).....	69
Şekil 83.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm).....	71
Şekil 84.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm).....	72
Şekil 85.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	73
Şekil 86.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	74
Şekil 87.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	75
Şekil 88.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	75
Şekil 89.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	76
Şekil 90.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)	76
Şekil 91.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm).....	77
Şekil 92.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm).....	77
Şekil 93.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm).....	79
Şekil 94.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm).....	80
Şekil 95.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	81
Şekil 96.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	82
Şekil 97.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	83
Şekil 98.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	83
Şekil 99.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	84
Şekil 100.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)	84
Şekil 101.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm).....	85

Şekil 102.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm).....	85
Şekil 103.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm).....	86
Şekil 104.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm).....	87
Şekil 105.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	88
Şekil 106.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	89
Şekil 107.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	90
Şekil 108.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	90
Şekil 109.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	91
Şekil 110.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)	91
Şekil 111.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm).....	92
Şekil 112.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm).....	92
Şekil 113.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm).....	93
Şekil 114.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm).....	94
Şekil 115.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	95
Şekil 116.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	96
Şekil 117.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	97
Şekil 118.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	97
Şekil 119.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	98
Şekil 120.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)	98
Şekil 121.	Öngerilme uygulanmış SFCFD-A1.0 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm).....	99

Şekil 122.	Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm).....	99
Şekil 123.	Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (civata sıkma miktarı 1.0 mm).....	100
Şekil 124.	Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (civata sıkma miktarı 1.0 mm).....	101
Şekil 125.	Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	102
Şekil 126.	Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	103
Şekil 127.	Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	104
Şekil 128.	Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	104
Şekil 129.	Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	105
Şekil 130.	Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)	105
Şekil 131.	SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri	106
Şekil 132.	SFCFD-B için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri	106
Şekil 133.	SFCFD-A için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri.....	107
Şekil 134.	SFCFD-B için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri.....	108
Şekil 135.	SFCFD-A için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri	108
Şekil 136.	SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri	109
Şekil 137.	SFCFD-A için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri	110
Şekil 138.	SFCFD-B için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri	110
Şekil 139.	SFCYD-1 için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali	111
Şekil 140.	SFCYD-1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	112
Şekil 141.	SFCYD-1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	113
Şekil 142.	SFCYD-1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	114
Şekil 143.	SFCYD-1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	115
Şekil 144.	SFCYD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	115
Şekil 145.	SFCYD-2 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	116
Şekil 146.	SFCYD-2 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	117

Şekil 147.	SFCYD-2 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	118
Şekil 148.	SFCYD-2 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	119
Şekil 149.	SFCYD-2 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	119
Şekil 150.	SFCYD-3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	120
Şekil 151.	SFCYD-3 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	121
Şekil 152.	SFCYD-3 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	122
Şekil 153.	SFCYD-3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	123
Şekil 154.	SFCYD-3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	123
Şekil 155.	SFCYD-4 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	124
Şekil 156.	SFCYD-4 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	125
Şekil 157.	SFCYD-4 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi	126
Şekil 158.	SFCYD-4 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	127
Şekil 159.	SFCYD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	127
Şekil 160.	SFCYD-5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	128
Şekil 161.	SFCYD-5 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	129
Şekil 162.	SFCYD-5 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	130
Şekil 163.	SFCYD-5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	131
Şekil 164.	SFCYD-5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	131
Şekil 165.	SFCYD-6 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	132
Şekil 166.	SFCYD-6 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	133
Şekil 167.	SFCYD- 6 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	134
Şekil 168.	SFCYD-6 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	135
Şekil 169.	SFCYD-6 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi	135
Şekil 170.	SFCYD-7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	136
Şekil 171.	SFCYD-7 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	137
Şekil 172.	SFCYD-7 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	138
Şekil 173.	SFCYD-7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi	139

Şekil 174.	SFCYD-7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	139
Şekil 175.	SFCYD-8 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	140
Şekil 176.	SFCYD-8 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	141
Şekil 177.	SFCYD-8 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	142
Şekil 178.	SFCYD-8 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	143
Şekil 179.	SFCYD-8 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	143
Şekil 180.	SFCYD-9 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	144
Şekil 181.	SFCYD-9 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	145
Şekil 182.	SFCYD-9 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	146
Şekil 183.	SFCYD-9 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	147
Şekil 184.	SFCYD-9 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	147
Şekil 185.	SFCYD-10 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	148
Şekil 186.	SFCYD-10 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	149
Şekil 187.	SFCYD-10 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	150
Şekil 188.	SFCYD-10 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	151
Şekil 189.	SFCYD-10 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	151
Şekil 190.	SFCYD modelleri için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri	152
Şekil 191.	SFCYD modelleri için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri.....	153
Şekil 192.	SFCYD modelleri için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri	154
Şekil 193.	SFCYD modelleri için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri	154
Şekil 194.	SFCPD için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri.....	156
Şekil 195.	SFCPD-1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	156
Şekil 196.	SFCFD-1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	157
Şekil 197.	SFCPD-1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	158
Şekil 198.	SFCFD-1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	159
Şekil 199.	SFCPD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	159
Şekil 200.	SFCPD-2 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri.....	160

Şekil 201.	SFCFD-2 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	160
Şekil 202.	SFCFD-2 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	162
Şekil 203.	SFCPD-2 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi	163
Şekil 204.	SFCFD-2 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	164
Şekil 205.	SFCPD-2 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	164
Şekil 206.	SFCPD-3 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri.....	165
Şekil 207.	SFCPD-3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	165
Şekil 208.	SFCFD-3 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	166
Şekil 209.	SFCPD-3 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi	167
Şekil 210.	SFCFD-3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	168
Şekil 211.	SFCPD-3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	168
Şekil 212.	SFCPD-4 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri.....	169
Şekil 213.	SFCFD-4 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	169
Şekil 214.	SFCFD-4 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	170
Şekil 215.	SFCPD-4 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi	171
Şekil 216.	SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	172
Şekil 217.	SFCPD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	173
Şekil 218.	SFCPD-5 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri.....	173
Şekil 219.	SFCFD-5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi	174
Şekil 220.	SFCFD-5 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri	175
Şekil 221.	SFCPD-5 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi	176
Şekil 222.	SFCFD-5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi.....	177
Şekil 223.	SFCPD-5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi.....	177
Şekil 224.	SFCPD modelleri için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri	178
Şekil 225.	SFCPD modelleri için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri	179
Şekil 226.	SFCPD modelleri için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri.....	180
Şekil 227.	SFCPD modelleri için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri	181

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Metalik sönümleyicilerin özellikleri	15
Tablo 2. Çalışma kapsamında tasarlanan sayısal modeller	26
Tablo 3. Çelik çerçeve ve cıvataların mekanik özellikleri	28
Tablo 4. Yük adımları ve çevrim sayıları	30
Tablo 5. Sönümleme levhalarının geometrik özellikleri	37
Tablo 6. Kat ötelenme oranlarına bağlı yapı performans seviyeleri.....	182
Tablo 7. Eğrisel şekilli metalik sismik sönümleyicilerden elde edilen bulgular	183

SEMBOLLER DİZİNİ

BÖÇÇ	: Burkulması önlenmiş çelik çapraz
E	: Elastisite modülü
GÖ	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi
KH	: Kontrollü hasar performans düzeyi
KK	: Kesintisiz kullanım performans düzeyi
MÇÇ	: Merkezi çelik çapraz
SH	: Sınırlı hasar performans düzeyi
SFCPD	: Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyici çelik çerçeve
SFCFD	: Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyici çelik çerçeve
SFCYD	: Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici çelik çerçeve
SFSTD	: Eğrisel şekilli S-tipli metalik sönümleyici çelik çerçeve
SFRM	: Çelik çerçeve referans modeli
IVSFM	: Ters V çaprazlı çelik çerçeve
σ	: Gerilme
ε	: Şekildeğiştirme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyanın var oluşundan buyana depremler olagelmiş, olmaya da devam etmektedir. İnsanoğlu çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için inşa ettiği yapılar, depremlerden hasar görmüş ya da tamamen yıkılmıştır. Depremi yapılar üzerindeki etkilerini yok etmek veya azaltmak için, teknolojiye gelişmelere bağlı olarak, farklı malzemeler ve farklı yapım teknikleri kullanmışlardır. Günümüzde, gerek malzemelerde dayanım ve dayanıklılığındaki gerekse yapım tekniklerindeki gelişmelere ve bilgi birikimine bağlı olarak depreme dayanıklı yapı tasarlamak ve inşa etmek daha kolay hale gelmiştir. Ancak meydana gelen depremlerden günümüzde de yapılar, malzeme seçimi, sistem seçimi, yapım ve bakım ihmallerinden dolayı, binalar hasar görmekte hatta göçmektedir. Ülkeler, meydana gelen depremlerin yapılar üzerindeki etkilerini de dikkate alarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı için yönetmelikler yapmışlardır. Bununla birlikte, gerek yapım teknolojilerindeki gelişmeler gerekse meydana gelen depremlerden doğan hasarlara bağlı olarak yönetmelikler zamanla revize edilmektedir.

Bir yapının projelendirmesinde; yer seçimi, taşıyıcı sistem seçimi, malzeme seçimi (beton, betonarme, çelik, ahşap çelik-beton (Kompozit) vb.) yapısal çözümleme, yapım aşaması ve bakım aşaması olmak üzere altı aşamadan söz etmek mümkündür. Bu aşamalardan herhangi birinde yapılacak hata, yapıların deprem etkisi altında beklenen davranışı gösterememesine neden olacaktır. Yapıların projelendirilmesinde, düşey yükler (yerçekimi yükleri) yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Ancak deprem gibi yatay yükler kesin olarak belirlenememektedir. Zira depremin ne zaman olacağı bilinemediği gibi büyüklüğü de daha önce bilinmemektedir. Dolayısıyla da meydana gelebilecek depremler nedeniyle, yapılara gelecek etkiler ancak o bölgede ve zemin özelliklerinde daha önce olan deprem kayıtları dikkate alınarak hazırlanan deprem yönetmeliklerinde verilen kayıtlar dikkate alınmaktadır. Yapı tasarımı etkileyen düşey yük ve yatay yüklerden doğan iç kuvvetler taşıyıcı elemanlar tarafından karşılanacak şekilde yapılmakta ve yapının yerdeğiştirmesi sınırlandırılmaktadır. Özellikle yatay yükler etkisinde elemanların sünek davranış göstererek enerji sönmeleri de istenmektedir (Constantinou vd., 1998).

Depreme dayanıklı olarak tasarlanmış bir yapının deprem gibi dinamik dış etkiler altında yeterli yapısal performansı gösterebilmesi yatay yük taşıyıcı elemanların enerji tüketme kapasitelerine bağlıdır. Taşıyıcı elemanların ve dolayısıyla da yapının sünekliğini artırarak ve plastik mafsalların oluşmasına izin vererek yapıya etkiyecek olan deprem kuvveti sınırlandırılmakta ve enerji tüketimi sağlanabilmektedir. Bu amaçla betonarme yapılarda betonarme perde, çelik yapılarda ise en çok kullanılan yanal yük taşıyıcı sistem çelik çaprazlardır. Ancak bu yöntem kullanılarak yapıların göçmesi engellense de meydana gelen doğrusal olmayan davranış, dayanım ve rijitliğin azalmasına ve kalıcı ötelenmelere neden olarak yapıları kullanılamaz hale getirmektedir. Bu yöntemin yanı sıra, yapıların deprem performansını artırmak amacıyla bazı yenilikçi yapısal kontrol (YK) sistemleri de kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yapısal davranışa etkisi, deprem rüzgâr ve diğer dinamik dış etkiler neticesinde ortaya çıkan enerjinin, yapıya ilave edilen bazı elemanlar tarafından kontrollü olarak sönmülenmesi ve ana taşıyıcı elemanlardaki hasarın azaltılmasının sağlanmasıdır.

Günümüzde çok katlı çelik yapılar yaygın olarak inşa edilmektedir. Yapıların yüksekliği arttıkça taşıma gücü yanında yatay yüklere karşı stabilitelerinin de sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde ve Dünyada çelik yapılarda en çok tercih edilen yanal yük taşıyıcı sistemler çelik çaprazlardır. Ancak bu elemanlarda burkulma problemi, yapıların enerji tüketme kapasitesini azaltmakta, kararsız çevrimsel davranışa neden olmakta ve gerekli faydayı göstermemektedir. Bununla birlikte, çelik çaprazlar çerçeve açıklığını böldüğünden, pencere vb. boşlukların bırakılması gereken yerlerde geçirilmesi bazen büyük olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, çerçeve birleşimlerinde kullanılabilecek eğrisel şekilli metalik sönmüleyiciler geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması son yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, yukarıda verilen ve literatürde mevcut olan metalik sönmüleyiciler yerine yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak farklı eğrisel şekilli metalik sönmüleyicilerin yatay yük etkisindeki davranışları ve etkinlikleri incelenmektedir.

1.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri

Bir yapının depreme dayanıklı olarak tasarlanmasında ve inşa edilmesinde yeterli süneklik ve yeterli rijitlik koşulunun sağlanması gerekmektedir. Yapının çok rijit olarak tasarlanması yapım maliyetini artırırken, çok sünek olarak tasarlanması ve inşa edilmesi de,

yapının fazla hasar almasına dolayısıyla da onarım-güçlendirme maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle yönetmeliklerde; “süneklik düzeyi yüksek” ve “süneklik düzeyi sınırlı” sistemler ve yapı elemanları için tasarım ve yapım koşulları için, yapının beklenen performans hedeflerine bağlı olarak sınırlar konulmuştur. Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), (2018)’ de, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemler için bina performans düzeyleri verilmiştir. Deprem yönetmeliğinde; bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebildiği duruma karşılık gelen, “Kesintisiz kullanım performans düzeyi(KK), sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer bir deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşılık gelen, “Sınırlı hasar performans düzeyi(SH)”, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşılık gelen “Kontrollü hasar performans düzeyi (KH)” ve bina taşıyıcı elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşılık gelen “Göçmenin önlenmesi performans düzeyi (GÖ)” olmak üzere dört performans düzeyi tanımlanmıştır (TBDY, 2018).

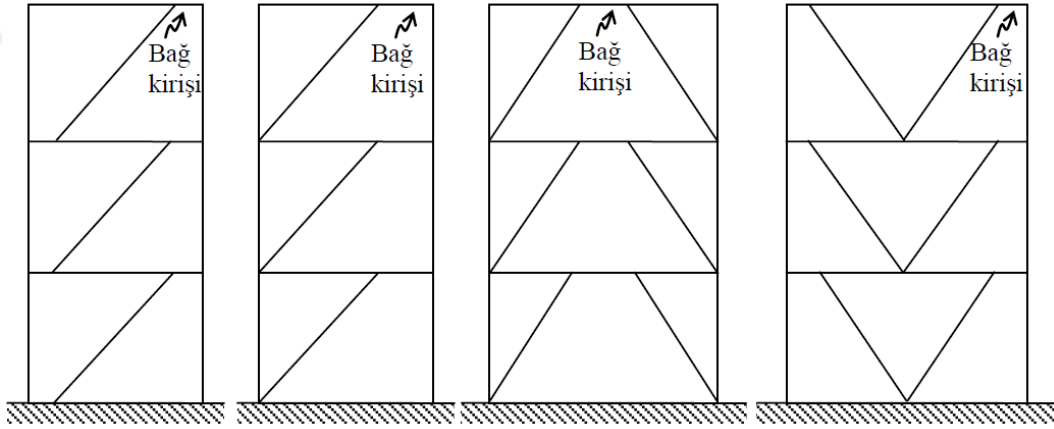
Deprem yönetmeliğinde tanımlanan performans düzeylerinden de görüldüğü gibi, deprem etkisi ile binaların tamamen göçmesi istenmemektedir. Dolayısıyla da, binaların tasarımında, deprem yer hareketli düzeyine ve bina kullanım sınıfına ve süneklik düzeyine bağlı olarak depremden gelen enerjinin bir kısmının bina taşıyıcı elemanlarında oluşacak sınırlı hasar ile tüketilebileceği görülmektedir. Yapılarda oluşan sınırlı hasar, deprem enerjisinin sönmülmesini de sağlamaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında öncelikli olarak, yukarıda verilen performans seviyeleri de dikkate alınarak, taşıyıcı sistem seçiminde mümkün olduğu kadar simetrik ve düzgün sistem seçilmeli, yapı yeterli dayanım ve dayanıklılığa sahip olmalı ayrıca gereği kadar sünek ve gereği kadar da rijit olmalıdır. Bununla birlikte, enerji tüketiminin %2 kat ötelenme oranı aşılmadan sağlanması istenmektedir (Whittaker vd., 1991).

Depreme dayanıklı olarak tasarlanmış bir yapının dinamik dış etkiler altında yeterli deprem performansını gösterebilmesi, yatay yük taşıyıcı elemanların enerji tüketme kapasitesine bağlıdır (Constantinou ve diğ. 1998). Yapısal elemanların veya yapının sünekliğini artırarak ve plastik mafsalların uygun yerlerde oluşmasına izin vererek yapıya etkiyecek olan deprem kuvveti sınırlandırılmakta ve enerji tüketimi sağlanabilmektedir (Chopra 2007). Belirli bölgelerde plastik mafsalların oluşması ana taşıyıcı elemanların hasar görmesini sınırlandırmakta ve yapının tamamının göçmesini engellemektedir. Plastik mafsal

oluşumu onarılamaz düzeyde hasarları meydana getirirse de can güvenliğini sağlaması ve ekonomik bir tasarım mümkün kılması nedeniyle mühendisler tarafından kabul görmektedir. Çelik yapıların şiddetli depremler etkisinde göçmesini engellemek ve ekonomik bir tasarım yapmak için farklı metalik sönümleyiciler kullanılabilmektedir. Bunlardan en etkin olarak kullanılan metalik sönümleyiciler; dış merkez çelik çaprazlar ve merkezi çelik çaprazlardır.

Dış merkezli çelik çaprazlar, çelik yapıların dayanım, rijitlik ve enerji tüketme kapasitesinin artırılması için kullanılan yöntemlerdir (Roeder ve Popov 1977). Bu çaprazlar farklı şekillerde uygulanabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Farklı dış merkez çelik çapraz uygulamaları (Popov ve diğ.1986).

Dış merkez birleşim, çerçeveye bitişik kirişte (bağ kirişi) eğilme ve kesme kuvveti oluşturmaktadır. Bunların yatay rijitliği, bağ kirişi boyunun kiriş boyuna oranına göre değişmektedir. Örneğin, bağ kirişi boyu uzadıkça, çerçevenin rijitliği artmakta ve merkezi çaprazlı bir çerçevenin rijitliğine yaklaşmaktadır. Bağ kirişi boyu uzadıkça kiriş daha esnek olmakta ve moment aktaran çerçevenin rijitliğine yaklaşmaktadır (Becker ve Ishler 1996). Bu sistemler deprem esnasında çoğu zaman kararlı çevrimsel davranış göstermekte ancak kirişlerin ağır hasar görmesine engel olamamaktadır (Cameron R. Bradley vd, 2017), (Şekil 2).

Merkezi çelik çaprazlar, dış merkezli çelik çaprazlar gibi çelik yapılarda kullanılan en yaygın yanal yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler yapının dayanım ve rijitliğini artırmanın yanı sıra hafif ve kolay inşa edilebilmektedir. Merkezi çelik çaprazlardan beklenen davranış

çevrimsel yük etkisinde yeterli rijitlik, süneklik ve enerji tüketimi sağladıktan sonra taşıma gücünü kaybetmesidir(Aguero ve diğ. 2006)(Şekil 3).



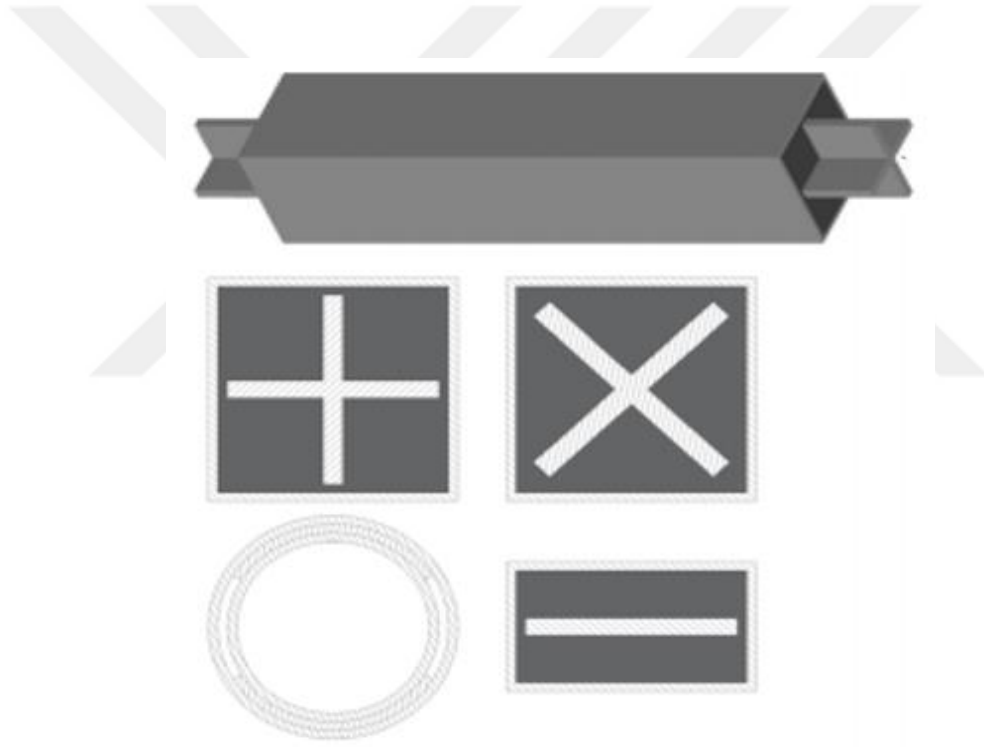
Şekil 2. Hasarlı bir bağ kirişinden görünüm (Demir, 2018)



Şekil 3. Merkezi çelik çaprazlarda burkulma hasarları (Aguero ve diğ. 2006)

Gerek dış merkezli gerekse merkezi çelik çaprazlar taşıma güçlerini, narinlikleri nedeni ile burkularak kaybetmektedirler. Bu nedenle bu tür metalik sönümleyicilerin burkulmalarını sınırlandırmak amacı ile bazı önlemler alınmakta ve Burkulması önlenmiş (sınırlandırılmış) çelik çaprazlar da, çelik yapılarda metalik sönümleyici olarak kullanılmaktadır. Burkulması sınırlandırılmış çelik çaprazlar (BRB), Takeda vd. (1976), tarafından önerilen başka bir metalik sönümleyicilerdir. Burkulması sınırlandırılmış çelik

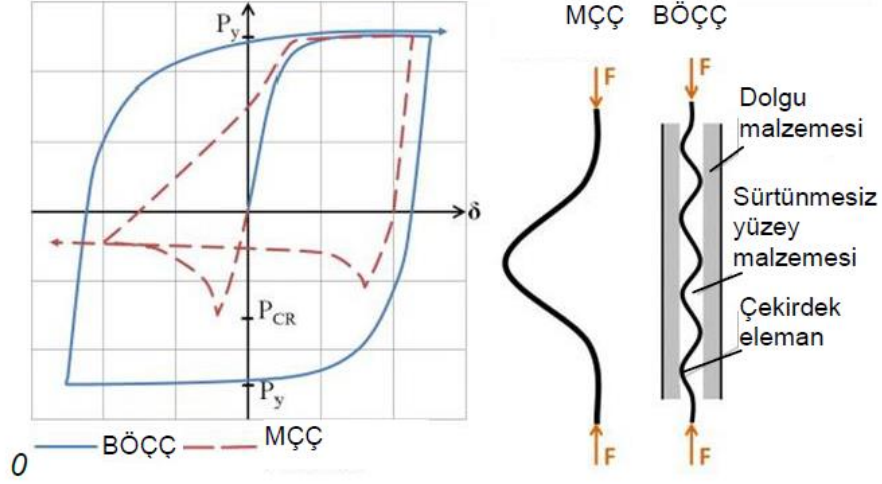
çaprazlar, beton ile doldurulmuş kare veya farklı geometride bir çelik bölüm ile çevrelenmiş geleneksel çelik çaprazlardan oluşmaktadır. BRB'ler, dairesel çekirdekli, artı ve çapraz çekirdekli ve doğrusal çekirdekli gibi farklı çekirdek düzenlemeleri ile daha da geliştirilmiştir(Wada vd., 1989, Black vd., 2004) (Şekil 4). Black vd.(2004) BRB'ler üzerinde yaptıkları kapsamlı deneylerle, BRB'lerin geleneksel çelik çapraz sistemlerinden daha güvenilir ve pratik bir alternatif olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte Mehdizadeh (2010) yaptığı çalışmada, deprem sonrasında da kolaylıkla kullanılabilir ve geleneksel çelik çaprazların burkulmasını sınırlandıran elemanların prefabrik olarak da üretilbildiği ve bu elemanların geleneksel çelik çaprazlarda, burkulması sınırlandırmak için kullanılabilirliğini göstermiştir.



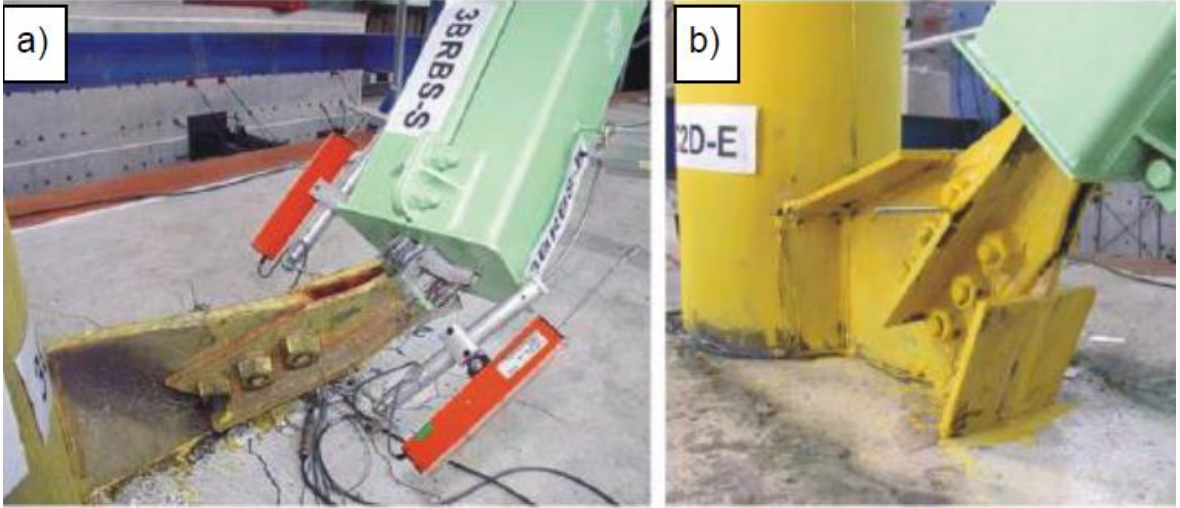
Şekil 4. Burkulması sınırlandırılmış çelik çaprazlar (Zhao vd., 2011)

Burkulması sınırlandırılmış çelik çaprazlar, merkezi çelik çaprazların aksine, basınç etkisinde de tıpkı çekme etkisinde olduğu gibi, büyük boyuna şekildeğiştirmeler yaparak enerji tüketmekte ve kararlı bir çevrimsel davranış sergilemektedir (Şekil 5). Bu tür çaprazlarda hasarlar genellikle bağlantı levhalarında meydana gelen düzlem dışı burkulmalar ve bağlantı levhalarının yırtılarak çerçeveden ayrılması şeklinde olmaktadır(Xie, 2005). Bu elemanlarda bu tür sorunları gidermek amacıyla bağlantı

levhalarında ilave rijitleştirici levhaların kullanılması gerekmektedir (Tsai vd., 2004) (Şekil 6). Dış merkez ve merkezi çelik çaprazlar ile burkulması sınırlandırılmış çelik çaprazlar yanında son yıllarda daha yenilikçi farklı türde sönümleyiciler de kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 5. Burkulması önlenmiş ve merkezi çelik çaprazların yük altındaki davranışı (Xie, 2005)



Şekil 6. Burkulması önlenmiş çaprazların bağlantı levha hasarları (a) ve rijitleştirici levhalar (b) (Tsai vd., 2004)

1.3. Sismik Sönümleyiciler

Yapı tasarımında, yapıların oturdukları zemine genellikle tam bağlı olduğu kabulü yapılmakta ve yapı elemanları bu kabule göre yapılan yapısal çözümlemelerden elde edilen

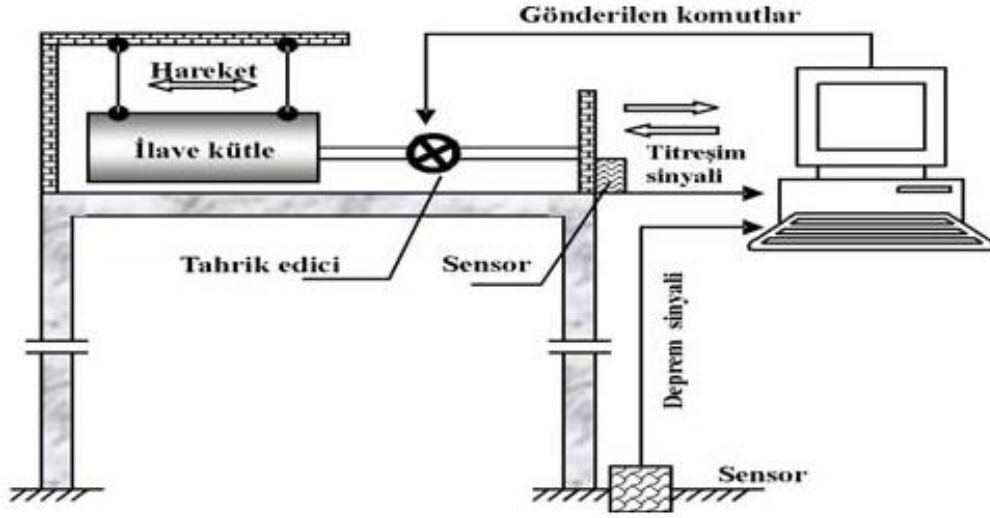
kesit etkilerine göre boyutlandırılmaktadır. Geleneksel yapı tasarımı olarak adlandırılabilen bu yöntemle tasarlanan yapılarda deprem ve benzeri dinamik etiler yapıya direkt olarak etkimekte, yapı ve/yada yapı elemanının bu etkilere karşı koyması beklenmektedir. Bilindiği gibi yapı ve/ya da yapı elemanları ya tam sünek davranış ya da tamamen rijit bir davranış göstererek söz konusu etkileri güvenli bir şekilde karşılayabilmektedir. Günümüzde yapıların, ideal sünek bir malzemenin olmamasından ve tam sünek davranışın yapıların aşırı yerdeğiştirme yapmasına neden olacağı dolayısıyla da kullanım sınır durumunu aşması nedeniyle tam sünek davranış gösterecek şekilde inşa edilmesi veya ekonomiklik nedeniyle de tam rijit davranış gösterecek şekilde inşa edilmesi mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle yapılar daha önce de belirtildiği gibi, yeterli sünekliği ve yeterli rijitliğin sağlayacak şekilde inşa edilmektedir. Yönetmeliklerde verilen sünekliği sağlamak, gerek inşa aşamasındaki zorluklar gerekse yapılan hatalar nedeniyle bazen mümkün olmamaktadır. Bu nedenle de yapılar büyük depremlerde beklenenin üzerinde hasar görmektedir. Söz konusu hasar nedeniyle can kaybı olmasa bile yapı kullanılmaz hale gelmektedir. Ayrıca yapının uzun süre kullanılamaması nedeniyle işletim maliyeti yönünden yada yapının yıkılıp yeniden yapılmasından dolayı ekonomik açıdan büyük zararların oluşması kaçınılmaz olmaktadır. Depremlerden doğan etkilerin herhangi bir yapıya bir zarar vermesini önlemek amacıyla yapı tasarımında uygun çözümlerin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Genel olarak bir yapıya gelebilecek deprem etkilerini azaltmak için yapının hâkim periyodunu uzatmak ya da yapının sönümünü arttırarak görelî yerdeğiştirmelerini küçültmek gerekmektedir. Bu amaçla gelişmiş ülkelerde yaklaşık 40 yıldan buyana aktif ve pasif kontrol yöntemleri olarak adlandırılan sismik kontrol sistemleri başarıyla uygulanmaktadır(Constantinou vd., 1998; Soong ve Spencer,2002).. Özellikle Japonya gibi büyük depremlerin sıkça olduğu ülkelerde uygulanmakta olan sismik kontrol sistemleri, yapılarda istenilen deprem güvenliğini büyük ölçüde sağlamaktadır.

Sismik kontrol sistemleri, kullanılan malzeme ve çalışma prensipleri açısından birbirlerine benzer özellikler taşısa da gerek uygulama kolaylığı gerekse maliyet yönünden birbirlerinden ayrılmaktadır. Sismik kontrol yöntemleri çalışma prensiplerine göre aktif kontrol sistemleri ve pasif kontrol sistemleri olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür. Burada aktif ve pasif kontrol sistemleri hakkında genel bilgiler verilmektedir. ,

1.3.1. Aktif Sismik Kontrol Sistemleri

Aktif sismik kontrol sistemleri; aktif kütle sönümleyici sistemler ve aktif rijitlik değiştiren sistemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Aktif yapı kontrolünde temel amaç, yapıda meydana gelen ivmeleri azaltarak yerdeğiştirmeleri sınırlamak ve yapının güvenliğini sağlamaktır. Bunun için pasif kontrolden farklı olarak, yapıda sismik harekete karşı koyabilecek kontrol kuvvetlerini üretebilmek için yedekte sürekli bir enerji hazır bulundurulmaktadır. Bu ise, aktif kontrolün bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü sismik hareket olmadığı zamanlarda da sistemin güvenliği için enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise, bu sistemin titreşimleri anında algılayarak kontrol kuvvetini üretecek olan aygıtlara (tahrik edicilere) gönderebilecek ve gerekli kontrol kuvvetini üretebilecek çok gelişmiş cihazlara ve bilgisayar sistemlerine gereksinim duyulmasıdır (Şekil 7).



Şekil 7. Aktif kütle sönümleyici sistemin şematik şekli (Cristian ve Sentiuiu, 2005)

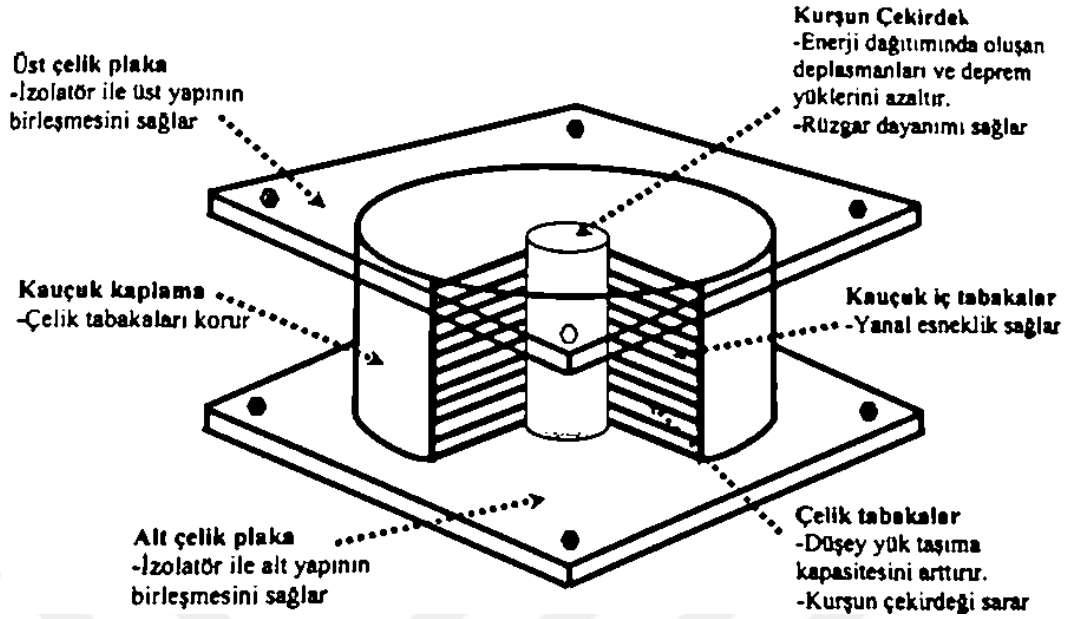
Aktif rijitlik değiştirebilen sistemler, yüksek binalara uygulanabilmektedir ve her kata yerleştirilir. Böylece, yüksek yapının karmaşık salınımları bile kontrol edilebilmektedir. Rijitlik değiştiren sistemde, çelik çaprazlarla desteklenen yapıda, çaprazlar arasına ve kat kirişlerine paralel olarak rijitlik değiştirici hidrolik aletler yerleştirilmektedir. Sistemde, deprem hareketi sensörler tarafından anında algılanır ve kontrol bilgisayarı gerekli dönüştürmeleri yaparak hidrolik sistemi kontrol etmektedir.

1.3.2. Pasif Sismik Kontrol Sistemleri

Pasif sismik kontrol sistemleri, deprem etkileri dışında herhangi bir ilave enerjiye gereksinim duymadan çalışmaktadırlar. Bu sistemler taban izolasyon sistemleri ve enerji sönümleyici sistemler olarak iki grupta incelenebilir.

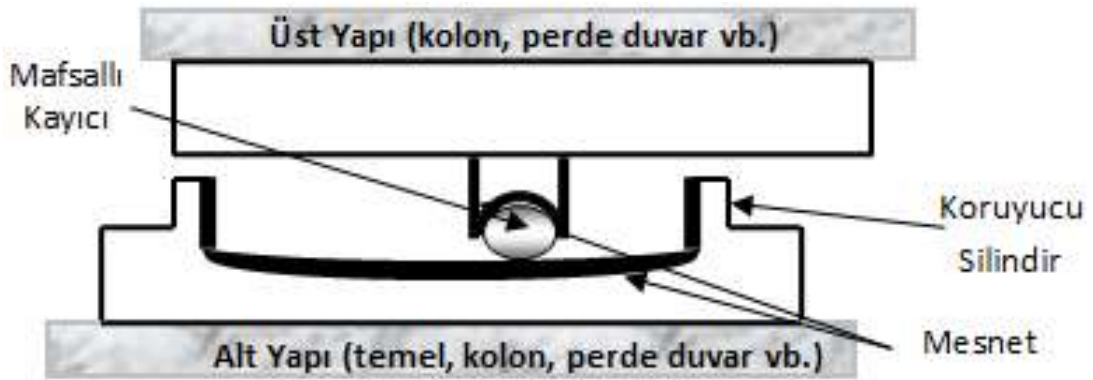
1.3.2.1. Taban İzolasyon Sistemleri

Taban izolasyon sistemleri (tabakalı kauçuk mesnet sistemi, kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistemi, yüksek sönümlü kauçuk mesnet sistemi, elastik sürtünmeli izolasyon sistemi, sürtünmeli sarkaç sistemi vb), deprem nedeniyle oluşan yer hareketlerini kısmen izole ederek depremden dolayı üst yapıda oluşabilecek etkileri önlemektedir. Bu sismik kontrol sistemlerinden kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistemi ve sürtünmeli sarkaç sistemi son yıllarda yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Deprem vb. etkilerin oluşması anında taban sismik izolatörleri kullanılarak inşa edilmiş bir yapı oturduğu zeminin periyodundan farklı bir periyotta salınmaktadır. Yapının periyodu taban izolasyonu nedeniyle istenilen miktarda uzatılmakta ve bu sayede de yapıya gelen deprem kuvvetleri azalmaktadır. Taban sismik izolasyonu için yaygın olarak kullanılan sistemler; kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistem ve sürtünmeli sarkaç sistemlerdir. Taban sismik izolasyon sistemlerinden kauçuk izolatörler ilk defa 1956'da İngiltere'de bir köprüde (Pelham Bridge in Lincoln) ısı genleşmeye karşı kullanılmıştır(Soong ve Constantinou, 1994). Daha sonra da Yugoslavya Skopje' de bir ilkokul binasında kauçuk izolatörler kullanılmış ve taban sismik izolasyonu teknolojisine yeni yaklaşımlar getirilmiştir(Kelly, 1986). Burada mesnet sistemi olarak kullanılan kauçuklar arasında tabakalı halde çelik levhalar bulunmadığından mesnetler yanlara doğru şişmiş ve bu nedenle de düşey yönde istenilen rijitlik elde edilememiştir(Şekil 8). Sistemin düşey yöndeki rijitliği yaklaşık olarak yatay yöndeki rijitliğine eşit olduğundan deprem esnasında yapı yatay yönde salınırken düşey yönde de sızayabilmektedir. Sonuçta kauçuk mesnetleri levhalarla tabakalandırmak suretiyle düşey rijitlik büyük oranda artırılmış ve söz konusu sızama problemi önlenmiştir.



Şekil 8. Kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistemi (Yozgat ve Hüsem, 2005)

Pasif sismik kontrol sistemlerinden bir diğeri sürtünmeli sarkaç sistemleridir. Sürtünmeli sarkaç sistemlerin uygulandığı yapılarda, deprem hareketine karşı küçük genlikli sarkaç hareketi ile tepki verebilmektedir. Sarkaç sistemi kayıcı olup silindirik iç büküye yüzey üzerinde kayabilen ve yüzeyi bir kauçuk mesnet malzemesi ile kaplanan mafsallı bir kayıcıdan oluşmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Sarkaç tipi sismik sönümleyici sistemi

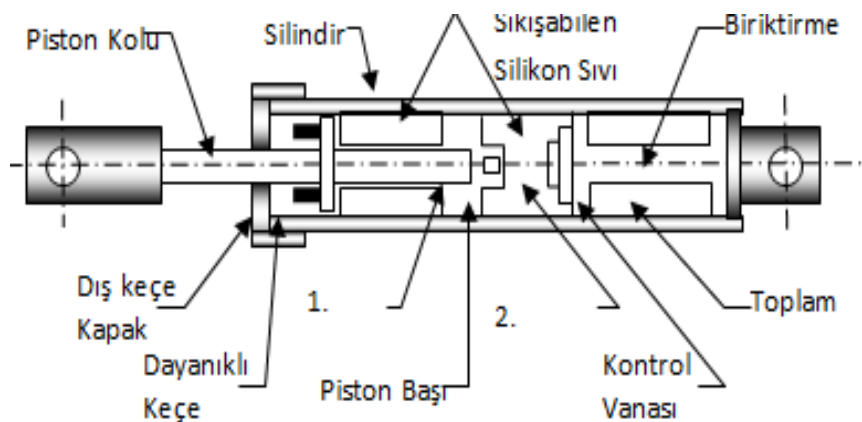
Sürtünmeli sarkaç sistemler, diğr izolasyon sistemleri gibi yapının diğrişik kat seviyelerine uygulanabilmektedir. Sürtünmeli sarkaç sistemlerinde bulunan koruyucu silindir, yatay yerdeğriştirmelerini engellenmesinde etkili olmaktadır. Koruyucu silindir

tarafından sağlanan yerdeğiştirme kontrolü, deprem yüklerinin hesap yüklerini geçmesi durumunda çok önemli bir güvenlik sağlamaktadır (Ateş, 1999). Bu tür izolatörler, yapının periyodunun değiştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadırlar.

1.3.2.2. Enerji Sönümleyen Sistemler

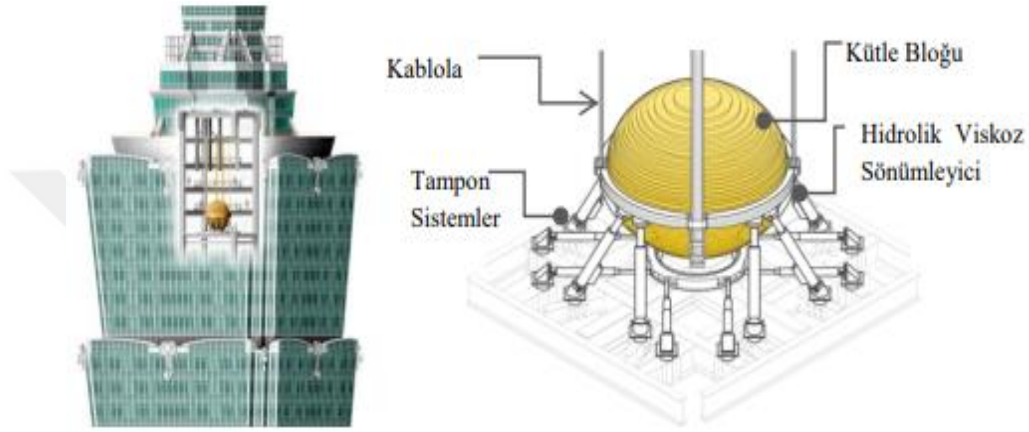
Deprem vb. dinamik etkilere dayanıklı yapı tasarımında kullanılabilen pasif kontrol sistemlerinin bir diğeri de enerji sönümleyen sistemlerdir. Bu sistemlerin temel prensibi yapılarda depremde doğan etkilerden meydana gelen yıkıcı enerjiyi ilave elemanlarla söndürmektir. Sistemler genel olarak yapının sönümünü artırmakta ve göreceli yerdeğiştirmesini azaltmaktadır. Bu amaç için sürtünme esaslı, hidrolik sistemlerden ve ilave kütlelerin farklı periyotlu hareketlerinden yararlanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji sönümleyen sistemler, metalik sönümleyiciler, sürtünmeli sönümleyiciler, viskoz-elastik sönümleyiciler, viskoz-sıvı sönümleyiciler, ayarlı kütle sönümleyiciler ve ayarlı sıvı sönümleyiciler olarak sınıflandırılabilir.

Viskoz sıvı sönümleyiciler ise viskozitesi yüksek bir sıvının bir kanaldan geçişi ilkesi ile çalışmaktadır. Bu sistemler, sıkışabilir silikon yağı ile doldurulmuş metal bir silindir ve bu silindir içinde hareket edebilen, ortasında bir boşluk bulunan paslanmaz çelik bir piston ve akümülatörden oluşmaktadır(Şekil 10). Akümülatörün çalışmasına bağlı olarak kontrol vanaları açılıp kapanır ve silindir içerisindeki pistonun hareketi nedeniyle sıvının akışı sağlanır. Böylece sıvının sıkışmasından yay hareketine benzer etki oluşur (Yozgat, 2004).



Şekil 10. Viskoz sönümleyici (Yozgat, 2004)

Yapılarda deprem gibi yatay kuvvetler etkisi ile oluşan yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında, genellikle yerdeğiştirmenin en fazla olduğu üst katlarda kullanılabilen ayarlı sismik kütte sönümleyiciler, katı ya da sıvı kütlelerden oluşmaktadır (Şekil 11). Yapılar tehlikeli salınımlar yaptığı zaman sistemler kendiliğinden devreye girmekte ve yapının periyodundan farklı bir periyotta salınım yaparak oluşabilecek yerdeğiştirmeleri azaltmaktadır.

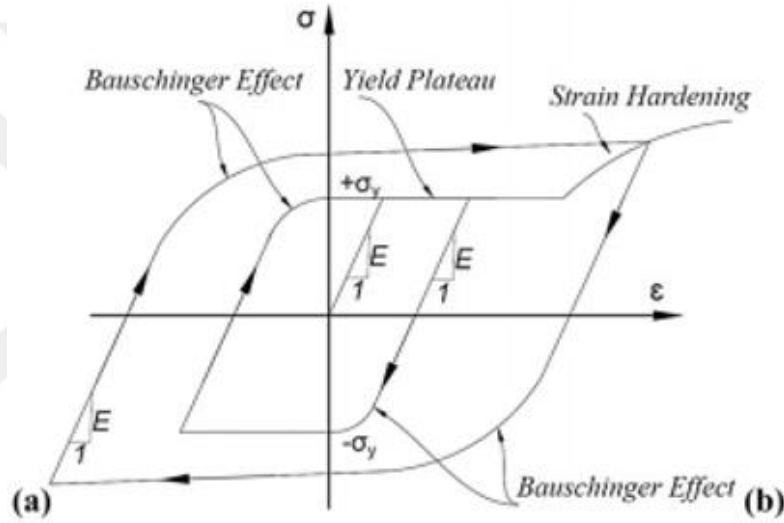


Şekil 11. Ayarlı viskoz sismik kütte sönümleyici (Naimi ve Waheb, 2019)

Metalik sönümleyicilerin çalışma ilkesi, metalin çevrimsel yükleme altında doğrusal olmayan şekil değiştirmeler yaparak enerji tüketme yeteneğine dayanmakta olup bu sistemlere çevrimsel sönümleyiciler de denmektedir(Skinner,1974). Kullanılacak olan çeliğin dayanımı ve enerji tüketme kapasitesi malzemenin doğrusal olmayan gerilme-birim şekildeğiştirme özelliği ile ilişkilidir. Bu sistemlerin en önemli avantajları çevrimsel yük altında kararlı davranmaları, düşük çevrimlerde yorulma özellikleri, uzun vade de dayanıklı olmaları, çevre koşulları ve sıcaklık değişimlerinden fazla etkilenmemeleridir.

Metal malzemeler doğrusal olmayan davranışa sahip olduklarından, metalik malzemelerin çevrimsel davranışı, özellikle doğrusal sistemlerde dinamik enerjiyi dağıtmada avantajlıdır. Statik yük altındaki metalik malzemedde gerilme seviyesi, elastik sınırı aştığında plastikleşir ve daha sonra büyük gerilimlere maruz kalırsa, pekleşme aşamasına girer. Çevrimsel yüklemeler altında, malzeme boşalıırken malzemenin elastik modülü eski haline gelir. Ters yönde bir yük uygulanırsa, Bauschinger etkisi olarak bilinen akma geriliminden daha düşük bir gerilme seviyesinde malzeme akmaya ve yumuşamaya başlar(Bannantine vd., 1990). Malzemenin histeretik davranışı, gerilmenin akma platosunu

aşmadığı ve maksimum pozitif ve negatif gerilmeler, akma gerilmesi içinde kaldığı sürece devam eder. Malzeme, akma platosundan daha yüksek gerilmelerden boşaltıldıktan sonra bile başlangıç elastik rijitliği takip eder. Bauschinger etkisi, malzeme maksimum şekil değiştirmeye ulaştığında daha dramatik hale gelir. Metal malzeme, belirli bir verim sonrası rijitliğin destekler ve bu çevrimsel yükleme aralığı sırasında verim platosu kaybolur. Metalik malzemelerin genel şematik histerezis döngüleri Şekil 12 gösterilmiştir (Azevedo ve Caladol, 1994). Bununla birlikte, histerik davranış, metalik damperlerin geometrisine bağlı olarak biraz farklı olabilir. Çelik, alüminyum, kurşun ve bakır gibi metallerin histerezis eğilimleri benzerdir (Javanmardi vd., 2020).

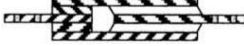
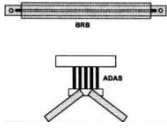
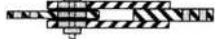
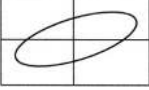
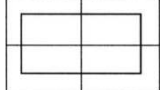
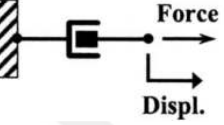
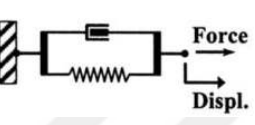
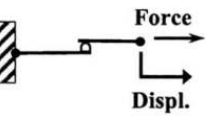


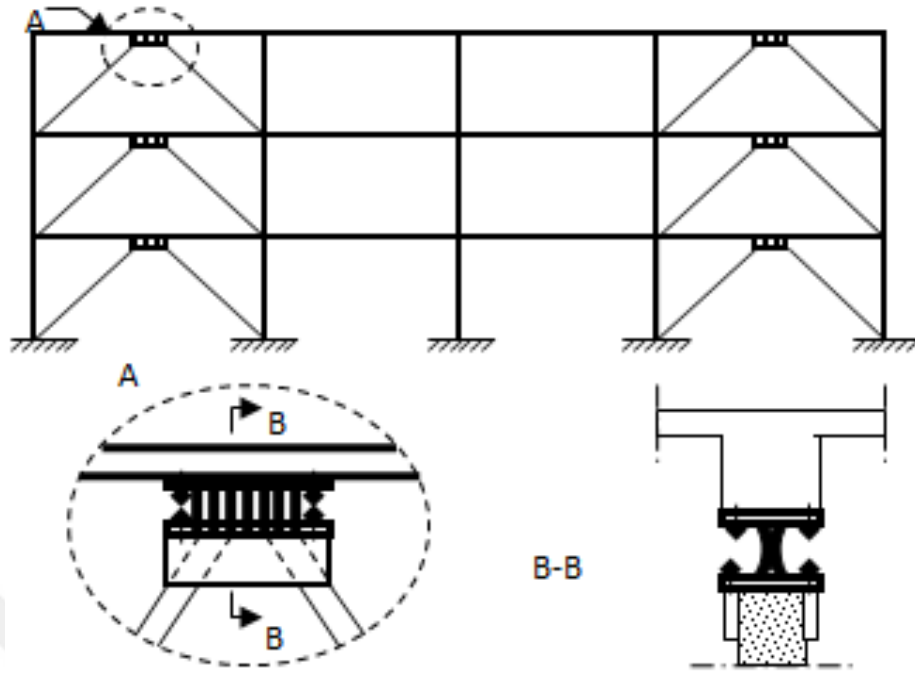
Şekil 12. İdeal bir metalik sönümleyicinin çevrimsel davranışı (Azevedo ve Caladol, 1994)

Metalik sönümleyicilerin dezavantajları ise dış yüklere maruz kaldığında doğrusal olmayan şekil değiştirmeler yaparak kullanılamaz hale gelmelerinden ötürü değiştirilmek zorunda olunmasıdır (Tablo 1).

Metalik sönümleyiciler yapılarda oluşacak yıkıcı enerjiyi söndürmek için genellikle yumuşak çelik plakalardan farklı tip ve şekillerden üretilmiş sistemlerdir. Üretilen bu sistemler V şeklindeki çelik çubuklar arasına yerleştirilmektedir (Şekil 13).

Tablo 1. Metalik sönümleyicilerin özellikleri (Symans ve diğ. 2008)

	VAS	VES	MS	STS
Uygulama şekli				
İdealize Edilmiş Çevrimsel Davranış				
İdealize Edilmiş Fiziksel Model			İdealize edilmiş model bulunmamaktadır	
Avantajları	-Küçük deplasmanlarda dahi aktif olması, -Küçük merkezleme kuvveti, - Doğrusal sönümleyiciler için modelleme kolaylığı, -Frekans ve sıcaklıktan bağımsız malzeme özelliği, -Askeri uygulamalarda kanıtlanmış performans,	-Küçük deplasmanlarda dahi aktif olması, -Geri merkezleme kuvveti sağlaması, -Doğrusal davranış gösterdiği için modelleme kolaylığı,	- Kararlı çevrimsel davranış, -Uzun vade de kullanılabilir olması, - Çevre şartları ve sıcaklıktan etkilenmemesi, - Mühendislikte çok sık	-Yüksek enerji tüketme kapasitesi, - Çevre şartlarından ve sıcaklıktan etkilenmemesi,
Dezavantajları	-Akışkanın sızma ihtimali,	- Deformasyon kapasitesinin sınırlı olması, -Malzeme özelliğinin frekans ve sıcaklığa bağlı değişmesi, - Viskoelastik malzemenin yırtılma yada kopma ihtimali,	- Depremden sonra sisteminde değiştirilme ihtimali, - Doğrusal olmayan analiz yapma gerekliliği,	-Zamanla sürtünme yüzeyinin değişmesi, -İleri boyutta doğrusal olmayan davranışın yapının modunu değiştirme ihtimali ve doğrusal olmayan analizin gerekliliği, -Geri merkezleme kuvveti sağlayamadığı için kalıcı deplasman problemi,

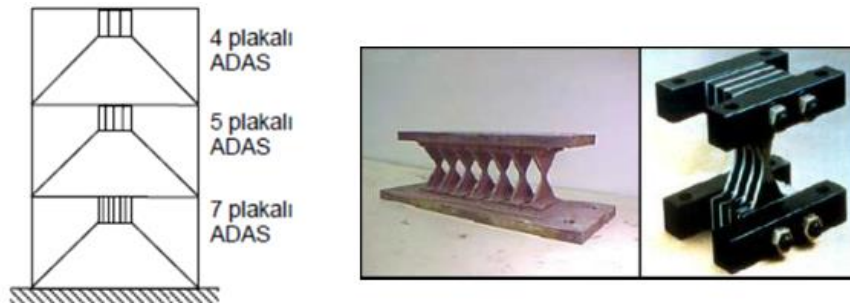


Şekil 13. Metalik sönümleyici sistemler

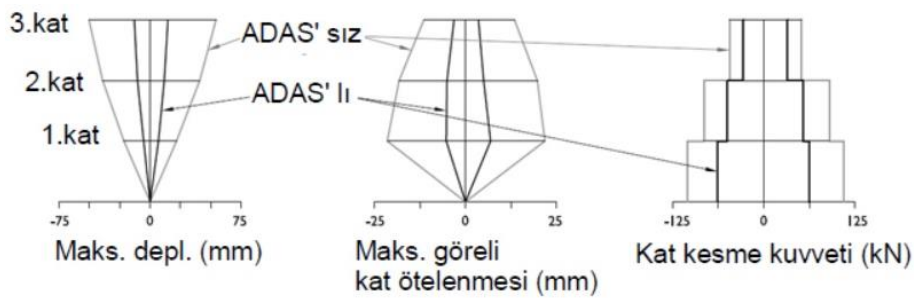
Metalik sönümleyiciler konusunda yapılan çalışmalar içinde, sisteme ilave sönümleme ve ilave rijitlik kazandıran, en etkili yöntemler ADAS ve T-ADAS sistemleri olmuştur. Sisteme ilave sönüm ve ilave rijitlik kazandıran ADAS (Adding Damping And Stiffness) sistemi 1991 yılında Whittaker ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir(Whittaker vd,1991). Bu sistem bir seri X şeklindeki çelik plakalardan meydana gelmektedir (Şekil 14). Bu plakalar çerçeveye ters v çelik çaprazları ile kirişe yerleştirilmektedir. Deprem etkisinde meydana gelecek rölatif kat ötelenmeleri sonucunda çelik plakalar zayıf eksenini doğrultusunda çift eğrilikli olarak eğilerek, çelik plakalar akma şekil değiştirmesine ulaşarak belirli bir yük seviyesinin de ötesinde önemli miktarda enerji tüketilebilmektedir(Demir, 2018). Böylelikle şekil değiştirmeler bu metalik sönümleyici (ADAS) sistemi üzerinde yoğunlaşmakta ve ana taşıyıcı elemanların şekil değiştirmesi azalmaktadır. Çelik plakaların X şeklinde tasarlanması nedeniyle, şekil değiştirmeler X şeklindeki çelik plaka boyunca düzgün olarak dağılmakta, dolayısıyla da düşük çevrimlerde yorulmanın meydana gelmesi geciktirilmektedir. Söz konusu çelik plakaların dikdörtgen şeklinde yapılması durumunda, plastik mafsallar plakaların iki ucunda oluşmakta ve maksimum birim şekil değiştirmeye bu bölgelerde ulaşılarak sistem taşıma gücünü daha erken yitirmektedir (Stiemer ve Chow 1984). ADAS sistemi etkin olarak yanal yüklere karşı dayanım gösterdiği için taşıyıcı sistemin yük taşıma kapasitesini etkilememektedir. Sisteme ilave sönüm ve ilave rijitlik

sağlayan bu metalik sönümleyici (ADAS) sistemi kullanılarak üretilen çelik çerçeveler üzerinde yapılan sarsma masası deneylerinde, kat ötelenmelerinin ve katlara etkiyen kesme kuvvetlerinin oldukça azaldığı görülmüştür (Whittaker ve diğ. 1991) (Şekil 15). Bir çok araştırmacı X şeklindeki çelik plakalar ile farklı şekillerde üretilen sönümleyiciler üzerinde deneysel ve analitik çalışmalarda yapmıştır (Whittaker 1989,1991,1993; Xia 1990,1992; Su 1989; Ara 1993).

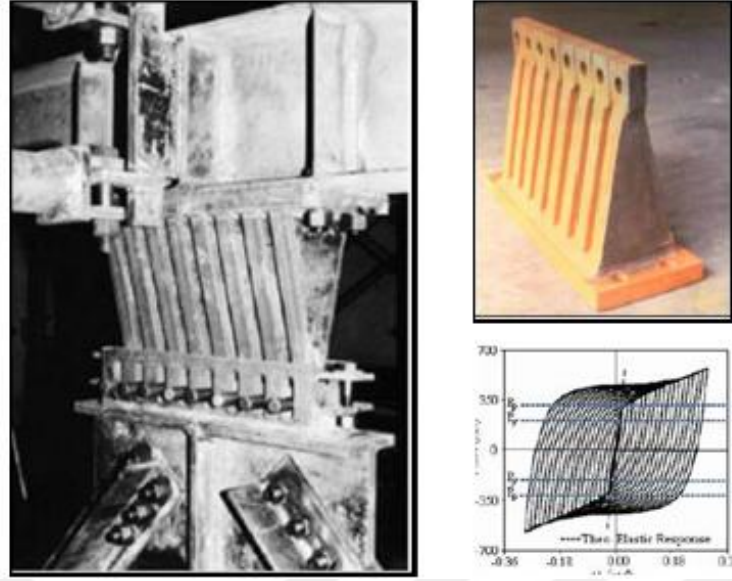
ADAS sisteminin geliştirilmiş hali olan T-ADAS (Triangular Adding Damping And Stiffness) sistemi, ADAS sisteminden farklı olarak üçgen şeklinde tasarlanmıştır (Tsai vd. 1993) (Şekil 16). Bu sistemde, çelik levhalar bir tarafından kirişe ankastre bağlanırken, üçgen levhanın dar ucundan çelik çaprazlara, mafsallı oluşturmak amacıyla, pim vasıtası ile bağlanmakta ve bu uçta dönme serbest bırakılmaktadır. Böylelikle deprem gibi yatay yük etkisinden meydana gelecek rölatif kat ötelenmeleri nedeniyle çelik plakalar, zayıf eksenini doğrultusunda ankastre kirişe benzer şekilde tek eğrilikli bir davranış göstermektedir (Christopoulos ve Filiatrault, 2006). Bu sistemde de şekildeğiştirmeler çelik plaka boyunca düzgün dağılmakta ve sistem kararlı bir çevrimsel davranış sergilemektedir (Şekil 17).



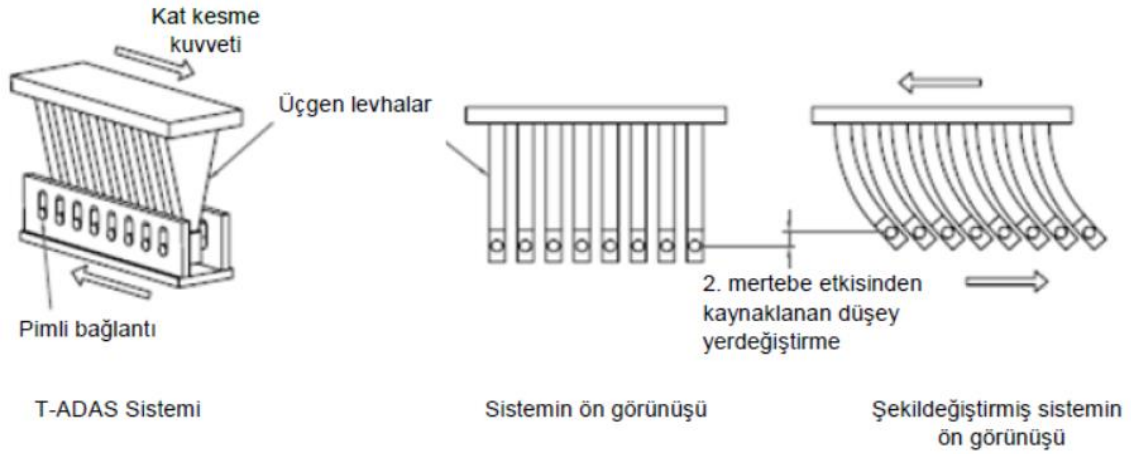
Şekil 14. ADAS sistemi (Whittaker vd., 1991)



Şekil 15. ADAS'lı ve ADAS'sız çelik çerçeve deney sonuçlarının karşılaştırılması (Whittaker vd., 1991)

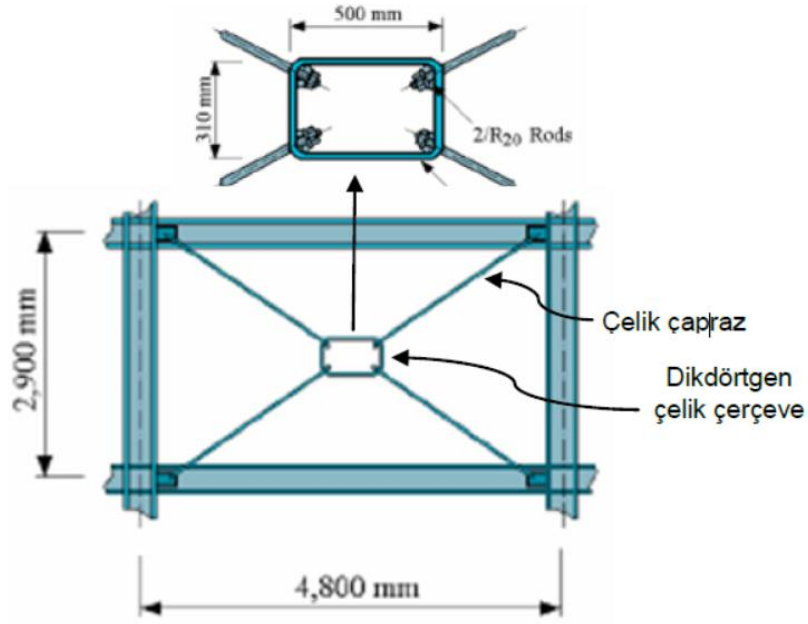


Şekil 16. T-ADAS sistemi ve çevrimsel davranışı (Tsai vd. 1993)



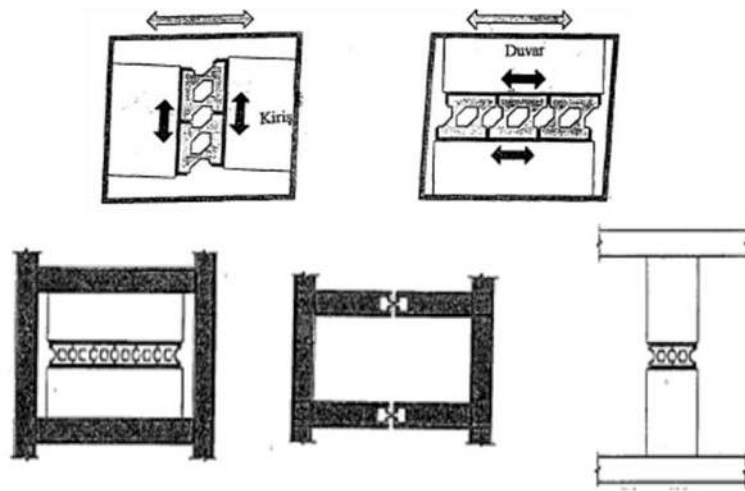
Şekil 17. T-ADAS sisteminin çalışma şekli (Christopoulos ve Filiatrault, 2006)

Metalik sönümleyici sistemlerinden bir diğeri ise eğilmeli çelik elemanlardır. Bu elemanlar yapıların deprem performanslarını artırmak için kullanılmaktadır (Şekil 18). Bu sistemde enerji tüketimi, çelik çaprazların birleşim bölgelerine yerleştirilen çelik çerçevenin çelik çaprazlardaki çekme etkisi üzerine eğilmesi ile sağlanmaktadır. Basınç etkisinde ise çaprazlar çerçevenin içinde serbestçe kaymaktadırlar. Böylelikle çaprazlarda burkulma meydana gelmemektedir. (Skinner vd. 1980, Tyler 1985).



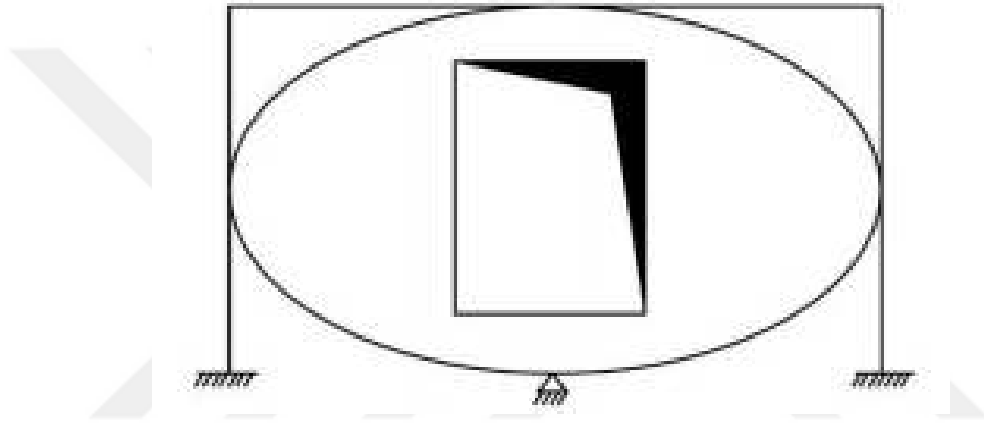
Şekil 18. Eğilmeli çelik elemanlar (Tyler 1985)

Metalik sönümleyici olarak kullanılan ve görünümü bal peteğine benzerliği nedeni ile Honeycomb sönümleyicisi olarak adlandırılan bu sönümleyici, birden fazla çelik plakanın bir araya gelmesi ile oluşmaktadır (Sakamoto ve Kabori 1993) (Şekil 19). Bal peteği şeklindeki bu sönümleyici taşıyıcı elemanlar arasına yerleştirilerek meydana gelen görelî kat ötelenmeleri neticesinde doğrusal olmayan şekilde değişimler yaparak enerji sönümlemekte ve kararlı çevrimsel davranış göstermektedir (Lee vd. 2017).



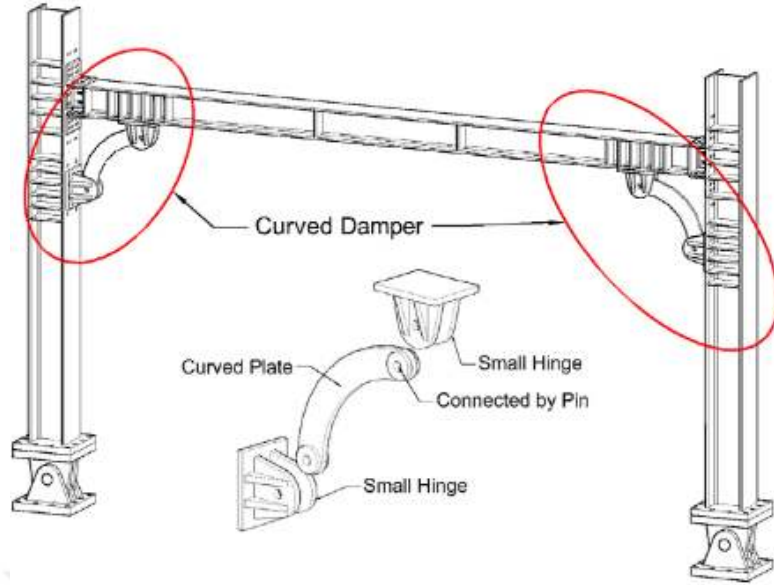
Şekil 19. Honeycomb sönümleyicisi (Sakamoto and Kabori 1993)

Jouneghani vd. (2019), metalik sönümleyici olarak eliptik sönümleyici üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalarında, eliptik takviyeli moment aktarabilen yeni bir metalik sönümleyicinin çelik yapı sistemi içindeki davranışı değerlendirilmiştir (Şekil 20). Eliptik şekilli sönümleyiciler yapının davranışının iyileştirilmesinin yanı sıra, belirli bir mimari alanda da bağlantı sistemi için problemsiz bulunmuştur. Bu çalışmada, önerilen eliptik şekilli sönümleyiciyi değerlendirmek için tek bir döngü süresi kullanılmıştır. Doğrusal olmayan itme analizi sonucunda, eliptik destek sistemindeki enerji sönümleme gücünün ve kapasitesinin, moment aktaran (tam bağlı) çerçevelerden daha fazla olduğunu göstermiştir.



Şekil 20. Faklı şekillerde denenmiş eliptik şekilli sönümleyiciler (Jouneghani vd., 2019)

Geliştirilen metalik sönümleyicilerin büyük bir kısmı çerçeve açıklığında uygulanmakta bu da yapıların çerçeve boşluklarını kaplamaktadır. Yapılarda çerçeve boşluğunu korumak için metalik sönümleyici olarak eğrisel çelik sönümleyicileri önermişler ve çelik yapıların sismik performansını geliştirmek için eğrisel çelik sönümleyiciler üzerinde deneysel çalışmalar yapmıştır (Hsu ve Halim, 2017). Sönümleyicilerin davranışı iki uç arasındaki uzunluk ve açı ile kontrol edilmiştir. Eğrisel sönümleyicisi yapısal performans üzerindeki etkisini değerlendirmek için farklı eğrilikte sönümleyicisi takılarak çelik bir çerçeve üzerinde tekrarlı yükleme deneyi yapılmıştır. Test sonuçlarının karşılaştırılması, önerilen sönümleyici eğrileri çerçeveye eklendiğinde dayanıklılık, rijitlik ve enerji tükenmesinde önemli oranda iyileştirme olduğunu göstermiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Eğrisel şekilli metalik sönümleyici (Hsu ve Halim, 2017)

1.4. Konu ile İlgili Yapılan Diğer Bazı Çalışmalar

Hsu ve Halim (2018), yaptıkları çalışmada, çelik çaprazı ortadan mafsalla bağlamışlar ve mafsalla birleştirilen çelik çaprazlar farklı boyutlarda, eğrisel sönümleyici ile bir birine bağlanmıştır. Araştırmacılar oluşturdukları sistemi çevrimsel yük altında deneye tabi tutmuş ve bu sistemin, eğrisel sönümleyicinin boyutuna bağlı olarak %36.65 ile %28.80 oranında enerji sönümlendiğini göstermiştir. Bununla birlikte eğrisel sönümleyicide yanal burkulma oluşmadan %5 oranında yanal ötelenmeye de izin verdiği ortaya konmuştur.

Hsu ve Li(2015) çelik çerçeve birleşimlerine çelik çapraz dirsek koyarak, çerçevenin performansını araştırmışlardır. Çelik çapraz dirsek elemanı H profilinden uç kısımda profil başlıkları kesilerek oluşturulmuş ve diyagonal olarak kolon ve kirişe bağlanmıştır. Bu destek sistemi, çerçevenin rijitliğini artırmak ve yerdeğiştirmeyi azaltmak için kullanmışlardır.

Chan ve Albermani (2008) yaptıkları çalışmada, çelik çaprazların kirişe birleştiği kısımda kullanılabilecek bir sönümleyici geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, geniş başlıklı çelik profilin gövdesine yarıklar açmışlar, yarıklar arasında kalan çelik elemanların elastik ötesi davranışları ile enerjinin sönümlenebileceğini belirtmişlerdir. Ancak yaptıkları deneysel çalışmalarda sönümlenen enerjinin sınırlı düzeyde kaldığı, elemanların yeteri kadar sünek davranmadığını görmüşlerdir.

Naeem vd. (2015)bal peteği şeklinde metalik sönümleyici geliştirmişler ve yaptıkları analitik çalışmalarla çevrimsel yük etkisinde performansını araştırmışlardır. Çalışmalarında,

yük-yerdeğiştirme ve enerji-yerdeğiştirme eğrileri ile hasar durumlarını belirleyerek, bu tür sönümleyicilerin kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Mohammadi vd (2017) TADAS sönümleyici elemanın davranışlarını sayısal olarak incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, sayısal modellerini deneysel verilerden yararlanarak doğrulamışlar ve yüksek yerdeğiştirme seviyelerinde, sönümleyici bağlantı pimlerinin, bağlantı plakalarının davranışları incelenmiştir. Araştırmacılar sönümleyici bağlantı pimlerinin ve bağlantı plakasındaki olukların çalışmaları nedeniyle, sönümleyicinin daha rijit bir eleman gibi davranmasına neden olduğunu görmüşlerdir.

Andelib vd.(2018) halka sönümleyici olarak kullanılan sistemin yalnızca borulardan oluştuğunu ve bu sönümleyicilerin boruların sınırlı boyutları nedeniyle sönümleme kapasitelerinin istenilen düzeyde olmadığını belirterek, iki çelik levhayı yarım daire şeklinde bükerek, cıvatalar ve/veya kaynakla birleştirerek çelik halkalar oluşturmuşlardır. Oluşturdukları bu çelik halka sönümleyiciler, enerji tüketimi ve süneklik açısından iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Sang-Hoon Oh vd (2009) yaptıkları çalışmada, Kobe ve Northridge depremlerinden sonra hasarların birleşim bölgelerinde olduğunu gözlemlemişler ve birleşim bölgelerindeki hasarları sınırlandırmak için çok sayıda küçük boşluklara sahip levha ile metalik sönümleyici geliştirmişlerdir. Bu sönümleyici sistemdeki kirişin mesnet kısmına yerleştirmiş ve deneylerde enerji sönümleme kapasitesini arttığı görülmüştür. Geliştirdikleri metalik sönümleyicinin hasar sonrası kolay değiştirilebilmesi ise kullanım avantajı getirdiği belirtilmiştir.

Coşğun (2019) yaptığı çalışmada, tüm parçaları takılıp çıkartılabilen kum saati şekilli dairesel enkesitli çelik çubuklardan oluşan modüler bir metalik sönümleyici tasarlamıştır. Araştırmacı, gerek görülmesi halinde, sönümleyici ana elemanlarının sayısında değişiklik yapmadan, yapının süneklik-rijitlik talebine uygun olarak azaltılıp artırılabilceğini belirtmektedir.

Ghaedi vd (2018) yaptıkları çalışmada, iki plaka arasına yerleştirilmiş bir dizi çelik çubuktan oluşan, çubuk sönümleyici adı verilen yeni bir sönümleyici tanıtılmıştır. Basitleştirilmiş bir mekanik modellemeye dayalı olarak tasarım parametreleri formüle edilmiştir. Sönümleyicinin çevrimsel yükler altında kararlı histeretik davranışa sahip olduğu gösterilmiştir. Çubuk sönümleyici, önemli bir dayanım ve rijitlik azalması olmadan büyük yer değiştirmelere maruz kalabildiği ve sönümleyiciyi oluşturan çubukların narinlik oranı, damperlerin etkili rijitliğini ve enerji sönümleme kapasitesini kontrol eden çok önemli bir tasarım parametresi olduğu belirtilmiştir.

Demir ve Husem (2018) yaptığı çalışmada çok sayıda levhanın kullanılması ile oluşan metalik sönümleyicili çelik çapraz geliştirmiş ve testere tipi metalik sönümleyici olarak adlandırdığı bu sistemin yüksek oranda enerji sönümlemeye sahip olduğu, bununla birlikte kat kesme kuvvetini de azalttığı ortaya konmuştur.

Garivani vd. (2016) ayırık dişli, dişlerin yanal burkulması önlenmiş ve yanal burkulması önlenmemiş metalik sönümleyici tasarlamışlardır. Sönümleyicileri oluşturan birden çok dişlerin eğilmesi ile enerjinin sönümlemesi düşünülmüştür. Tasarladıkları ayırık dişli sönümleyiciler üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada, yanal burkulması önlenmiş dişlerle üretilen metalik sönümleyicilerin, yanal ötelenmesi önlenmemiş olanlara göre daha fazla enerji tükettiklerini belirtmişlerdir.

Maleki ve Mahjoubi (2013) ters V şeklindeki çaprazlarla kiriş arasına mesnetlenebilen halka tipi metalik sönümleyici geliştirmişlerdir. Halka tipi metalik sönümleyiciler %30 civarında şekildeğiştirme kapasitesine sahip olması nedeniyle yüksek oranda enerji tüketebildiği belirtilmiştir.

Lee vd. (2016) çelik çerçeve ana kirişi ile ters V çaprazları arasında ara bağlantıyı sağlayacak şekilde yerleştirilebilen kum saati şeklinde şeritlerden oluşan bir metalik şerit sönümleyici geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, geliştirdikleri sönümleyici çevrimsel yüklem altında daha sünek davranış ortaya koyduğu ve enerji sönümleme kapasitesinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde çok katlı çelik yapılar yaygın olarak inşa edilmektedir. Yapıların yüksekliği arttıkça taşıma gücü yanında yatay yüklere karşı stabilitelerinin de sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde ve Dünyada çelik yapılarda en çok tercih edilen yatay yük taşıyıcı sistemler, farklı şekillerde inşa edilen, çelik çaprazlardır. Ancak bu elemanlarda burkulma problemi, yapıların enerji sönümleme kapasitesini azaltmakta, kararsız çevrimsel davranışa neden olmakta ve gerekli faydayı istenilen düzeyde göstermemektedir. Bununla birlikte, söz konusu çelik çaprazlar çerçeve açıklığını böldüğünden, pencere vb. boşlukların bırakılması gereken yerlerde geçirilmesi bazen büyük olumsuzluklar da yaratmaktadır. Bu nedenle, çerçeve birleşimlerinde kullanılabilecek eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması gerekli olmaktadır.

Yapıların yatay yük etkisinde stabilitelerinin sağlanması ve yapı elemanında herhangi bir hasar oluşmadan bu tür elemanlarda hasarların oluşması istenmektedir. Bu amaçla literatürde metalik sönümleyiciler ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve geliştirilen metalik sönümleyicilerin etkinlikleri incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmalar genellikle çelik çaprazların kirişlerle birleşim bölgeleri için geliştirilmiştir. Ancak çerçeve boşluklarının kullanılması istenmesinde kolon-kiriş birleşim bölgeleri için geliştirilen eğrisel şekilli veya dirsek tipi sönümleyicilerin sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada, yukarıda verilen ve literatürde mevcut olan metalik sönümleyiciler yerine yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilmesi planlanan farklı tiplerde, eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin sayısal modelleri oluşturularak etkinlikleri araştırılacaktır. Bu amaçla oluşturulan sayısal model, ilgili literatürde verilen deney verileri ile doğrulanacaktır. Bununla birlikte tasarlanan eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler, çerçeve ve çelik çapraz kullanılmış sistemin performansları ile de karşılaştırılacak ve yatay yükler etkisinde en uygun enerji sönümleme sağlayan eğrisel şekilli metalik sönümleyici belirlenecektir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Günümüzde çok katlı çelik yapılar yaygın olarak inşa edilmektedir. Yapıların yüksekliği arttıkça taşıma gücü yanında yatay yüklere karşı stabilitelerinin de sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde ve Dünyada çelik yapılarda en çok tercih edilen yanal yük taşıyıcı sistemler çelik çaprazlardır. Ancak bu elemanlarda burkulma problemi, yapıların enerji tüketme kapasitesini azaltmakta, kararsız çevrimsel davranışa neden olmakta ve gerekli faydayı göstermemektedir. Bununla birlikte, çelik çaprazlar çerçeve açıklığını böldüğünden, pencere vb. boşlukların bırakılması gereken yerlerde geçirilmesi bazen büyük olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde, yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak şekilde geliştirilen farklı eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin özellikleri ve sayısal modelleri verilmektedir.

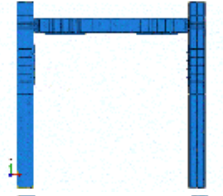
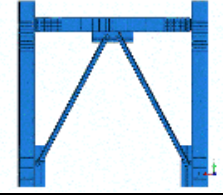
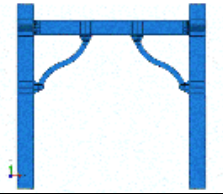
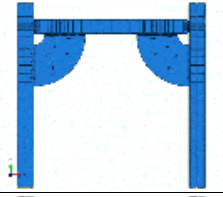
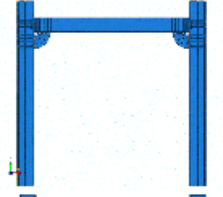
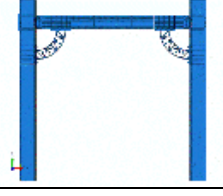
2.2. Eğrisel Şekilli Metalik Sönümleyicilerin Sayısal Modelleri

Metalik sönümleyici olarak bu çalışma kapsamında tasarlanan eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin genel hali Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablodan görüldüğü gibi, eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerle karşılaştırmak için çerçeve modeli ve ters V çaprazlı çerçeve modeli oluşturulmuştur. Bununla birlikte bu çalışma kapsamında tasarlanan genel halde 4 farklı tip eğrisel metalik sönümleyici geliştirilmiştir. Geliştirilen 4 farklı tip metalik sönümleyiciler, kendi içinde de farklı şekilde düzenlenerek, yatay yük etkisinde bu sönümleyicilerin etkinlikleri, ABAQUS bilgisayar programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında referans modeller dışında, geliştirilen 4 farklı tip metalik sönümleyicilerden, S-şekilli metalik sönümleyici (SFSTD) için bir sayısal model, eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilerden (SFCFD) biri büyük levhalı diğeri ise küçük levhalı olmak üzere, her birine 6 farklı öngerilme verilerek toplam 12 adet sayısal model, eğrisel şekilli akma levhalı, metalik sönümleyicilerden (CFCYD), farklı levha düzenlemesi yapılarak toplam 10 sayısal model ve eğrisel şekilli paralel

levhali metalik sönümleyicilerden (CFCPD) farklı levha düzenlemeleri ile toplam 10 sayısal model oluşturulmuştur.

Tablo 2 .Çalışma kapsamında tasarlanan sayısal modeller

	Açıklama	
SFRM	Çelik çerçeve referans modeli	
IVSFM	Ters V çaprazlı çelik çerçevede modeli	
SFSTD	Eğrisel Şekilli S- tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli	
SFCFD	Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli	
SFCYD	Eğrisel şekilli akma levhali metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli	
SFCPD	Eğrisel şekilli paralel levhali metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli	

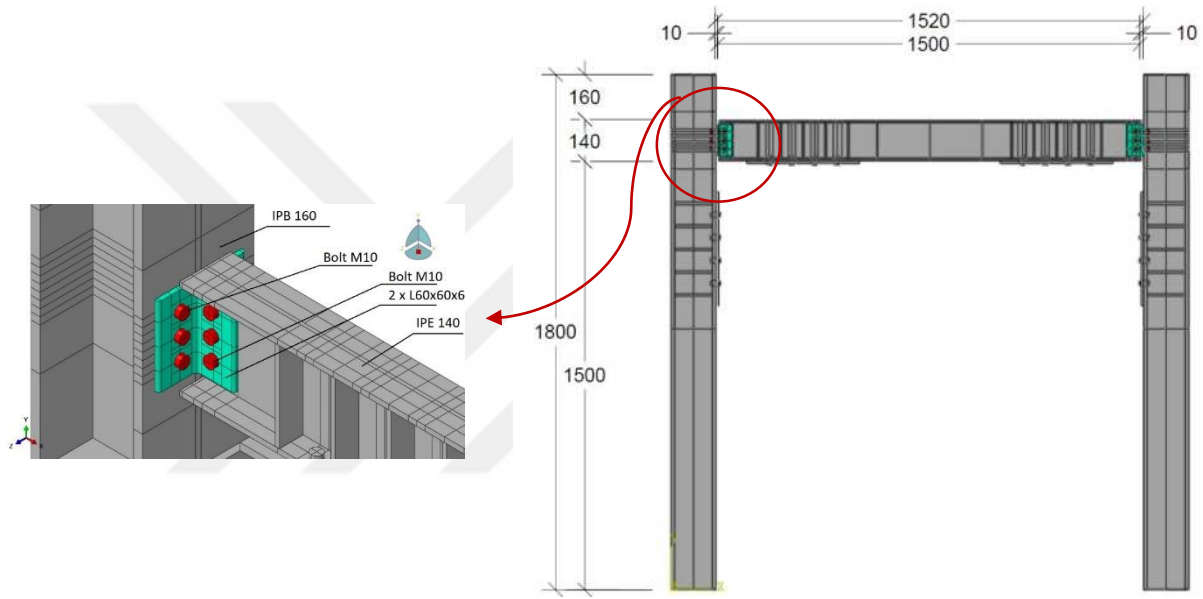
2.2.1. Çelik Çerçeve Referans Modeli (SFRM)

Yarı rijit çerçeveler genellikle kirişler ve kolonlar arasındaki cıvata bağlantıları kullanılarak yapılmaktadır. Yarı rijit bağlantılı çerçeveler, çevrimsel yüklere maruz kaldığında yüksek yerdeğiştirme kapasitesine sahip olmaları nedeniyle, yapıların sünekliğini

büyük ölçüde artırmaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen metalik sönümleyicili çerçeve davranışları ile karşılaştırmak için yarı rijit çerçeve modeli seçilmiştir.

2.2.1.1. Çelik Çerçeve Modelinin Özellikleri

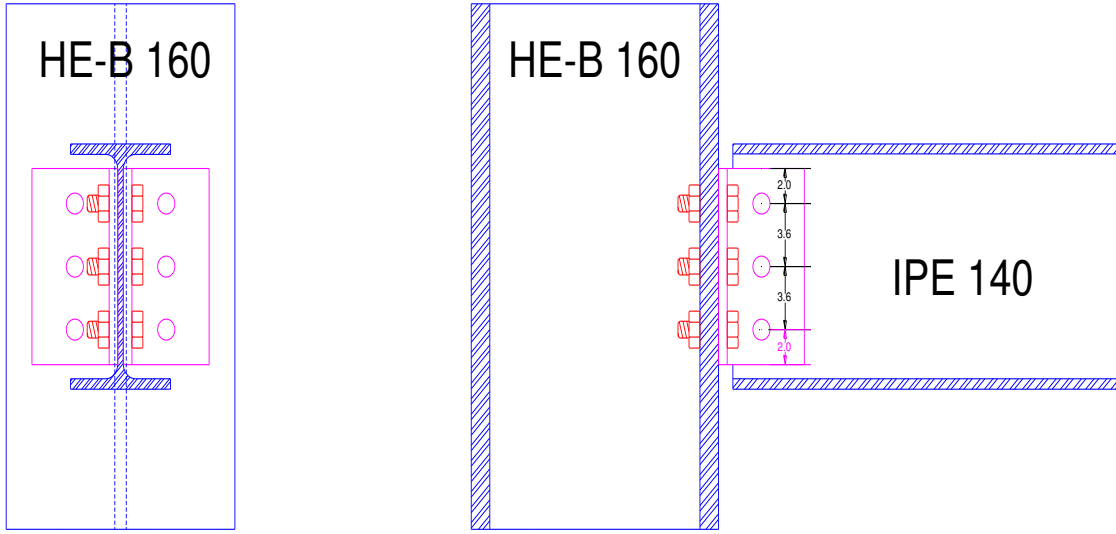
Bu kapsamda kullanılan yarı rijit bağlantılı çelik çerçeve özellikleri ve bağlantı şekli aşağıda verilmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Çelik çerçeve modeli ve birleşim detayı

Bu şekilden görüldüğü gibi, çerçeveyi oluşturan kolonlar IPB160, kiriş ise IPE140 profillerden seçilmiştir. Çerçeve yüksekliği toplam 1900mm, serbest açıklığı ise 1520mm olarak alınmıştır. Kiriş-kolon bağlantısı, yarı rijit bir bağlantı olarak kiriş gövdesinde çift korniyer ile kolona cıvatalı olarak bağlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında referans modeli olarak kullanılan çelik çerçeve seçilen boyutlarda SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak statik itme analizi yapılmış ve çerçevenin taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Çerçevenin kesme kuvveti taşıma kapasitesine bağlı olarak, kiriş- kolon birleşim gölgesi aşağıda verildiği gibi hesaplanmıştır. SAP 2000 modelinde kiriş uçlarında plastik mafsalları tanımlanmıştır. Statik itme analizi sonucunda elde edilen düğüm noktası kuvvetlerine bağlı olarak düğüm noktası oluşturulmuştur (Şekil 23).



Şekil 23. Kolon-kiriş birleşim detayı

Bu çalışma kapsamında kullanılan çelik çerçeve ve birleşimlerinin mekanik özellikleri Tablo 3'te, gerilme-şekildeğiştirme eğrileri ise Şekil 24'de verilmiştir.

Tablo 3. Çelik çerçeve ve cıvataların mekanik özellikleri

Malzeme	Akma dayanımı (MPa)	Kopma dayanımı (MPa)	Kopma birim uzanma (%)
ST37, IPE140, IPB160 ve levhalar	365	467	0.15
M10 Cıvatalar	990	1160	0.25

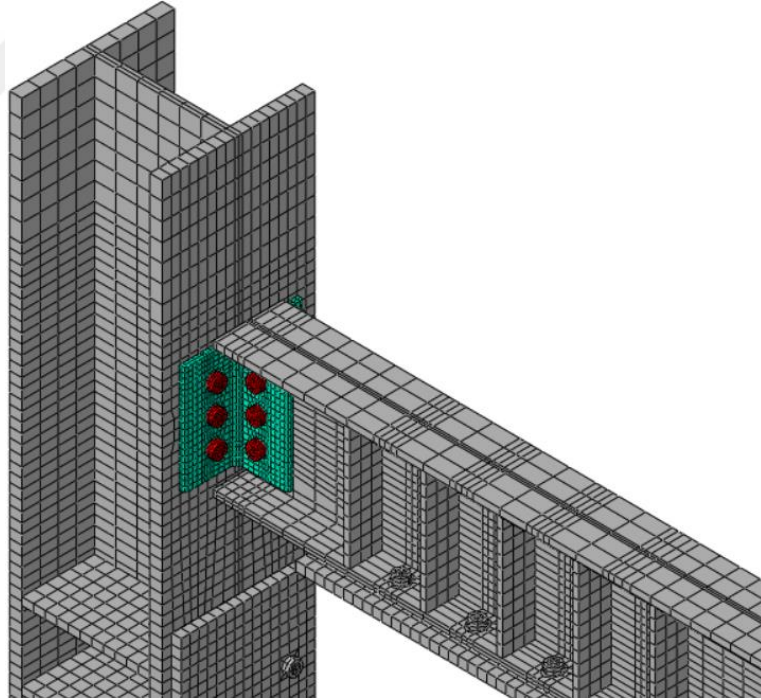


Şekil 24. Çelik ve cıvataya ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramı

2.2.1.2. Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması, Sınır Koşulları ve Çevrimsel Yüklemenin Uygulanması

Bu çalışmada, Abaqus yazılımında çerçeve ve birleşimlerinin modellenmesi için üç boyutlu eğilebilir Solid tipte sonlu eleman kullanılmıştır. Analiz süreci dinamik bir süreç olduğundan, model türü Explicit olarak tercih edilmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemi yakınsamaya dayalı sayısal bir çözüm yöntemi olduğundan, eleman tiplerinin ve boyutlarının seçilmesi, sonuçların yakınsaması ve analiz sürelerinin kısalığı için oldukça etkilidir. Bu bölümde daha fazla gerilmenin beklendiği veya daha dikkatli incelenmesi gereken kısımlarda ağlar daha küçük tanımlanmıştır. Bu çalışmada sekiz düğüm noktalı altıgen sonlu eleman tipi kullanılmıştır. Bu tip elemanın her düğüm noktası üç serbestlik derecesine sahiptir. Malzeme modeli olarak, çeliğin her yöndeki özeliğini aynı alan izotropik malzeme modeli dikkate alınmıştır. Çerçeveye ait bir sonlu eleman modeli örnek olarak Şekil 25’ de verilmiştir.



Şekil 25. Sonlu elemanlar modeli

Analizlerde, sonuçların yakınsamasını kolaylaştırma amacıyla, ilk adımda 0.0005 saniye, minimum değişim oranı ise 1.0×10^{-15} olarak kabul edilmiş ve analiz süresi statik itme

analizi için 1 saniye ve çevrimsel yük protokolüne göre, histerezis analizi için 9 saniye olarak kabul edilmiştir.

Sınır koşullarını tanımlamak için, kolonların alt seviyeleri mafsalsal olarak kabul edilmiştir. Çerçevenin düzlem dışı hareketini önlenmesi için kolon ve kirişlerin düzleme dik yönünde hareketi kısıtlanmıştır. Çerçevelere uygulanacak çevrimsel yük, FEMA 360 yönetmeliğine göre alınmıştır (Şekil 26 ve Tablo 3).



Şekil 26. Yükleme protokolü

Tablo 4. Yük adımları ve çevrim sayıları

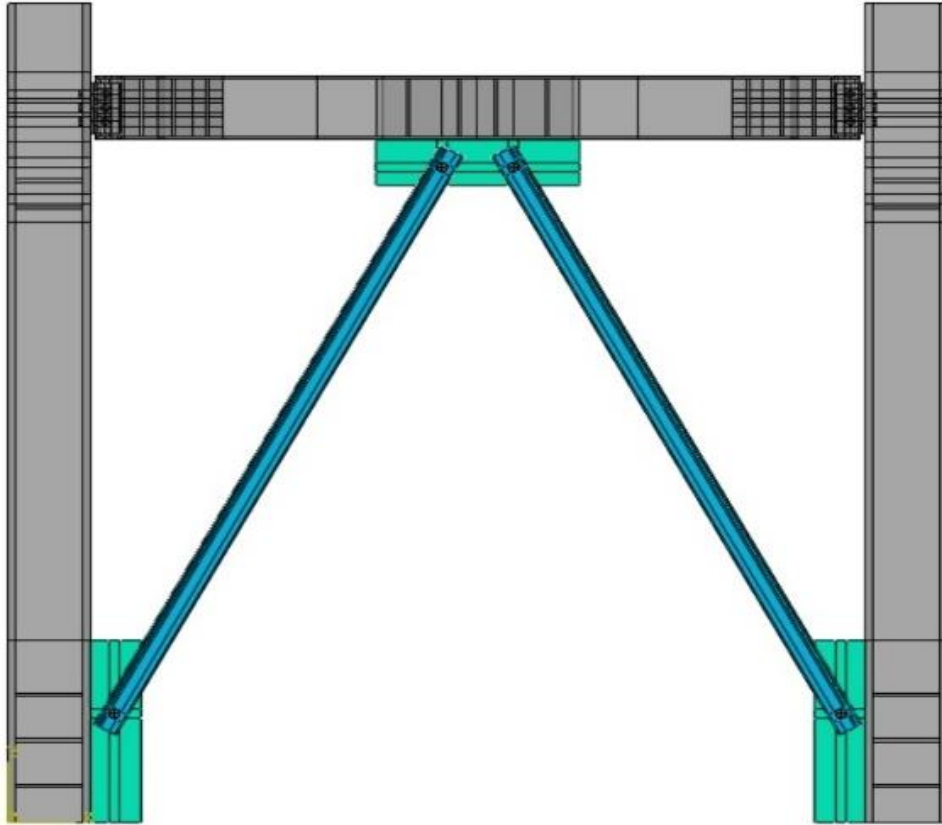
Yükleme Adımı	Tepe deformasyonu (rad)	Çevrim sayısı
1	0.00375	6
2	0.005	6
3	0.0075	6
4	0.01	4
5	0.015	2
6	0.02	2
7	0.03	2
8	0.04	2
9	0.05	2

FEMA: Federal Emergency Management Agency.

Bu çalışma kapsamında kullanılan çelik çerçeveler üzerinde yukarıda tanımlandığı gibi statik itme analizi ve Şekil 26’ da verilen yükleme protokolüne uygun çevrimsel yükleme uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Bulgular ve İrdelemeler başlığı altında karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

2.2.2. Ters V Çaprazlı Çelik Çerçeve Modeli(IVSFM)

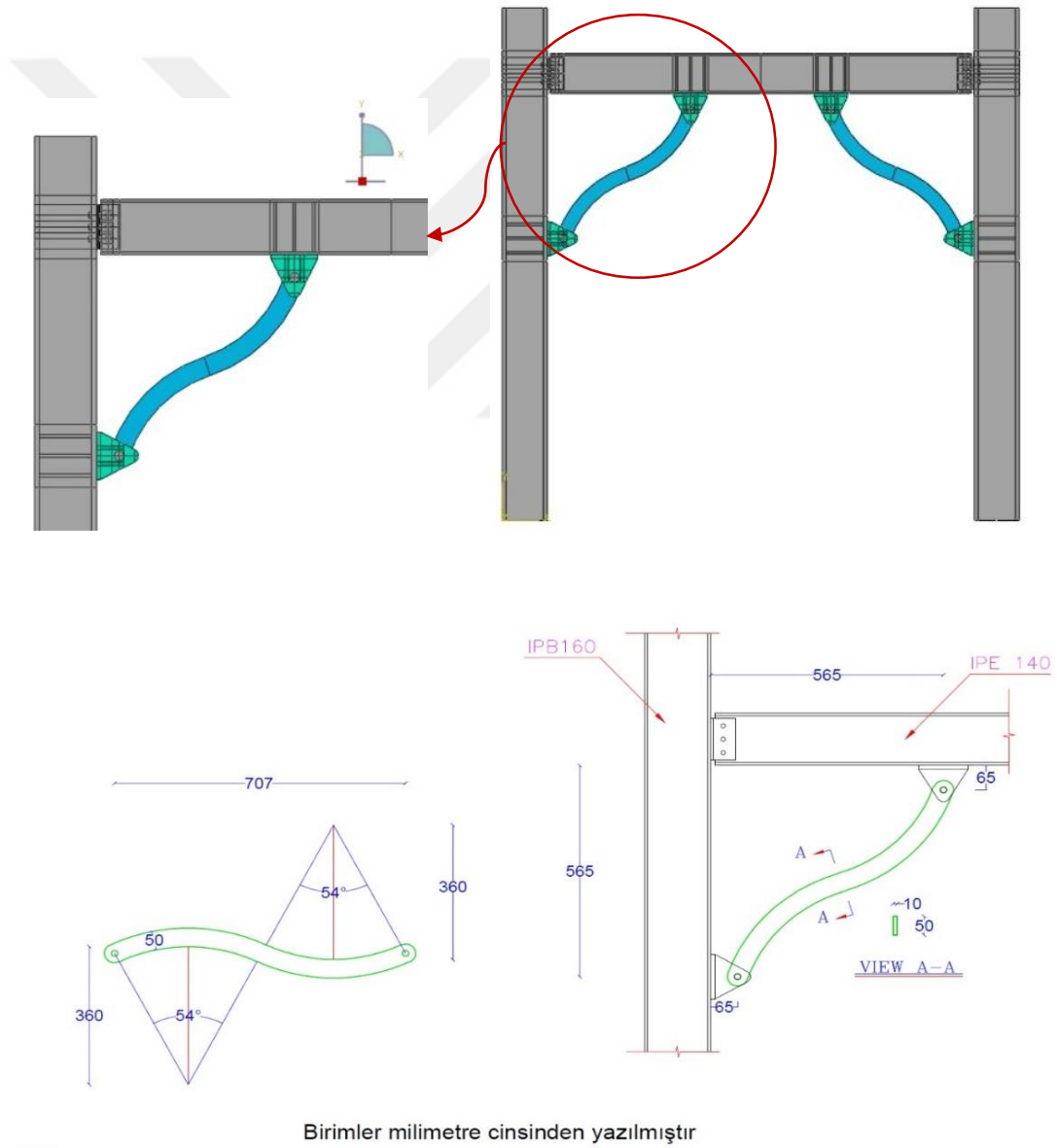
Çelik yapı sistemlerinde, deprem ve rüzgar gibi yatay yük etkisinde, yanal stabilitenin sağlanması için çelik çaprazlar (X, V ters V vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen metalik sönümleyicili çerçevelerin davranışını karşılaştırmak amacıyla ters V çaprazlı çerçeve modeli oluşturulmuştur. Bu model, madde 2.2.1’ de verilen çelik çerçeve ile aynı boyut ve özelliklere sahiptir. Diğer bir deyişle madde 2.2.1. de verilen çerçeve modele ters V çapraz eklenmiştir(Şekil 27). Bu çaprazların boyutları 2L 50x50x5 olarak seçilmiştir. Ters V çaprazlı çelik çerçeve üzerinde, madde 2.2.1.2’ de belirtildiği gibi statik itme analizi ve çevrimsel yükleme yapılmıştır.



Şekil 27. Ters V çaprazlı çelik çerçeve modeli

2.2.3. Eğrisel Şekilli S- Tipi Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFSTD)

Bu çalışma kapsamında yarı rijit çelik çerçevenin yapısal performansına nasıl bir katkı yapacağını araştırılması amacıyla çelik kavisli (S-şekilli) metalik sönümleyici kullanılmıştır. S şekilli metalik sönümleyiciler madde 2.2.1’ de verilen çerçeve sistemin birleşim bölgesine mafsallı olarak yerleştirilmiştir(Şekil 28). S-şekilli metalik sönümleyicili çelik çerçeve üzerinde, madde 2.2.1.2’ de belirtildiği gibi statik itme analizi ve çevrimsel yükleme yapılmıştır.



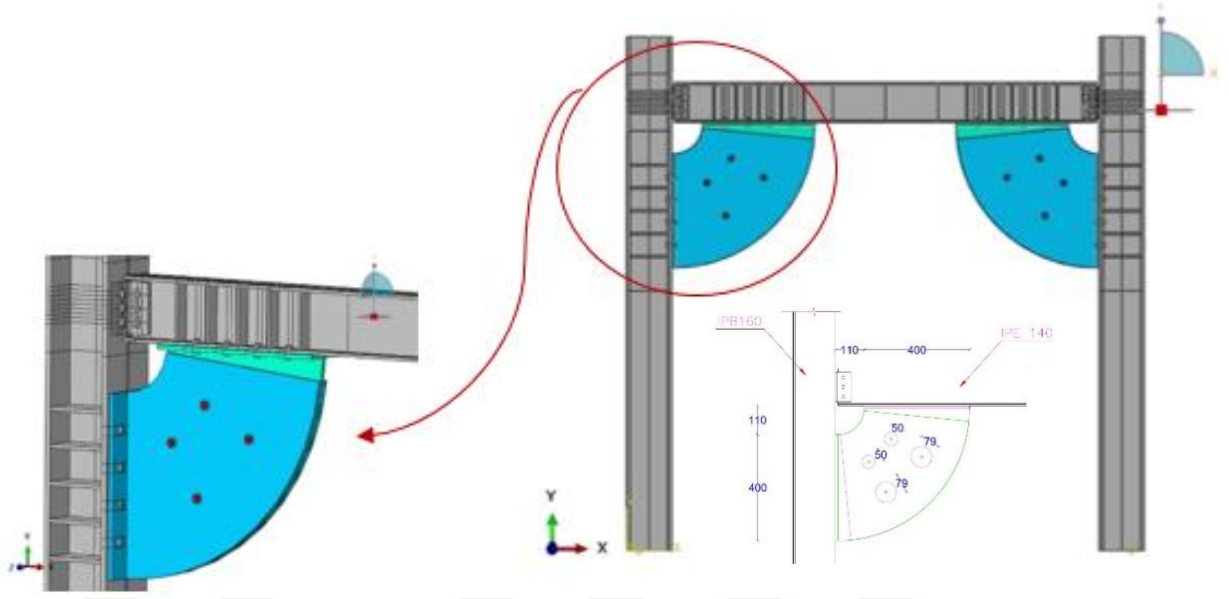
Şekil 28. Eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli

2.2.4. Eğrisel Şekilli Sürtünmeli Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCFD)

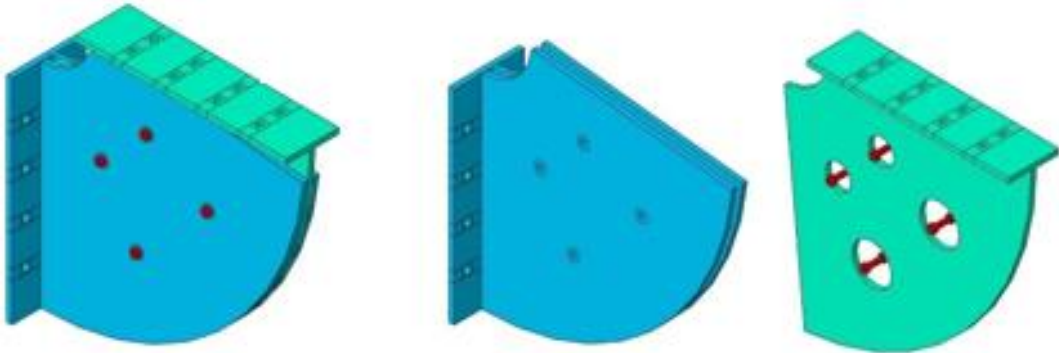
Sürtünmeli metalik sönümleyiciler, deprem sırasında birbiri ile sürtünerek hareket eden, iki veya daha fazla levha ile üretilen sistemlerdir. Bu tür sönümleyicilerde, sürtünme kuvvetine bağlı olarak parçalar birbiri üzerine kaymakta ve yapıya depremden gelen enerjinin bir kısmının sönümlenmesine yol açmaktadır. Bu çalışmada, iki farklı sürtünme alanına sahip (büyük levhalı; SFCFD-A ve küçük levhalı; SFCFD-B) eğrisel şekilli sürtünmeli sönümleyici tasarlanarak, referans modelde verilen çelik çerçeve üzerinde kullanılmıştır. Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelleri de diğer modellerde olduğu gibi, tez kapsamında tanımlanan çevrimsel yükleme altında analiz edilmiştir. Plakalara sürtünme kuvveti uygulamak için, ABAQUS yazılımında, levhaların temas yüzeylerine basınç uygulamak için cıvata sıkma yöntemi uygulanmıştır.

2.2.4.1. Büyük Levhalı Sürtünmeli Metalik Sönümleyici(SFCFD-A)

Çelik çerçevede kolon kiriş birleşim bölgesine yerleştirilen bu sönümleyici, kiriş uzunluğunun yaklaşık üçte biri yarıçaplı çeyrek daire geometrisine sahip üç tabakadan oluşmaktadır. Böylece birinci ve üçüncü plakalar kolona bağlı ve ortadaki plaka ise kirişe bağlanmıştır(Şekil 29). Bağlantı açısını artıran veya azaltan yanal yükleme uygulandığında bu plakalar birbiriyle sürtünerek kaymaya başlar. Bu plakalar arasında sürtünme kuvveti uygulamak için sürtünme yüzeylerine dik kuvvet uygulamak gerekmektedir. Sürtünme kuvvetinin artmasına bağlı olarak levhaların yerdeğiştirme hızı da azalmaktadır. Levhalarda sürtünme kuvvetini artırmak için, sürtünme yüzeyine dik kuvvet oluşturacak şekilde öngerme uygulanabilecek dört adet cıvata yerleştirilmiştir (Şekil 30).



Şekil 29. Büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-A)



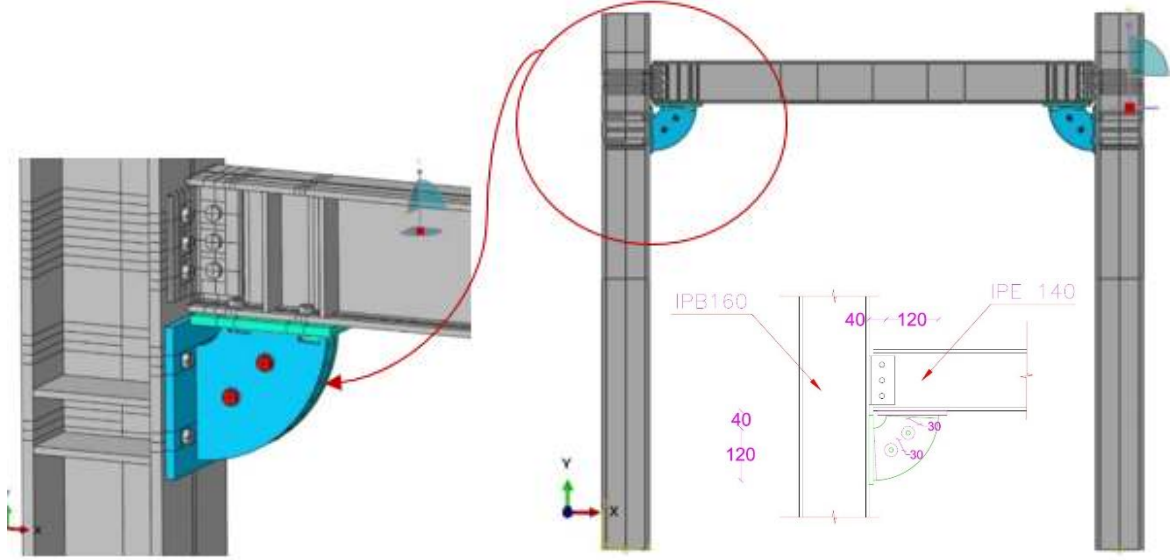
Şekil 30. Büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyici ve bileşenleri

Bu çalışma kapsamında büyük levhalı eğrisel şekilli sürtünmeli sönümleyici modellere civata sıkma adımı 0, 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 ve 1,0 mm olacak şekilde öngerme uygulanmış ve uygulanan her bir öngerme için analizler gerçekleştirilmiştir.

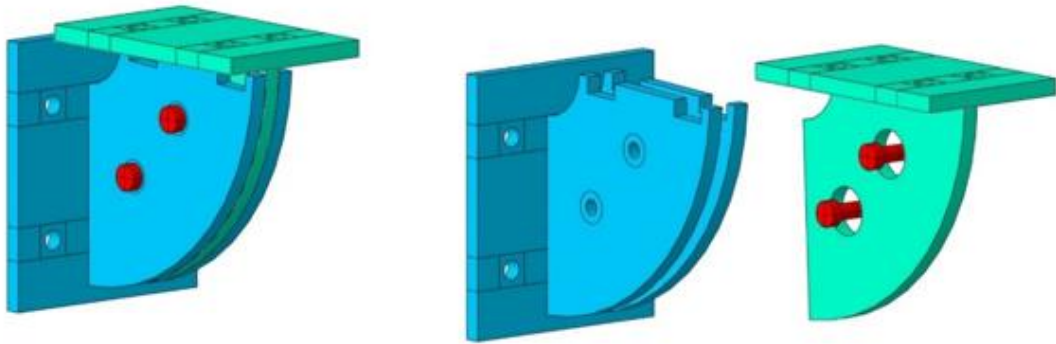
2.2.4.2. Küçük Levhalı Sürtünmeli Metalik Sönümleyici (SFCFD-B)

Çelik çerçevede kolon kiriş birleşim bölgesine yerleştirilen bu sönümleyici, büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyiciden (SFCFD-A) farkı, kirişin uzunluğunun yaklaşık onda biri yarıçapına sahip bir dairenin dörtte biri kadar olmasıdır (Şekil 31). Ayrıca bu

sönümleyicide, levhalarda sürtünme kuvvetini artırmak için, sürtünme yüzeyine dik kuvvet oluşturacak şekilde öngerme uygulanabilecek iki adet cıvata kullanılmıştır (Şekil 32).



Şekil 31. Küçük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-B)

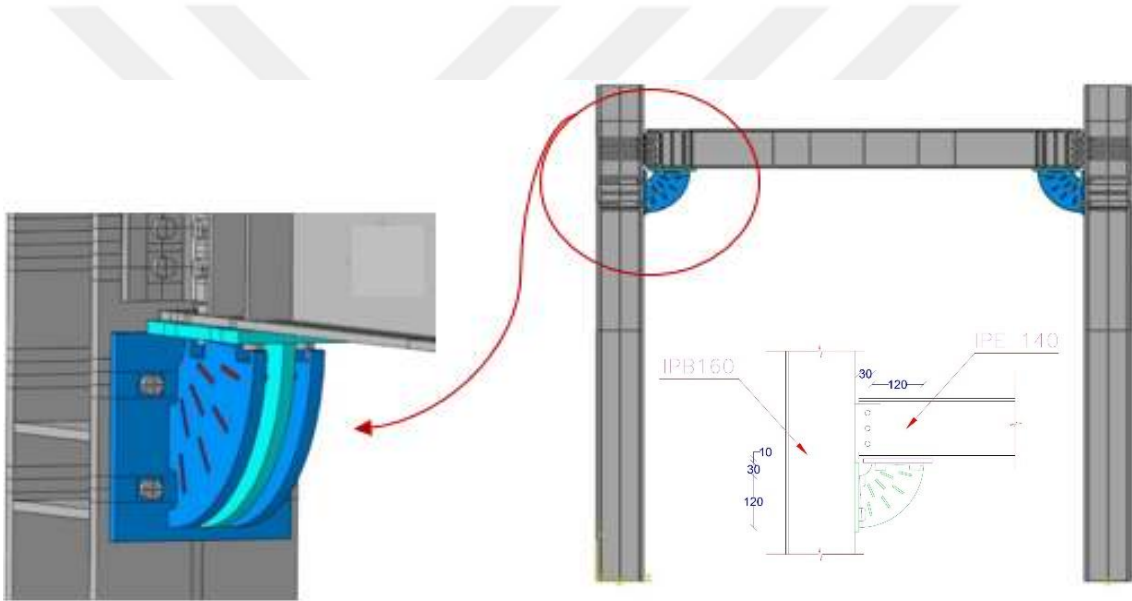


Şekil 32. Küçük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyici ve bileşenleri

Bu çalışma kapsamında küçük levhalı eğrisel şekilli sürtünmeli sönümleyici modellere cıvata sıkma adımı 0, 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 ve 1,0 mm olacak şekilde öngerme uygulanmış ve uygulanan her bir öngerme için analizler gerçekleştirilmiştir.

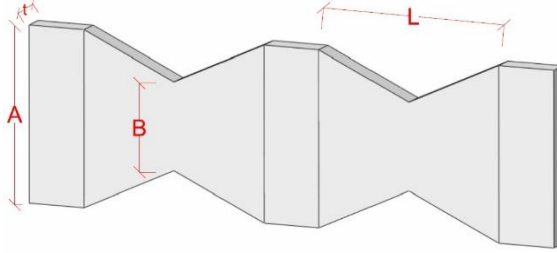
2.2.5. Eğrisel Şekilli Akma Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCYD)

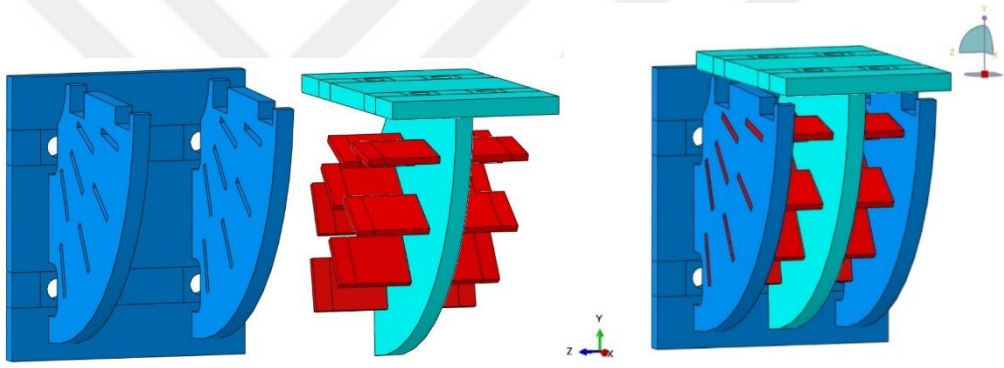
Bu sönümleyici, kirişin uzunluğunun yaklaşık onda biri kadar bir yarıçap ile çeyrek daireden oluşan üç plakadan oluşmaktadır (Şekil 33). İki dış plaka kolona ve orta plaka kirişe rijit bağlanmıştır. Bu plakalar arasına, sönümleyici olarak 10 farklı boyutlarda akma levhaları yerleştirilmiştir. Bu on farklı tip arasındaki fark, ana levhalar arasına yerleştirilen sönümleme levhalarının geometrik boyutlarıdır (Tablo 4). Bu tez kapsamında eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici modellerinden 1. Tip Şekil 34’ de, 2. Tip Şekil 35’ de, 3. Tip Şekil 36’ da, 4. Tip Şekil 37’ de, 5. Tip Şekil 38’ de, 6. Tip Şekil 39 ‘da, 7. Tip Şekil 40’ da, 8. Tip Şekil 41’ de 9. Tip Şekil 42’ de ve 10. Tip ise Şekil 43’ de verilmiştir.



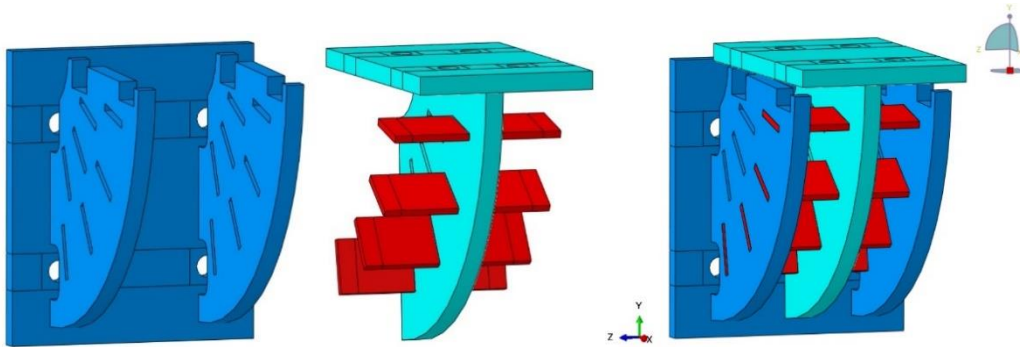
Şekil 33. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli (SFCYD)

Tablo 5. Sönümleme levhalarının geometrik özellikleri

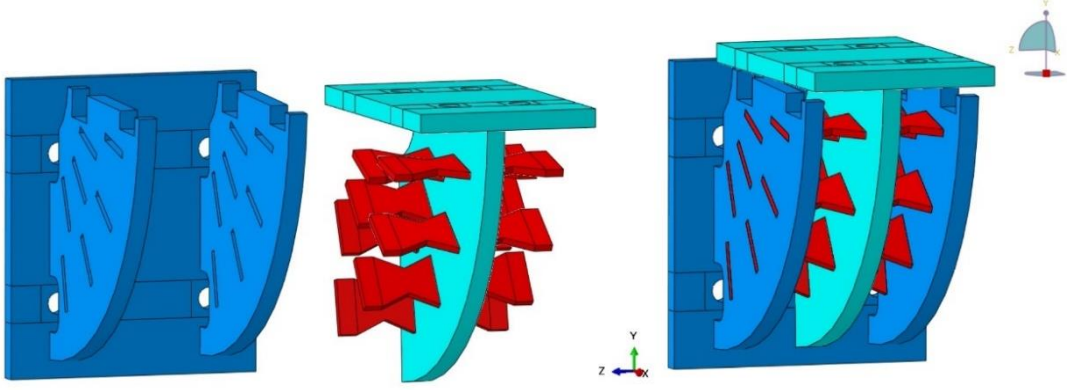
										
Tip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t(mm)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
A(mm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
B(mm)	30	30	15	10	10	30	10	10	30	10
L(mm)	33	33	33	33	33	23	23	23	13	13
n	7	4	7	7	4	7	7	4	7	7



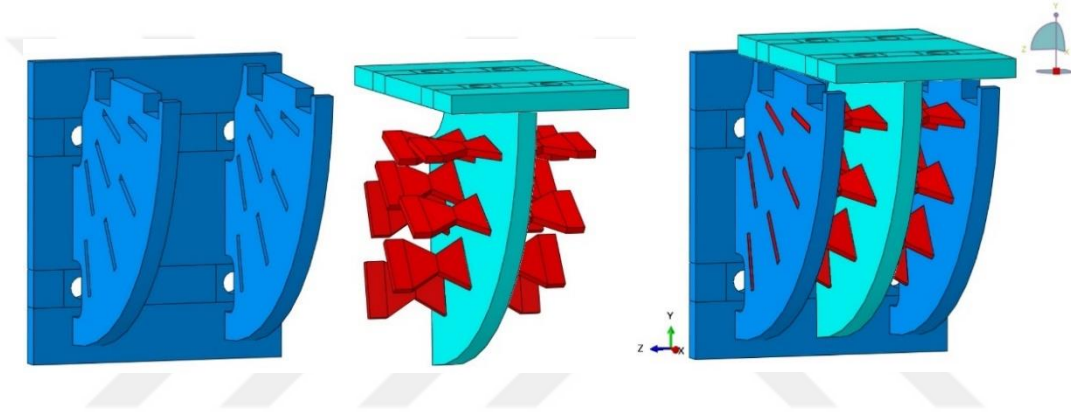
Şekil 34. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (1. Tip)



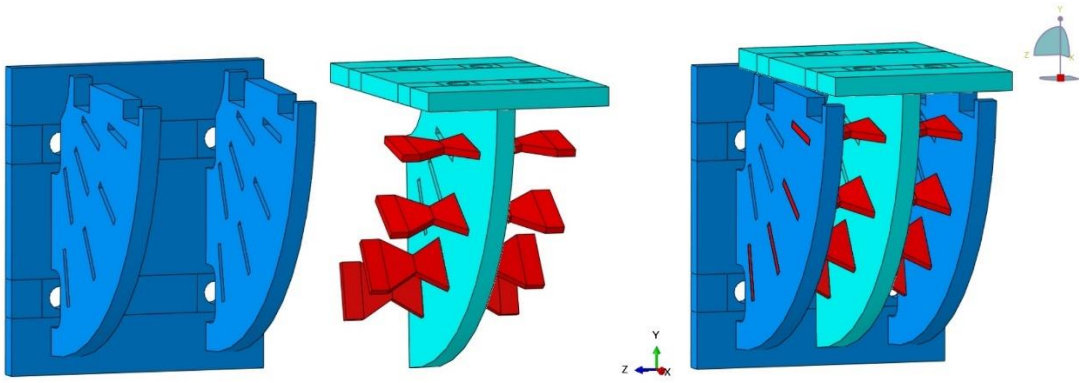
Şekil 35. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (2. Tip)



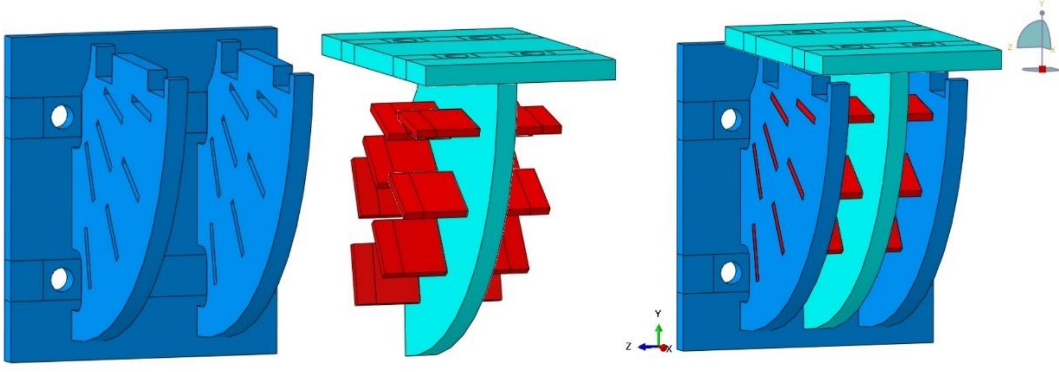
Şekil 36. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (3. Tip)



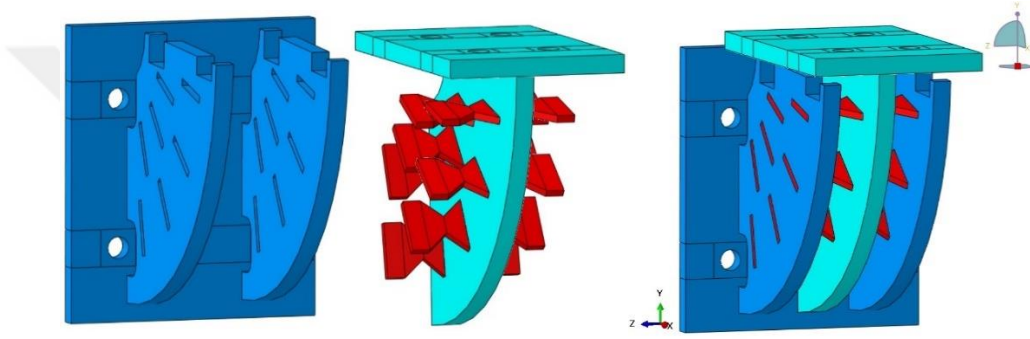
Şekil 37. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (4. Tip)



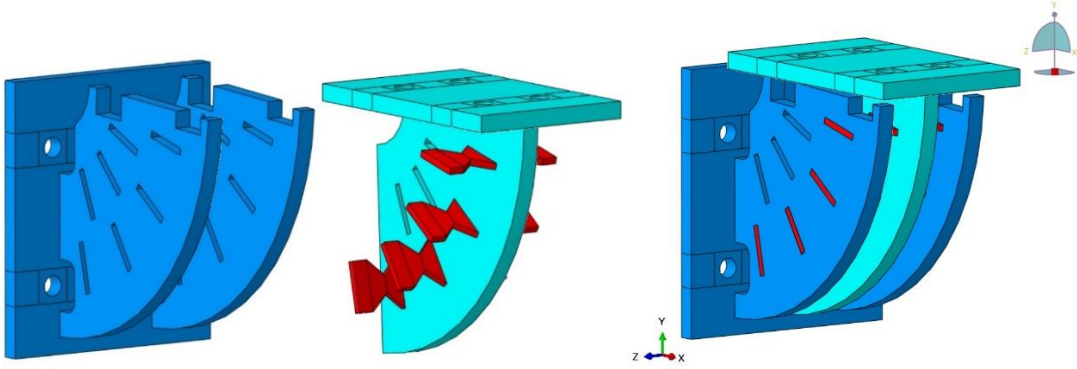
Şekil 38. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (5. Tip)



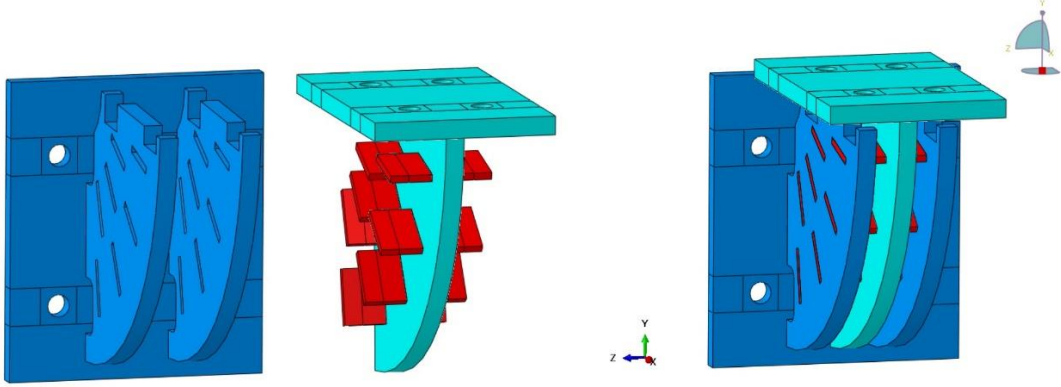
Şekil 39. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (6. Tip)



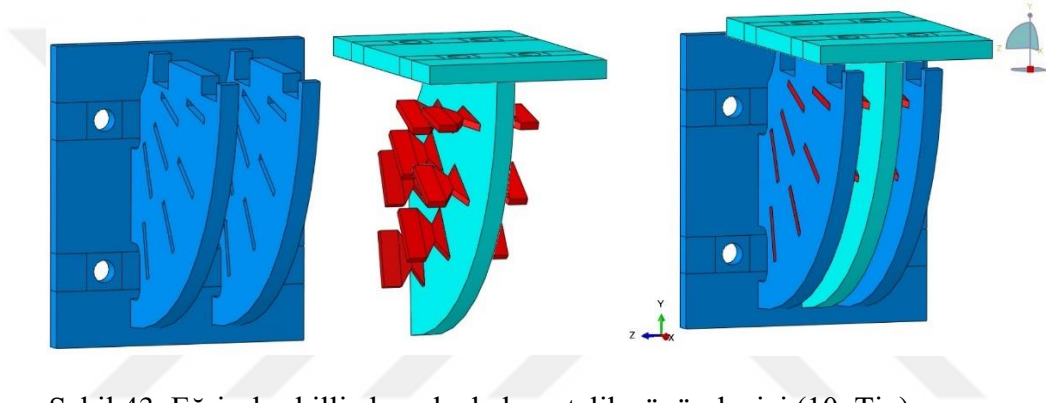
Şekil 40. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (7. Tip)



Şekil 41. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (8. Tip)



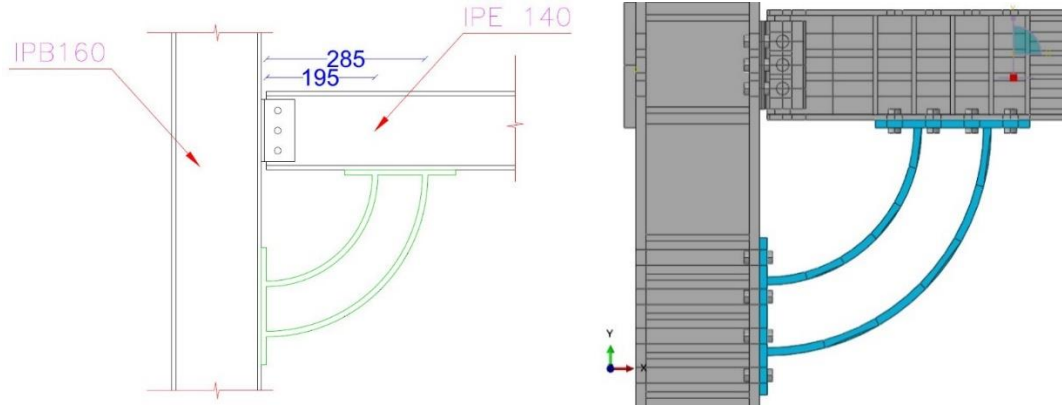
Şekil 42. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (9. Tip)



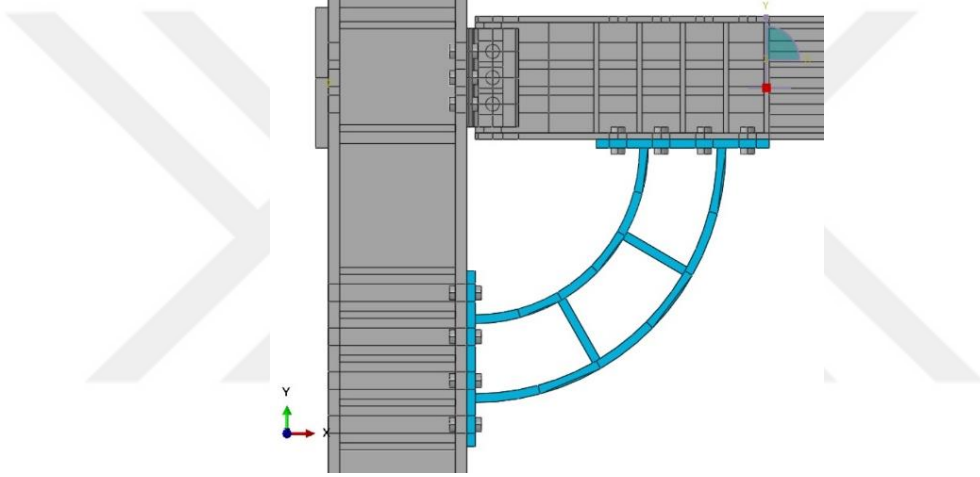
Şekil 43. Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici (10. Tip)

2.2.6. Eğrisel Şekilli Paralel Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modeli (SFCPD)

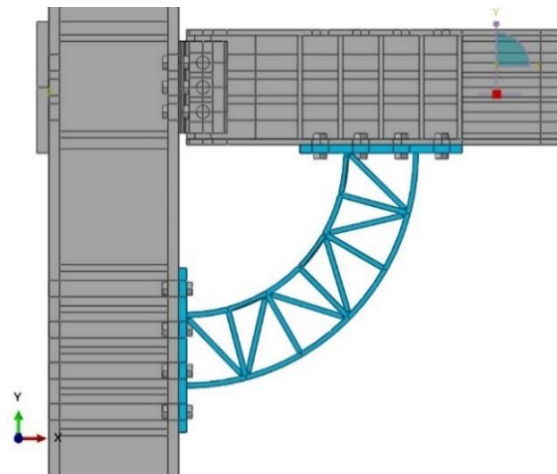
Önerilen bu sönümleyici, birbiri ile aynı merkezli olarak çerçevenin köşesine monte edilen farklı yarıçaplara sahip çeyrek tüp şeklinde iki haddelenmiş metal şeritten oluşmaktadır. Bu sönümleyiciler paralel levhalı ve paralel levhalar arasında dört farklı örgü levhalı olmak üzere toplam 5 farklı tip olarak düzenlemiştir (Şekil 44, Şekil 45, Şekil 46, Şekil 47 v Şekil 48) analiz edilmiştir. Bu sönümleyicilerde paralel levha ve örgü levhalarının kalınlıkları 6 mm olarak alınmıştır. Aşağıda verilen şekillerde verildiği gibi düzenlenen eğrisel şekilli paralel levhalı örgülü ve örgüsüz sönümleyici modelli çelik çerçeve, tez kapsamında verilen yükleme protokolüne uygun şekilde, tekrarlı yükleme altında analiz edilerek, yerdeğiştirme, enerji sönümleme kapasiteleri, rijitlik değişimi ve sünekliği incelenmiş ve yatay yüklerin etkisinde en iyi performans gösteren sönümleyici araştırılmıştır.



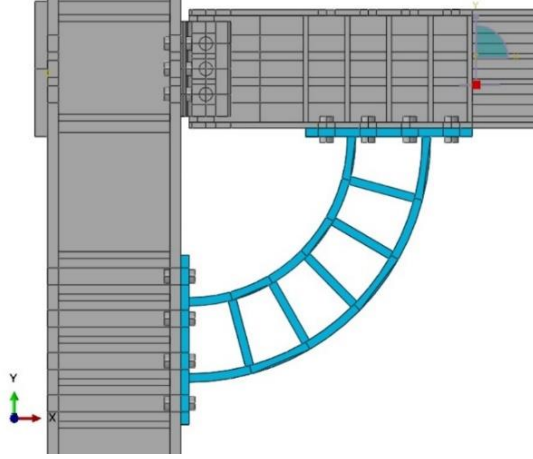
Şekil 44. Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyici (SFCPD-1)



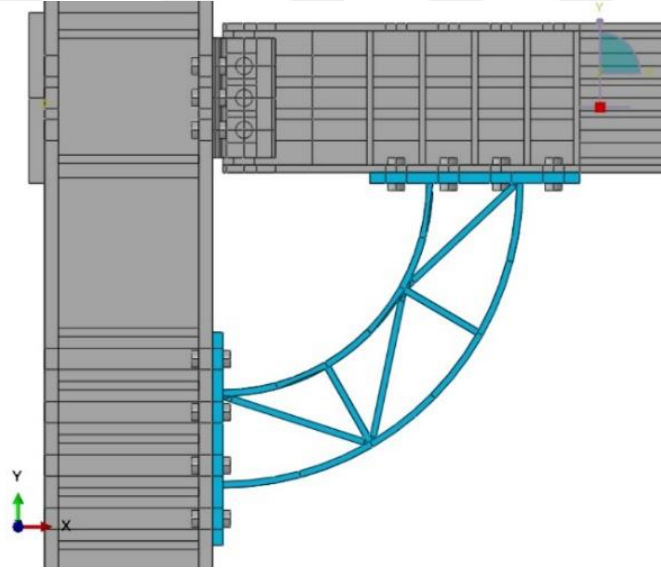
Şekil 45. Eğrisel şekilli paralel levhalı örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-2)



Şekil 46. Eğrisel şekilli paralel levhalı kafes örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-3)



Şekil 47. Eğrisel şekilli paralel levhalı örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-4)



Şekil 48. Eğrisel şekilli paralel levhalı kafes örgülü metalik sönümleyici (SFCPD-5)

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3.1. Giriş

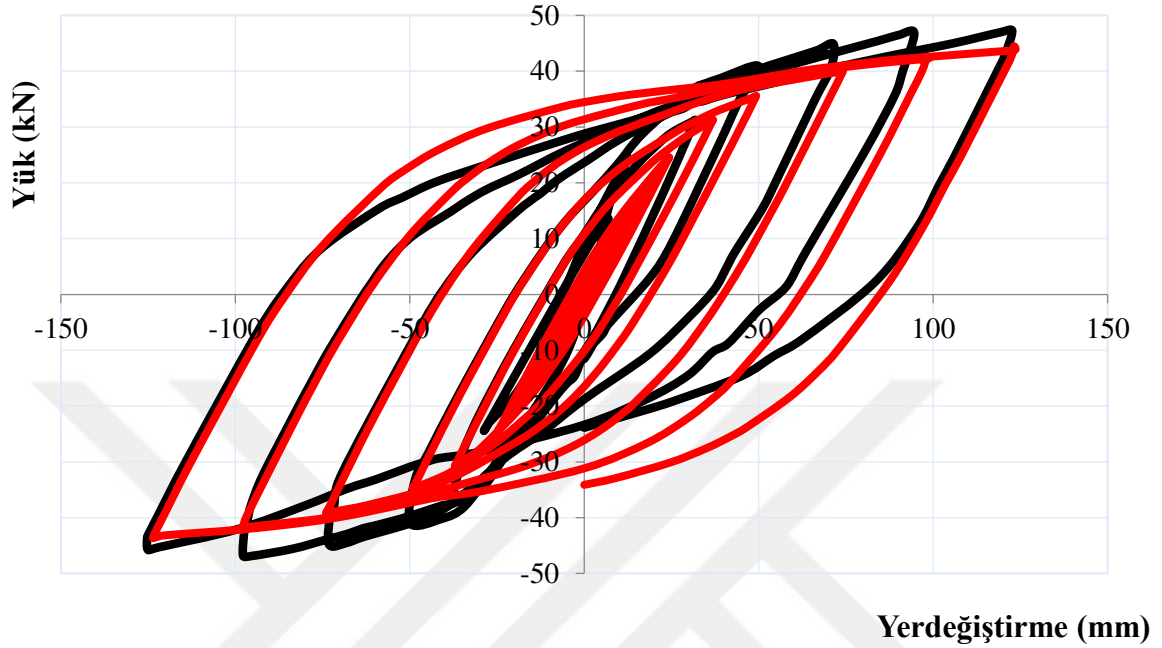
Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında doktora tez çalışması olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, literatürde mevcut olan metalik sönümleyiciler yerine, yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışma kapsamında, geliştirilen 4 farklı tip metalik sönümleyicilerden, eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyici (SFSTD) için bir sayısal model, eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilerden (SFCFD) biri büyük levhalı diğeri ise küçük levhalı olmak üzere, her birine 6 farklı öngerilme verilerek toplam 12 adet sayısal model, eğrisel şekilli akma levhalı, metalik sönümleyicilerden (SFCYD), farklı levha düzenlemesi yapılarak toplam 10 sayısal model ve eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicilerden (SFPCPD), farklı levha düzenlemeleri ile toplam 10 sayısal model oluşturulmuştur. Sonlu eleman model, ilgili literatürde verilen deney verileri ile doğrulanmıştır. Buna göre, oluşturulan modellerin ABAQUS analiz programı kullanılarak 2. Bölümde tanımlanan tekrarlı yükleme altında analizleri yapılmıştır. Tasarlanan eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler, çerçeve ve çelik çapraz kullanılmış çelik çerçeve sistemin performansları ile de karşılaştırılmış ve yatay yük etkisinde en uygun enerji sönümleme sağlayan eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler belirlenmiştir.

3.2. Sonlu Eleman Modeli ve Modelin Doğrulanması

Bu çalışma kapsamında geliştirilen eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin etkinliğinin araştırılması için oluşturulan sonlu elemanlar modeli, ilgili literatürde (Hsu ve Halim, 2017) verilen deney verileri kullanılarak doğrulanmıştır(bkz. Şekil 21).

Sonlu elemanlar modelinin doğrulanması için, şekilde verilen eğrisel şekilli metalik sönümleyicili çelik çerçeveye uygulanan yükleme protokolü aynen alınmış ve bu çalışma kapsamında oluşturulan modellerde kullanılan sonlu eleman tipi ve malzeme modelleri

dikkate alınmış ve deneysel yatay yük yerdeğiştirme eğrileri ile sayısal modelden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrileri karşılaştırılmıştır(şekil 49).



şekil 49. Deneysel yatay yük-yerdeğiştirme (Hsu ve Halim, 2017) ile sayısal modelden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrileri

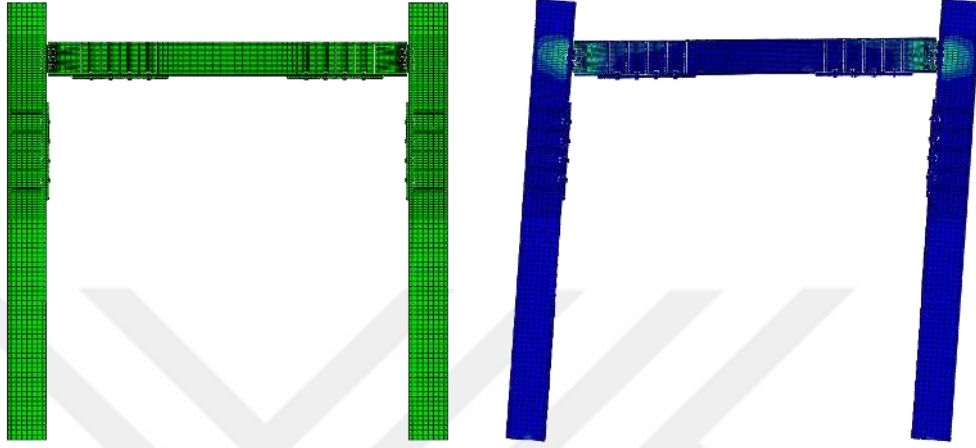
şekilden, bu çalışma kapsamında dikkate alınan sonlu elman tipi ve malzeme modelleri ile yapılan sayısal analizde, deneysel olarak elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme değerleri oldukça yakın olduğu görülmüştür.

3.3. Eğrisel şekilli Metalik Sönümleyicili elik ereve Modellerinin evrimsel Yükleme Altında Sayısal Analizinden Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

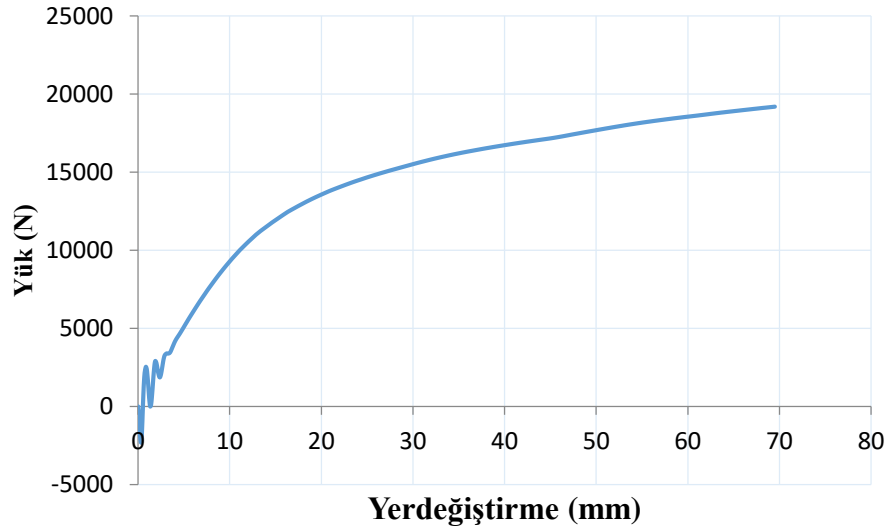
3.3.1. elik ereve Referans Modelinden (SFRM) Elde edilen Bulgular ve İrdelemeler

Yapıların deprem gibi yatay yükler altında performanslarının artırılması amacıyla kullanılan sönümleyicilerin, ereve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak şekilde düzenlemesine imkan sağlayacak, eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında geliştirilen metalik sönümleyicilerin davranışlarının karşılaştırılması için elik ereve referans modeli (SFRM)

üzerinde statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme altında analizi gerçekleştirilmiştir(Şekil 50). Çelik çerçeve referans modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 51’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 52’ de verilmiştir.



Şekil 50. Çelik çerçeve sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali



Şekil 51. Statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

Eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin kullanılacağı çelik çerçeve modelinin statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 9.8 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 13.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 15.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 16.6 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 17.7 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 18.5 kN

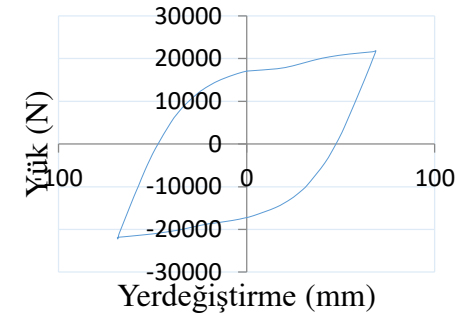
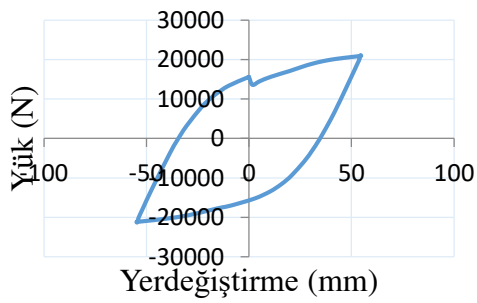
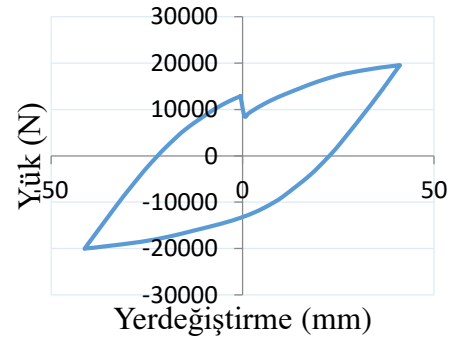
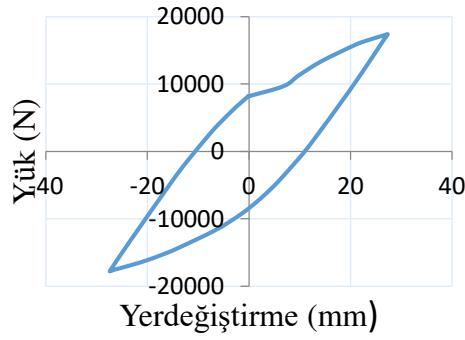
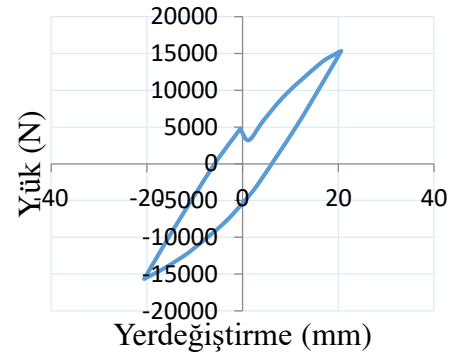
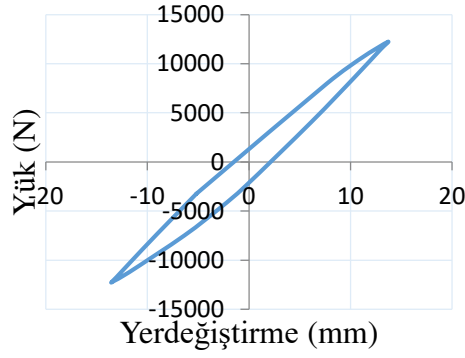
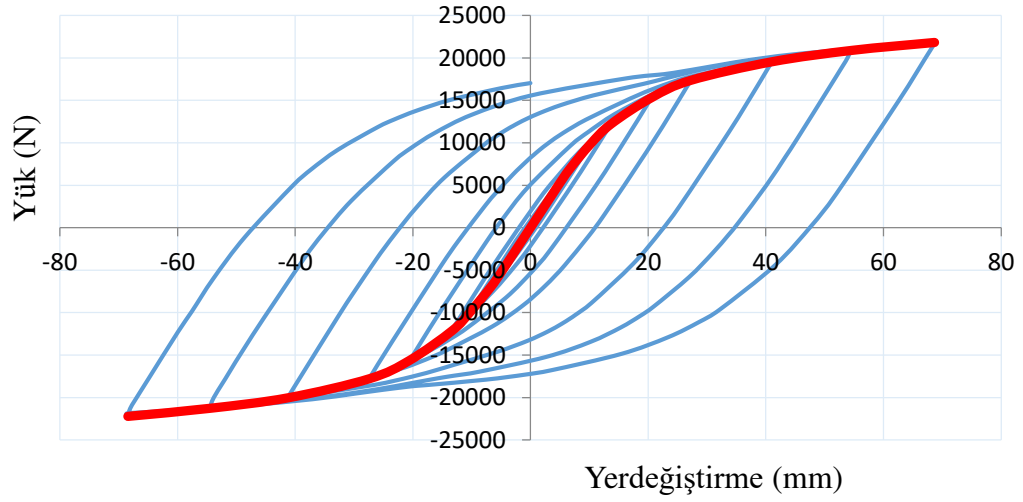
ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 19 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamada çerçeveni yatay yük taşıma kapasitesinin 8 kN düzeyinde olduğı görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değeri artmasıyla azaldığı ve 50 mm yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %3) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azalması nedeniyle statik itme analizinde yatay yerdeğiştirme miktarı 70 mm ile sınırlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında analizi yapılacak modellerde de yatay yerdeğiştirme 70 mm alınmıştır.

Çelik çerçeve modelinde bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, çelik çerçeve 10 mm yerdeğiştirmede 9.8 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 18.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 19.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 20 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 21 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 21.4 kN olarak elde edilmiştir. Statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasındaki taşıma kapasitesinde meydana gelen artış, çevrim sayısına bağılı olarak çelik çerçevenin pekleşmesinden meydana geldiğı anlaşılmaktadır.

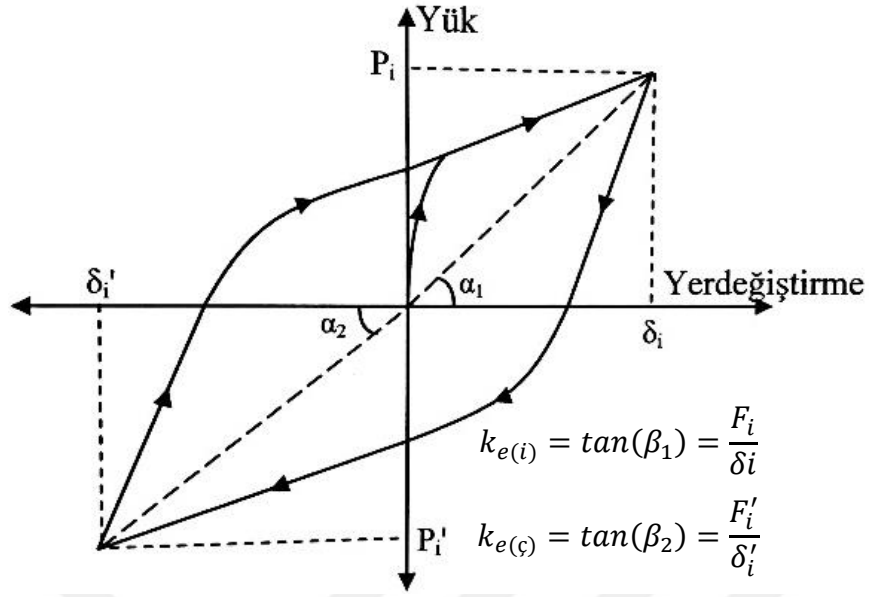
Çalışma kapsamında tanımlanan çevrimsel yükleme protokolüne göre, çevrimlerin artmasıyla birlikte yerdeğiştirme değeri de artmaktadır. Bu durumda çerçeve elemanının rijitlik değeri önemli oranda azalma meydana gelmektedir. Bu çalışmada, analizi yapılan modellerin rijitlik değeri hesaplanırken her çevrim için yük-yerdeğiştirme eğrisinin eğimi alınmıştır(Şekil 53). Tüm çevrimlerin ileri ve geri yükleme durumu için rijitlik değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 54' de verilmiştir.

Şekil 54' den, itme ve çekmede rijitlik değışiminin benzer olduğı 10 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %5.6, 20 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %26, 30 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %43, 40 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %53 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %70 düzeyinde elde edilmiştir.

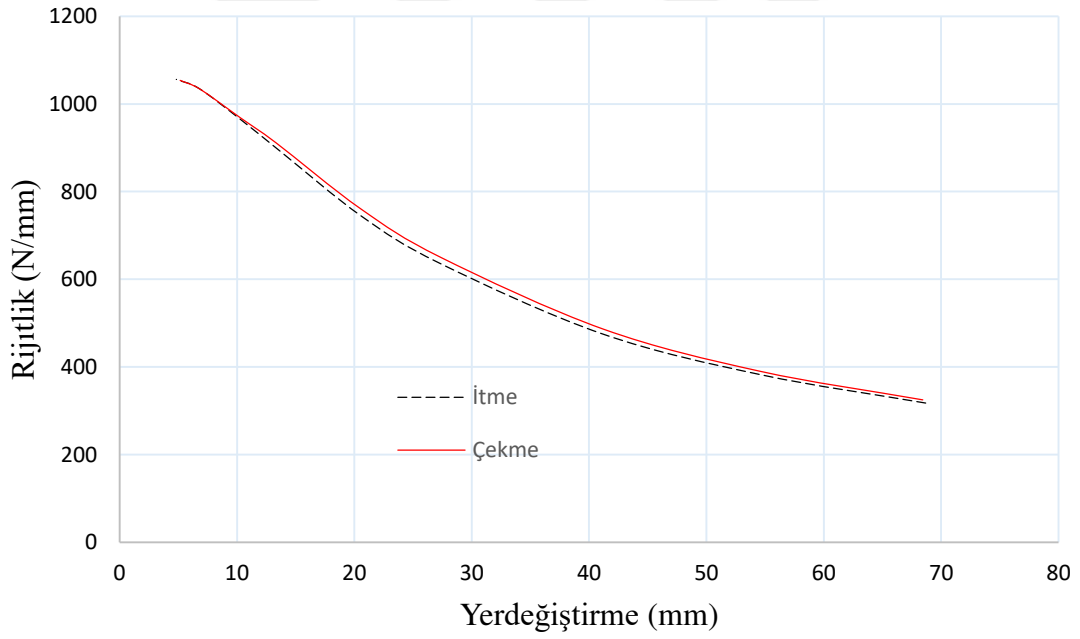
Bu çalışma kapsamında oluşturulan modellerin enerji tüketme kapasiteleri hesaplanmıştır(Şekil 55). Enerji tüketme kapasitesinin hesaplanması için, her çevrimdeki yük-yerdeğiştirme eğrisinin altında kalan alanın toplamı o çevrimde tüketilen enerji değeri vermektedir(Chopra, 2007). Çevrimsel yükleme atında SFRM elemanı için yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 56' de verilmiştir



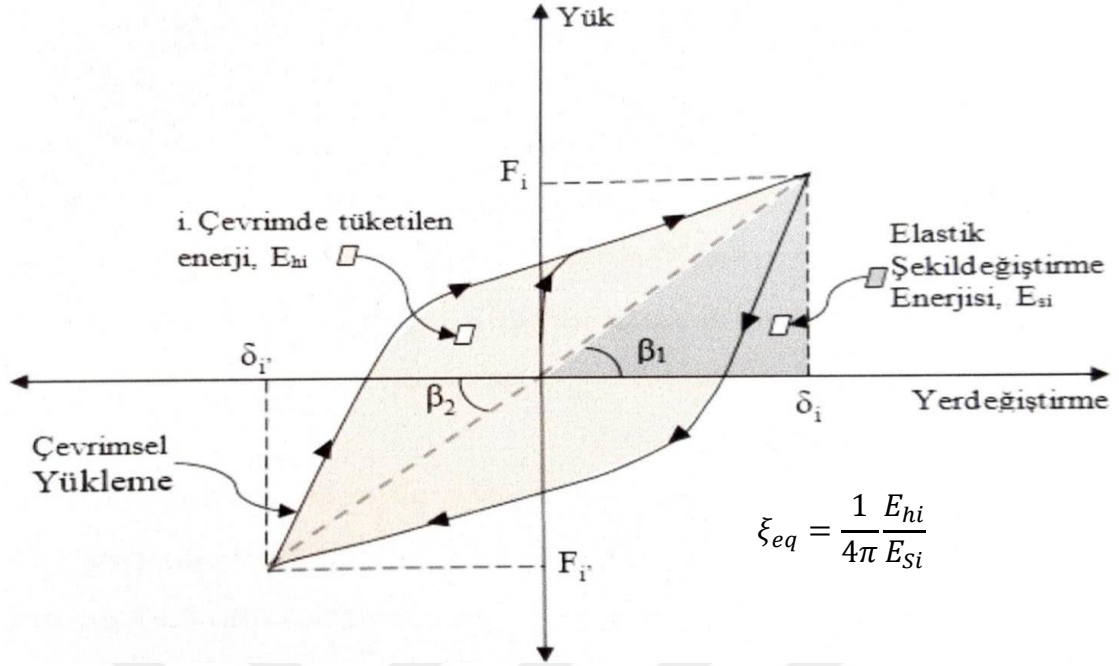
Şekil 52. SFRM için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri



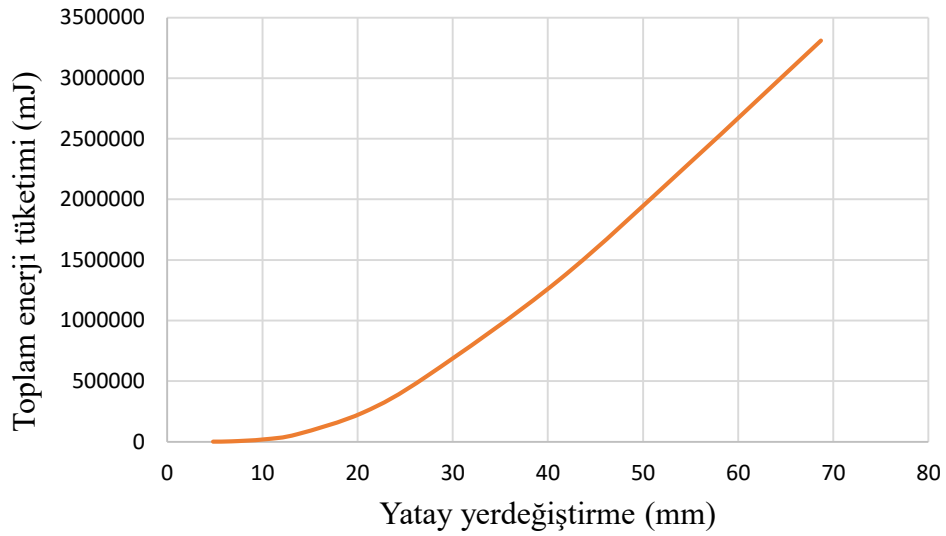
Şekil 53. Tekrarlı yatay yüklemede her bir çevrim için rijitlik değerlerinin belirlenmesi (Chopra, 2007)



Şekil 54. SFRM modeli için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

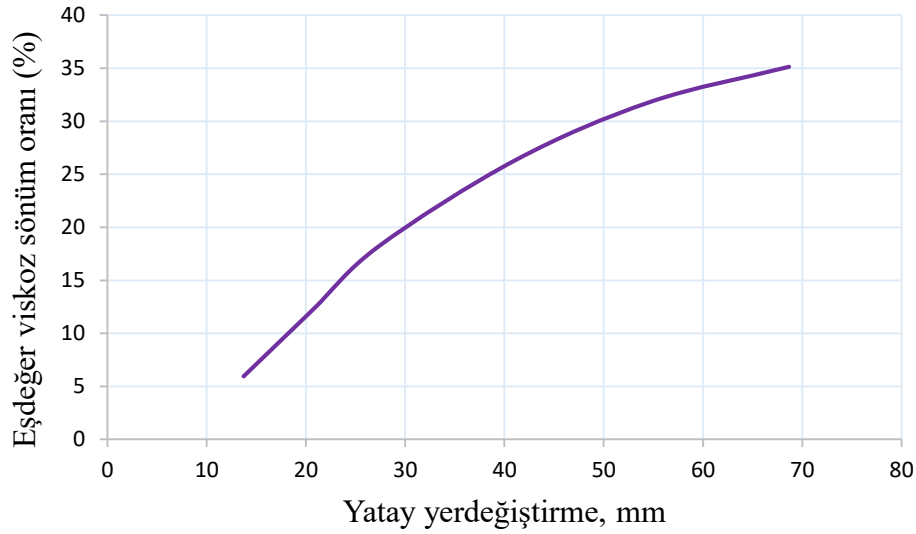


Şekil 55. Herhangi bir çevrimde tüketilen enerji ve depolanan elastik şekil değiştirme enerjisi (Chopra, 2007)



Şekil 56. SFRM elemanının toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

Doktora tezi kapsamında, çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFRM elemanının eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 57' de verilmiştir.

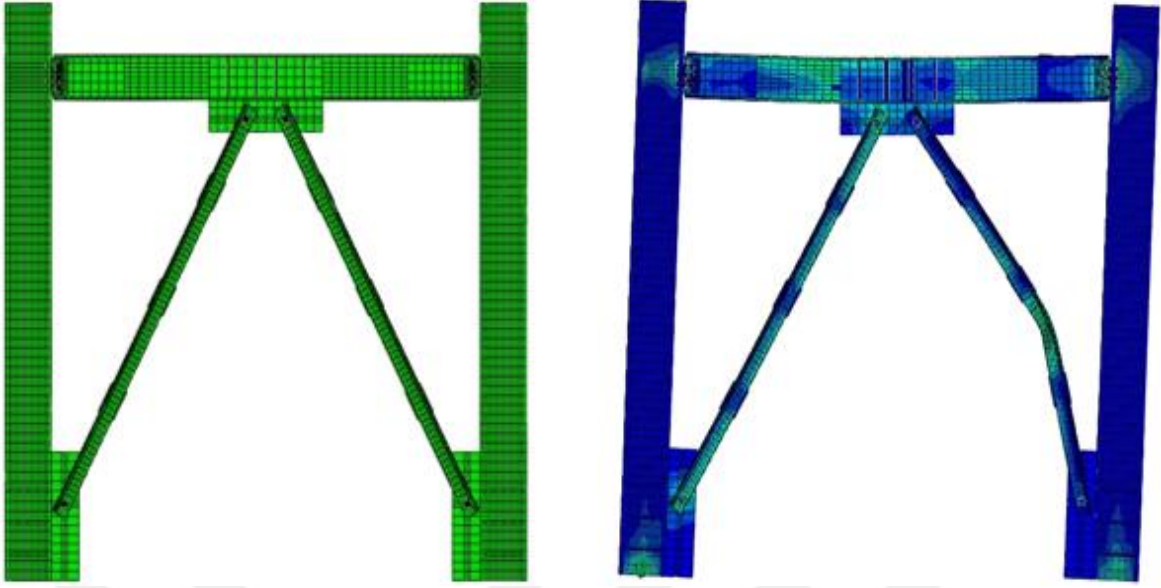


Şekil 57. SFRM elemanının eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

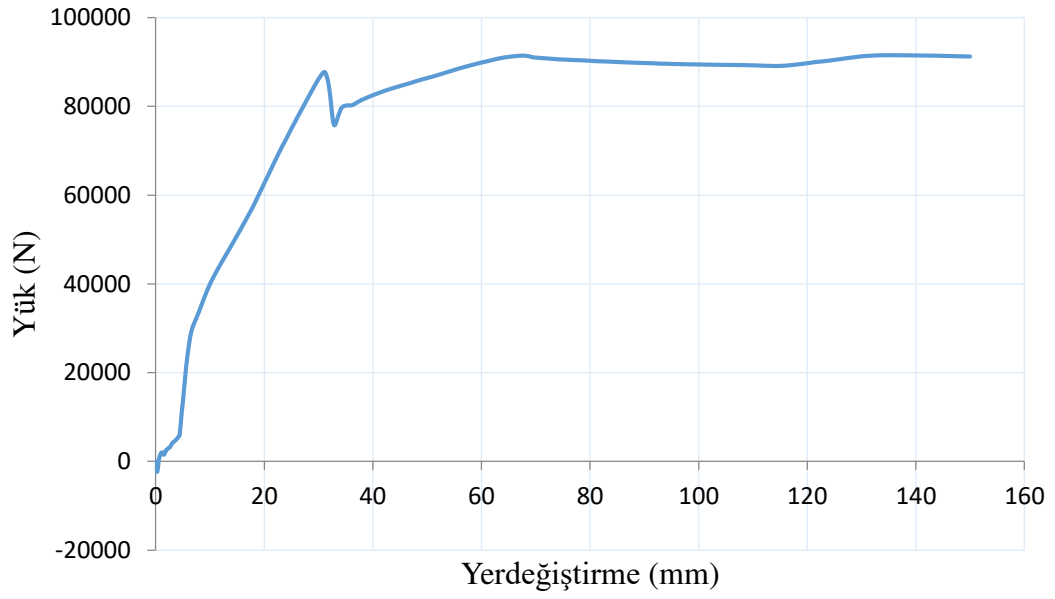
Şekillerden de görüldüğü gibi, çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 50 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmaktadır.

3.3.2. Ters V Çaprazlı Çelik Çerçeve Modelinden (IVSFM) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

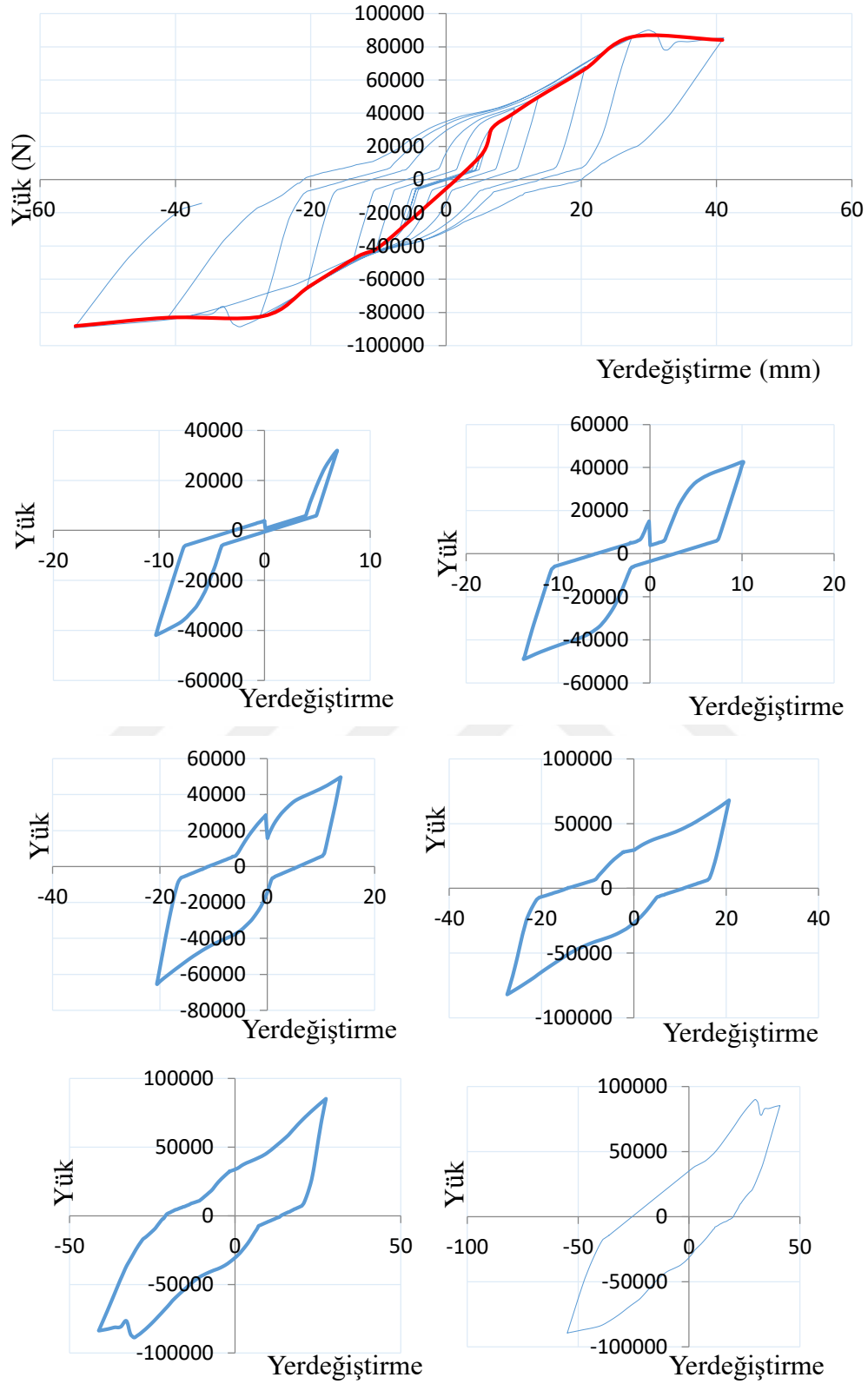
Eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında, bu çalışma kapsamında tasarlanan metalik sönümleyicilerin davranışlarının karşılaştırılması için çelik çerçeve referans modeli yanında, ters-V çaprazlı çelik çerçeve modeli (IVSFM) üzerinde statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme altında analizi gerçekleştirilmiştir(Şekil 58). Ters V çaprazlı çelik çerçeve referans modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 59’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 60’da verilmiştir.



Şekil 58. IVSFM için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali



Şekil 59. IVSFM için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

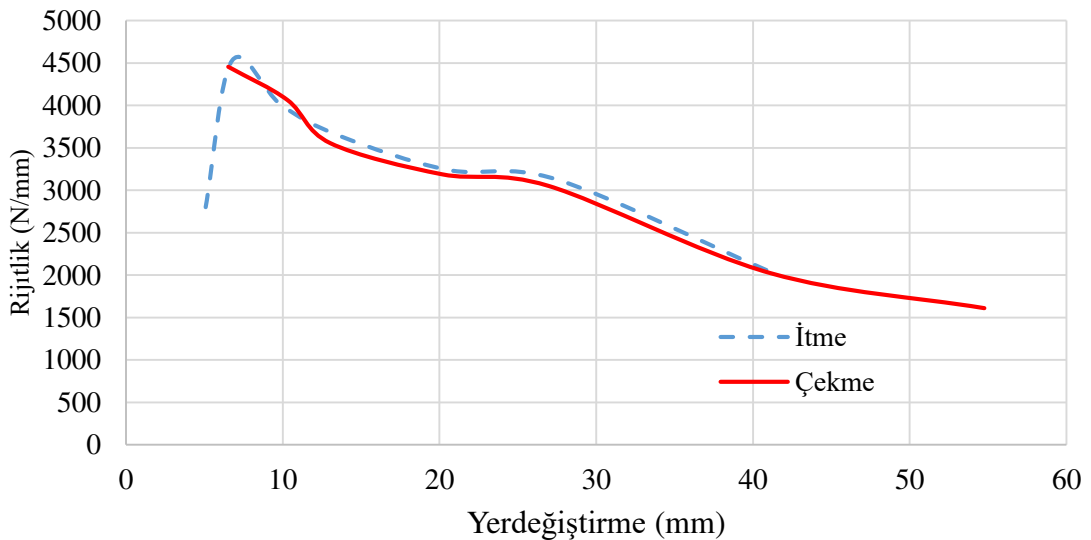


Şekil 60. IVSFM için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

Ters V çaprazlı çelik çerçeve (IVSM) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 39 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 63 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 85 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 83 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 87 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 90 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 90 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Ters V çaprazlı çelik çerçevenin 6.5 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.4) eğrinin eğiminin değıştiğı, 31 mm yerdeğiştirme değeri ise (yerdeğiştirme oranı %2) çaprazlarda yerel burkulma olduğı, bu değeri sonra yük taşıma kapasitesinin 76 kN' a kadar düştüğü, daha sonra yük taşıma kapasitesinde bir miktar artış olmakla birlikte 70 mm yerdeğiştirmeden sonra yaklaşık aynı kaldığı görülmüştür

Ters V çaprazlı çelik çerçeve modelinde bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, çelik çerçeve 10 mm yerdeğiştirmede 41 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 66 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 85 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 84 kN, olarak elde edilmiştir. 30 mm yerdeğiştirmeden sonra çevrimsel yüklemde yük düzeyi azalmaktadır.

Ters V çaprazlı çelik çerçeve referans modeli için çevrimsel yüklemde elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yüklem durumu için, rijitlik değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 61' de verilmiştir.

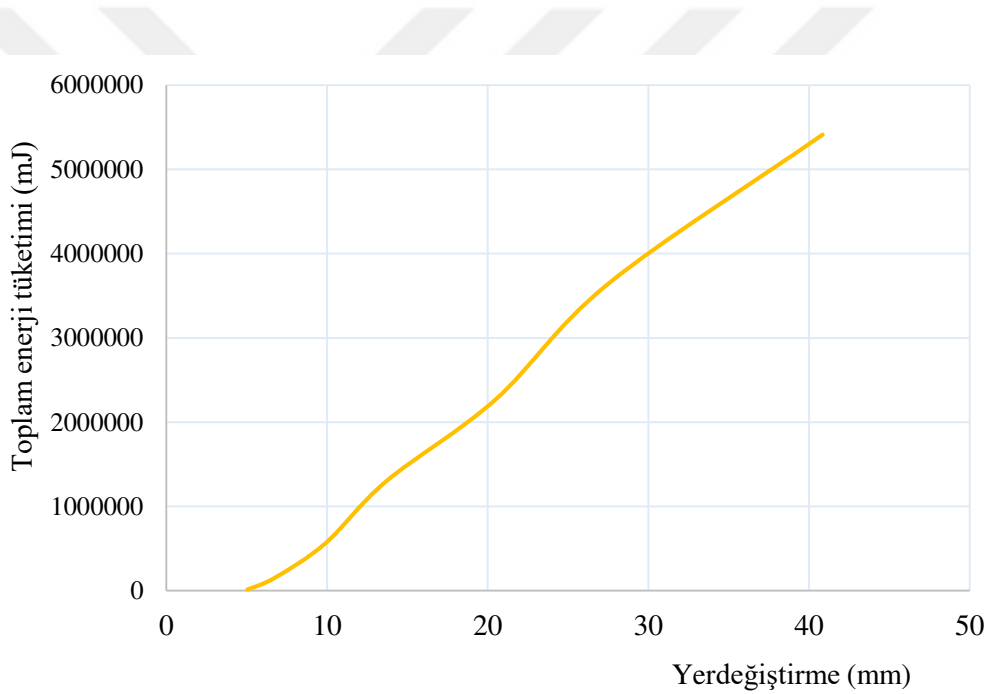


Şekil 61. IVSFM için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

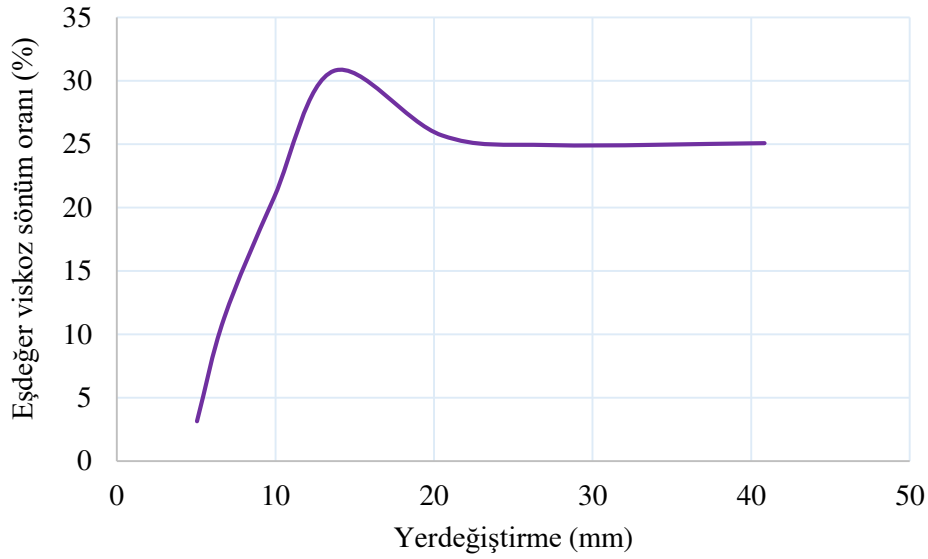
Bu şekilden, itme ve çekmede rijitlik değışiminin benzer olduğı, 6.5 mm yerdeğiştirmeden sonra (yerdeğiştirme oranı %0.4) rijitlikte önemli oranda azalma olduğı,

10 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %9, 20 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %28, 30 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %35, 40 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen rijitlik azalması %55 ve 50 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen rijitlik azalması ise yaklaşık %64 düzeyinde elde edilmiştir.

Ters V aprazlı elik ereve modeli (IVSFM) için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeşistirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeşistirme eğrisi şekil 62’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan IVSFM için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeşistirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeşistirme eğrisi şekil 63’ de verilmiştir



şekil 62. IVSFM için toplam enerji tüketimi-yerdeşistirme eğrisi

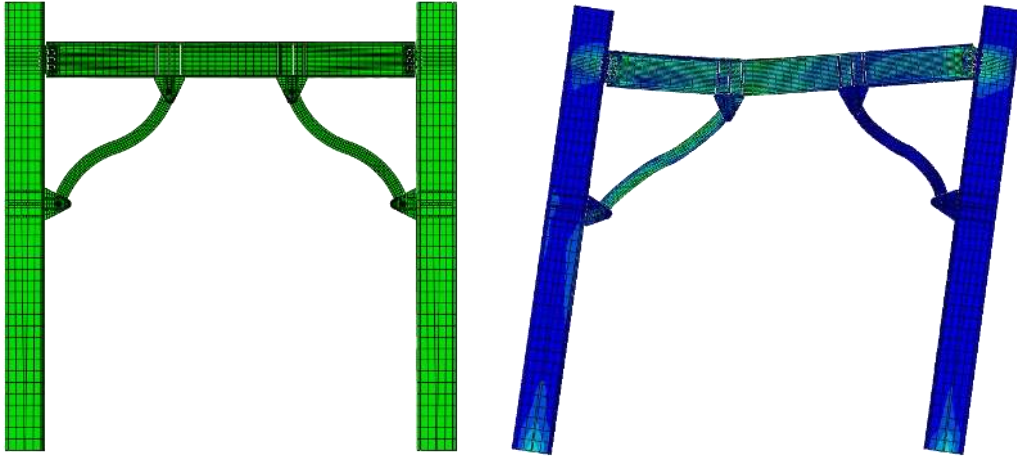


Şekil 63. ISFM için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

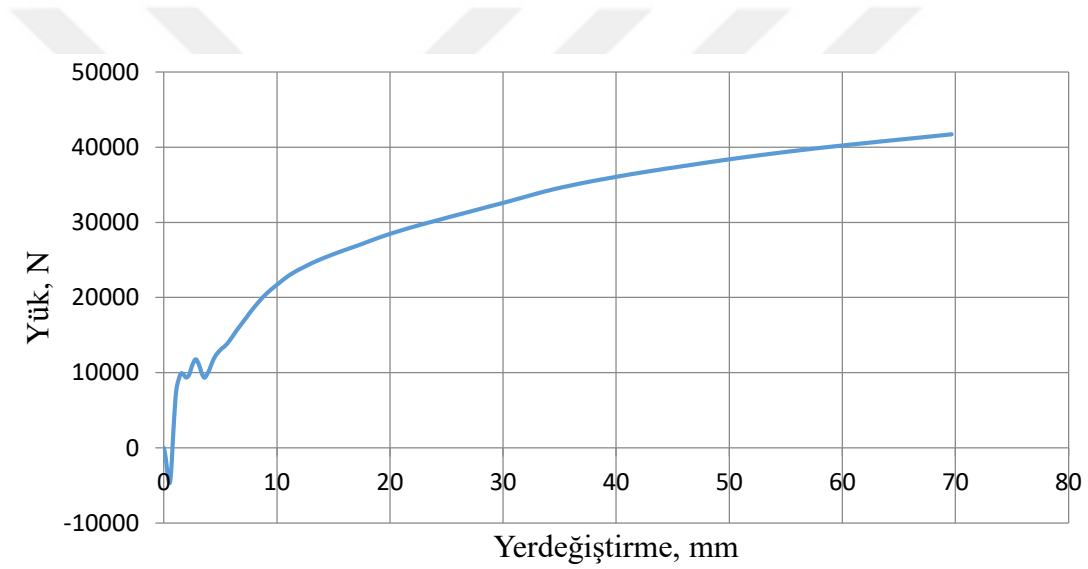
Şekillerden de görüldüğü gibi, ters V çaprazlı çelik çerçeve referans modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi artmakta ancak viskoz sönüm oranı 14 mm yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.9) %31 olmaktadır. Bu değerden sonra düşüş gözlenmiş ve 21 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %1) sonra %25 seviyesinde sabit kalmıştır.

3.3.3. Eğrisel Şekilli S-Tipi Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFSTD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Çelik çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesine yerleştirilmek üzere tasarlanan eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFSTD) için statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme analizi gerçekleştirilmiştir(Şekil 64). Eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 65’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 66’ da verilmiştir.

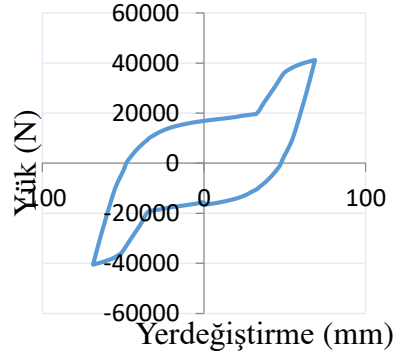
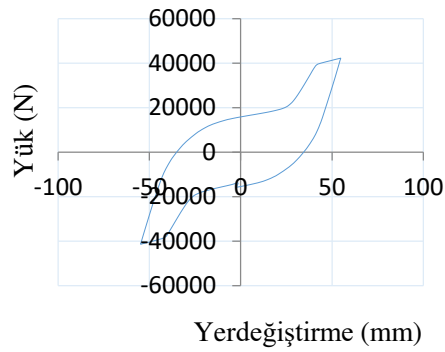
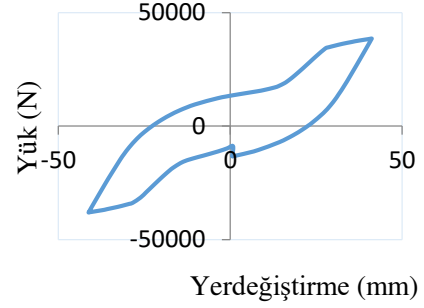
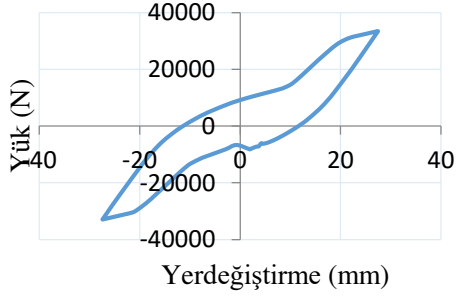
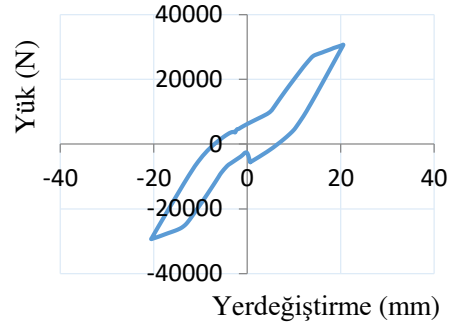
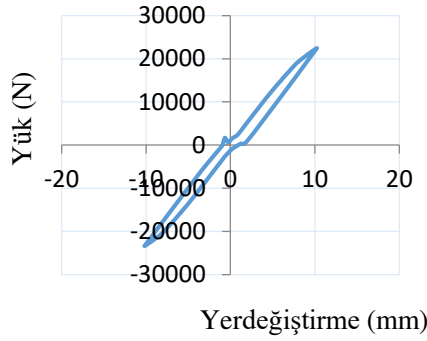
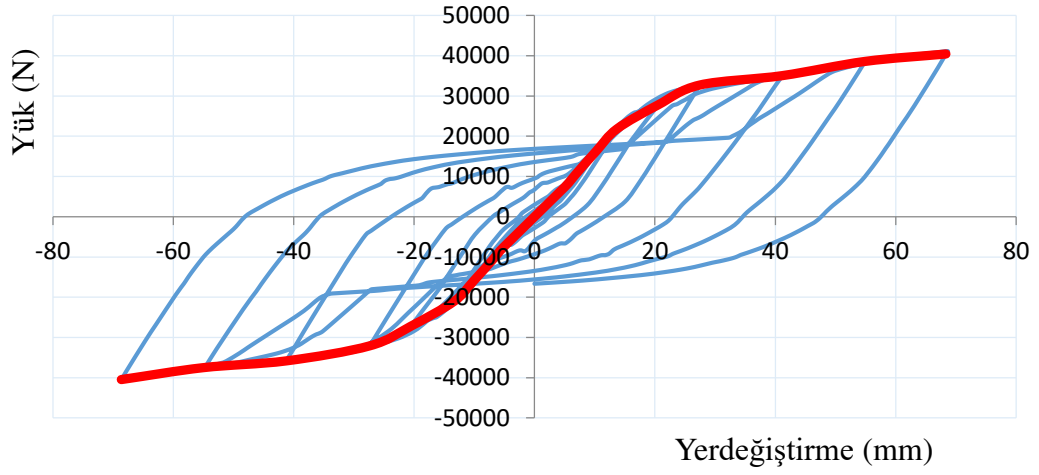


Şekil 64. SFSTD için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali



Şekil 65. SFSTD için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

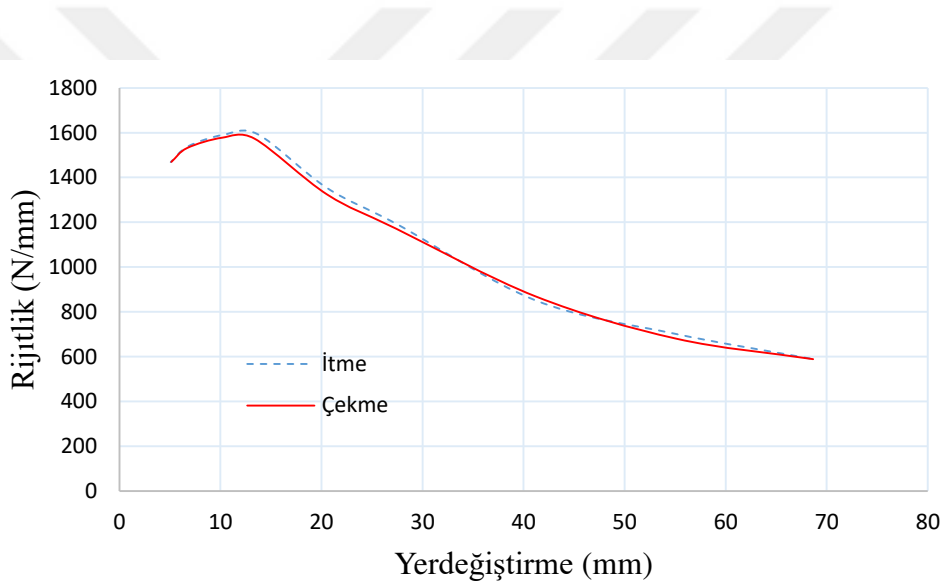
Eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFSTD) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 22 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 28.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 32.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 36 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 38.5 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 40 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 42 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 20 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 40 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2.5) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.



Şekil 66. SFSTD için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFSTD için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, çelik çerçeve 10 mm yerdeğiştirmede 17.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 27.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 33 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 34.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 36 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 40 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 40.5 kN olarak elde edilmiştir. Eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çerçeve üzerinde yapılan statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında, metalik sönümleyici kullanılması nedeniyle önemli bir fark oluşmamıştır.

SFSTD için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik - yerdeğiştirme eğrisi Şekil 67’de verilmiştir.

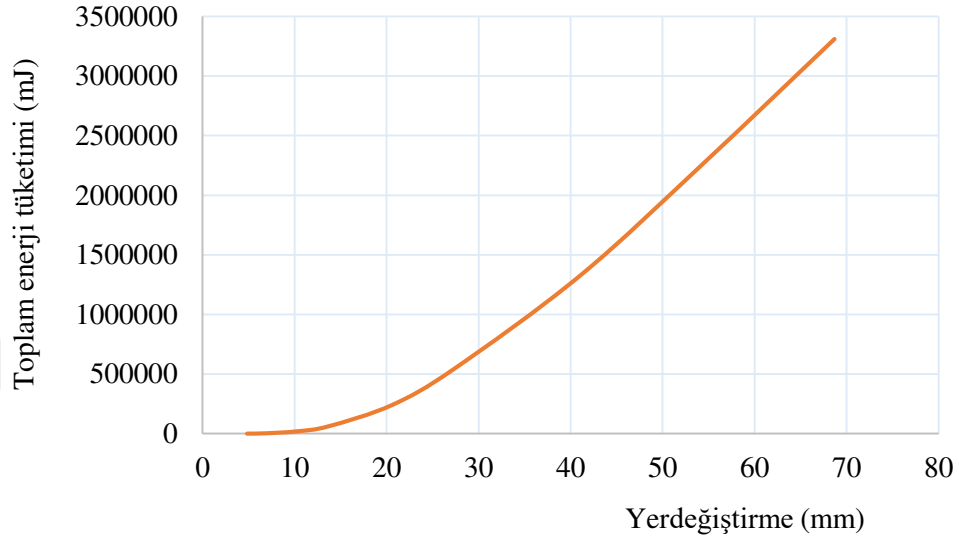


Şekil 67. SFSTD için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

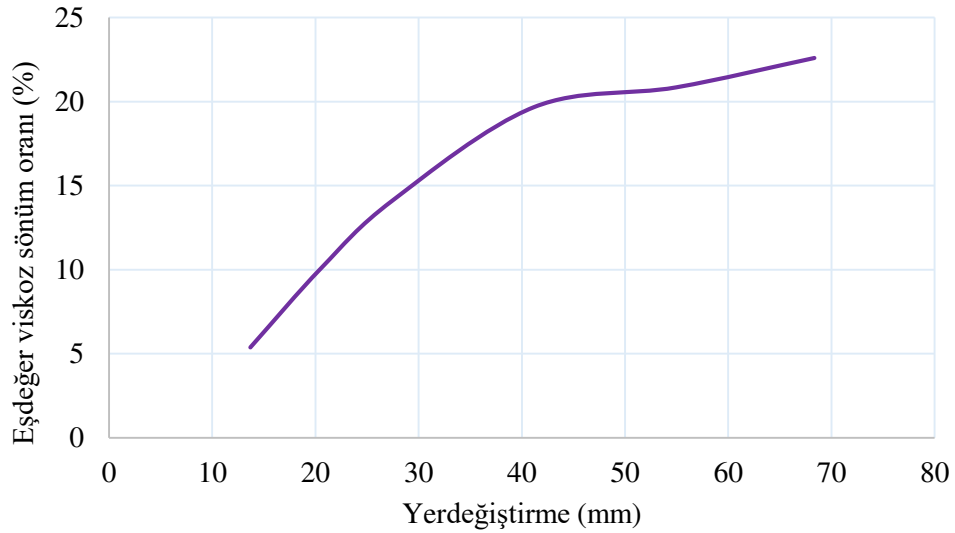
Bu şekilden, itme ve çekmede rijitlik değişiminin benzer olduğu 10 mm yerdeğiştirmeye (%0.6 yerdeğiştirme oranı) kadar rijitlikte %8 oranında bir artış olduğu, 10 mm yerdeğiştirme değerinden sonra rijitlikte azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu azalma, başlangıç rijitliğine göre yaklaşık olarak, 20 mm yerdeğiştirmede %10, 30 mm yerdeğiştirmede %20, 40 mm yerdeğiştirmede %41 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %59 düzeyinde elde edilmiştir.

SFSTD için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 68’de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan

SFSTD için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 69’ de verilmiştir



Şekil 68. SFSTD için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



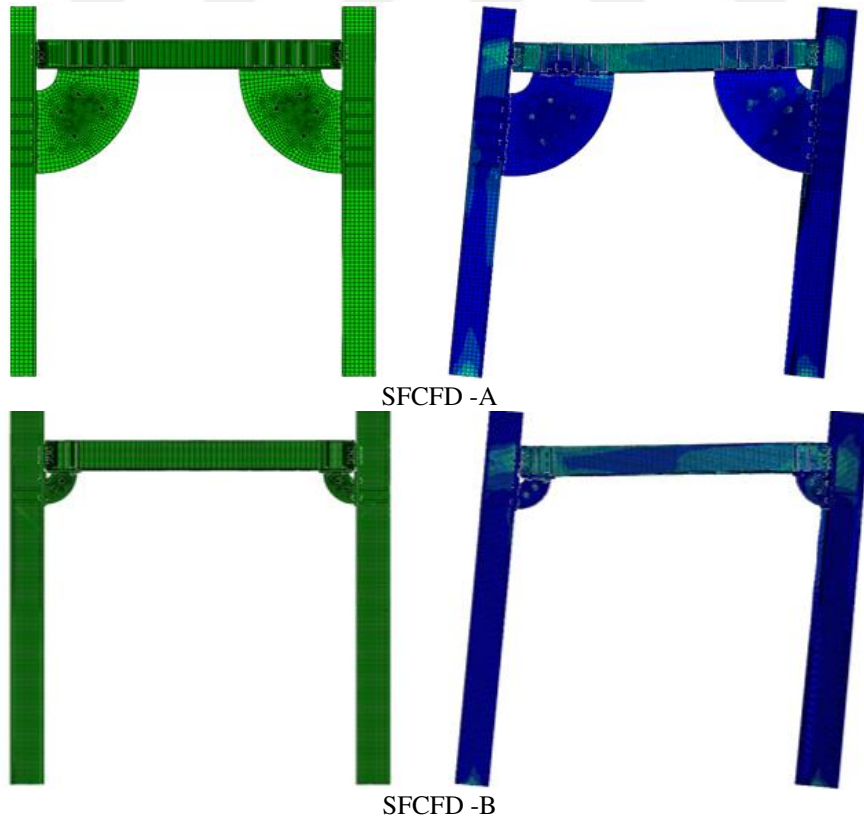
Şekil 69. SFSTD için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5) yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmaktadır

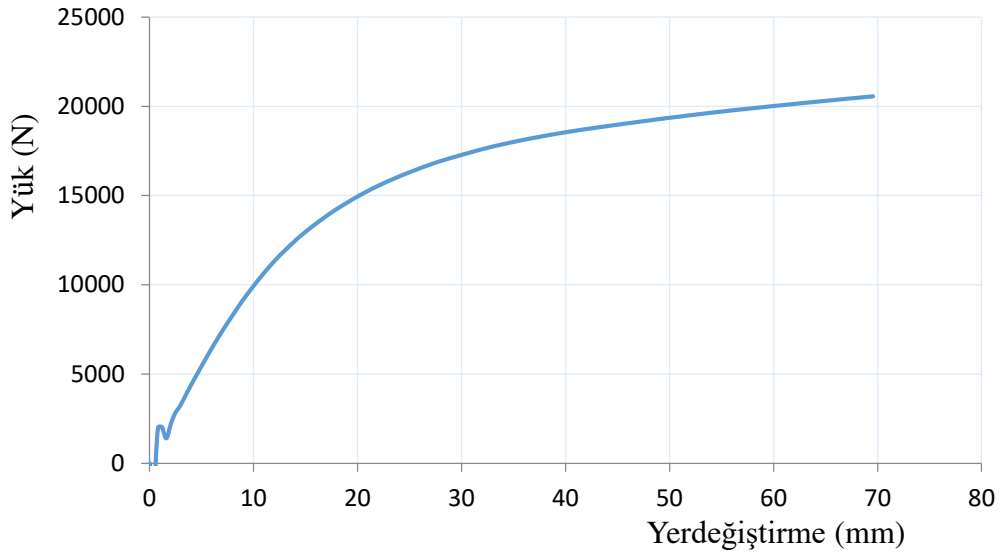
3.3.4. Eğrisel Şekilli Sürtünmeli Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCFD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

3.3.4.1. SFCFD-A ve SFCFD-B için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

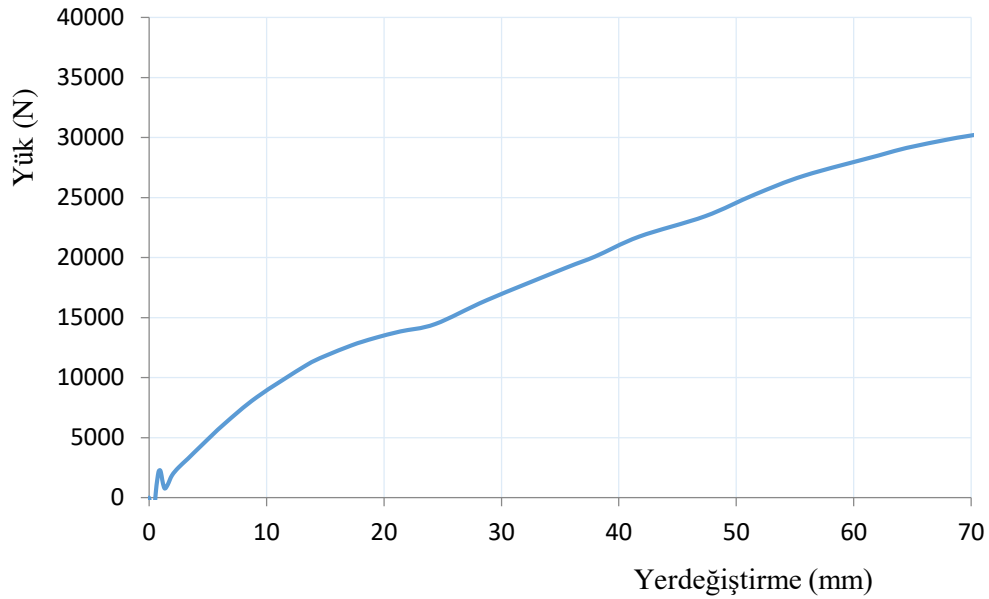
Çelik çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesine yerleştirilmek üzere tasarlanan eğrisel şekilli sürtünmeli, cıvata sıkma adımı 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 ve 1.0 mm olacak şekilde öngerme uygulanmış, metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCFD) için, statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 70). Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhalı), öngerilme kuvveti uygulanmamış, metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhalı sistem için (SFCFD-A) Şekil 71, küçük sürtünme levhalı sistem için ise (SFCFD-B) Şekil 72’ de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A için Şekil 73’ de, SFCFD-B için ise Şekil 74’ de verilmiştir.



Şekil 70. SFCFD-A ve SFCFD D-B için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri (öngerilme uygulanmamış)



Şekil 71. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi



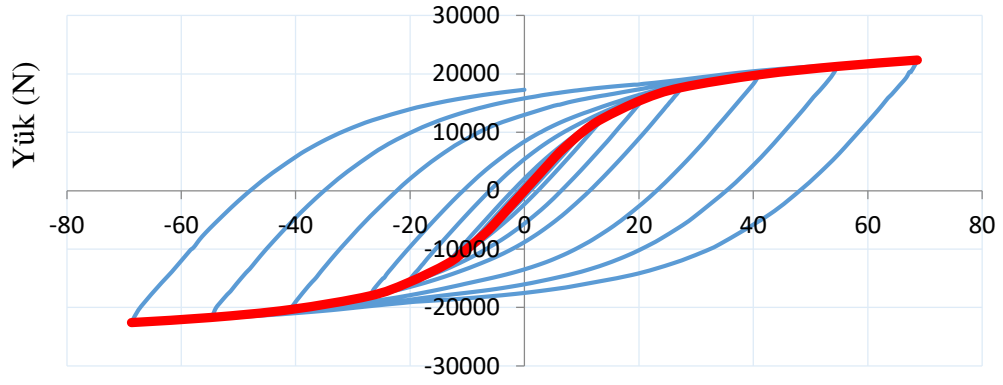
Şekil 72. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

Öngerilme uygulanmamış eğrisel şekilli sürtünmeli, büyük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-A) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 15 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 17 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 18.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 19 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 20 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise

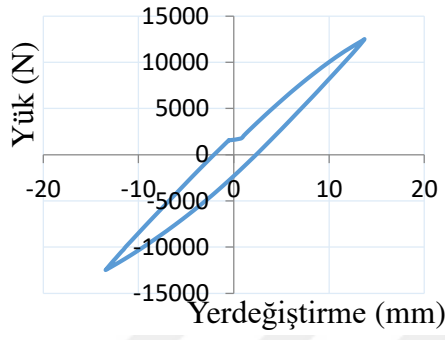
20.5 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 8 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 40 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2.5) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.

Öngerilme uygulanmamış eğrisel şekilli sürtünmeli, küçük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-B) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 8.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 13.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 16.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 21 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 25 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 28 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 30 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 9 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.

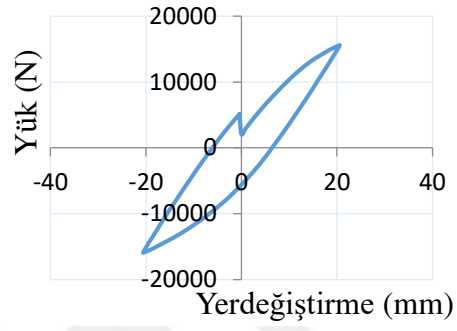
Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeveler üzerinde yapılan statik itme analizlerden elde edilen bulgulara göre, öngerilme uygulanmamış büyük levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve, küçük levhalı öngerilme uygulanmamış çelik çerçeveye göre 30 mm yerdeğiştirme değerine kadar daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğu, ancak 30 mm yerdeğiştirmeden sonra küçük levhalı çelik çerçevenin yük taşıma kapasitesinin daha fazla olduğu görülmüştür. Buna göre, öngerilme uygulanmamış eğrisel şekilli büyük sürtünme levhasına sahip metalik sönümleyicinin 40 mm yerdeğiştirmeden sonra kapasitesinin artış oranında azama olduğu, küçük levhalı metalik sönümleyicide ise başlangıç yük taşıma kapasitesinin düşük olmasına rağmen, ilerleyen adımlarda yük taşıma kapasitesinin artmaya devam ettiği, örneğin 50 mm yerdeğiştirme (yerdeğiştirme oranı %3) küçük levhalı metalik sönümleyicinin yük taşıma kapasitesi, büyük levhalı metalik sönümleyiciye göre, %32 oranında bir artış göstermiştir. Bu artış son yükleme adımında (70 mm) ise %46 düzeyinde olmuştur.



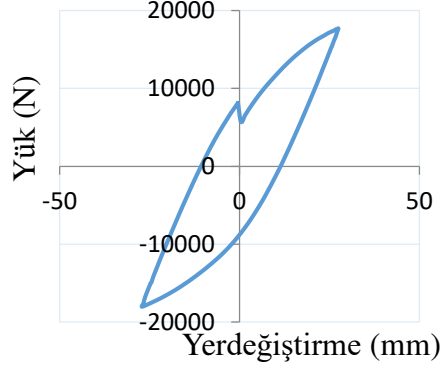
Yerdeğiştirme (mm)



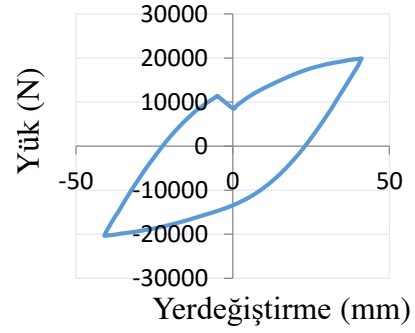
Yerdeğiştirme (mm)



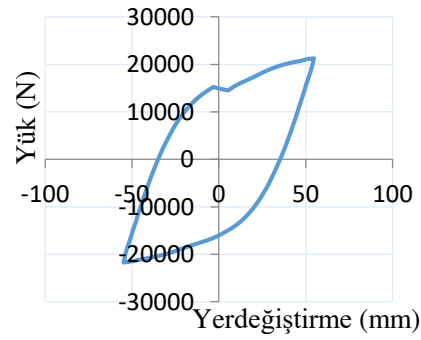
Yerdeğiştirme (mm)



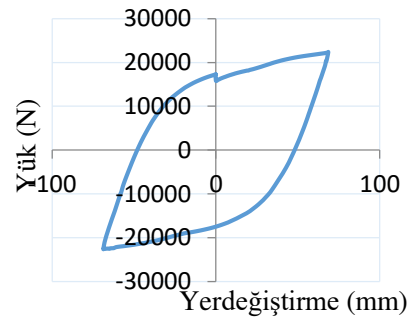
Yerdeğiştirme (mm)



Yerdeğiştirme (mm)

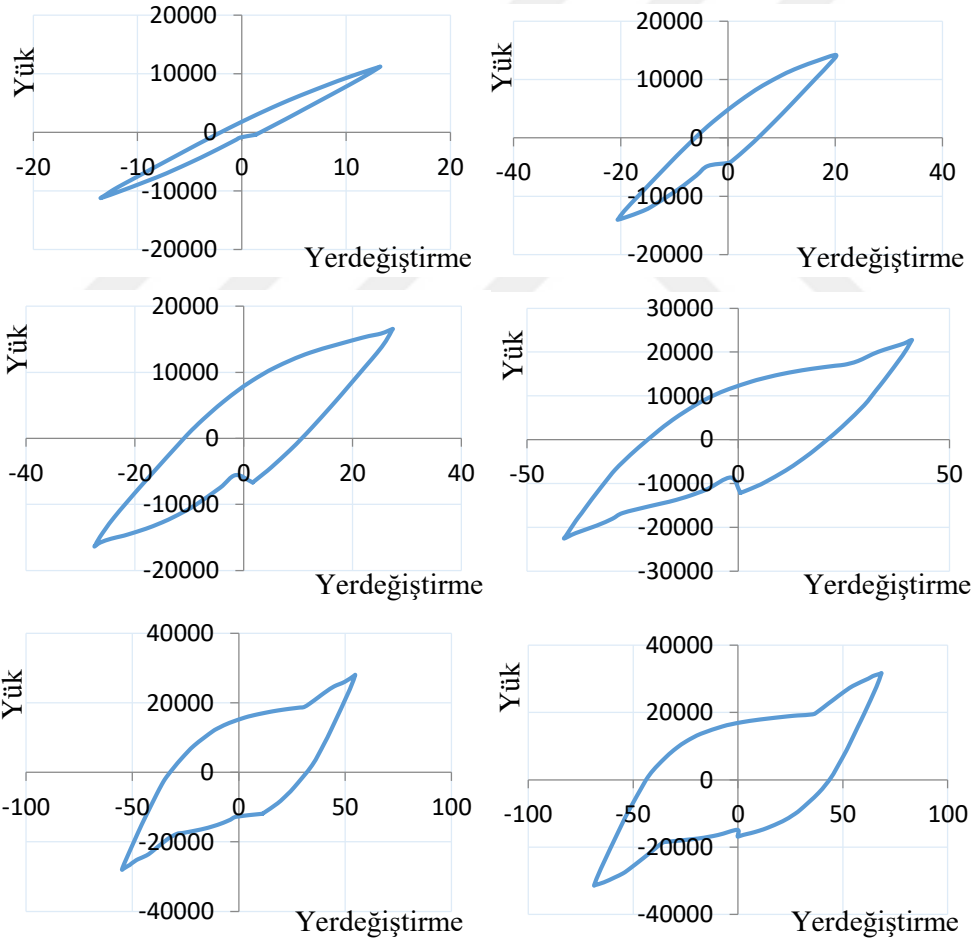
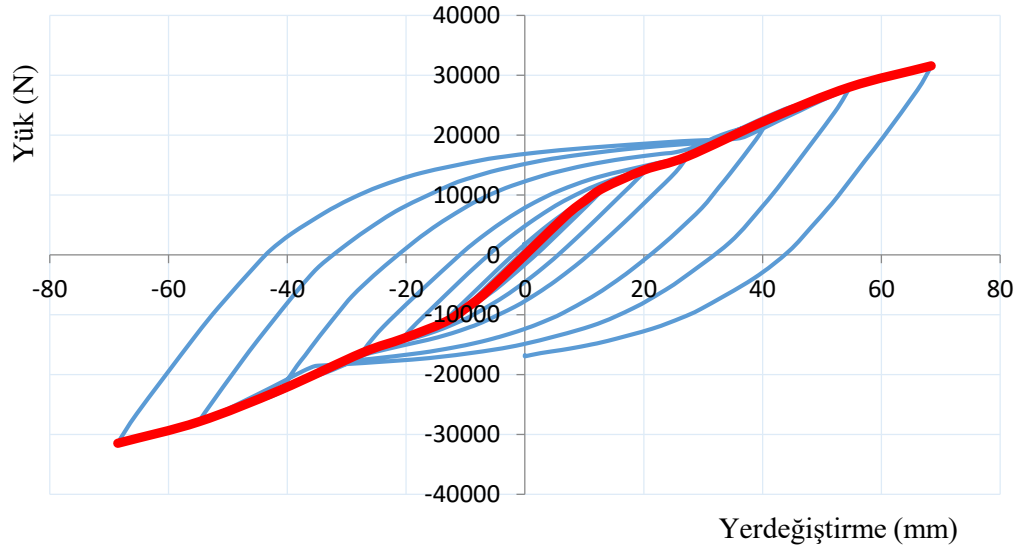


Yerdeğiştirme (mm)



Yerdeğiştirme (mm)

Şekil 73. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

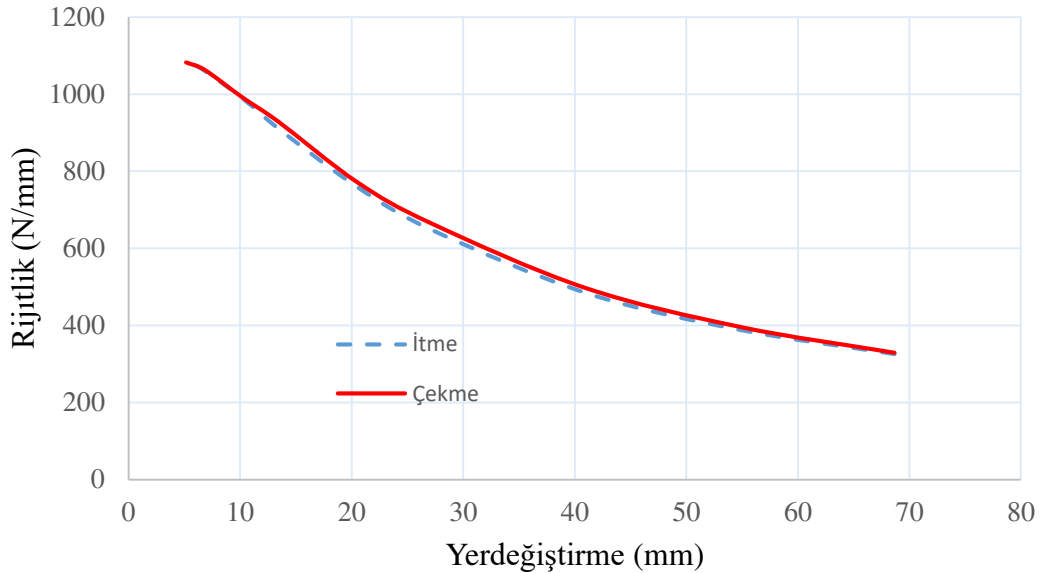


Şekil 74. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

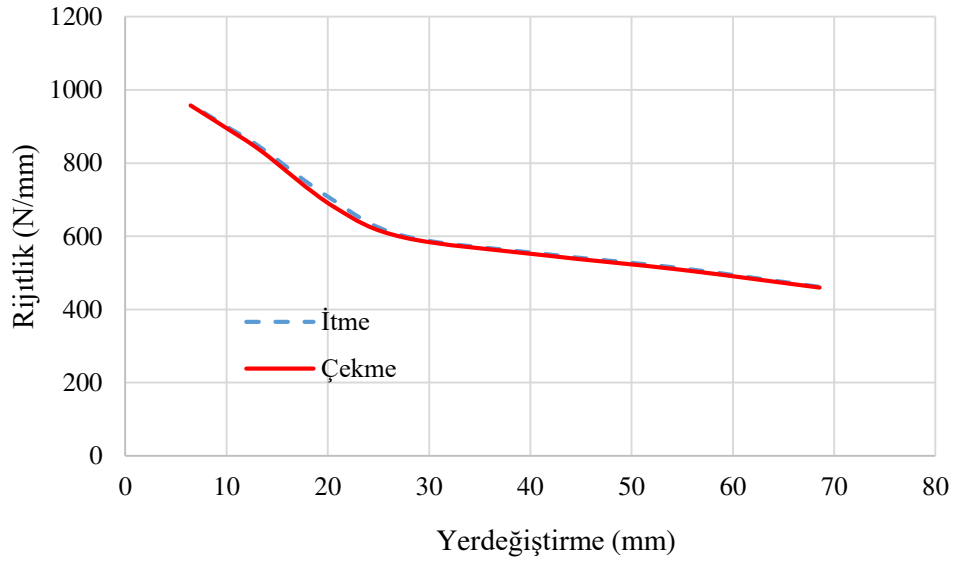
Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 9.9

kN, 20 mm yerdeğiştirmede 15 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 19.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 21 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 21.5 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 22 kN olarak elde edilmiştir. SFCFD -B için ise, 10 mm yerdeğiştirmede 8 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 14 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 19 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 23 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 26 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 30 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 32 kN olarak elde edilmiştir. Öngerilme uygulanmamış SFCFD -A ve SFCFD-B için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak, öngerilme uygulanmamış küçük levhalı metalik sönüm sönümleyicili sistemin çevrimsel yükleme altında, yaklaşık 30 mm yerdeğiştirme adımımdan sonra çevrimsel yük taşıma kapasitesinin de arttığı görölmektedir. Bu artışın metalik sönümleyici olarak kullanılan levha boyutlarının küçük olması nedeniyle, ilerleyen adımlarda yerdeğiştirme kapasitesini tamamladığı ve çelik çerçeve ile birlikte çalışmalarından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Öngerilme uygulanmamış SFCFD -A ve SFCFD -B için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCFD -A için şekil 75' de SFCFD -B için ise şekil 76' da verilmiştir.



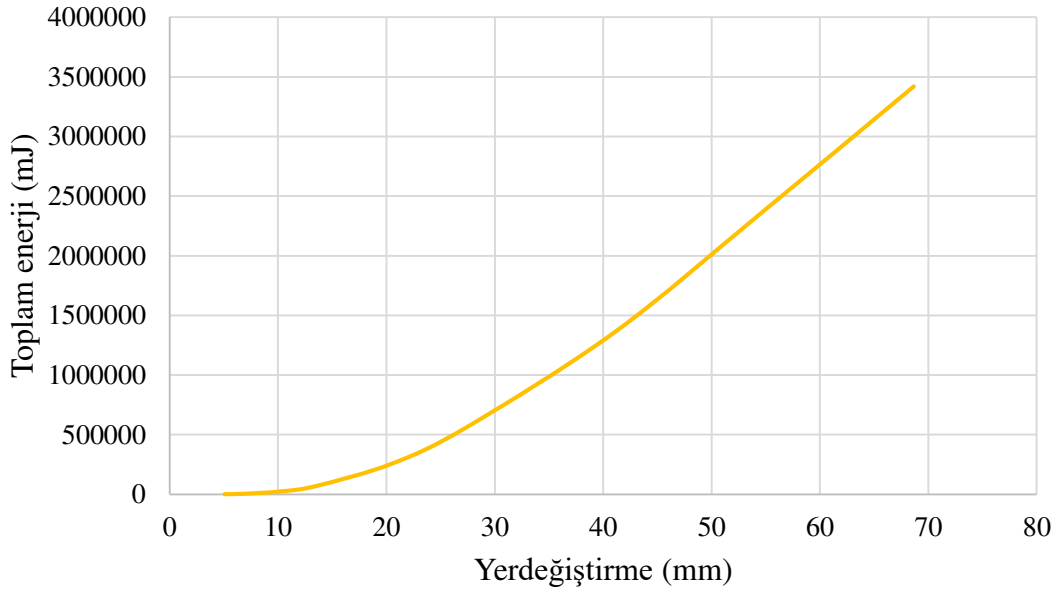
şekil 75. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi



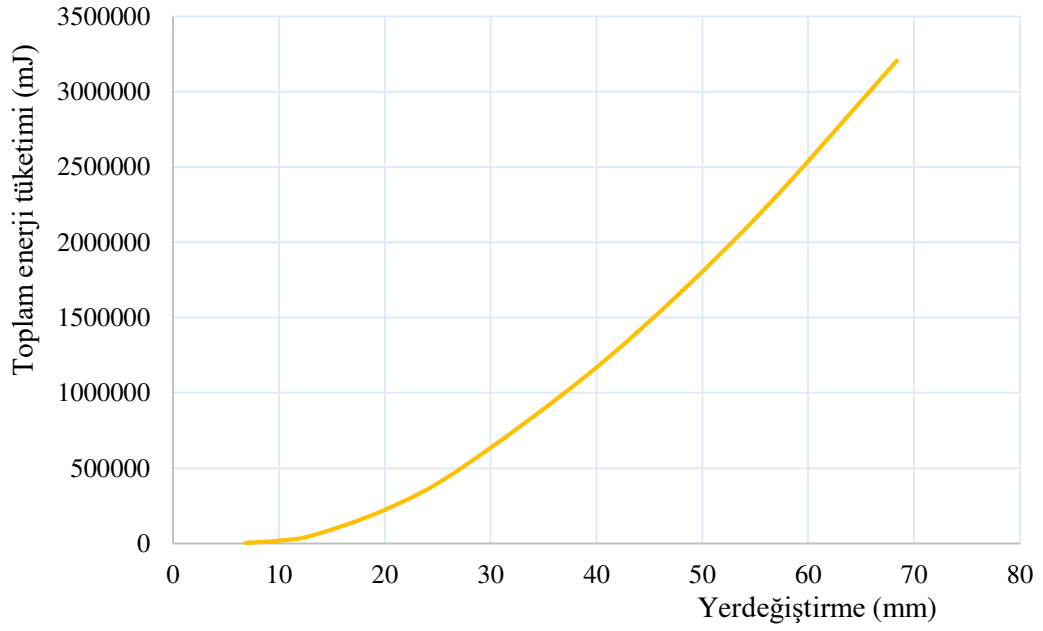
Şekil 76. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

Öngerilme uygulanmamış eğrisel şekilli büyük sürtünme levhali metalik sönümleyicinin (SFCFD-A) 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %0.9 oranında bir artış olduğu, bu azalmanın SFCFD-B için yaklaşık %7 olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B sisteminde 25 mm yerdeğiştirme değerine kadar rijitlikte ani bir düşüş olduğu, bu değerden sonra rijitlik düşüşünde bir azalma gözlemlenmiştir. Her iki sistemde de rijitlik değişimi, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A ve SFCFD-B için %29, 30 mm yerdeğiştirmede %37, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A için %54, SFCFD-B için %43, 50 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A için %61, SFCFD-B için %41, 60 mm yerdeğiştirme adımı SFCFD-A için %65, SFCFD-B için %48 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık SFCFD-A için %70, SFCFD-B için %52 düzeyinde elde edilmiştir.

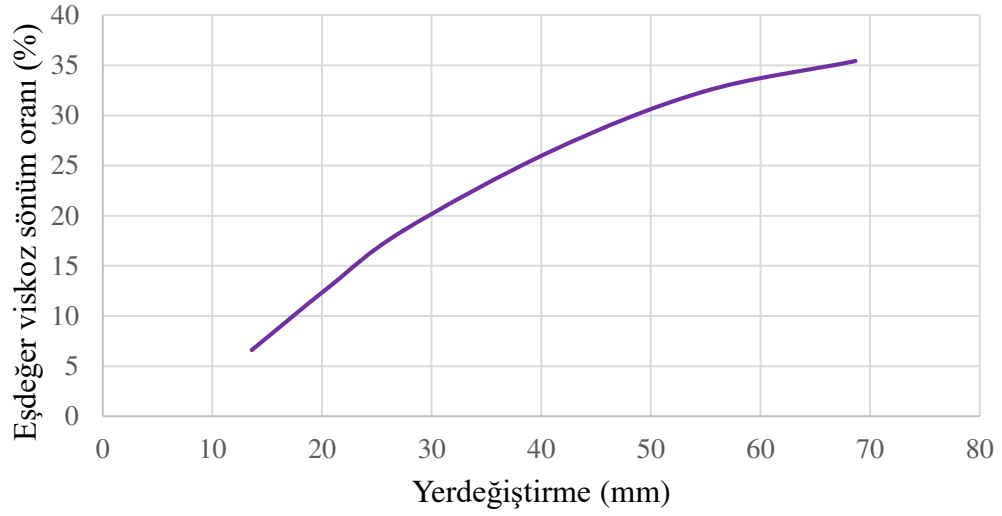
Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD -A için Şekil 77' de SFCFD -B için ise Şekil 78' de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD -A için Şekil 79' de, SFCFD -B için ise Şekil 80' de verilmiştir.



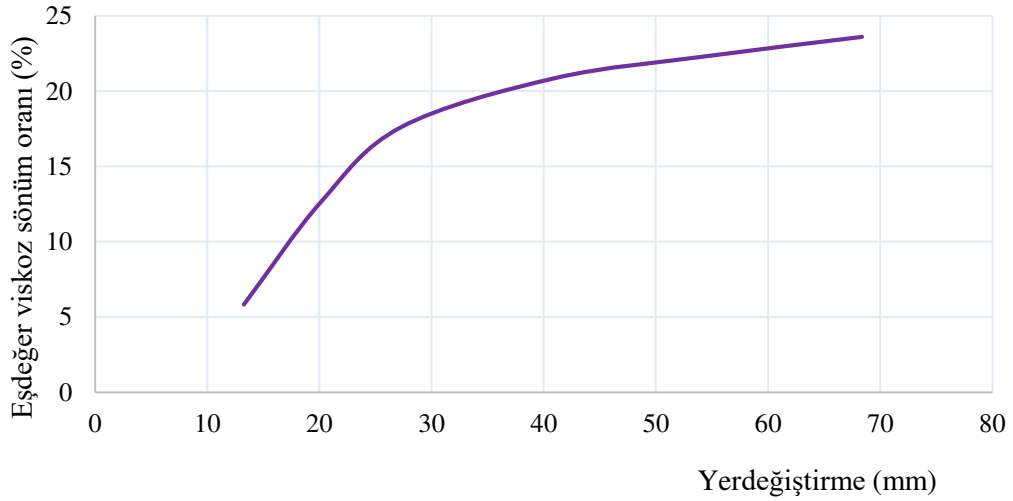
Şekil 77. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 78. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 79. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-A için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

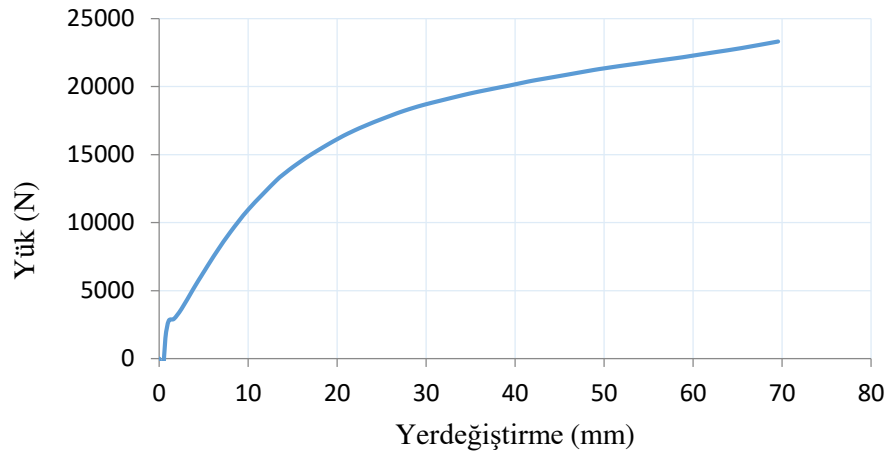


Şekil 80. Öngerilme uygulanmamış SFCFD-B için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

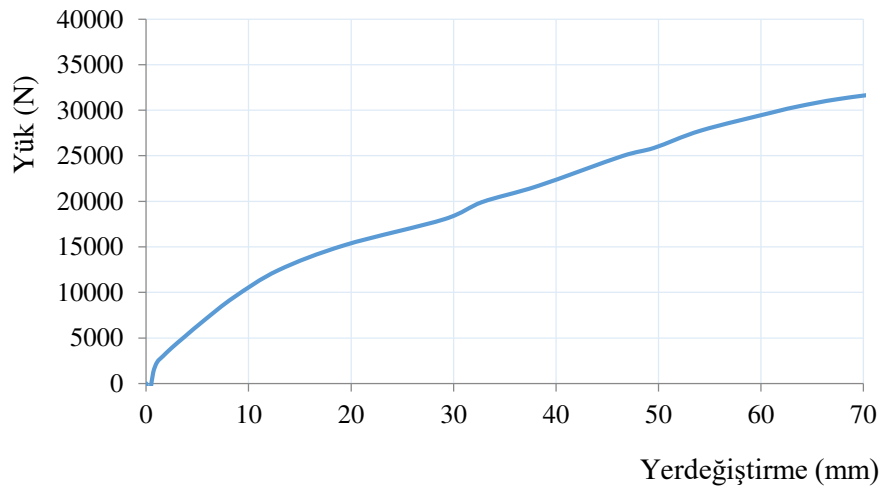
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhalı sönümleyiciler (SFCFD-A), SFCFD-B' ye göre %7 daha fazla enerji tüketmiştir. SFCFD-A' nın eşdeğer viskoz sönümü ise, SFCFD-B' ye göre %54 daha fazla olmuştur. Ancak SFCFD-B' de yaklaşık 25 mm yerdeğiştirmeye kadar viskoz sönüm oranında ani bir artış olmuş, bu değerden sonra artış hızında önemli oranda düşme gözlenmiştir.

3.3.4.2. SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhalı) 0.1 mm cıvatalar sıkılarak öngerme kuvveti uygulanmış, SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhalı sistem için (SFCFD-A0.1) için Şekil 81’de, küçük sürtünme levhalı sistem için ise (SFCFD-B0.1) için Şekil 82’ de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.1 için Şekil 83’ de, SFCFD-B0.1 için ise Şekil 84’ de verilmiştir.



Şekil 81. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

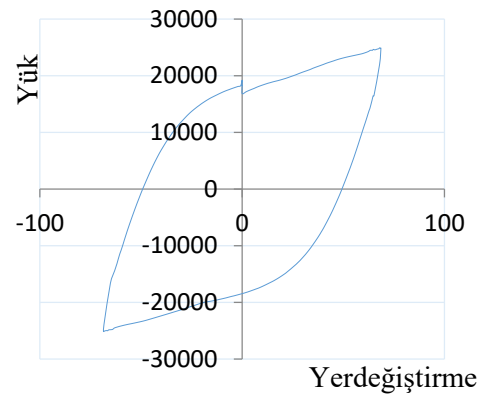
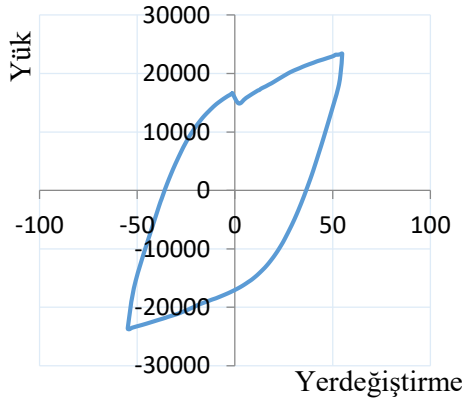
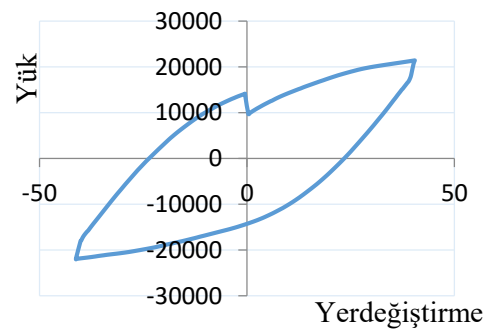
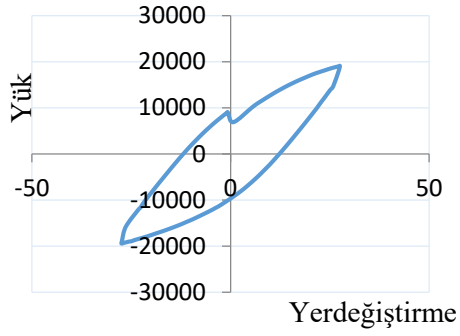
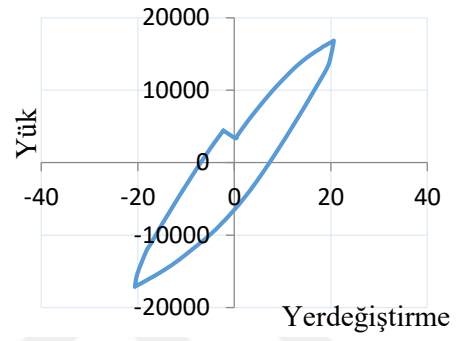
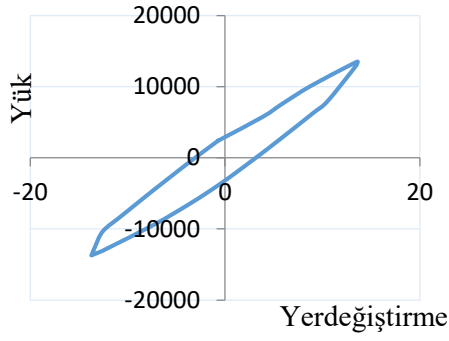
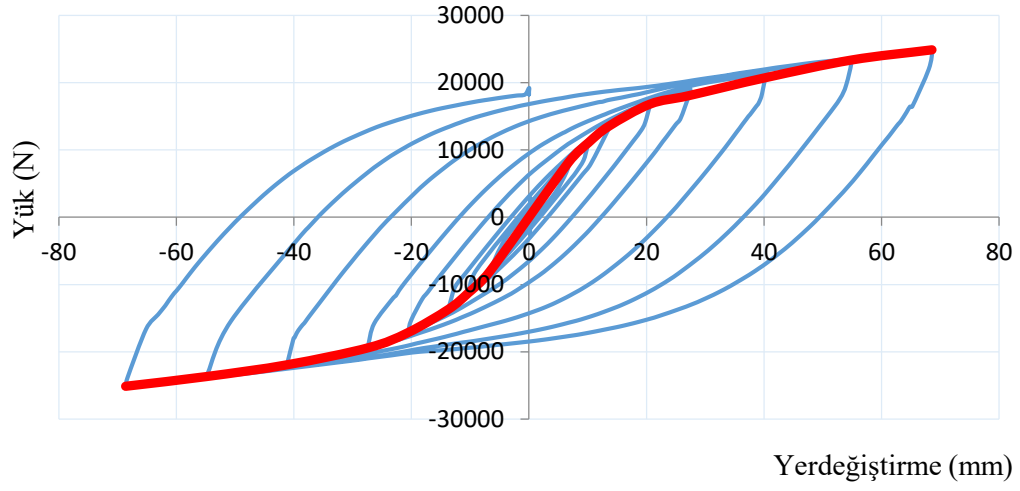


Şekil 82. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

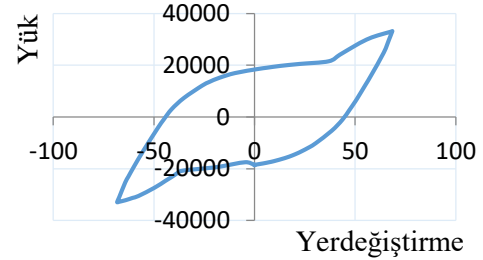
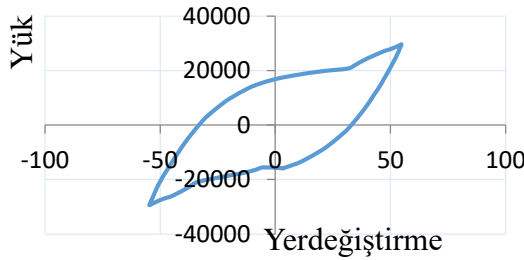
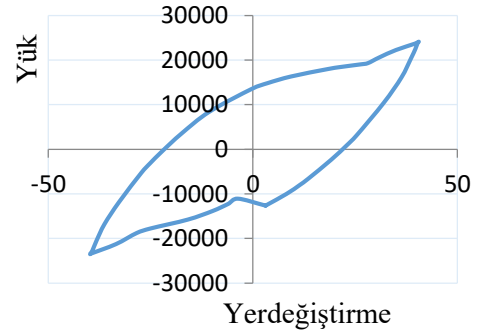
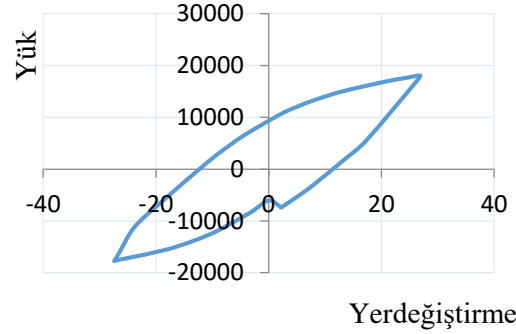
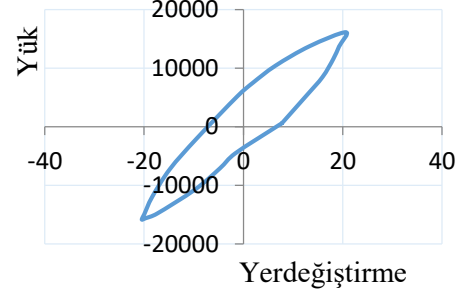
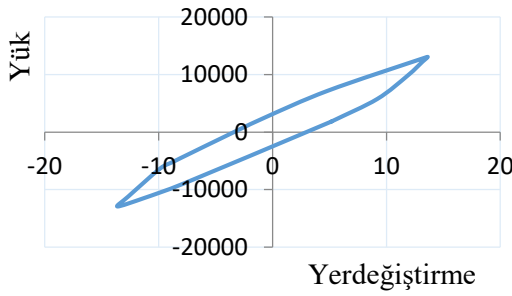
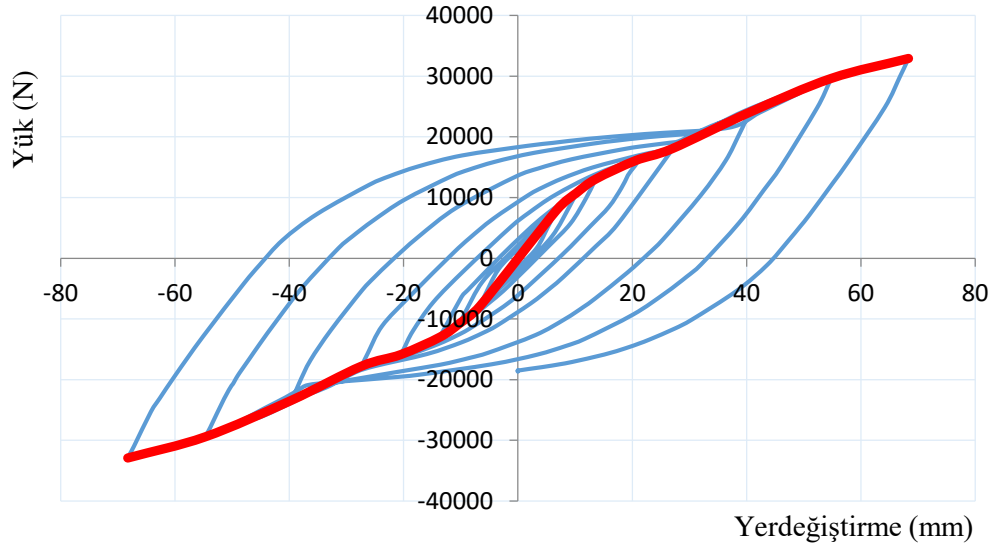
Cıvata sıkma adımı 0.1 mm alınarak önerilme uygulanmış eğrisel şekilli sürtünmeli, büyük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-A0.1) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 11 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 19 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 21 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 22 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 23 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 9 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 30 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının azaldığı görülmektedir.

Öngerilme uygulanmış eğrisel şekilli sürtünmeli, küçük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-B0.1) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 12 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 15 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 22 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 30 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 32 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 9 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeveler üzerinde yapılan statik itme analizlerden elde edilen bulgulara göre, cıvata sıkma adımı 0.1 mm alınarak verilen öngerilme sonucunda, SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 elemanlarında, önerilme verilmemiş olanlarla (SFCFD-A ve SFCFD-B) benzer davranış göstermişlerdir. Ancak öngerilme uygulanmış olan büyük levhalı ve küçük levhalı metalik sönümleyicili çerçevelerin yük taşıma kapasitesi, öngerilme uygulanmamış olanlara göre %10 oranında artış olmuştur. Bu artış her iki metalik sönümleyicili çelik çerçevenin her bir yük adımında yaklaşık aynı oranda olmuştur. Diğer bir değişle sürtünme levhalarına cıvata sıkma adımını 0.1 mm alarak verilen önerilme kuvveti taşıma kapasite kapasitesinin ancak %10 artırmıştır



Şekil 83. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

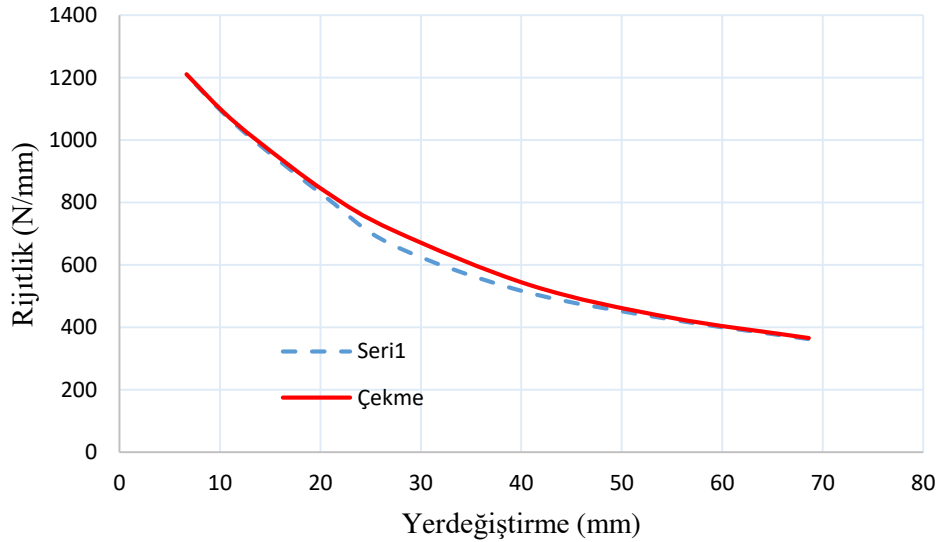


Şekil 84. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

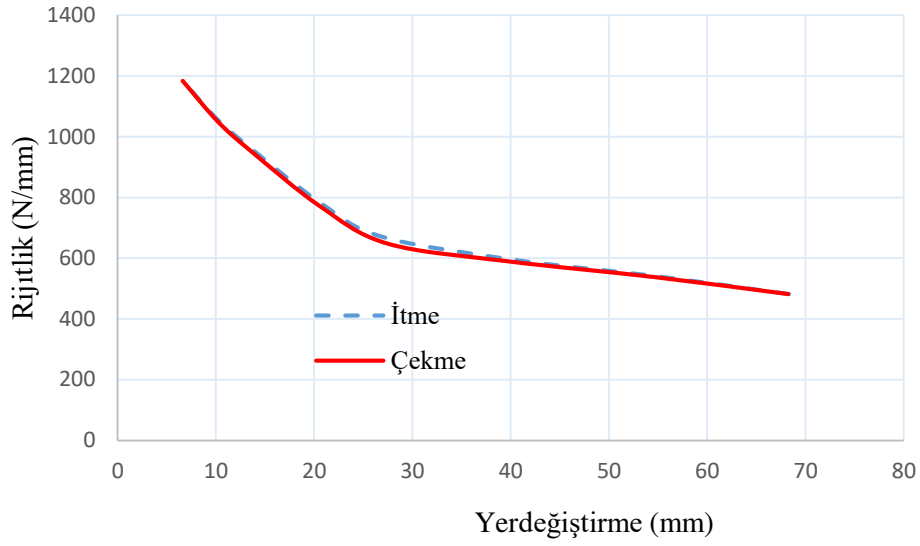
Cıvata sıkma adımı 0.1 mm alınarak öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz

sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 12.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.7 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 23 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 24 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 25 kN olarak elde edilmiştir. SFCFD-B0.1 için ise, 10 mm yerdeğiştirmede 10 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 24 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 28 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 31 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede, önerilme uygulanmamış olan sönümleyicide olduğu gibi 32 kN olarak elde edilmiştir. SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak, Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1’ de, önerilme uygulanmamış olana göre başlangıç adımlarında %10’ luk taşıma gücünde artış gözenmiş, bu artış çevrim sayısının artmasıyla %5’ e kadar düşmüştür. SFCFD-B0.1 için ise başlangıç adımında, önerilme uygulanmamış olana göre %25 oranındaki yatay yük artışı, çevrim adımları arttıkkça azalmış, 20 mm yerdeğiştirmede %14, 30 mm yerdeğiştirmede %5 değerini almıştır.

Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCFD-A0.1 için şekil 85’ de SFCFD-B0.1 için ise şekil 86’ da verilmiştir.



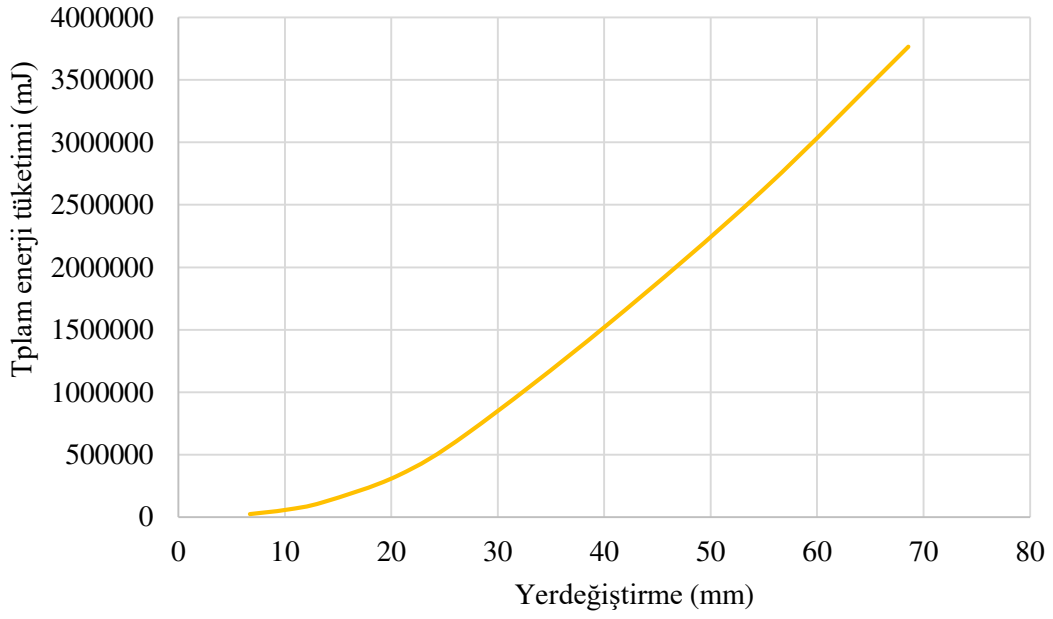
şekil 85. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)



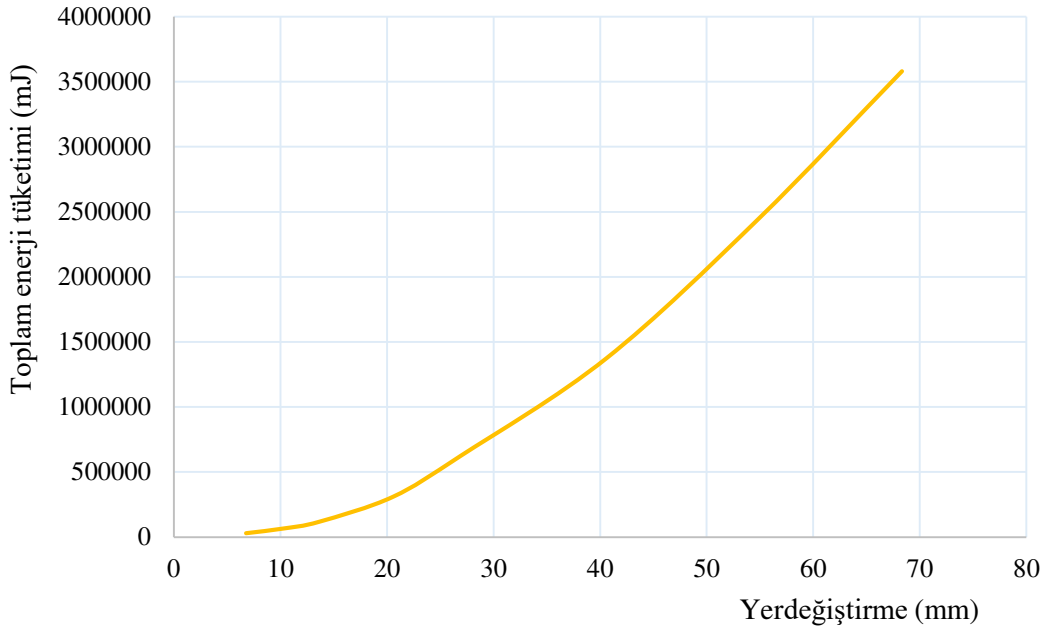
Şekil 86. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

Şekillerden görüldüğü gibi, SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 elemanlarının rijitlik değerlerindeki azalma öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B elemanlarınkilerine benzerdir. SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 elemanları için 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmasının %0.9 oranında olduğu, olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B0.1 sisteminde de 25 mm yerdeğiştirme değerine kadar rijitlikte ani bir düşüş olduğu, bu değerden sonra rijitlik düşüşünde bir azalma gözlemlenmiştir. Rijitlik değerindeki azalma, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.1 için %31, SFCFD-B0.1 için ise %34, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.1 için %41, SFCFD-B0.1 için ise %50 oranında olmuştur. Rijitlik değerindeki azalma, öngerilme uygulanmamış olanlarda olduğu gibi, küçük levhalı olanlarda daha fazla olmuştur.

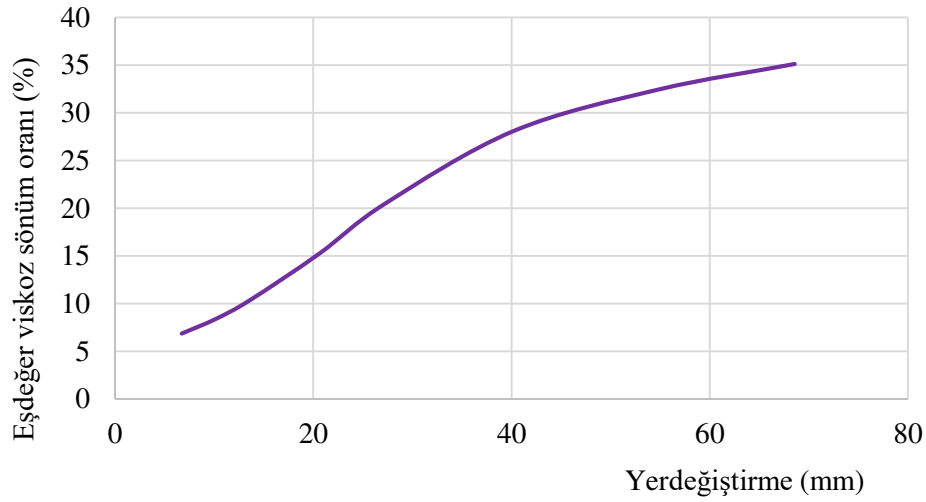
Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.1 için Şekil 87'de, SFCFD-B0.1 için ise Şekil 88'de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD-A0.1 ve SFCFD-B0.1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.1 için Şekil 89'da, SFCFD-B0.1 için ise Şekil 90'da verilmiştir.



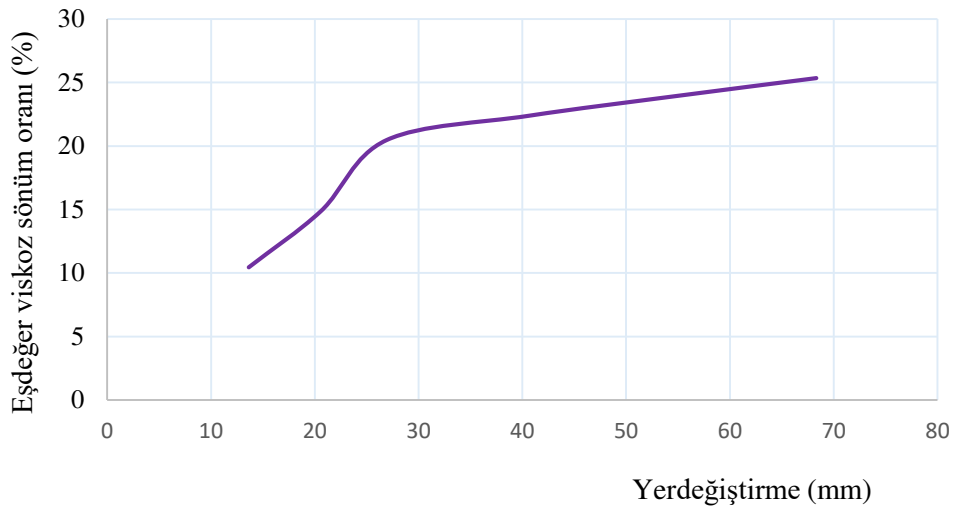
Şekil 87. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)



Şekil 88. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)



Şekil 89. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

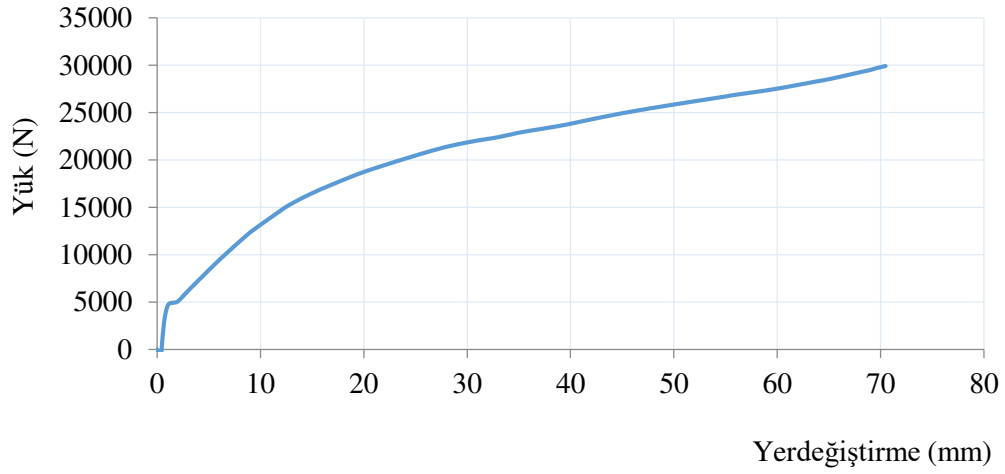


Şekil 90. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.1 mm)

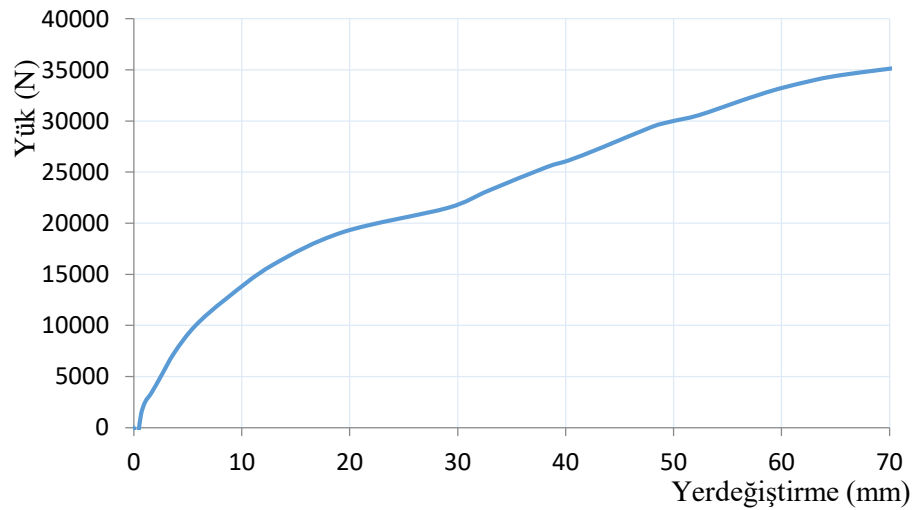
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhalı sönümleyiciler (SFCFD-A0.1), SFCFD-B0.1' ye göre %5 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Bu oran öngerilme uygulanmamış sürtünmeli sönümleyicilerde %7 dir. SFCFD-A0.1' in eşdeğer viskoz sönümü ise, SFCFD-B0.1' e göre %40 daha fazla olmuştur. Bu değer önerilme uygulanmamış olanlar arasındaki orandan (%54) daha küçük elde edilmiştir. Ancak SFCFD-B0.1' de de SFCFD-B' de olduğu gibi, yaklaşık 25 mm yerdeğiştirmeye kadar viskoz sönüm oranında ani bir artış olmuş, bu değerden sonra artış hızında önemli oranda düşme gözlenmiştir.

3.3.4.3. SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhali) 0.3 mm civatalar sıkılarak öngerme kuvveti uygulanmış, SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhali sistem için (SFCFD-A0.3) için Şekil 91’de, küçük sürtünme levhali sistem için ise (SFCFD-B0.3) için Şekil 92’ de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.3 için Şekil 93’ de, SFCFD-B0.3 için ise Şekil 94’ de verilmiştir.



Şekil 91. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 0.3 mm)

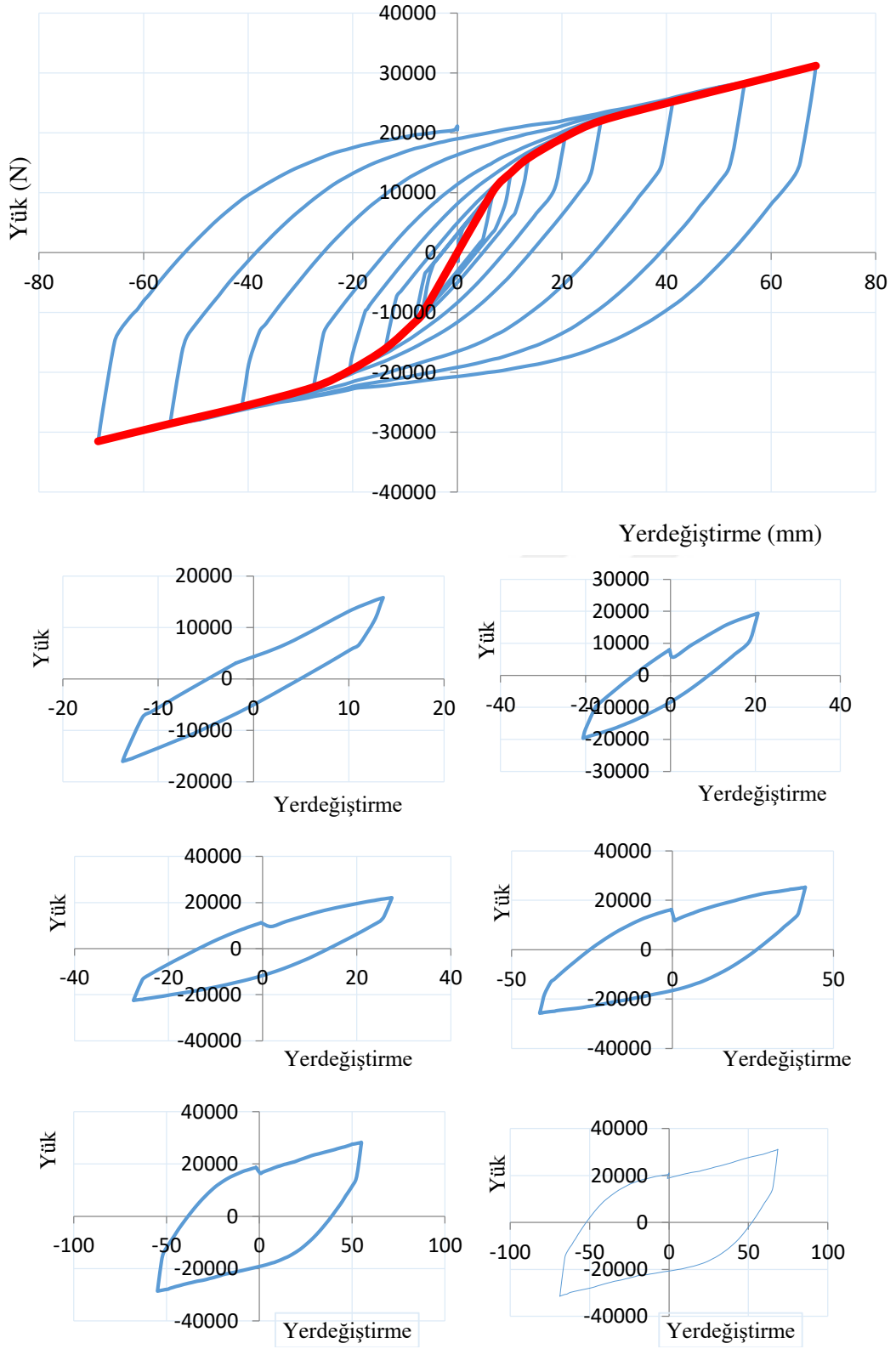


Şekil 92. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 0.3 mm)

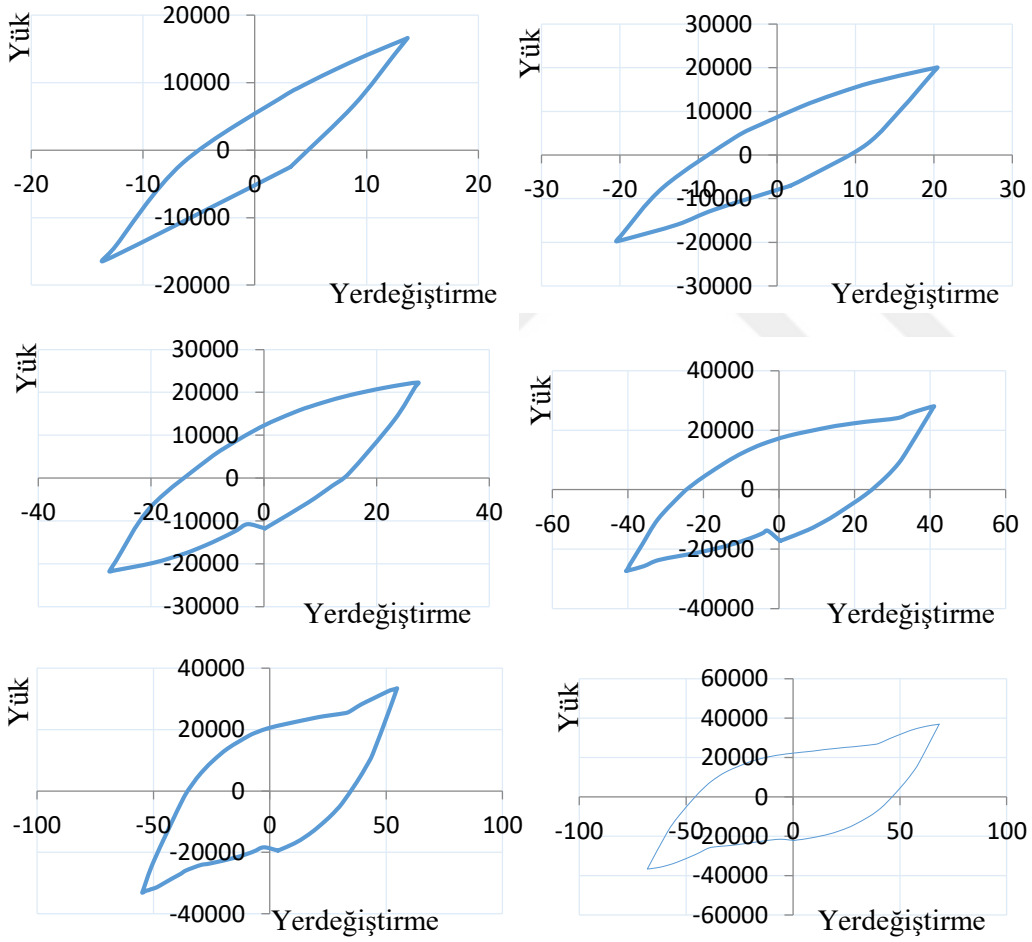
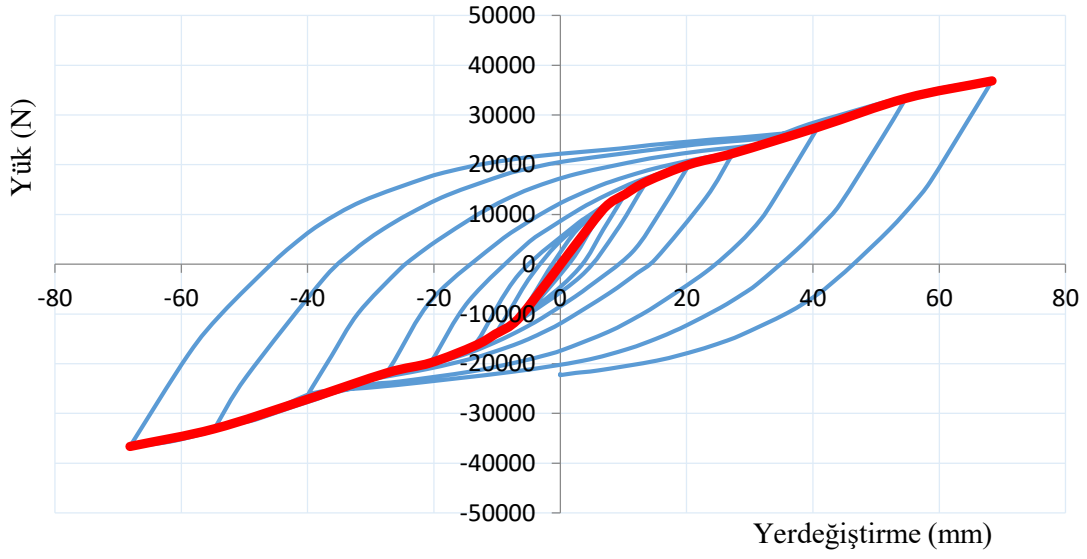
Cıvata sıkma adımı 0.3 mm alınarak önerilme uygulanmış eğrisel şekilli sürtünmeli, büyük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-A0.3) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 14 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 19 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 22 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 24 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 27.5 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 30 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 8 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.5) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 11 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.

Önerilme uygulanmış eğrisel şekilli sürtünmeli, küçük levhalı, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCFD-B0.3) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 30 mm yatay yerdeğiştirme değeri kadar, yük taşıma kapasitesi, SFCFD-A0.3 ile aynı olmuştur. SFCFD-B0.3, 40 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 30 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 33 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 35 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 6 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.4) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 10 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeveler üzerinde yapılan statik itme analizlerden elde edilen bulgulara göre, cıvata sıkma adımı 0.3 mm alınarak verilen önerilme sonucunda, SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 elemanlarında, önerilme verilmemiş olanlarla (SFCFD-A ve SFCFD-B) benzer davranış göstermişlerdir. Ancak önerilme uygulanmış metalik sönümleyicili çelik çerçeveden büyük levhalı metalik sönümleyicili olanın, önerilme uygulanmamış olanlara göre %45 oranında, küçük levhalılarda ise %17 artmıştır. Cıvata sıkma adımının 0.3 alınması durumunda, büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçevenin yük taşıma kapasitesi, küçük levhalıya göre artmıştır. Bu artış önerilme kuvvetinin etkinliğı ile büyük levhaların sürtünme yüzeylerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 93. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)

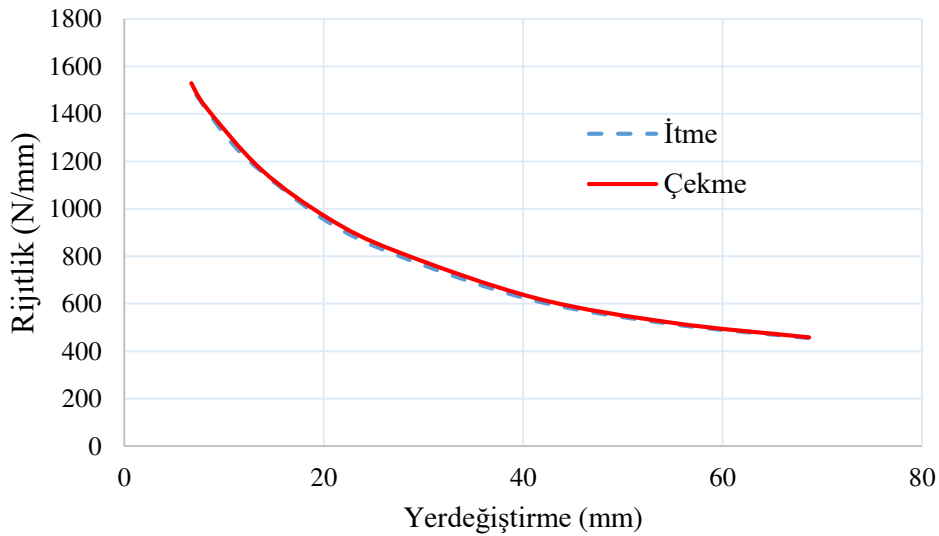


Şekil 94. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)

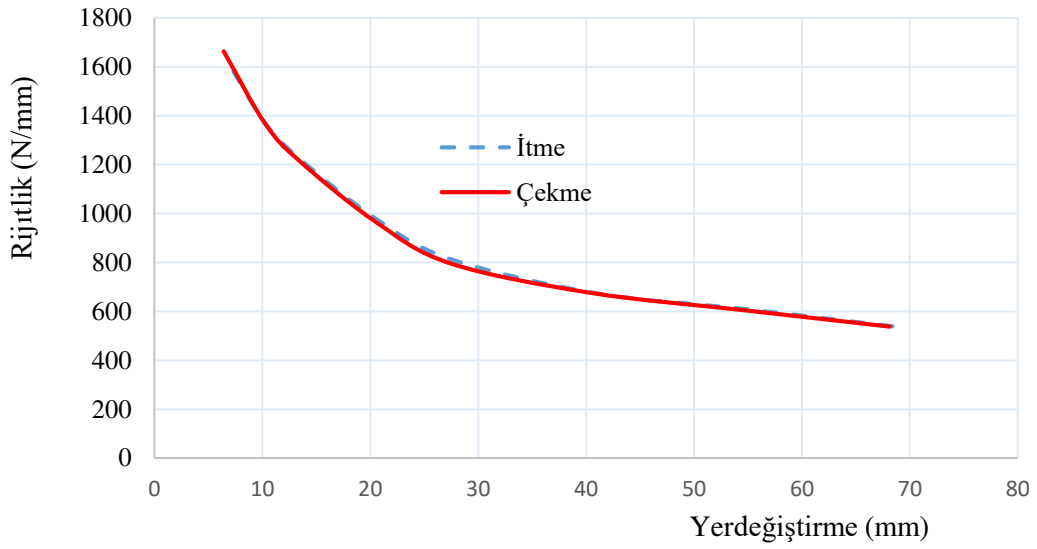
Cıvata sıkma adımı 0.3 mm alınarak öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 13 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 21 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 25 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 27 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 30 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 32 kN olarak elde edilmiştir. SFCFD-B0.3 için ise, 10 mm yerdeğiştirmede 14 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 23 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 27 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 33 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 35 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede, öngerilme uygulanmamış olan sönümleyicide olduğu gibi 37 kN olarak elde edilmiştir.

SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak, Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3’ de, öngerilme uygulanmamış olana göre başlangıç adımlarında %30 luk taşıma gücünde artış gözenmiş, bu artış çevrim sayısının artmasıyla %45’ oranına ulaşmıştır. SFCFD-B0.3 için ise çevrim adımlarına bağlı olarak, öngerilme uygulanmamış olana göre %40 oranındaki yatay yük artışı, nihai çevrim adımında %68 oranına ulaşmıştır.

Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCFD-A0.3 için Şekil 95’ de SFCFD-B0.3 için ise Şekil 96’ da verilmiştir.



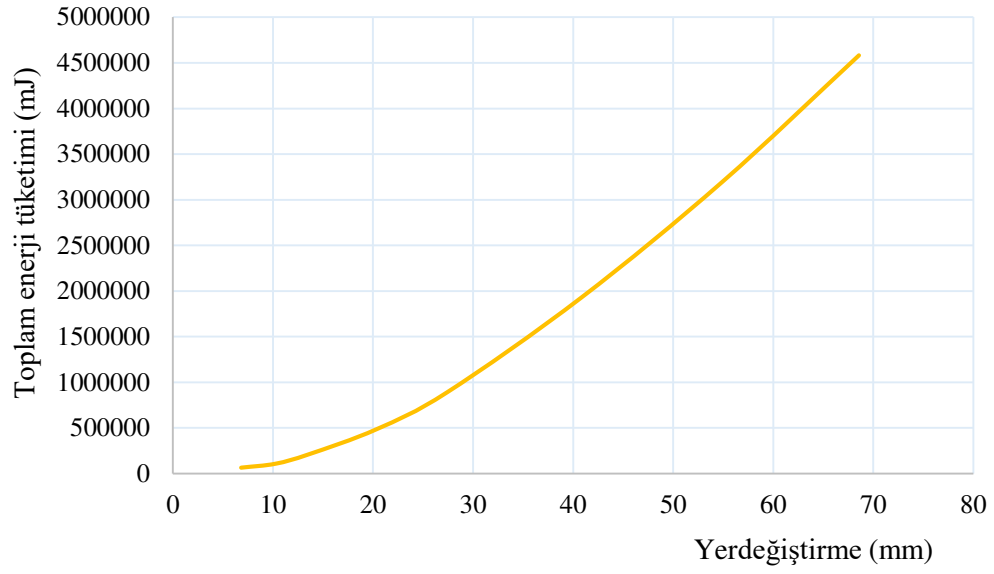
Şekil 95. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)



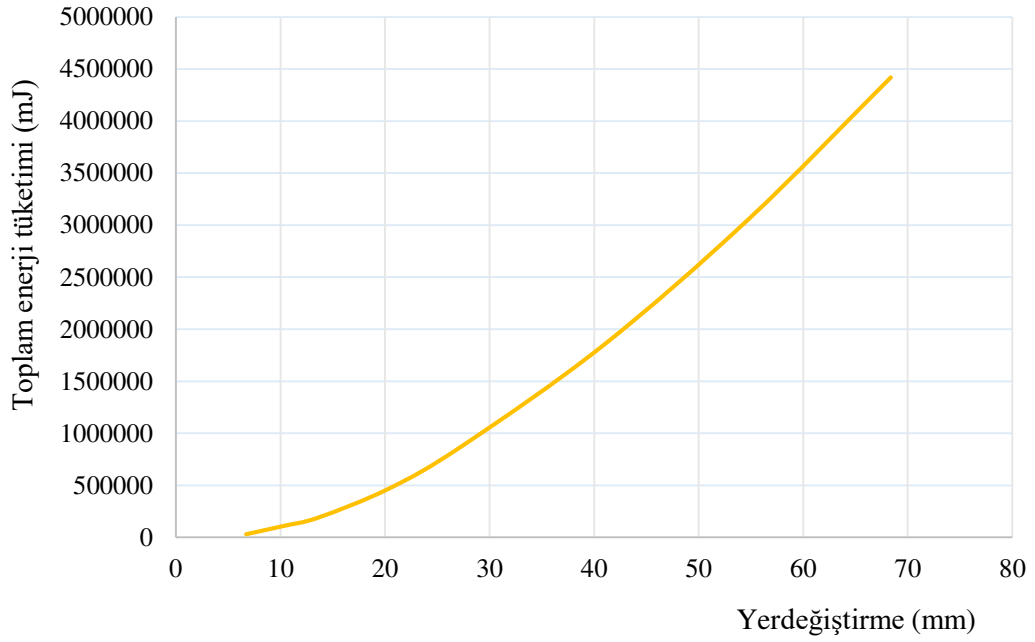
Şekil 96. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)

Şekillerden görüldüğü gibi, SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 elemanlarının rijitlik değerlerindeki azalma öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B elemanlarınkilerine benzerdir. SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 elemanları için 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmasının sırasıyla %21 ve %18 oranında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B0.3' de SFCFD-B0.1' de olduğu gibi rijitlik değerinde ani bir düşüş gözlemlenmemiştir. Rijitlik değerindeki azalma, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.3 için %38, SFCFD-B0.3 için ise %40, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.3 için %59, SFCFD-B0.3 için ise %60 oranında olmuştur. Nihai yerdeğiştirme adımıyla ise rijitlik azalması ise SFCFD-A0.3 ' de %70, SFCFD-B0.3' de ise %67 oranında olmuştur. Rijitlik azalma oranları cıvata adımı 0.3 alınarak öngerilme verilen elemanların her ikisinde de yaklaşık olarak aynı düzeydedir.

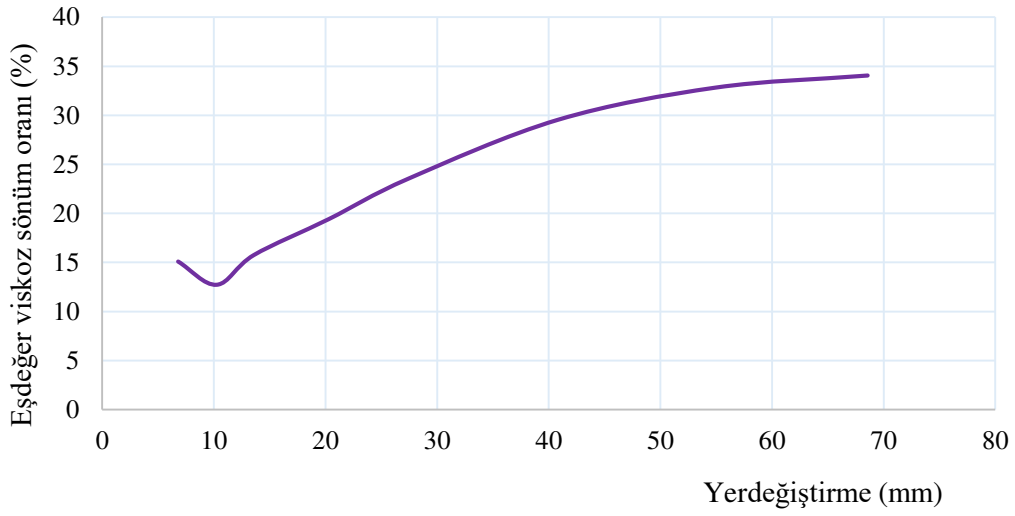
Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 ve SFCFD-B0.3 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.3 için Şekil 97' de, SFCFD-B0.3 için ise Şekil 98' de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.3 için Şekil 99' da, SFCFD-B0.3 için ise Şekil 100' de verilmiştir.



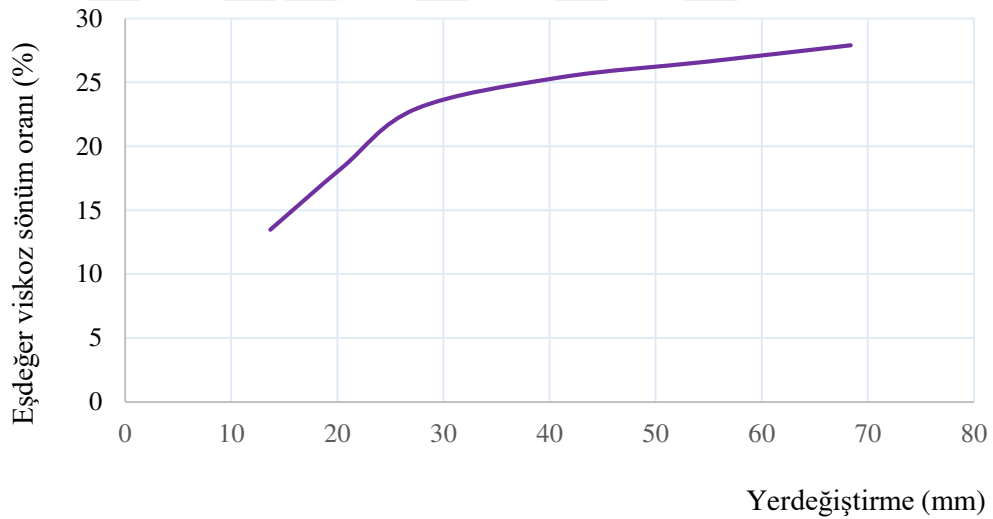
Şekil 97. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)



Şekil 98. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)



Şekil 99. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)

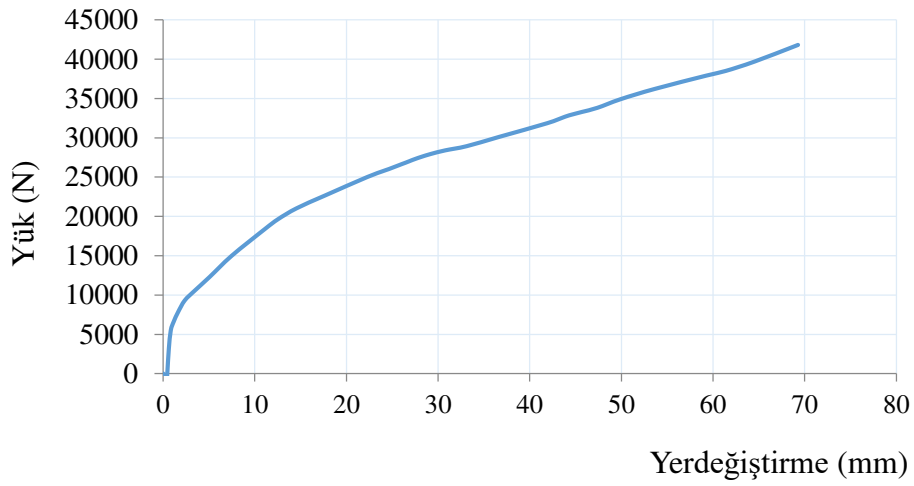


Şekil 100. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.3 mm)

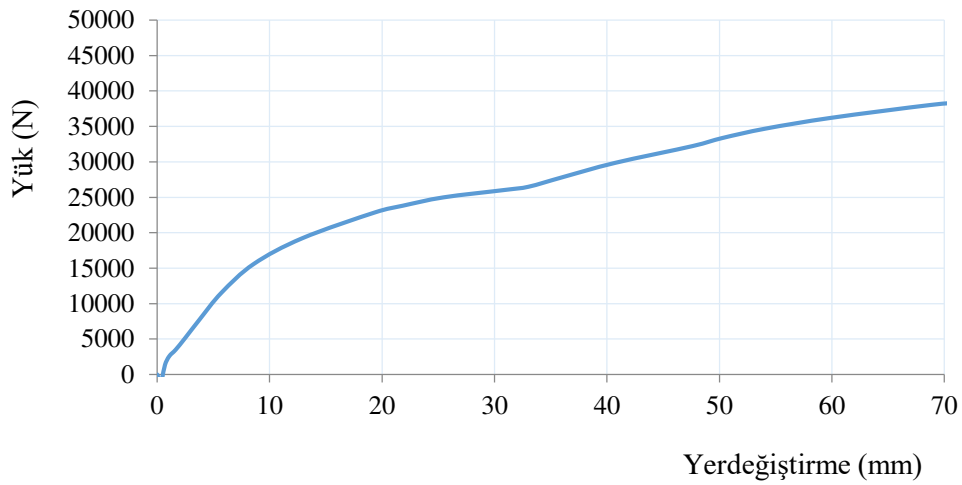
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhalı sönümleyiciler (SFCFD-A0.3), SFCFD-B0.3'ye göre %4 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Bu oran öngerilme uygulanmamış sürtünmeli sönümleyicilerde %7 dir. SFCFD-A0.3' in eşdeğer viskoz sönümü ise, SFCFD-B0.3' e göre %21 oranında daha fazla olmuştur. Bu değer öngerilme uygulanmamış olanlar arasındaki orandan (%54) daha küçük elde edilmiştir. Ancak SFCFD-B0.3' de de SFCFD-B' de olduğu gibi, yaklaşık 25 mm yerdeğiştirmeye kadar viskoz sönüm oranında ani bir artış olmuş, bu değerden sonra artış hızında önemli oranda düşme gözlenmiştir

3.3.4.4. SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

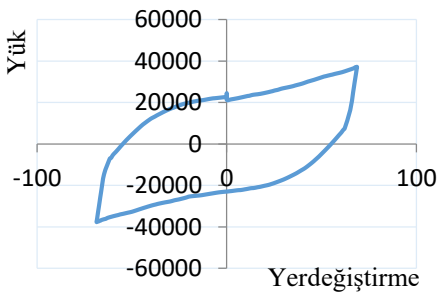
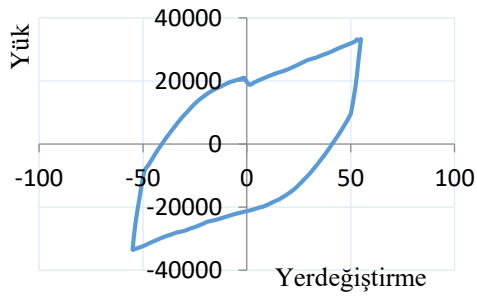
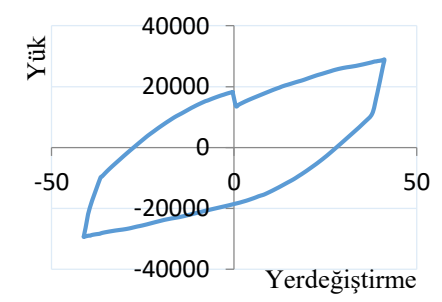
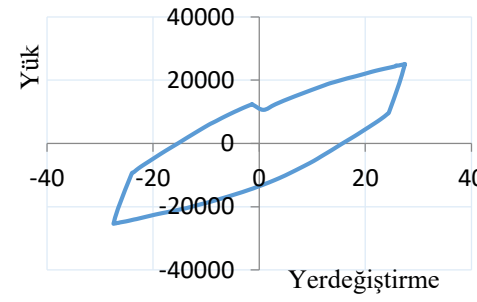
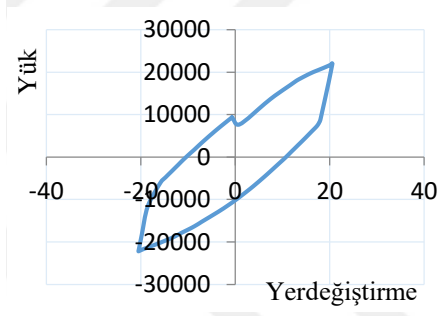
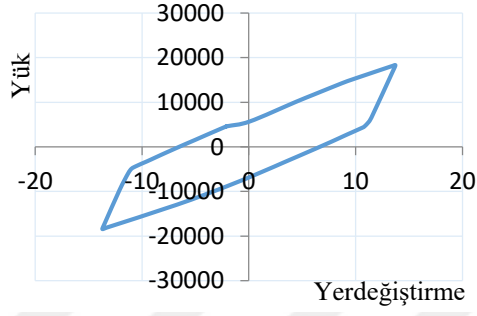
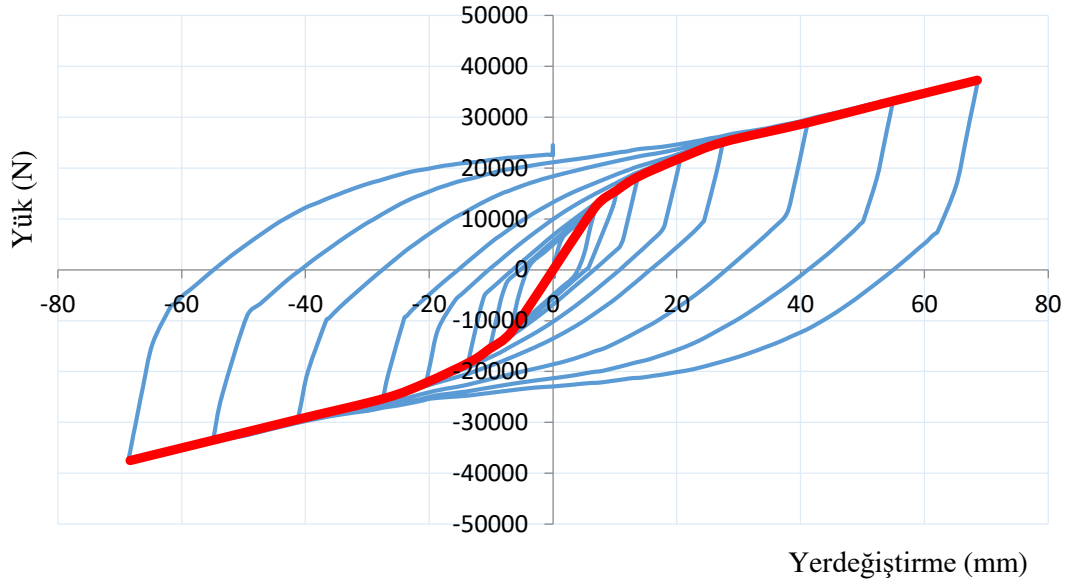
Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhalı) 0.5 mm civatalar sıkılarak öngerme kuvveti uygulanmış, SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhalı sistem için (SFCFD-A0.5) için Şekil 101’de, küçük sürtünme levhalı sistem için ise (SFCFD-B0.5) için Şekil 102’ de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.5 için Şekil 103’ de, SFCFD-B0.5 için ise Şekil 104’ de verilmiştir.



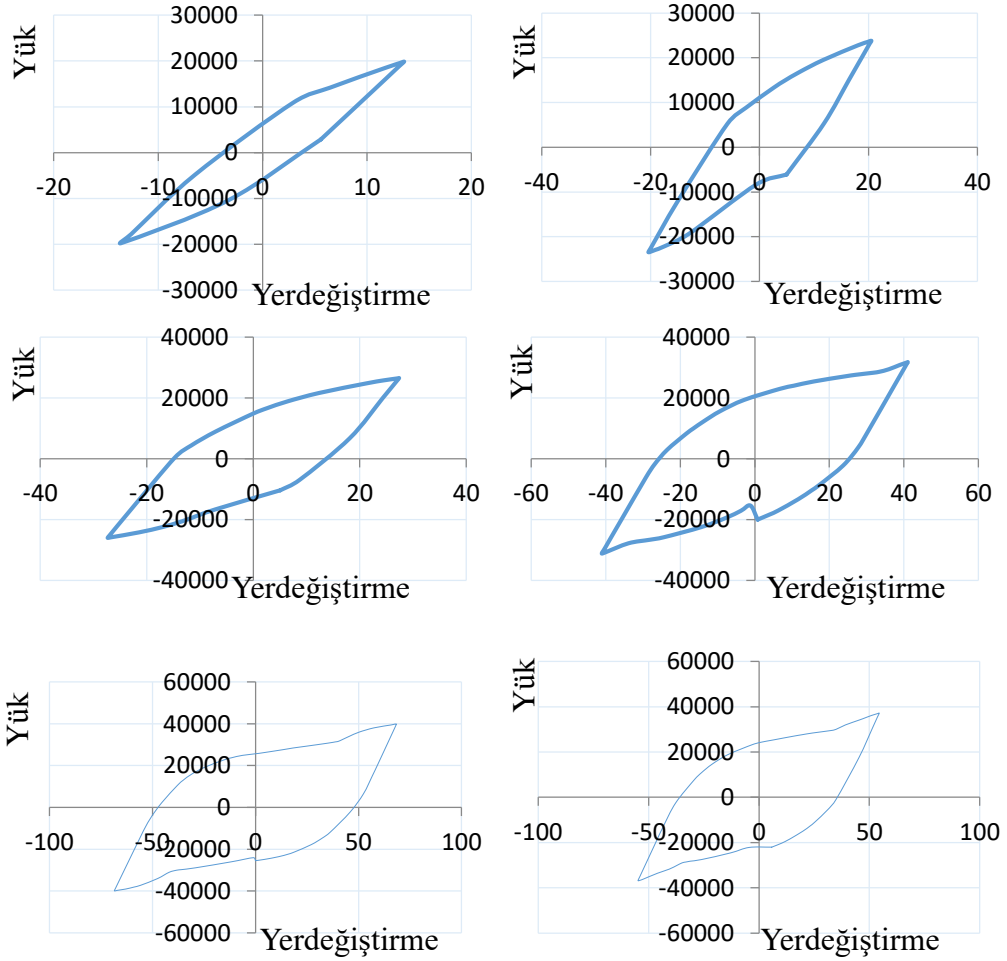
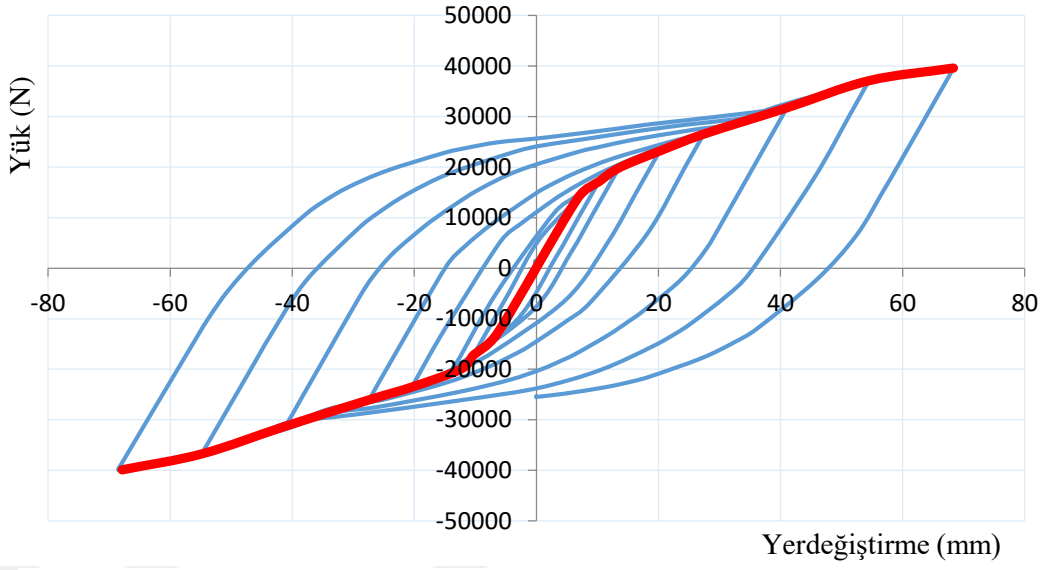
Şekil 101. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 0.5 mm)



Şekil 102. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 0.5 mm)



Şekil 103. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)

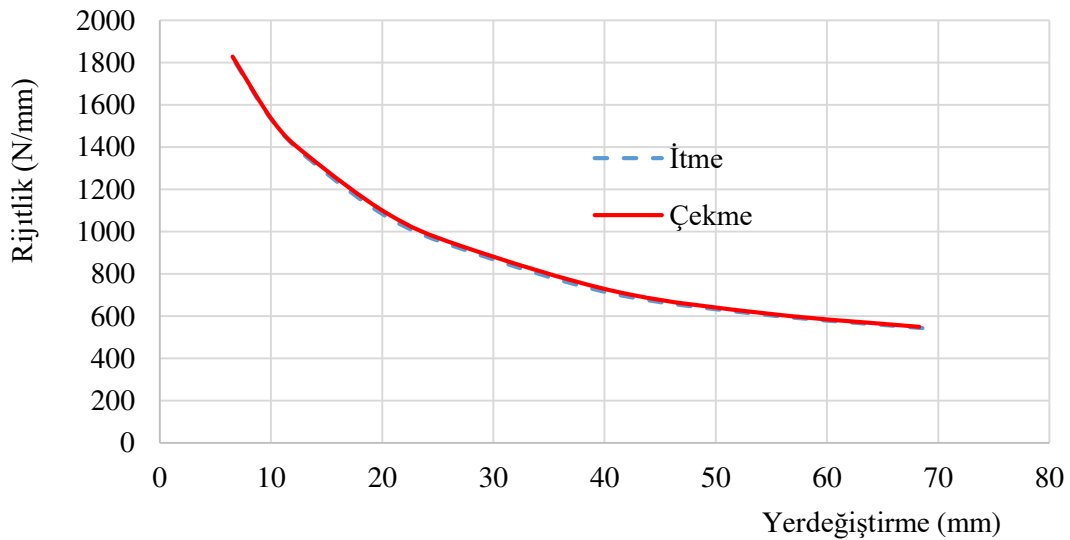


Şekil 104. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)

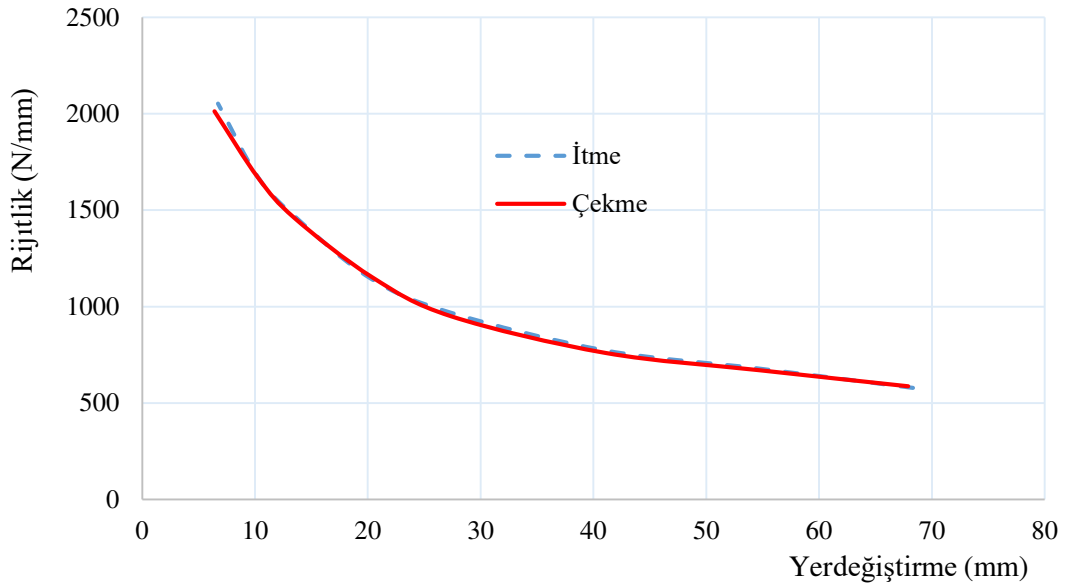
Cıvata sıkma adımı 0.5 mm alınarak öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 15 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 21kN, 30 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 29 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 32 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 36 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 38 kN olarak elde edilmiştir. SFCFD-B0.5 için ise, 10 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 23 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 27 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 30 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 36 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 38 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede, öngerilme uygulanmamış olan sönümleyicide olduğu gibi 40 kN olarak elde edilmiştir.

SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak, Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5’ de, öngerilme uygulanmamış olana göre başlangıç adımlarında %20 lik taşıma gücünde artış gözenmiş, bu artış çevrim sayısının artmasıyla %50 oranına ulaşmıştır. SFCFD-B0.5 için ise çevrim adımlarına bağlı olarak, başlangıç adımlarında öngerilme uygulanmamış olana göre %44 oranındaki yatay yük artışı, nihai çevrim adımında %25 oranında düşmüştür.

Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCFD-A0.5 için şekil 105’ de SFCFD-B0.5 için ise şekil 106’ da verilmiştir.



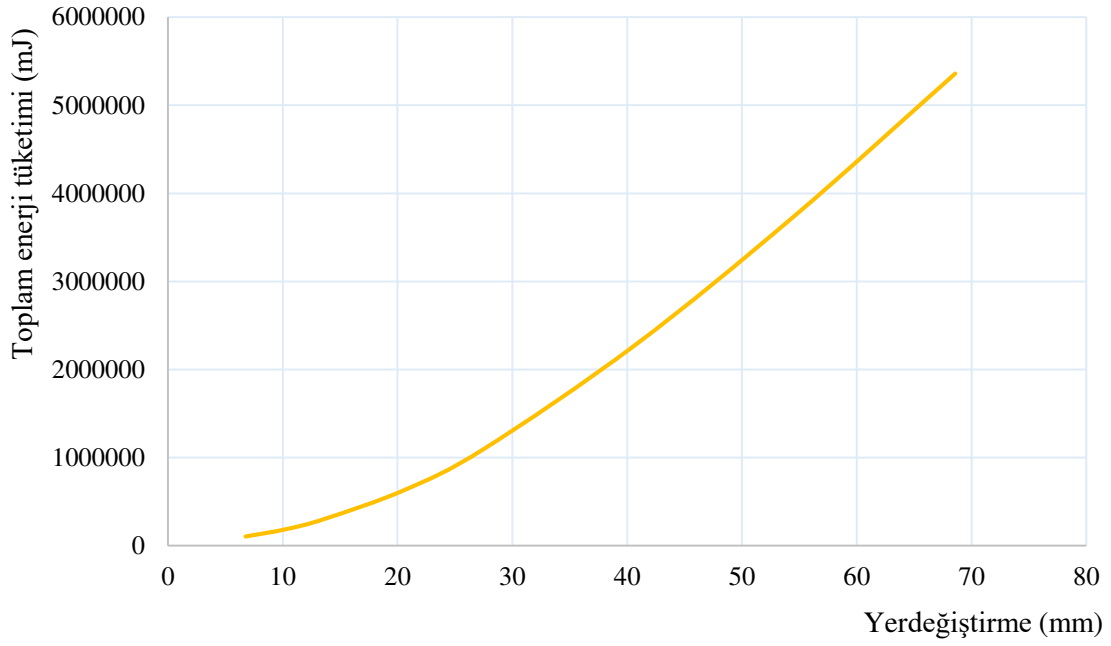
şekil 105. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)



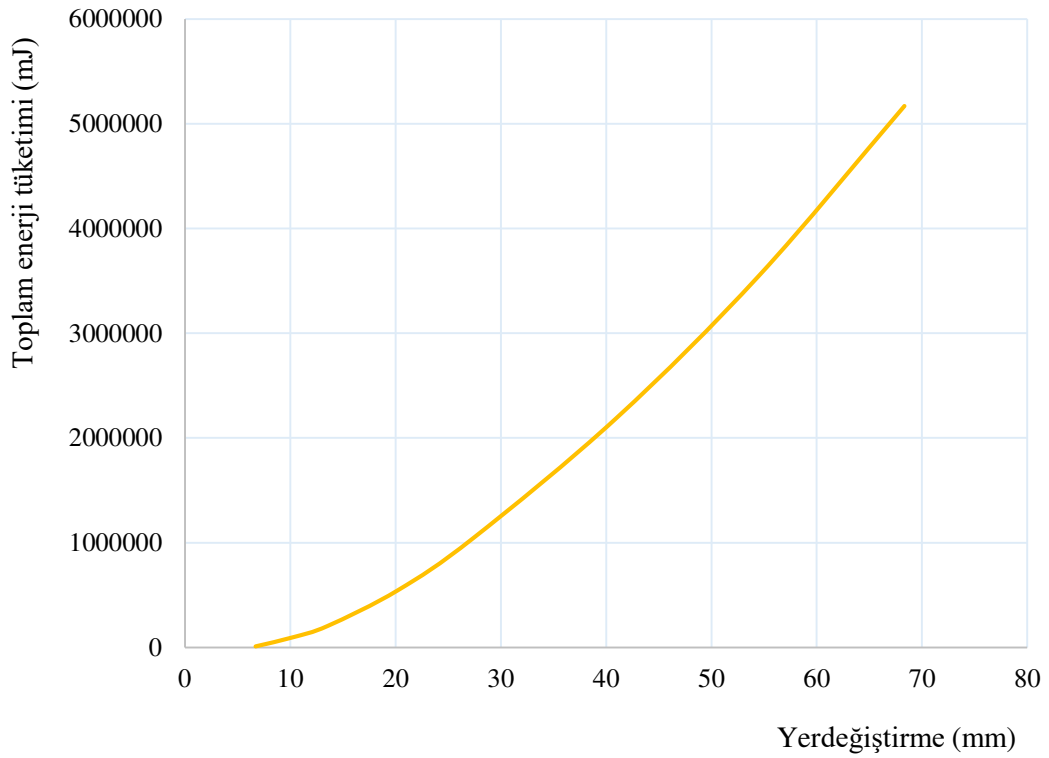
Şekil 106. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)

Şekillerden görüldüğü gibi, SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 elemanlarının rijitlik değerlerindeki azalma öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B elemanlarınkilerine benzerdir. SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 elemanları için 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmasının sırasıyla %20 ve %21 oranında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B0.5’ de SFCFD-B0.1’ de olduğu gibi rijitlik değerinde ani bir düşüş gözlemlenmemiştir. Rijitlik değerindeki azalma, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.5 için %40 oranında, SFCFD-B0.5 için ise %43 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.5 için %61 oranında, SFCFD-B0.5 için ise %65 oranında olmuştur. Nihai yerdeğiştirme adımıda rijitlik azalması ise SFCFD-A0.5 ‘ de %70, SFCFD-B0.5’de ise %71 oranında olmuştur.

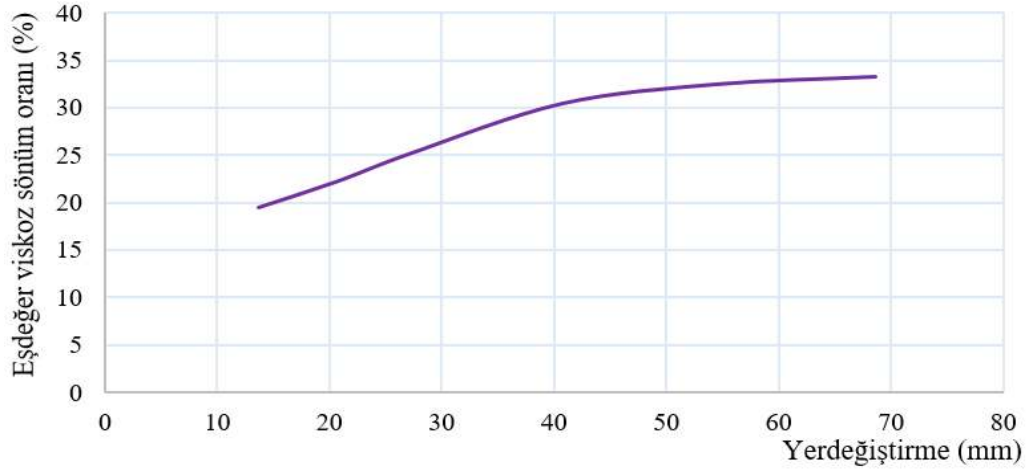
Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 ve SFCFD-B0.5 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.5 için Şekil 107’ de SFCFD-B0.5 için ise Şekil 108’de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.5 için Şekil 109’ da, SFCFD-B0.5 için ise Şekil 110’ da verilmiştir.



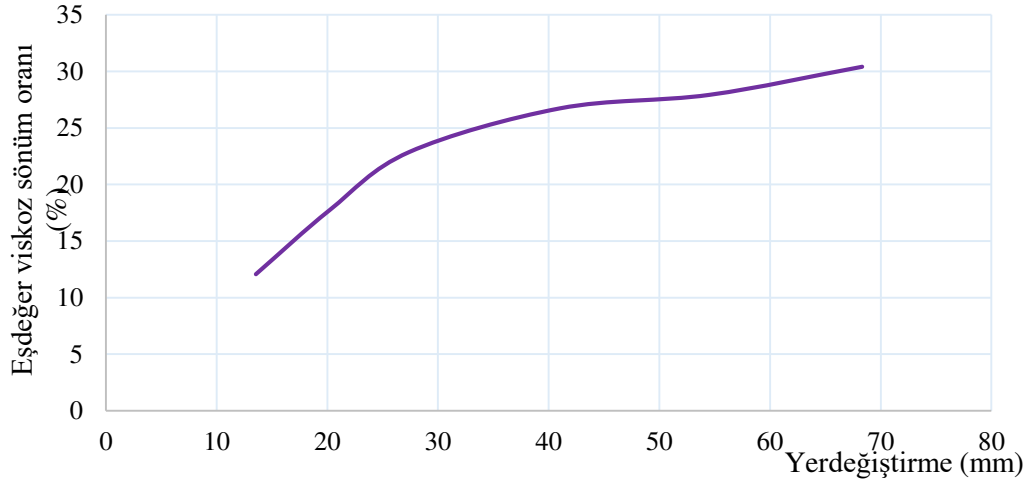
Şekil 107. Öngerme uygulanmış SFCFD-A0.5 için toplam enerji tüketimi yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)



Şekil 108. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)



Şekil 109. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)

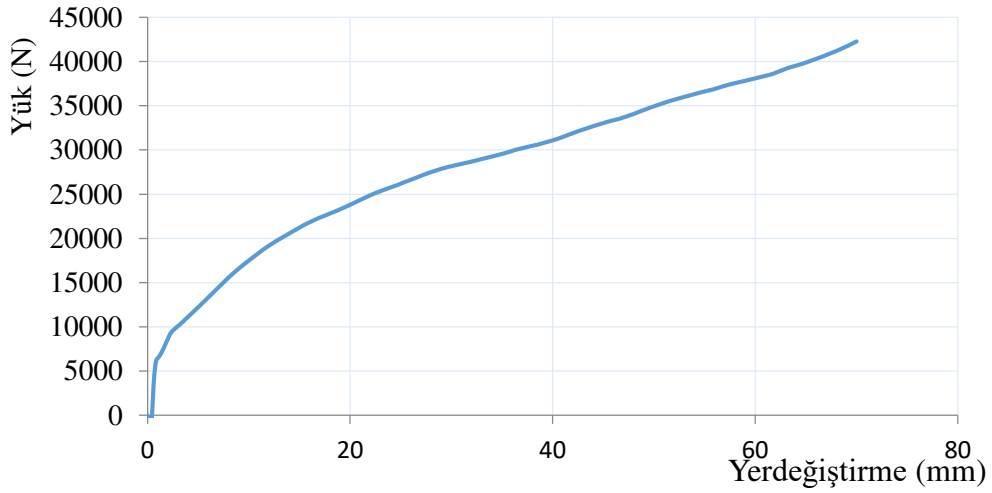


Şekil 110. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.5 mm)

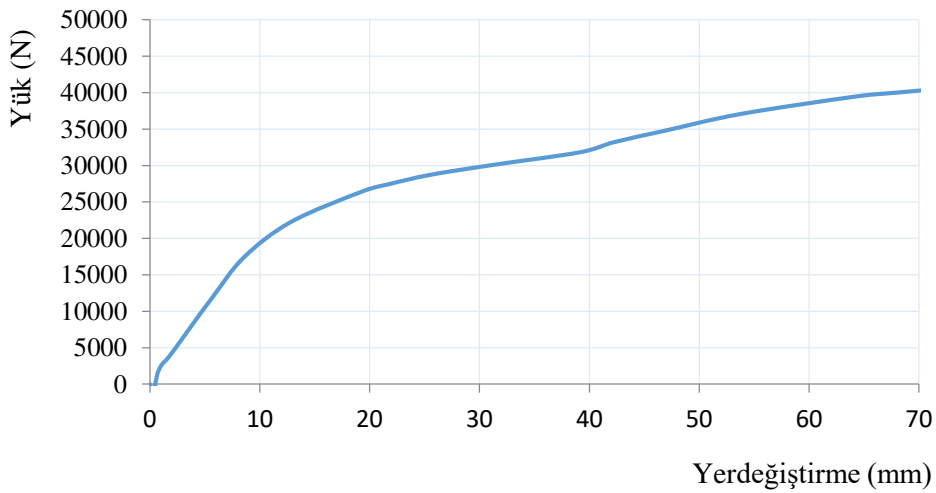
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhalı sönümleyiciler (SFCFD-A0.5), SFCFD-B0.5' e göre yaklaşık %4 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Bu oran öngerilme uygulanmamış sürtünmeli sönümleyicilerde %7 dir. SFCFD-A0.5' in eşdeğer viskoz sönümü ise, SFCFD-B0.5' e göre %10 oranında daha fazla olmuştur. Bu değer öngerilme uygulanmamış olanlar arasındaki orandan (%54) daha küçük elde edilmiştir. Ancak SFCFD-B0.5' de de SFCFD-B0.1' de olduğu gibi, yaklaşık 25 mm yerdeğiştirmeye kadar viskoz sönüm oranında ani bir artış olmuş, bu değerden sonra artış hızında önemli oranda düşme gözlenmiştir.

3.3.4.5. SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

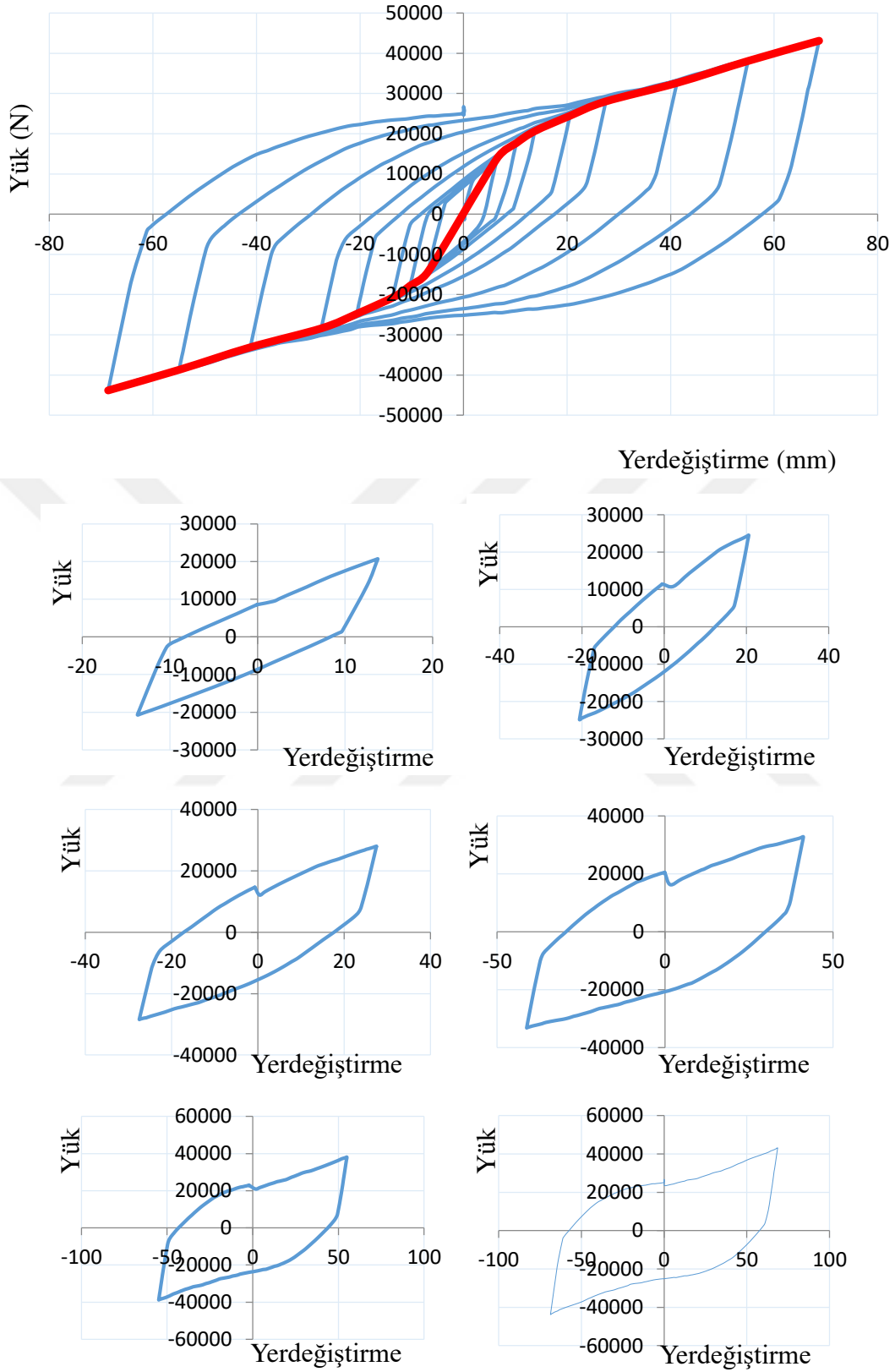
Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhalı) 0.7 mm cıvatalar sıkılarak öngerilme kuvveti uygulanmış, SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhalı sistem için (SFCFD-A0.7) için Şekil 111’de, küçük sürtünme levhalı sistem için ise (SFCFD-B0.7) için Şekil 112’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.7 için Şekil 113’de, ve SFCFD-B0.7 için ise Şekil 114’te verilmiştir.



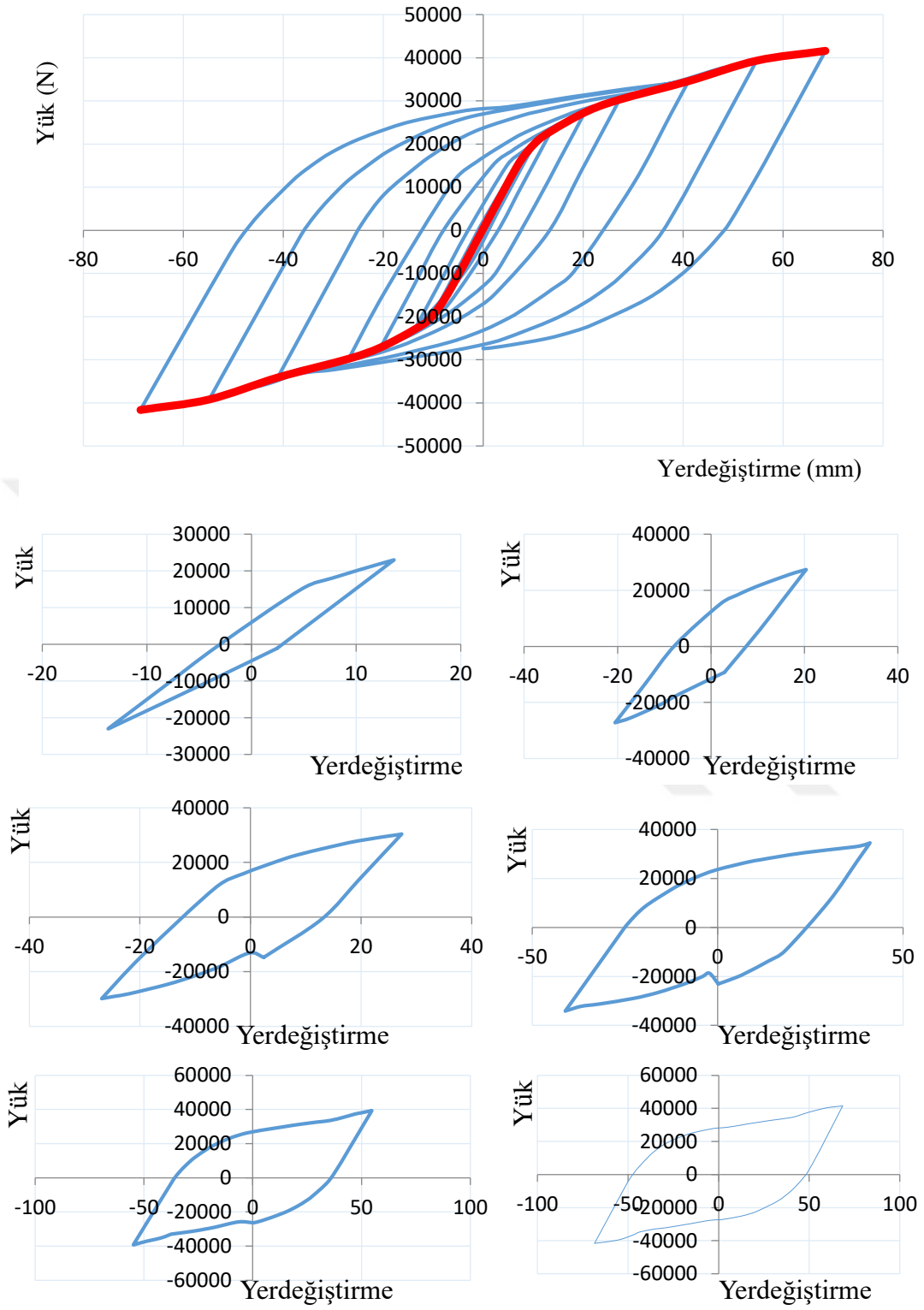
Şekil 111. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)



Şekil 112. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)

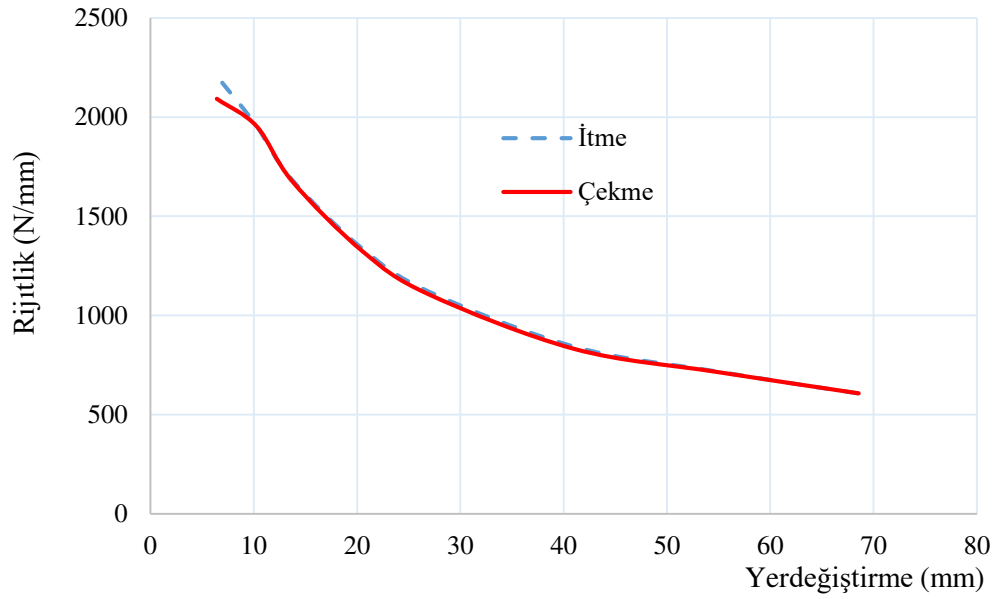


Şekil 113. Öngerme uygulanmış SFCFD-A0.7 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)



Şekil 114. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)

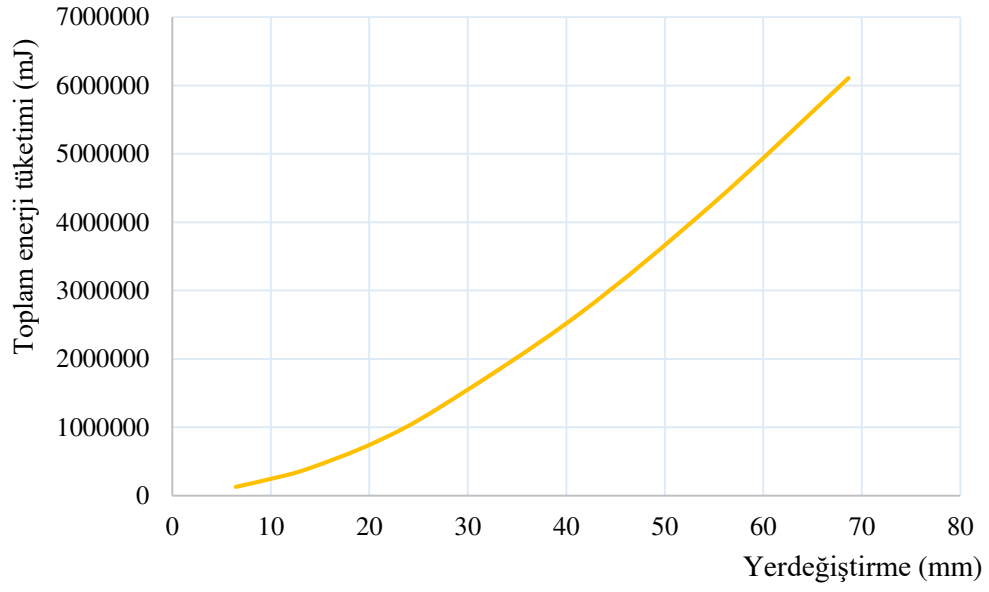
Şekil 115. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi
(civata sıkma miktarı 0.7 mm)



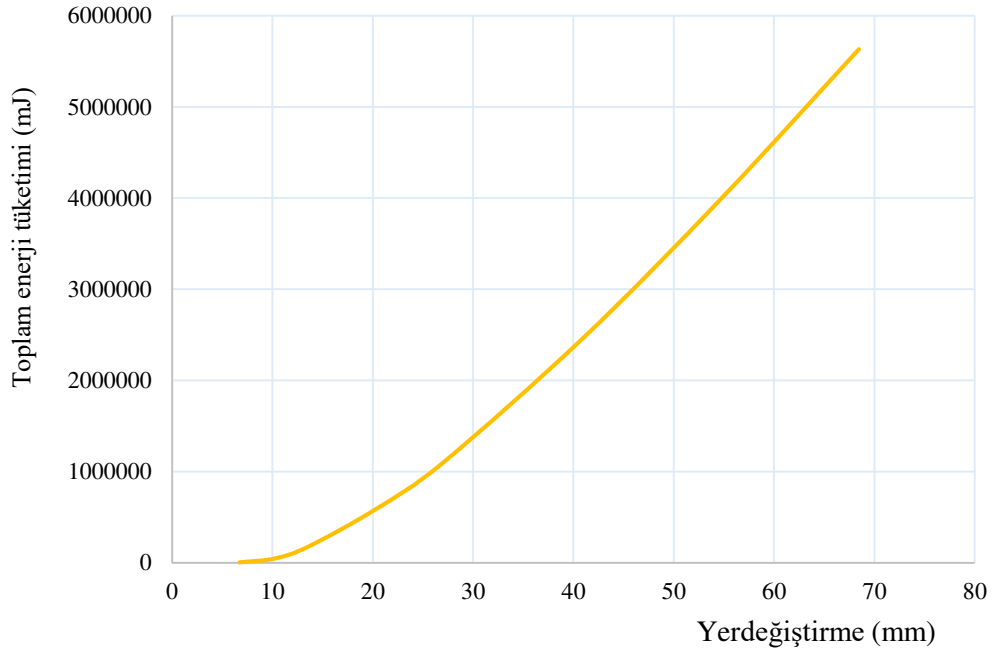
Şekil 116. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)

Şekillerden görüldüğü gibi, SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 elemanlarının rijitlik değerlerindeki azalma öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B elemanlarınkilerine benzerdir. SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 elemanları için 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmasının sırasıyla %23 ve %7 oranında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B0.7' de SFCFD-B0.1' de olduğu gibi rijitlik değerinde ani bir düşüş gözlemlenmemiştir. Rijitlik değerindeki azalma, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.7 için %42 oranında, SFCFD-B0.7 için ise %37 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A0.7 için %62 oranında, SFCFD-B0.7 için ise %60 oranında olmuştur. Nihai yerdeğiştirme adımıda rijitlik azalması ise SFCFD-A0.7 ' de %69, SFCFD-B0.7'de ise %71 oranında olmuştur.

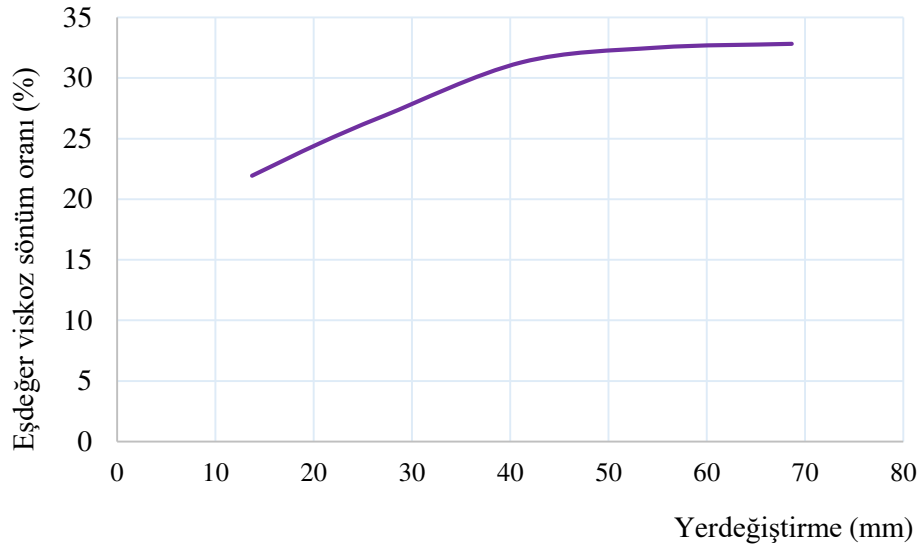
Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 ve SFCFD-B0.7 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.7 için Şekil 117'de SFCFD-B0.7 için ise Şekil 118'de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A0.7 için Şekil 119'da, SFCFD-B0.7 için ise Şekil 120' de verilmiştir



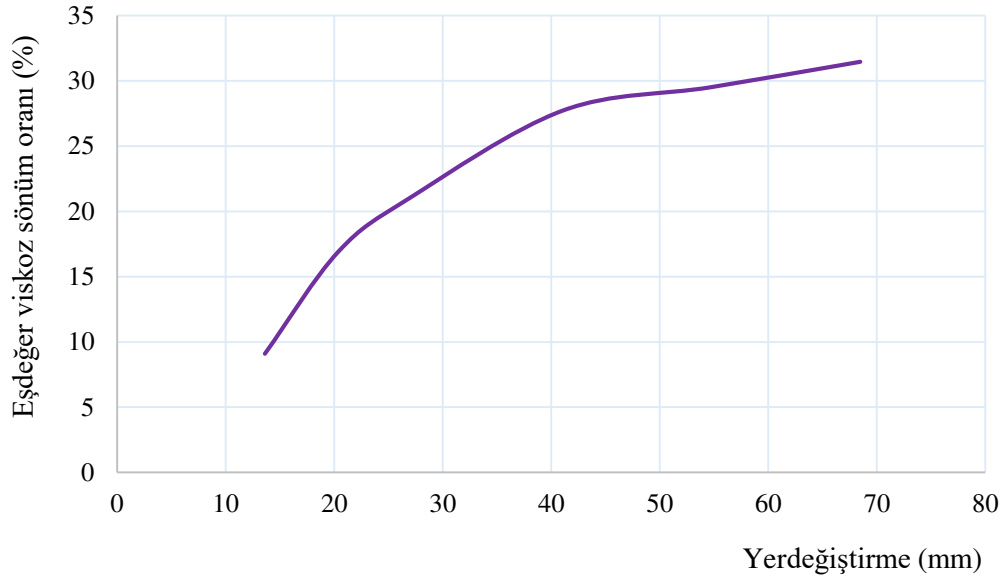
Şekil 117. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)



Şekil 118. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)



Şekil 119. Öngerilme uygulanmış SFCFD-A0.7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)

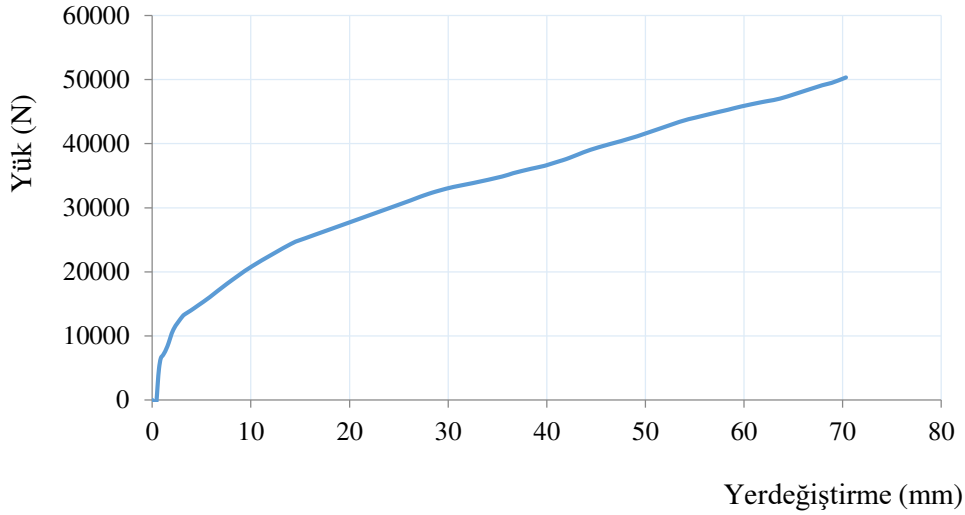


Şekil 120. Öngerilme uygulanmış SFCFD-B0.7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 0.7 mm)

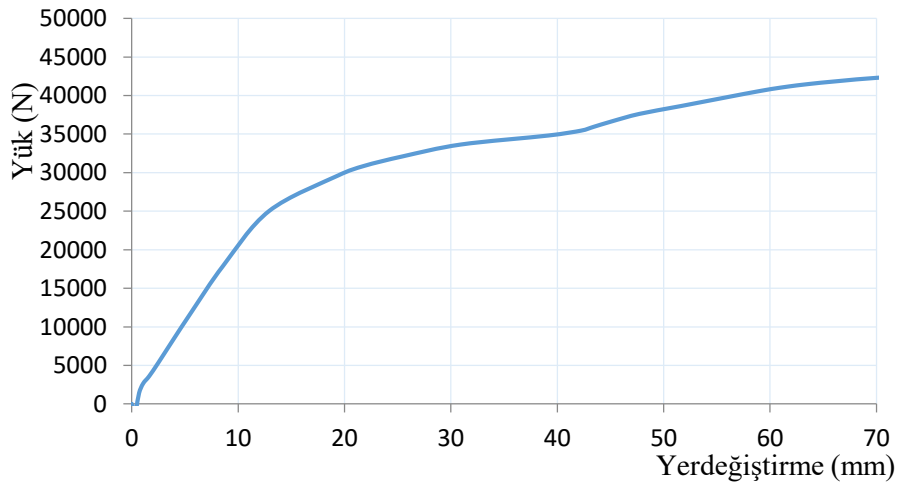
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhali sönümleyiciler (SFCFD-A0.7), SFCFD-B0.7' ye göre yaklaşık %8 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Bu oran öngerilme uygulanmamış sürtünmeli sönümleyicilerde %7 dir. SFCFD-A0.7' ile SFCFD-B0.7' nin eşdeğer viskoz sönümü ise, yaklaşık aynı olmuştur.

3.3.4.6. SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

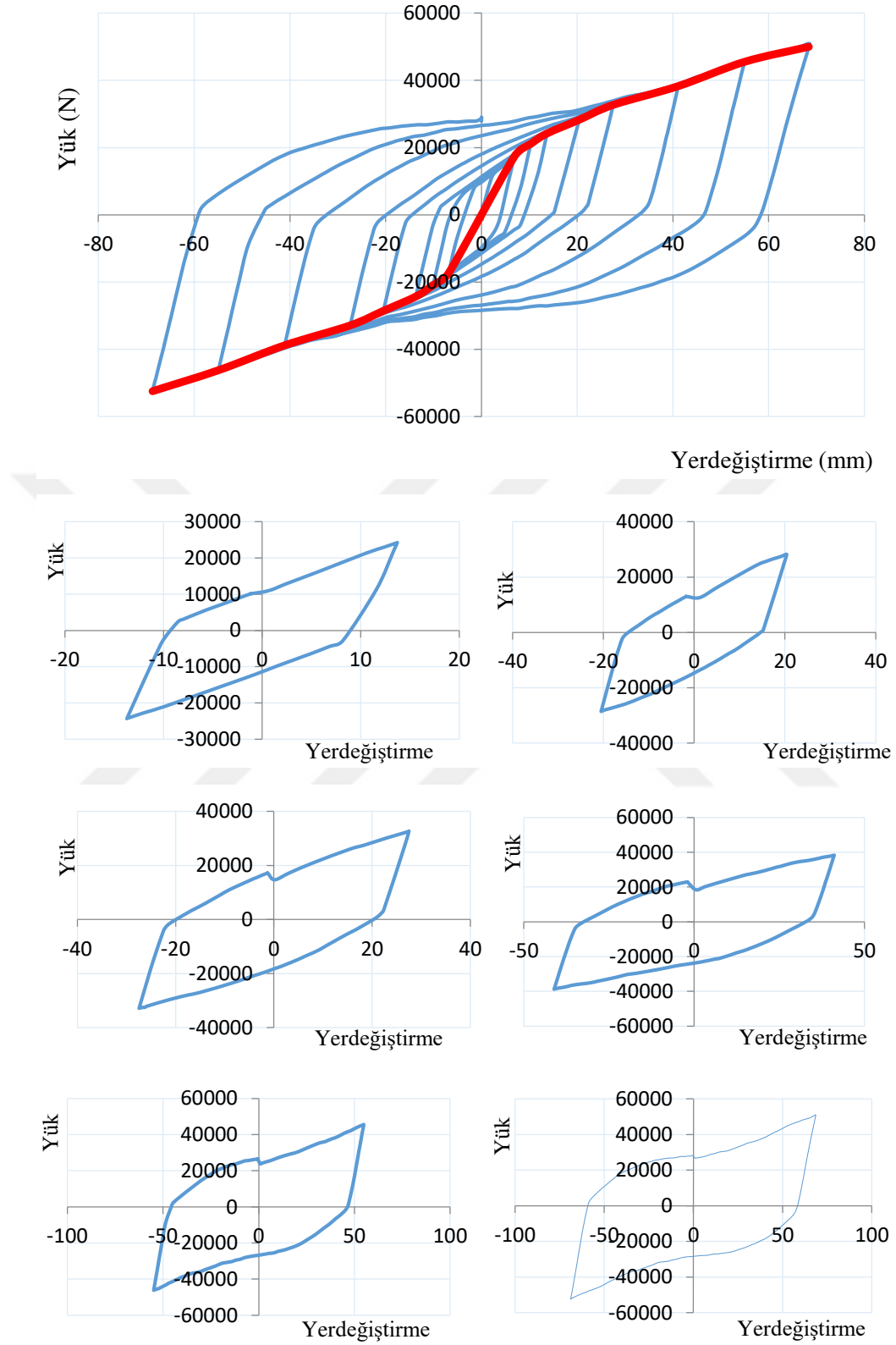
Eğrisel şekilli sürtünmeli (büyük ve küçük sürtünme levhalı) 1.0 mm cıvatalar sıkılarak öngerme kuvveti uygulanmış, SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, büyük levhalı sistem için (SFCFD-A1.0) için Şekil 121’de, küçük sürtünme levhalı sistem için ise (SFCFD-B1.0) için Şekil 122’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A1.0 için Şekil 123’de, SFCFD-B1.0 için ise Şekil 124’de verilmiştir.



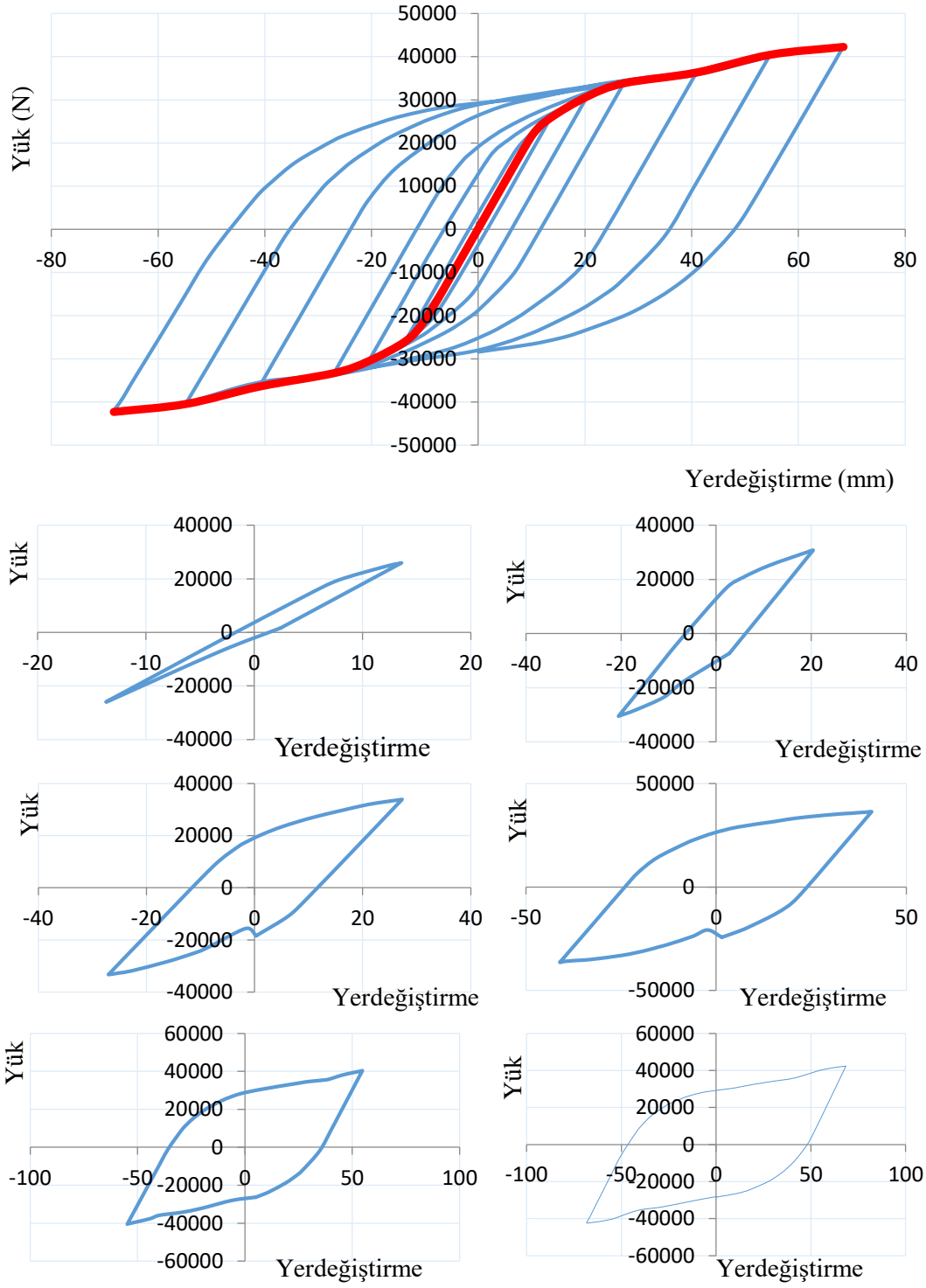
Şekil 121. Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)



Şekil 122. Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)

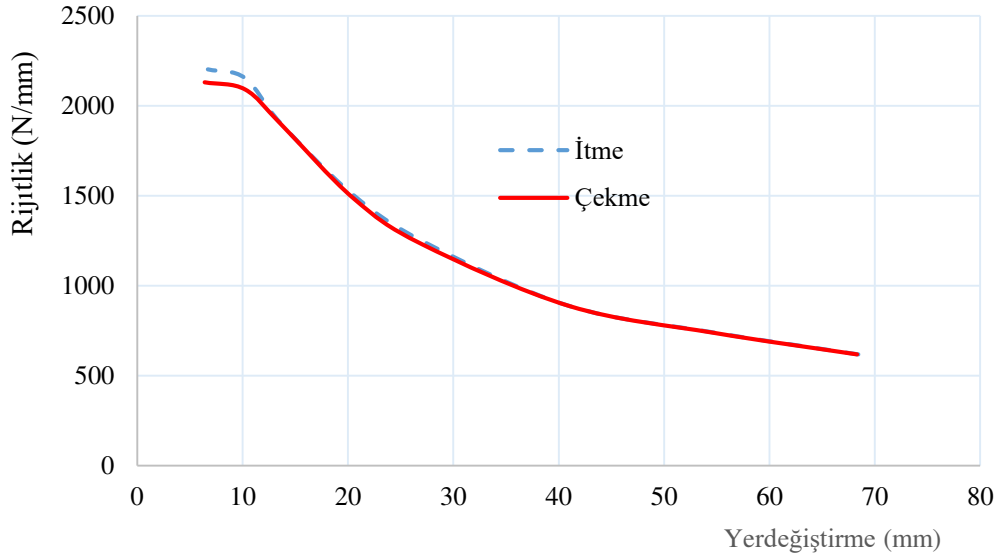


Şekil 123. Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)



Şekil 124. Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)

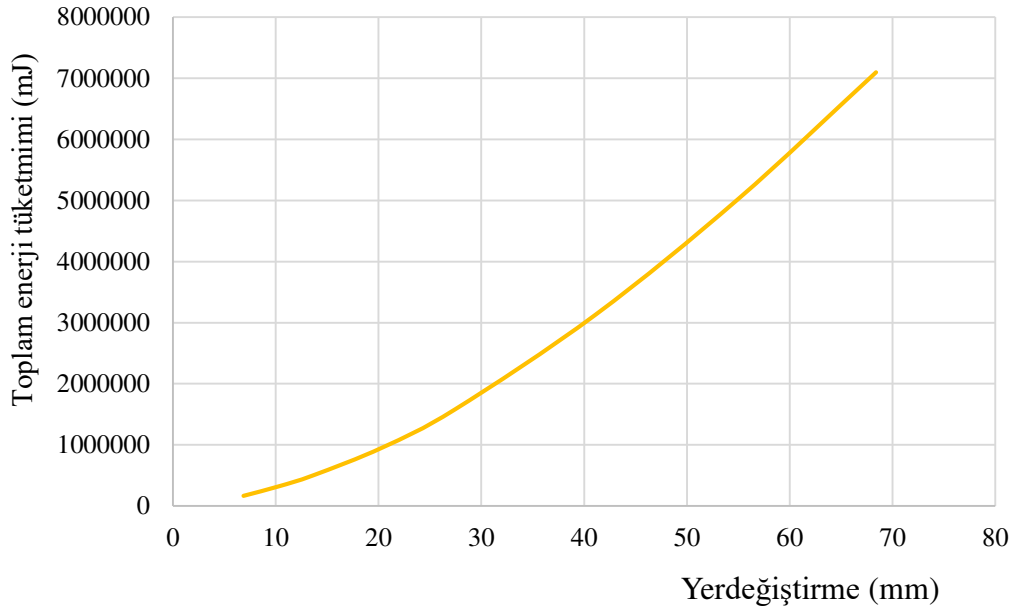
Cıvata sıkma adımı 1.0 mm alınarak öngerilme uygulanmış SFCFD-A1.0 için çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 21 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 27 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 33 kN, 40 mm yerdeğiştirmede



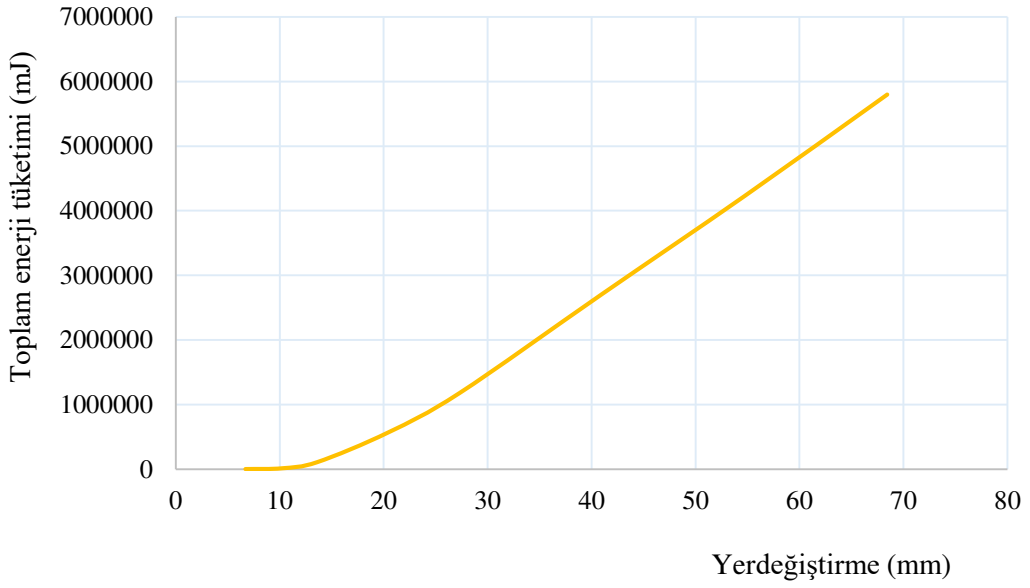
Şekil 126. Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)

Şekillerden görüldüğü gibi, SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 elemanlarının rijitlik değerlerindeki azalma öngerilme uygulanmamış SFCFD-A ve SFCFD-B elemanlarınkilerine benzerdir. SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 elemanları için 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmasının sırasıyla %22 ve %2 oranında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SFCFD-B1.0'da, SFCFD-B1.0' da olduğu gibi rijitlik değerinde ani bir düşüş gözlemlenmemiştir. Rijitlik değerindeki azalma, 20 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A1.0 için %45 oranında, SFCFD-B1.0 için ise %30 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede SFCFD-A1.0 için %60 oranında, SFCFD-B1.0 için ise %59 oranında olmuştur. Nihai yerdeğiştirme adımı rijitlik azalması ise SFCFD-A1.0' da %70, SFCFD-B1.0'da ise %71 oranında olmuştur. Cıvata sıkma adımı 1.0 alınarak verilen öngerilme sonucunda büyük levhalı ve küçük levhalı olanların rijitlik azalma davranışı benzerdir.

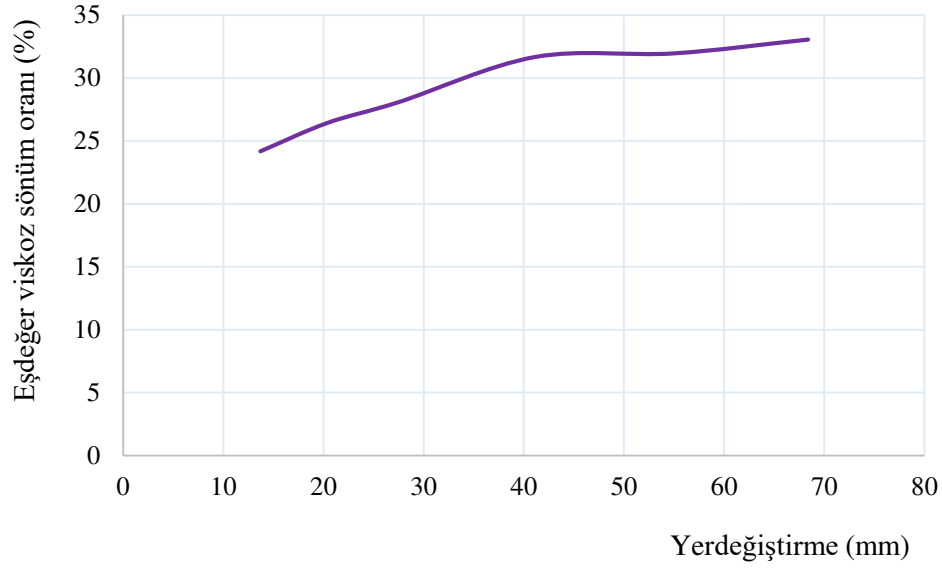
Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A1.0 için Şekil 127'de SFCFD-B1.0 için ise Şekil 128'de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCFD-A1.0 ve SFCFD-B1.0 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, SFCFD-A1.0 için Şekil 129'da, SFCFD-B1.0 için ise Şekil 130'da verilmiştir.



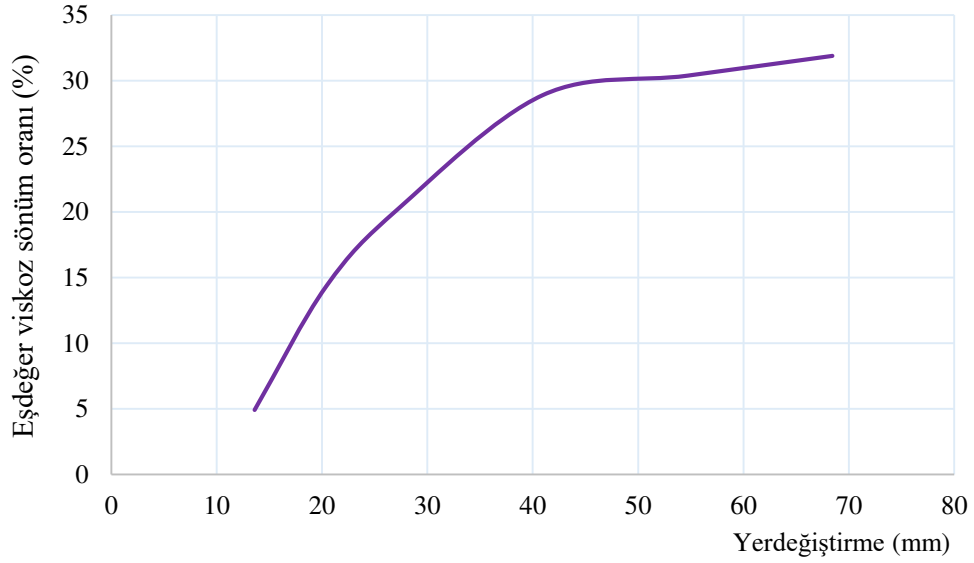
Şekil 127. Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)



Şekil 128. Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi (civata sıkma miktarı 1.0 mm)



Şekil 129. Öngerme uygulanmış SFCFD-A1.0 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)

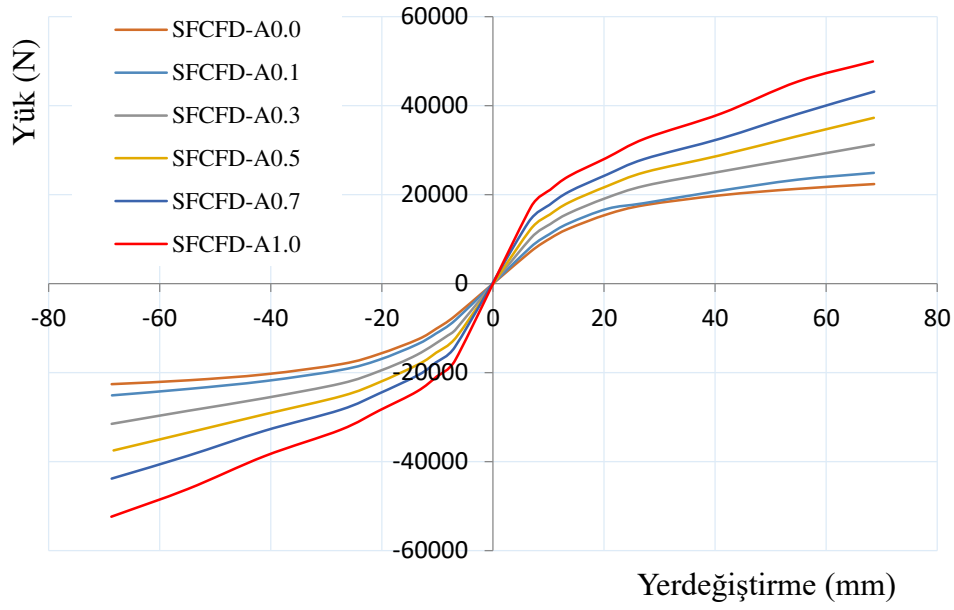


Şekil 130. Öngerme uygulanmış SFCFD-B1.0 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi (cıvata sıkma miktarı 1.0 mm)

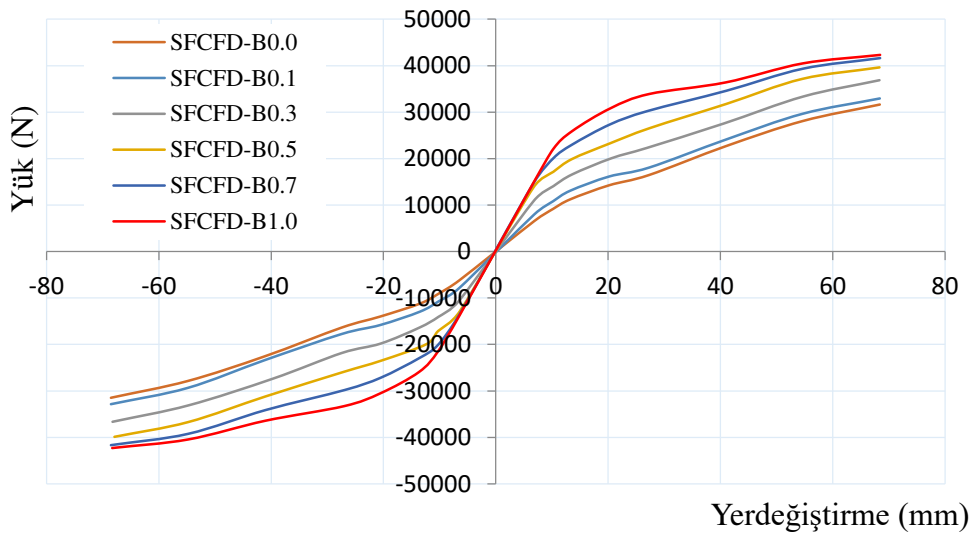
Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, büyük levhalı sönümleyiciler (SFCFD-A1.0), SFCFD-B1.0'ya göre yaklaşık %18 oranında daha fazla enerji tüketmiştir. Bu oran öngerilme uygulanmamış sürtünmeli sönümleyicilerde %7 dir. SFCFD-A1.0' ile SFCFD-B1.0' ın eşdeğer viskoz sönümü oranı arasında %3 oranında fark bulunmaktadır.

3.3.4.7. SFCFD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilere cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilme etkinliğinin incelenmesi için, büyük sürtünme levhalı olanlar(SFCFD-A) için çevrimsel yükleme analizinden elde edilen zarf eğrileri Şekil 131’ de, küçük levhalı(SFCFD-B) olanların zarf eğrileri ise Şekil 132’de verilmiştir.



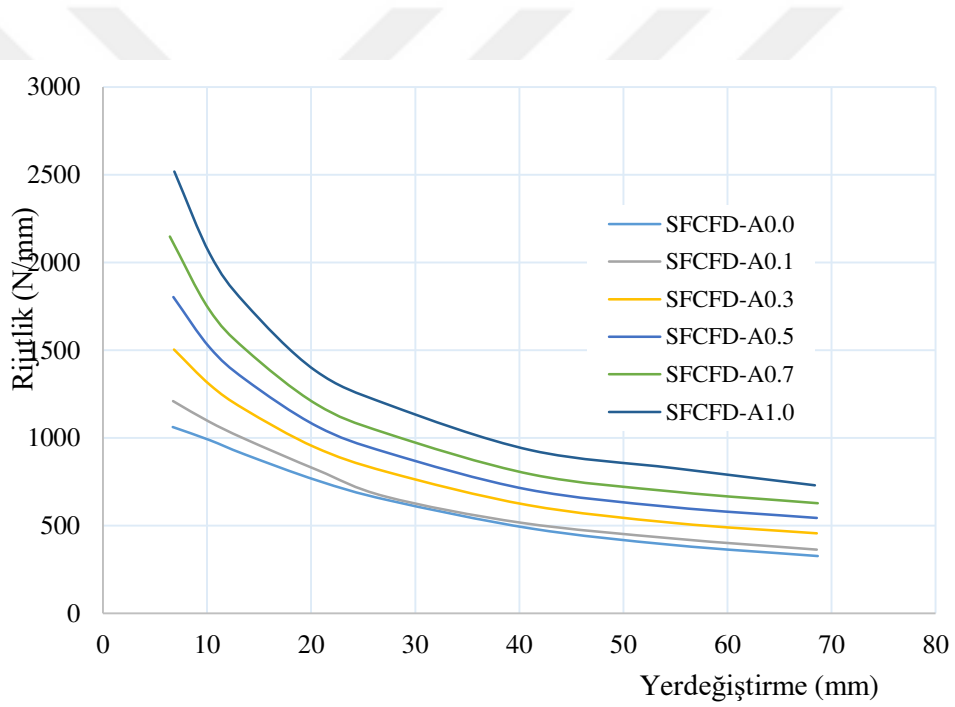
Şekil 131. SFCFD-A için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri



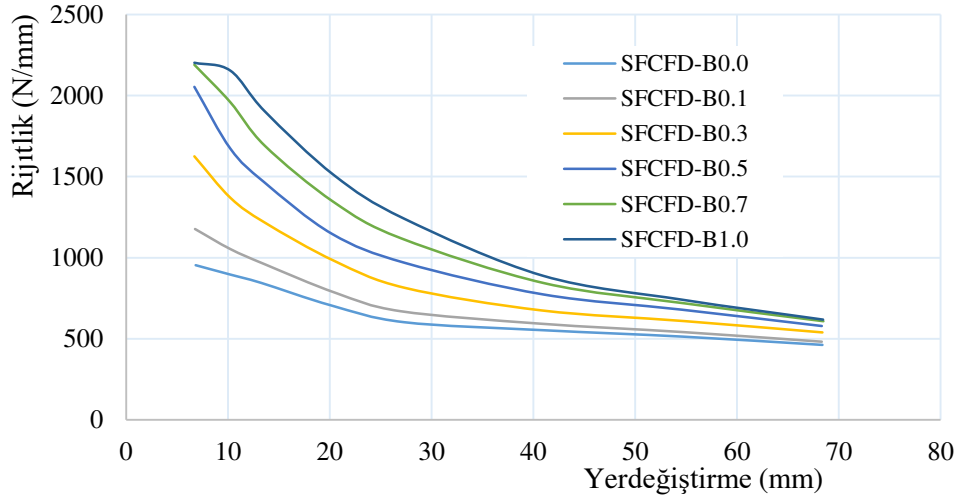
Şekil 132. SFCFD-B için çevrimsel yüklemekten elde edilen zarf eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, sürtünme levhalarına uygulanan öngerilme miktarı artığında, yatay yük taşıma kapasitesi de artmaktadır. Bu artış cıvata sıkma adımı 0.5mm, 0.7 mm ve 1.0 mm olanlarda daha belirgin olmakla birlikte, büyük levhalılar daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olmuştur. Bu bulgular sürtünme levhalı metalik sönümleyicilerin tasarımında uygulanan öngerilme cıvata sıkma adımının 0.7 mm ve daha büyük alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilere cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilme etkinliğinin incelenmesi için, büyük sürtünme levhalı olanlar(SFCFD-A) için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 133’ de, küçük levhalı (SFCFD-B) olanların ise Şekil 134’de verilmiştir.



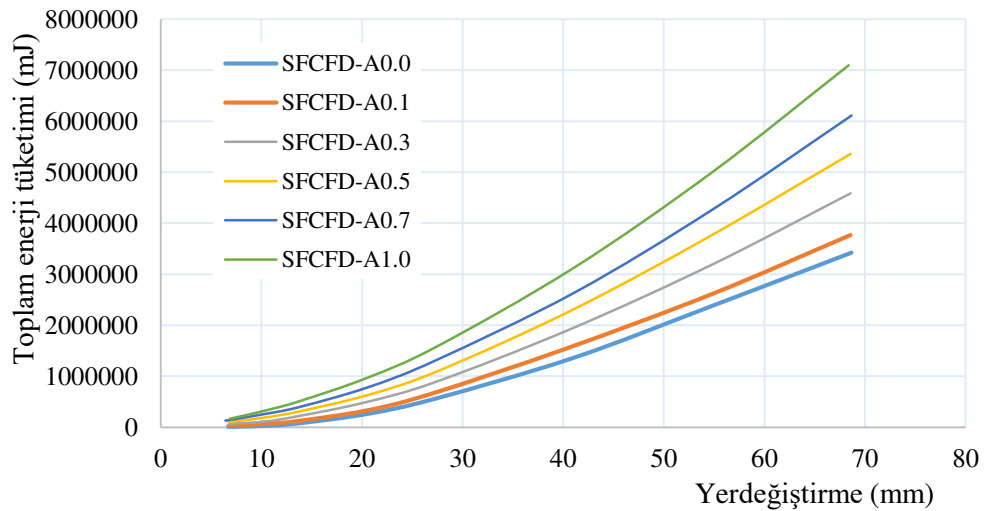
Şekil 133. SFCFD-A için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri



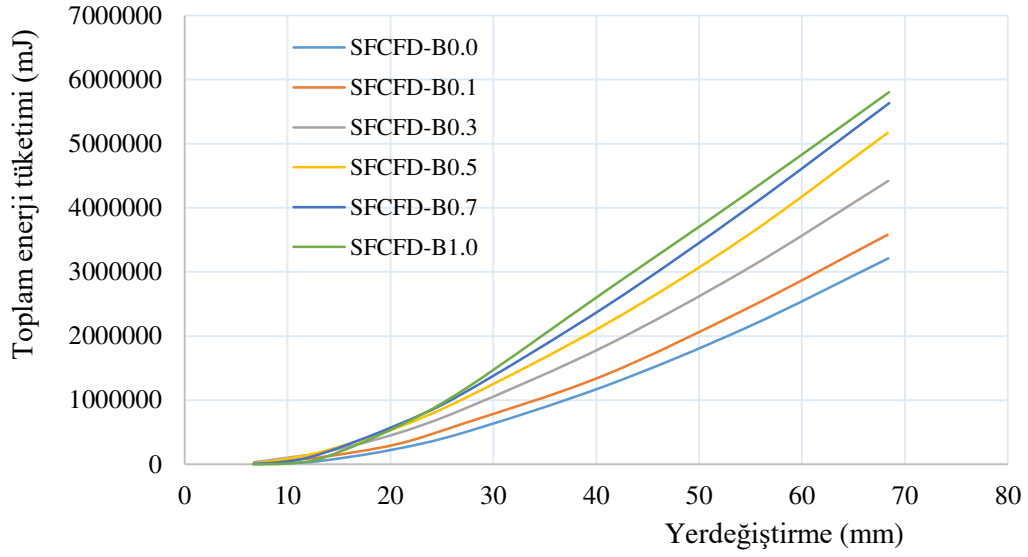
Şekil 134. SFCFD-B için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden de görüldüğü gibi, en büyük rijitlik, 1.0 mm cıvata sıkma adımı ile öngerilme verilen büyük levhalı (SFCFD-A) metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinden elde edilmiştir. Bu model yerdeğiştirme adımlarına bağlı olarak rijitlik azalmasının en az olduğu modeldir. Öngerilme uygulanmamış modellerde rijitlik ve rijitlik değişimi benzerdir.

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilere cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilme etkinliğinin incelenmesi için, büyük sürtünme levhalı olanlar(SFCFD-A) için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 135’de, küçük levhalı (SFCFD-B) olanların ise Şekil 136’de verilmiştir.



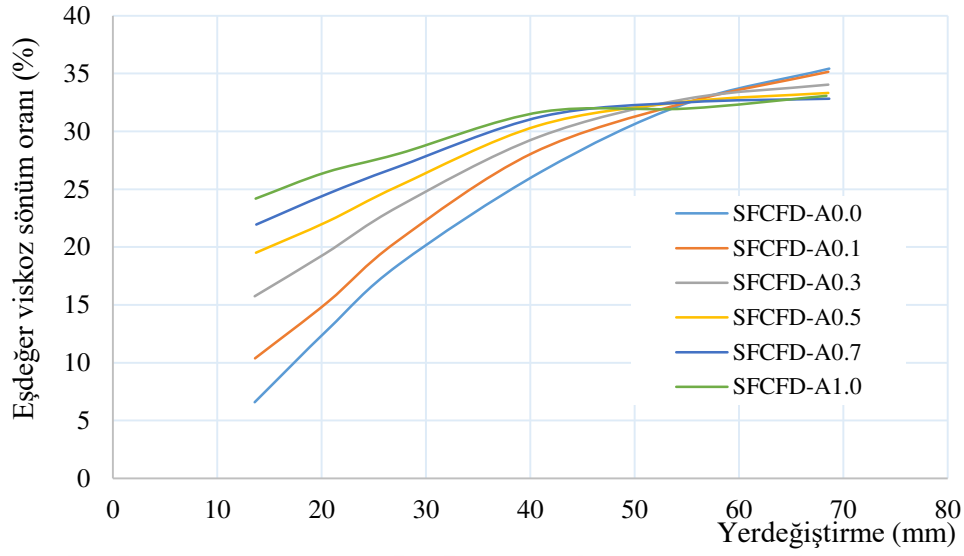
Şekil 135. SFCFD-A için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri



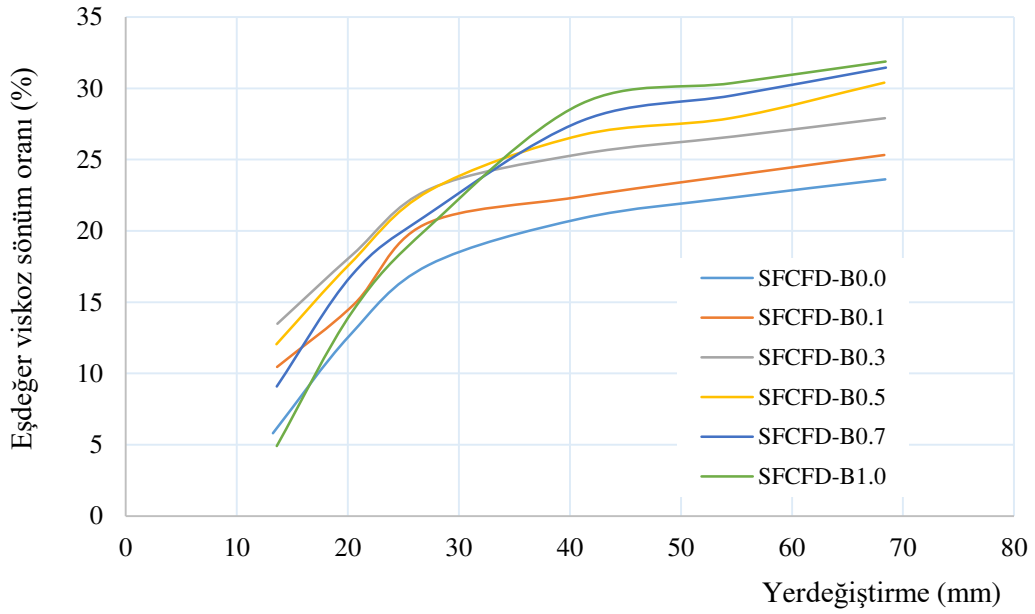
Şekil 136. SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, 1.0 mm cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilme altında büyük ve küçük levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinde, diğer öngerilme adımlarına göre, en büyük enerji tüketimi elde edilmiştir. Sürtünme yüzeyinin öngerilme uygulamadan artırılmasının enerji tüketiminde herhangi bir artışa neden olmadığı, 0.7 mm cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilmeye kadar küçük levhalı ve büyük levhalı olanların enerji tüketiminin benzer olduğu görülmüştür.

Eğrisel şekilli sürtünmeli metalik sönümleyicilere cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilme etkinliğinin incelenmesi için, büyük sürtünme levhalı olanlar(SFCFD-A) için viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 137’de, küçük levhalı (SFCFD-B) olanların ise Şekil 138’de verilmiştir.



Şekil 137. SFCFD-A için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri



Şekil 138. SFCFD-B için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü, büyük levhalı sürtünmeli metalik sönümleyicili çelik çerçeve analizinden, 0.5 mm cıvata adımı ile verilen öngerilme değerinden sonra, eşdeğer viskoz sönüm oranının daha fazla olduğu, eşdeğer viskoz sönüm oranının değişiminin de daha az olduğu, özellikle 0.7 ve 1.0 mm cıvata sıkma adımı ile verilen öngerilmeli sönümleyicilerde değişimin daha kararlı kaldığı görülmüştür. Küçük levhalı sistemlerde de başlangıç adımlarında düşük olan eşdeğer viskoz sönüm oranları, yerdeğiştirme adımlarına bağlı olarak artmıştır. Ancak büyük levhalı sistemlerde(SFCFD-A) nihai sönüm oranları

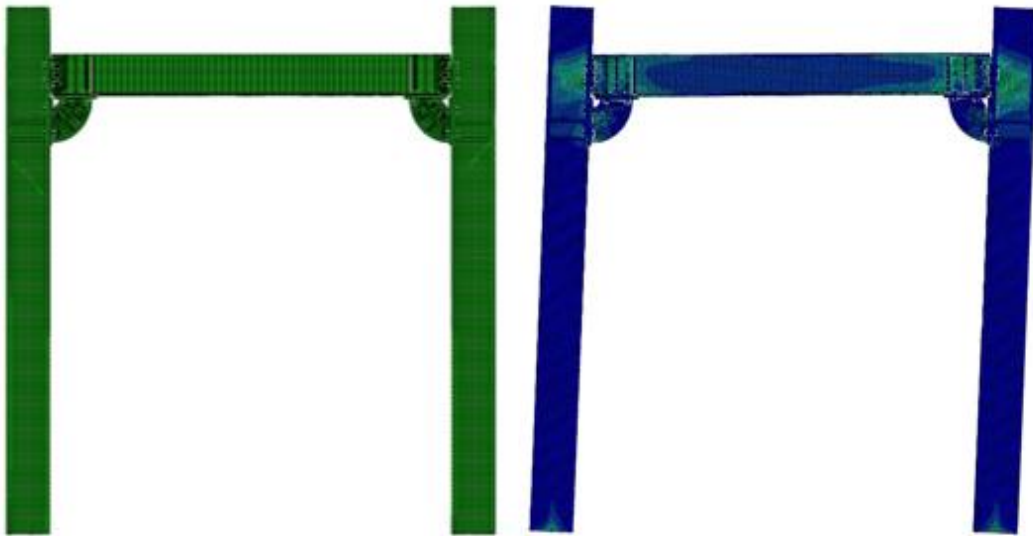
yaklaşık olarak aynı düzeyde kalmıştır. Küçük levhalı sistemlerde (SFCFD-B) ise nihai sönüm oranları, öngerilme adımlarına bağlı olarak arttığı görülmektedir.

3.3.5. Eğrisel Şekilli Akma Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCYD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

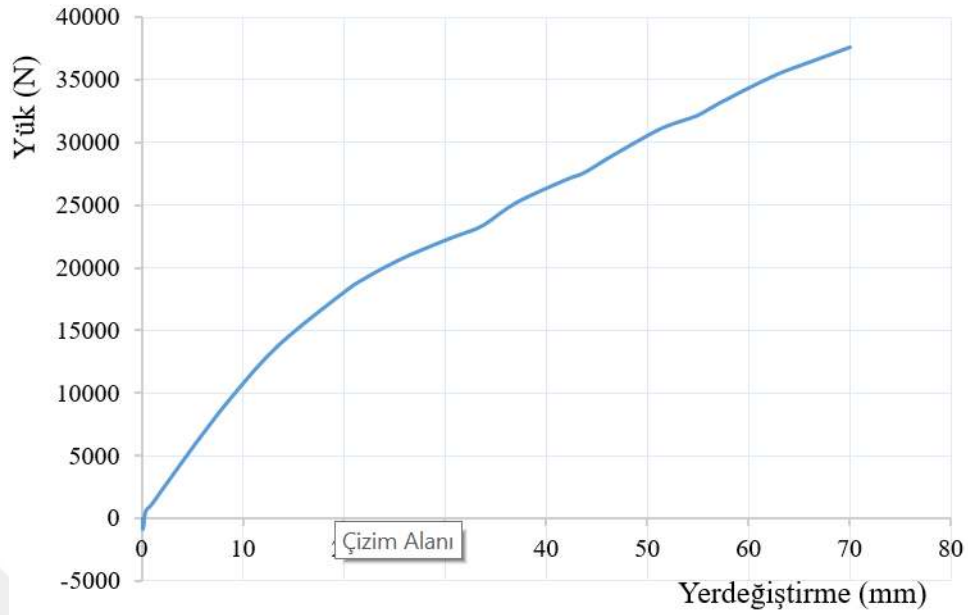
Çelik çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesine yerleştirilmek üzere on farklı tipte tasarlanan eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicilerin etkinliklerinin araştırılması, tez kapsamında diğer sönümleyicilerde de kullanılan çelik çerçeve modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. SFCYD çelik çerçeve modelinde, madde 2.2.5’de verilen, her bir tip için statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme analizi gerçekleştirilmiştir.

3.3.5.1. SFCYD-1 İçin Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili 1. tip çerçeve modeli için sonlu elemanlar modeli ve analiz sonrası terdeğiştirmiş hali Şekil 139’ da verilmiştir. SFYCYD-1 için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 140, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 141’de verilmiştir.

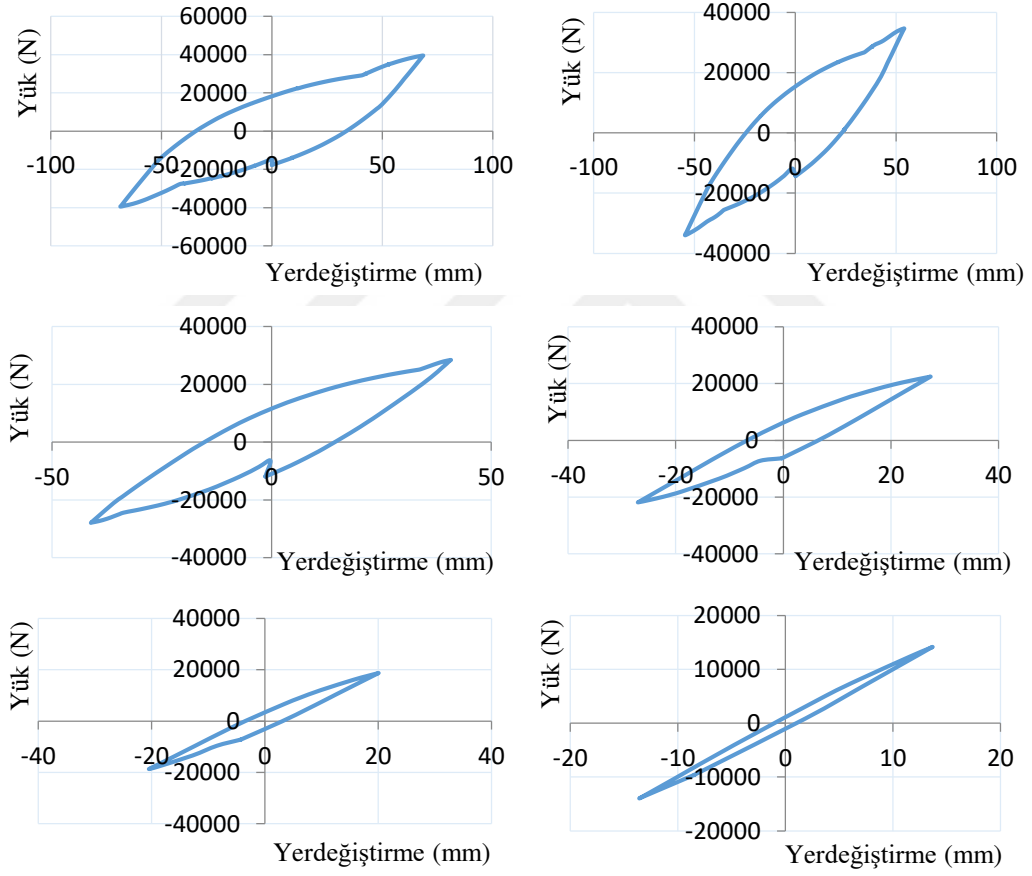
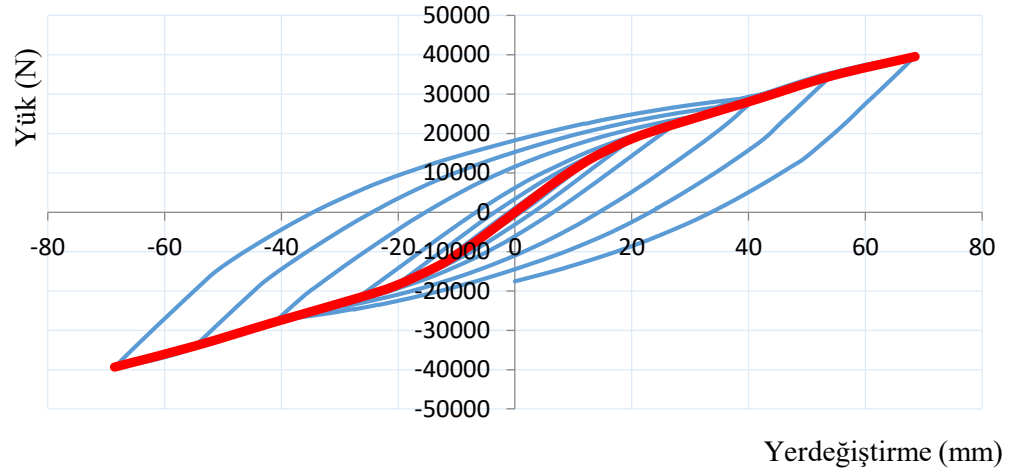


Şekil 139. SFCYD-1 için sonlu elemanlar modeli ve yerdeğiştirmiş hali



Şekil 140. SFCYD-1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

Eğrisel Şekilli Akma Levhalı 1.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCYD-1) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 22 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 30 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 34.5 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 37.5 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 13.5 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.9) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 13.8 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.

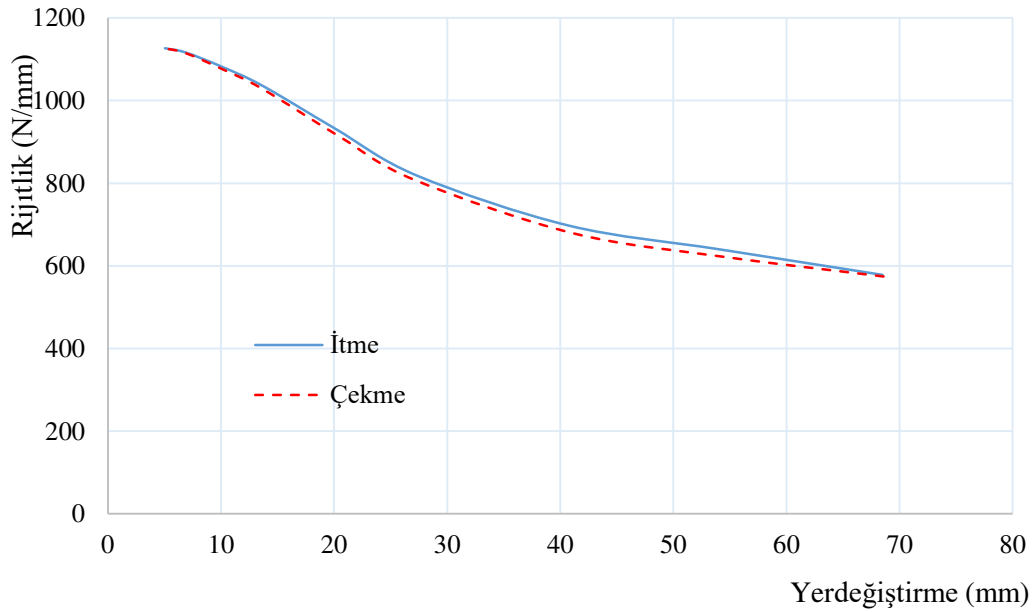


Şekil 141. SFCYD-1 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-1 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 10.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 18.6 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 23.6 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 19.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 21 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 28 kN ve 70 mm

yerdeğiştirmede 40 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip1 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

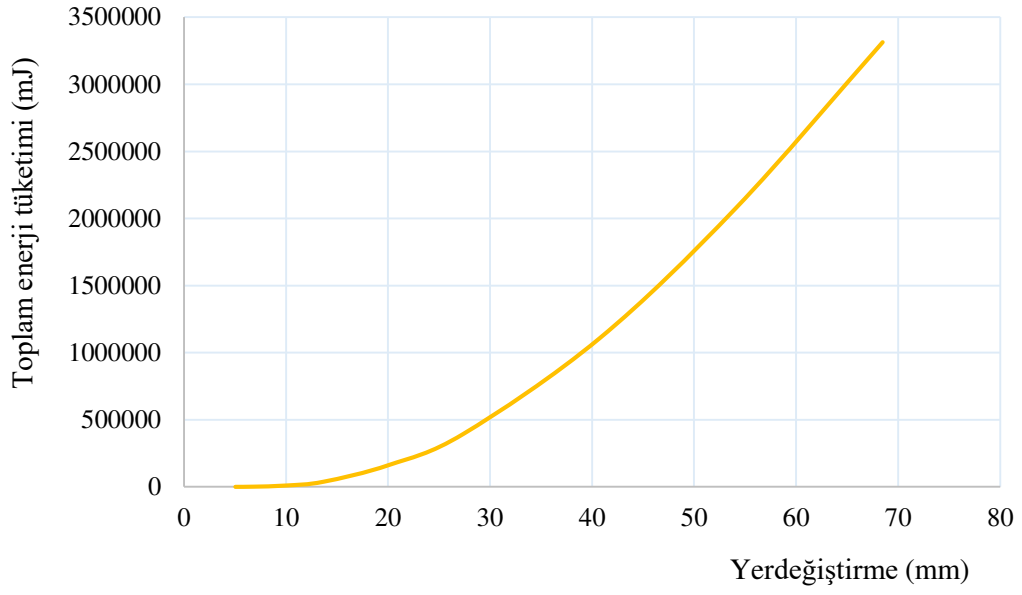
SFCYD-1 tipi metalik sönümleyicili elik ereve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi SFCYD-1 için şekil 142’ da verilmiştir.



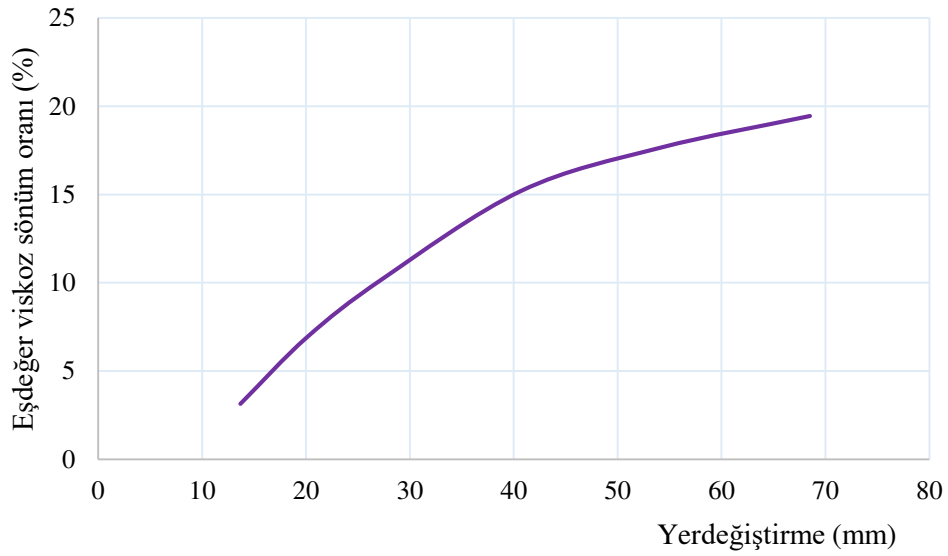
şekil 142. SFCYD-1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

Bu şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yerd eğiştirmede (%0.6 yerd eğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %4 oranında, 20 mm yerd eğiştirmede %17, 30 mm yerd eğiştirmede %30, 40 mm yerd eğiştirmede %38 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %49 düzeyinde olduğu görülmektedir.

SFCYD-1 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi şekil 143’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCYD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerd eğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi ise şekil 144’ de verilmiştir.



Şekil 143. SFCYD-1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

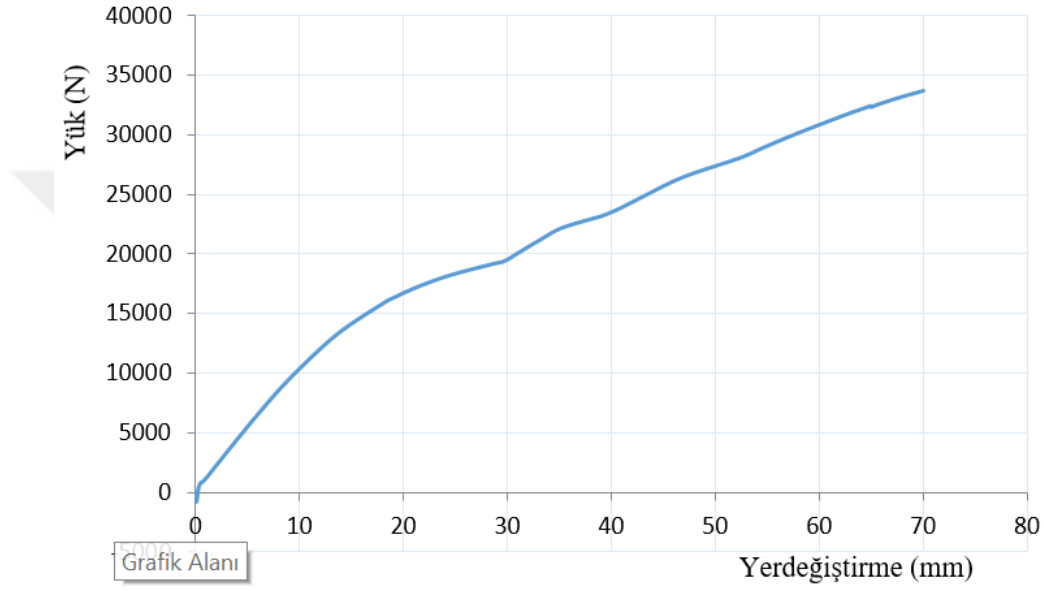


Şekil 144. SFCYD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı tip1 metalik sönümleyicinin (SFCYD-Tip1) çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5) yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmaktadır.

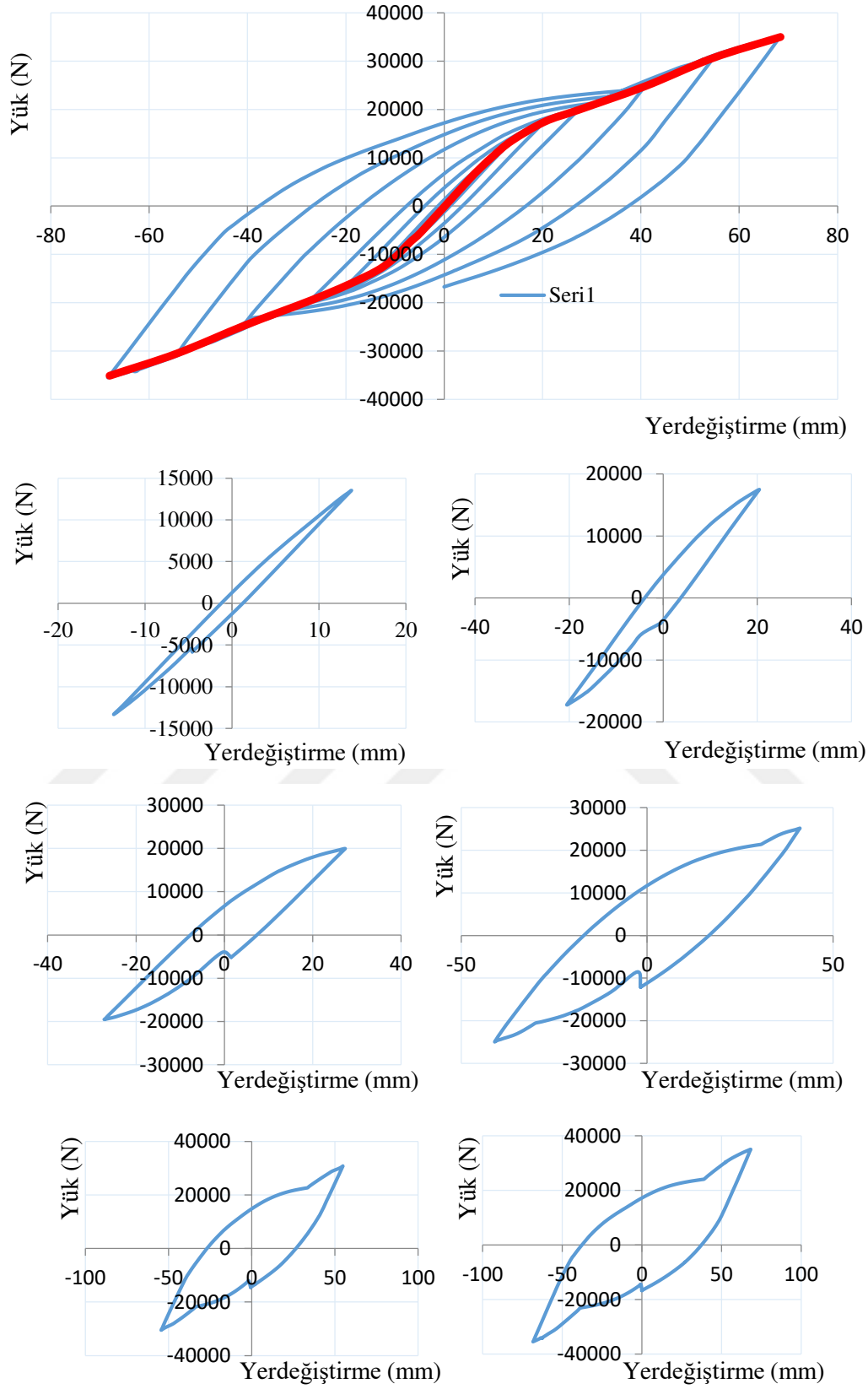
3.3.5.2. SFCYD-2 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli metalik sönümleyicili-Tip1(SFCYD-Tip2), çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 145, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 146’ de verilmiştir.



Şekil 145. SFCYD-2 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

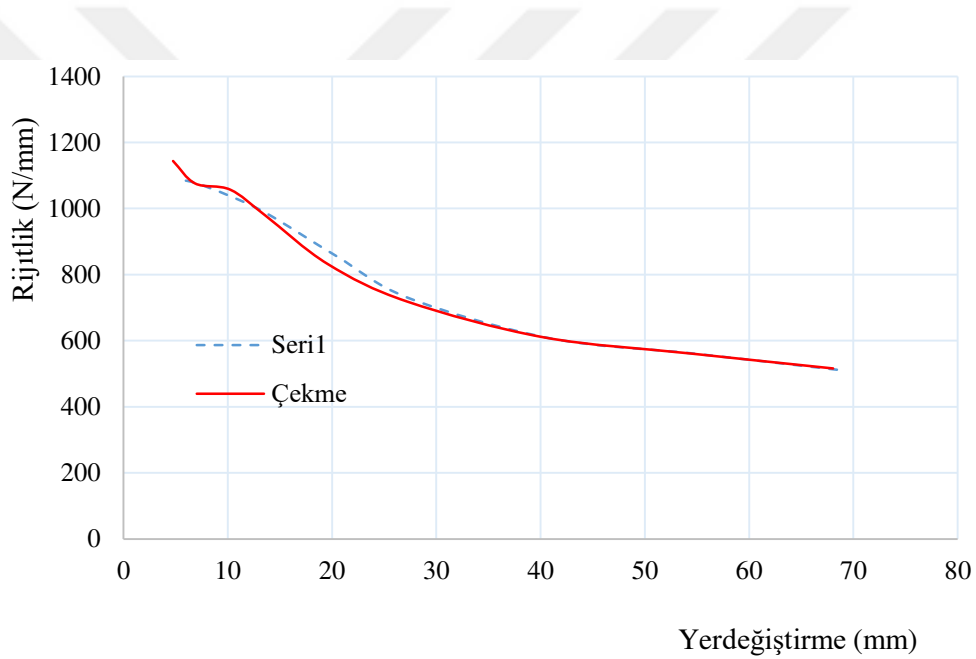
Eğrisel şekilli akma levhalı 2.tip, metalik sönümleyicili çelik çerçeve (SFCYD-2) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 19.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 23.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 27.3 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 30.8 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 33.7 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 13.5 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.9) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 13.2 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.



Şekil 146. SFCYD-2 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-2 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 10.4 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.2 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20.9 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 24.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 28.7 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 32.4 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 35.5 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip2 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCYD-2 metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCYD-Tip2 için Şekil 147’ de verilmiştir.

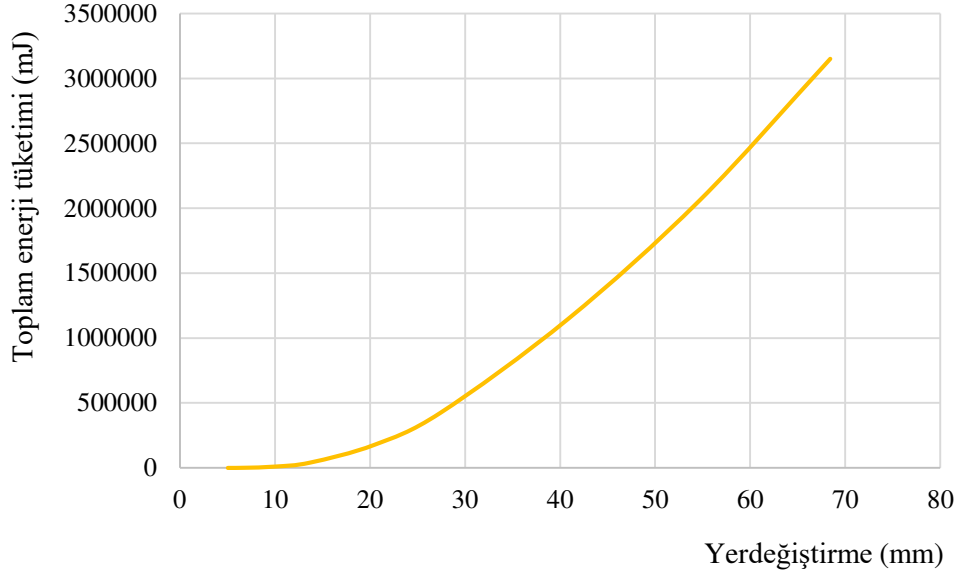


Şekil 147. SFCYD-2 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

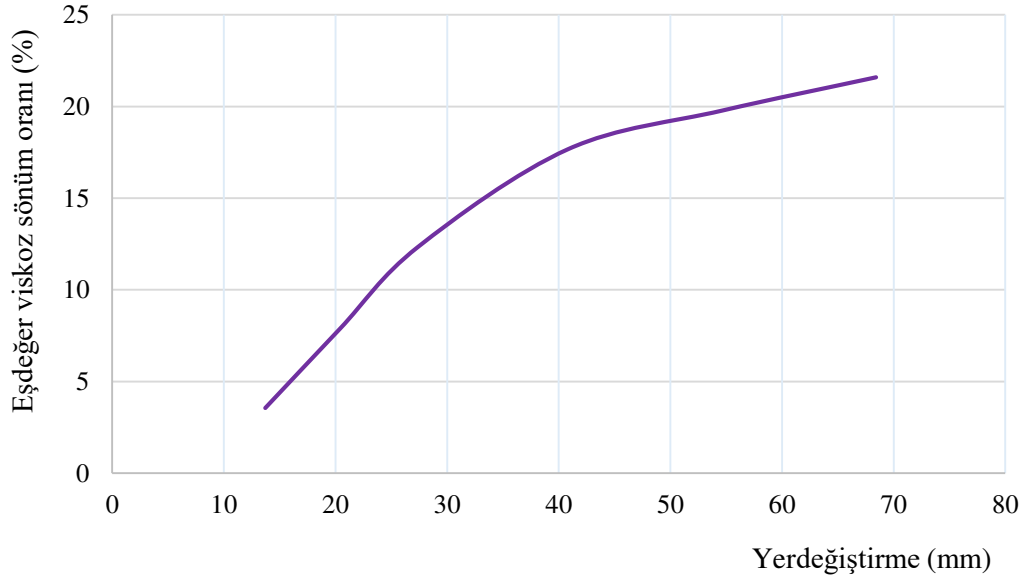
Şekilden görüldüğü gibi, SFCYD-2 modelinde, 10 mm yerdeğiştirme için (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %4, 20 mm yerdeğiştirme için %21, 30 mm yerdeğiştirme için %35, 40 mm yerdeğiştirme için %44 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %53 oranında olmuştur.

SFCYD-2 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 148’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCYD-2 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin

gerçekleştirdiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 149’de verilmiştir.



Şekil 148. SFCYD-2 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

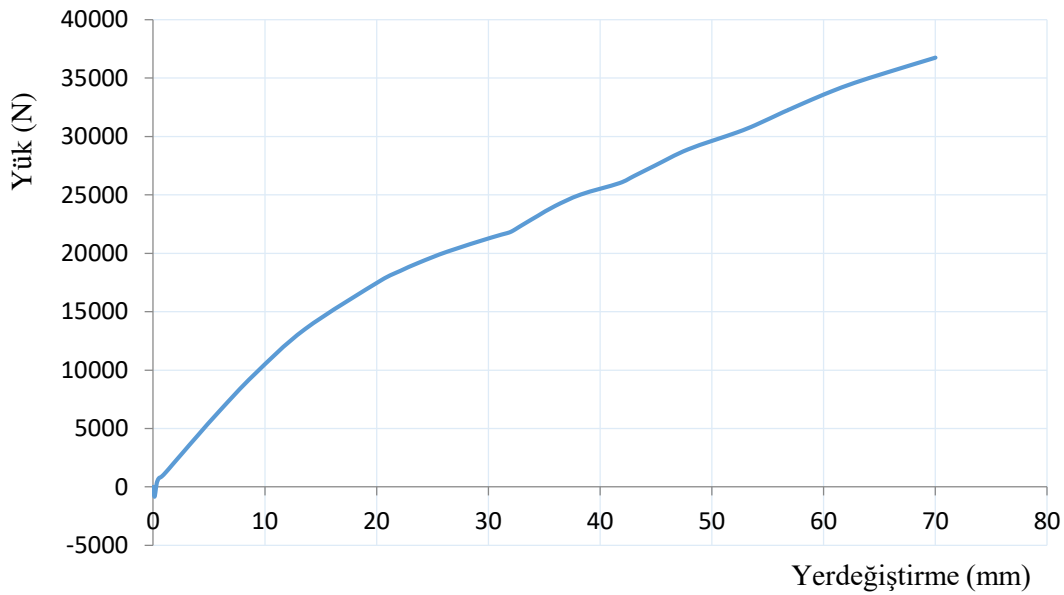


Şekil 149. SFCYD-2 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı 2.tip metalik sönümleyicili (SFCYD-Tip2) çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5) yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, önemli oranda azalmaktadır.

3.3.5.3. SFCYD-3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

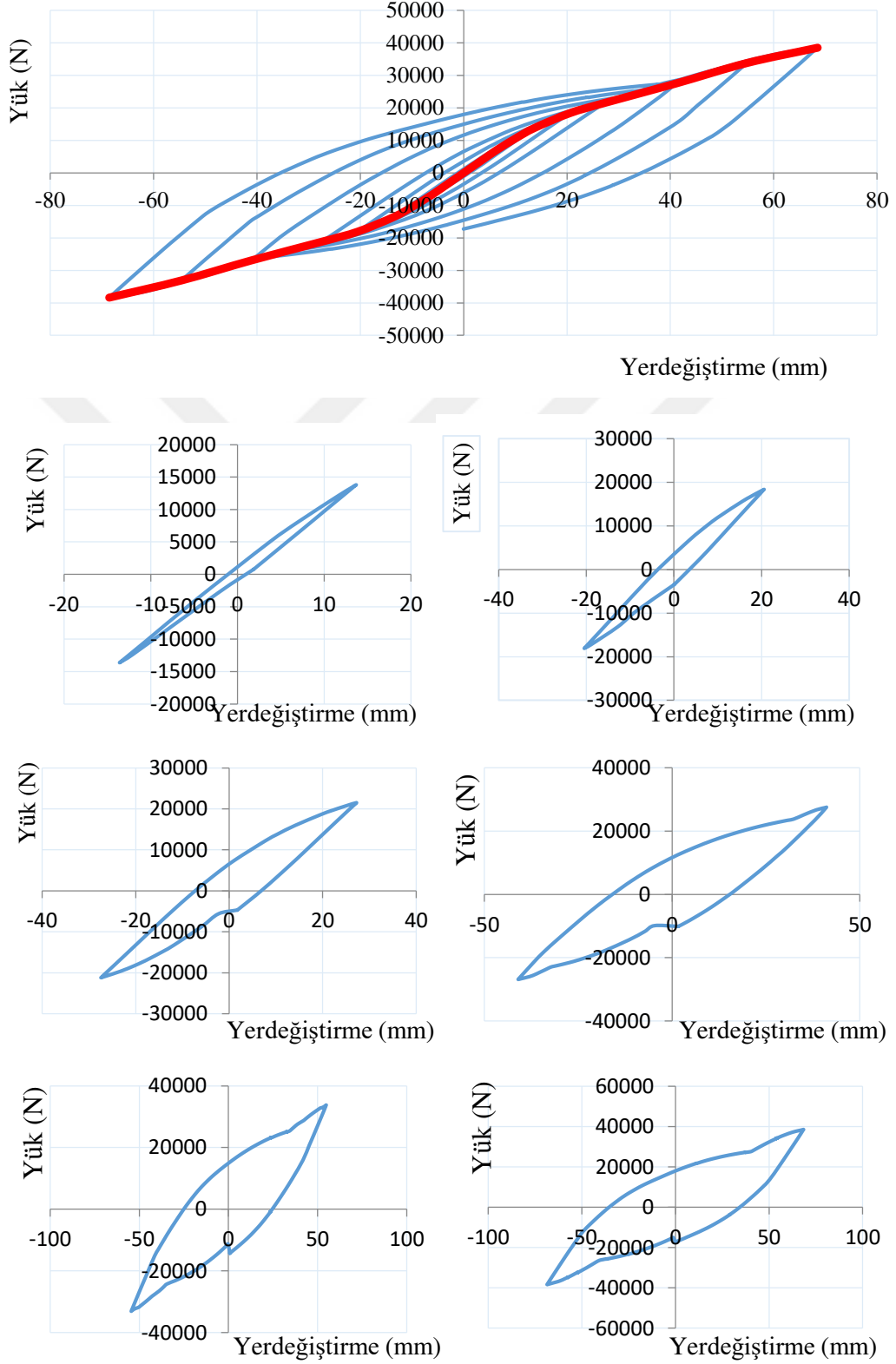
Eğrisel şekilli metalik sönümleyicili 3.tip (SFCYD-3), çerçeve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 150, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 151’ de verilmiştir.



Şekil 150. SFCYD-3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.4 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.4 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 21.3 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 25.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 29.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 33.6 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 36.8 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 13 mm yerdeğiştirmeye

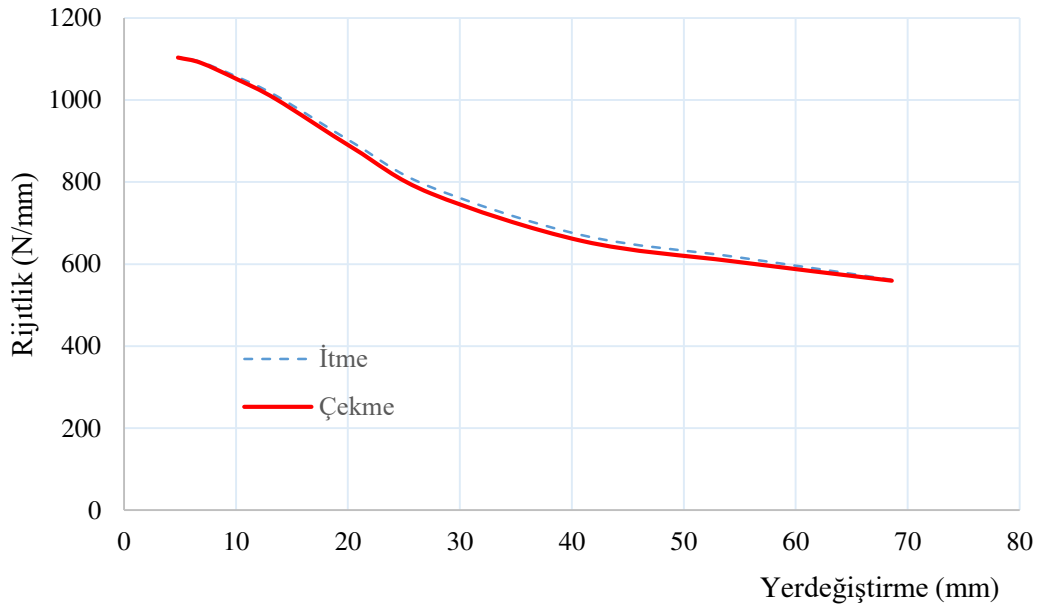
karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.8) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 13.5 kN düzeyinde olmuştur.



Şekil 151. SFCYD-3 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-3 için, çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 10.6 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 18 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 22.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 27 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 31.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 35.6 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 39 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-3 için de, diğeri modellerde olduğu gibi, statik itme analizi ile çevrimsel ykleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCYD-3 tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri ykleme durumu için, rijitlik değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 152’ da verilmiştir.

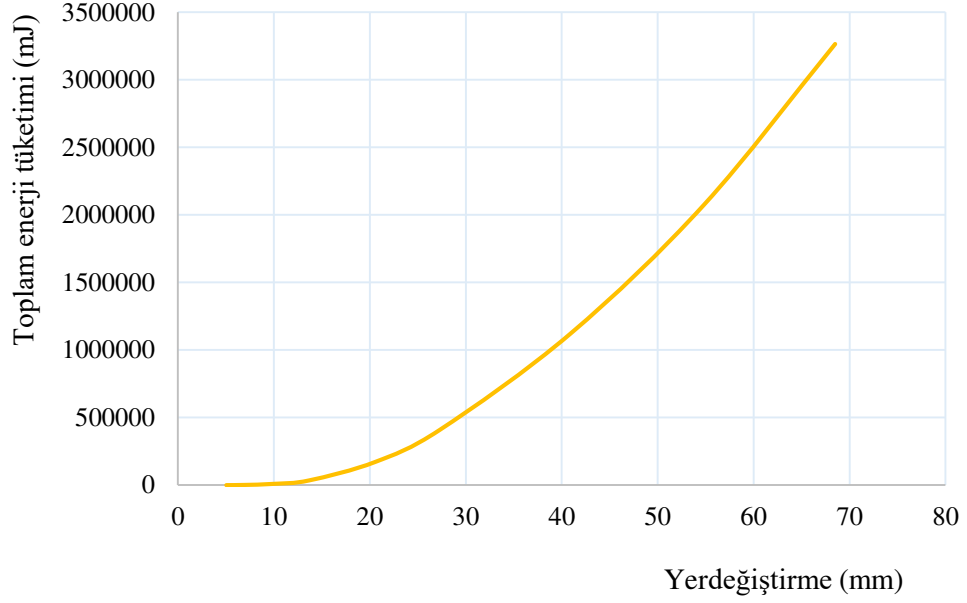


Şekil 152. SFCYD-3 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

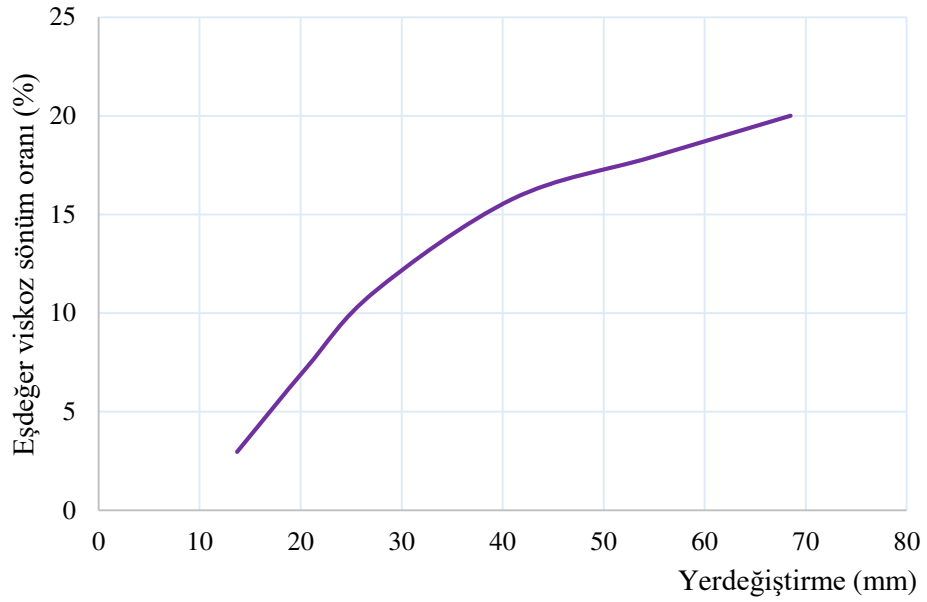
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %4 oranında 20 mm yerdeğiştirmede %18, 30 mm yerdeğiştirmede %31, 40 mm yerdeğiştirmede %38 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %49 oranında olmuştur.

SFCYD-3 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 153’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay ykleme altında analizi yapılan SFCYD-3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekteleğiğeri her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yklemenin üçüncü adımından

sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 154’ de verilmiştir.



Şekil 153. SFCYD-3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



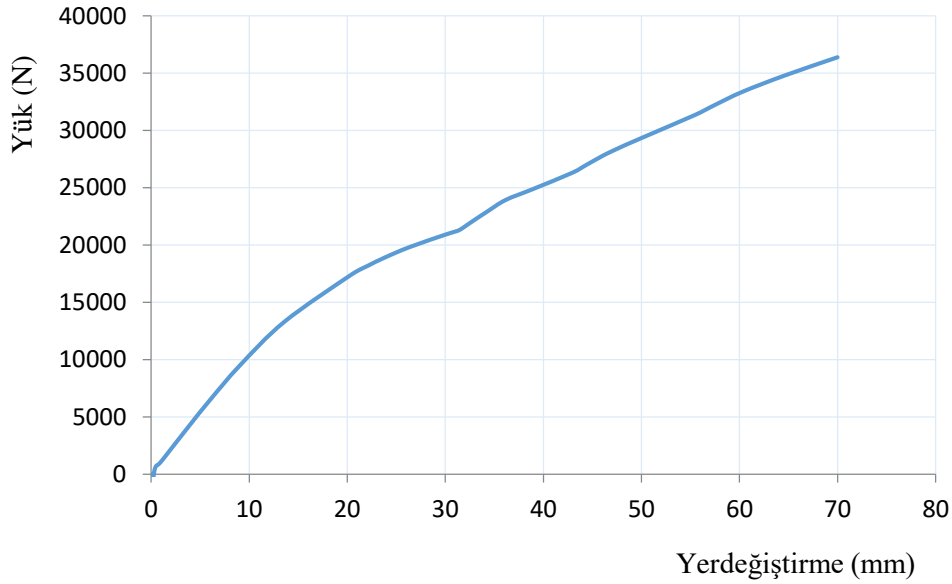
Şekil 154. SFCYD-3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı 3.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm

oranı artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5) yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, önemli oranda azalmaktadır.

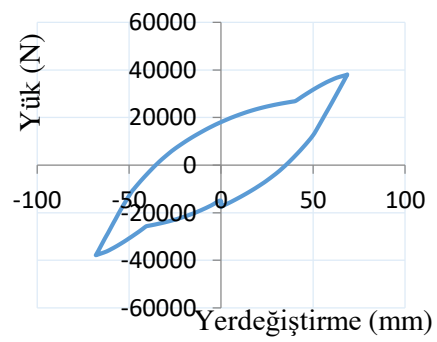
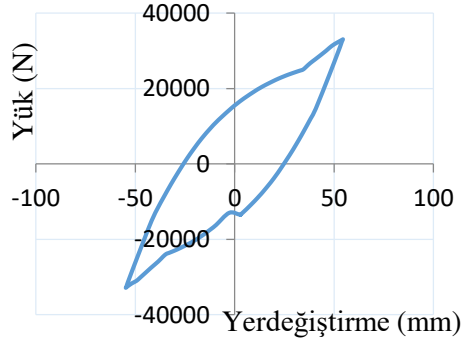
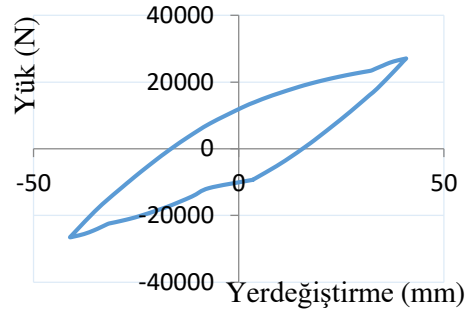
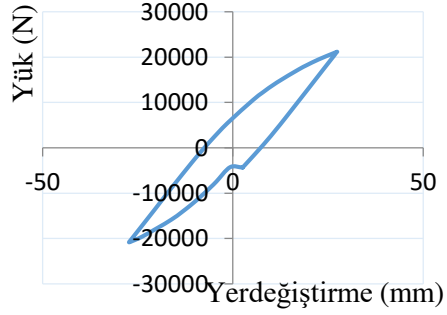
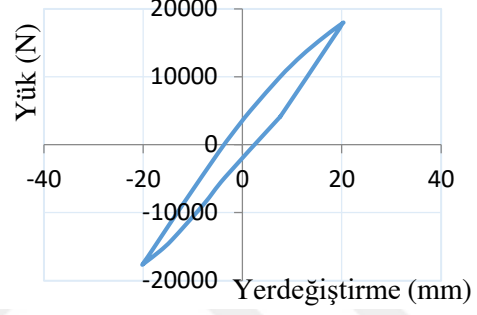
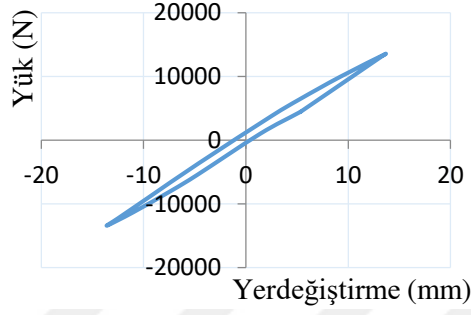
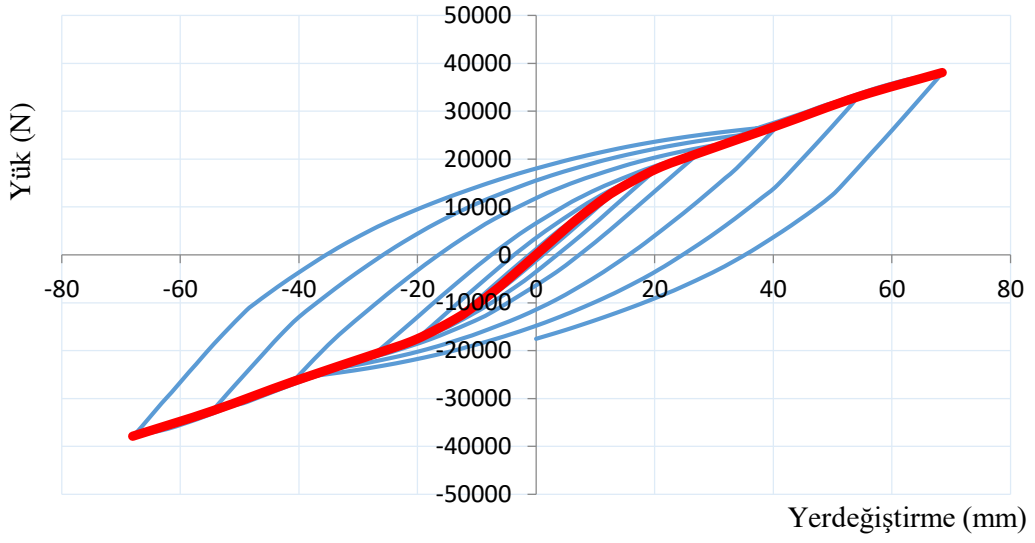
3.3.5.4. SFCYD-4 için Elde Edilen Bulgular ve İrdellemeler

Eğrisel şekilli metalik sönümleyicili 4.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 155, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 156’ de verilmiştir.



Şekil 155. SFCYD-4 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

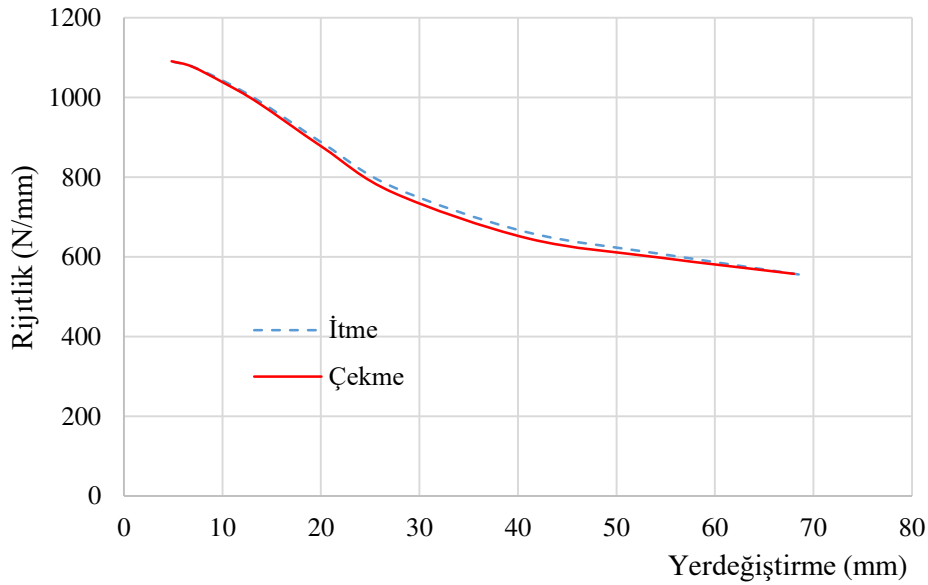
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.2 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20.9 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 25.3 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 29.3 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 33.2 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 36.4 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 10 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.6) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 10 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.



Şekil 156. SFCYD-4 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-4 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 10.4 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.7 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 22.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 26.7 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 31.1 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 35.1 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 38.6 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip4 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında, diğerk modellerde de olduğu gibi önemli bir fark gözlenmemiştir.

Eğrisel şekilli akma levhalı 4.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemekten elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerkleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCYD-4 için şekil 157’ da verilmiştir.

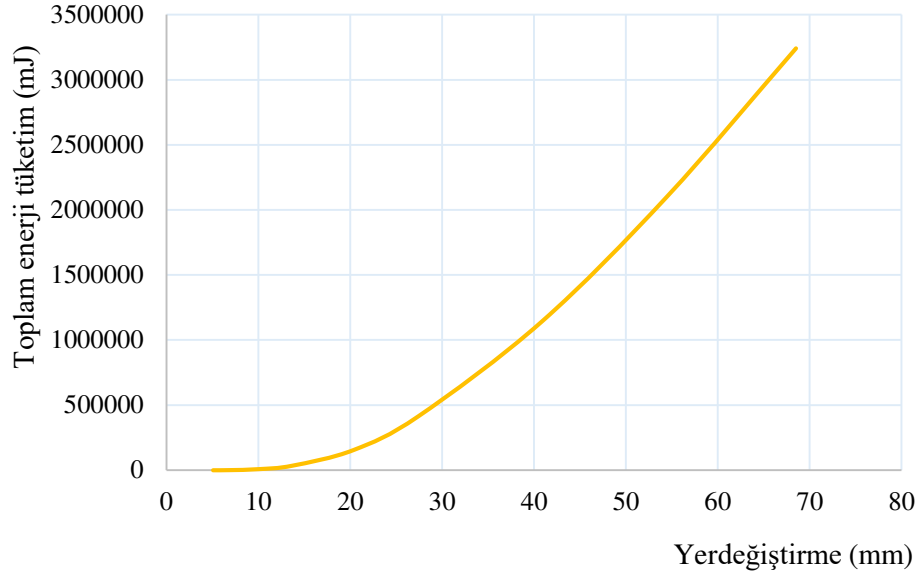


Şekil 157. SFCYD-4 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi

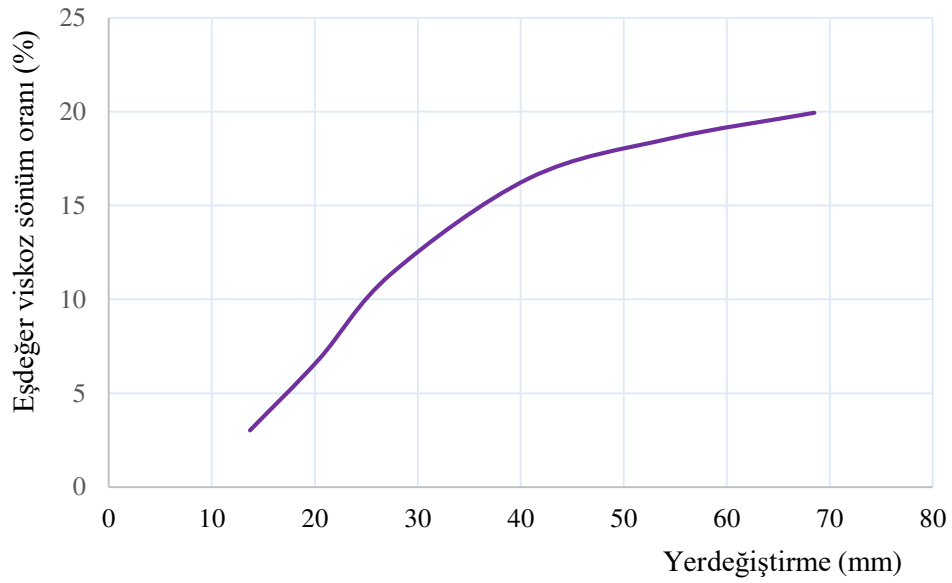
SFCYD-4 modelinde, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %4 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %18, 30 mm yerdeğiştirmede %31, 40 mm yerdeğiştirmede %39 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %49 düzeyinde olduğu görölmüştür.

SFCYD-4 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi şekil 158’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında

analizi yapılan SFCYD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi şekil 159’ de verilmiştir.



şekil 158. SFCYD-4 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

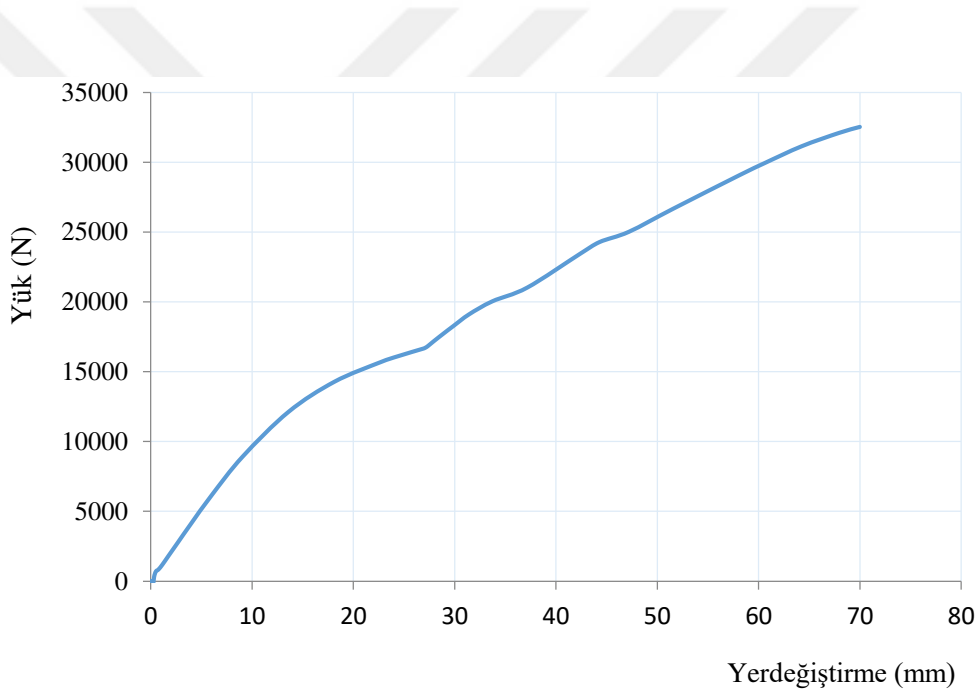


şekil 159. SFCYD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, SFCYD-4 çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5) yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış önemli oranda azalmaktadır.

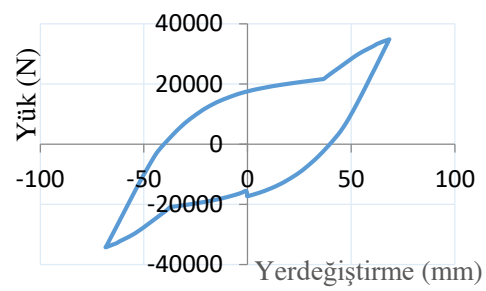
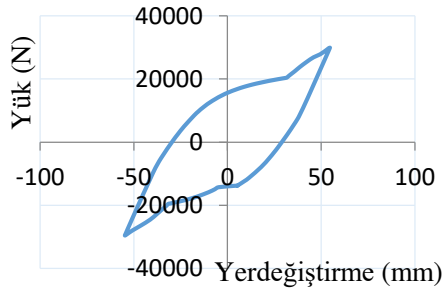
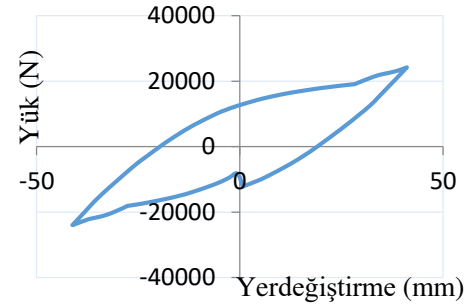
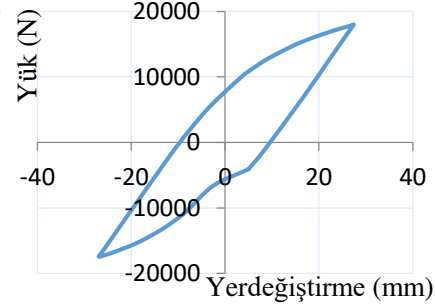
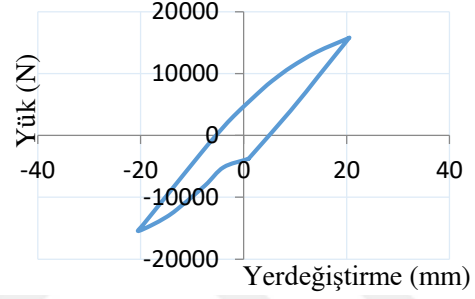
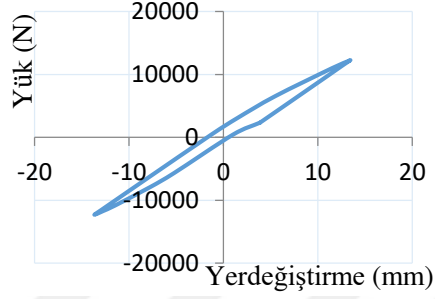
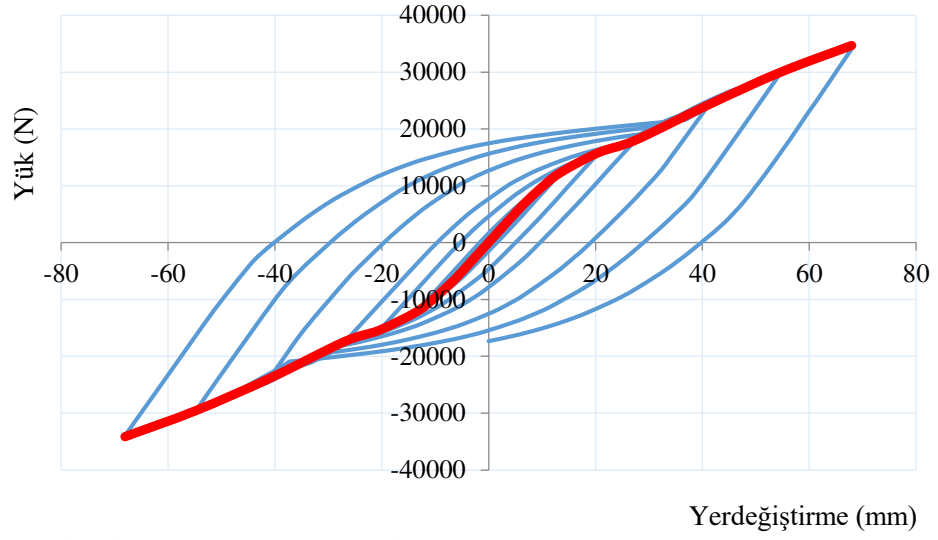
3.3.5.5. SFCYD-5 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli metalik sönümleyicili 5.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 160, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 161’ de verilmiştir.



Şekil 160. SFCYD-5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

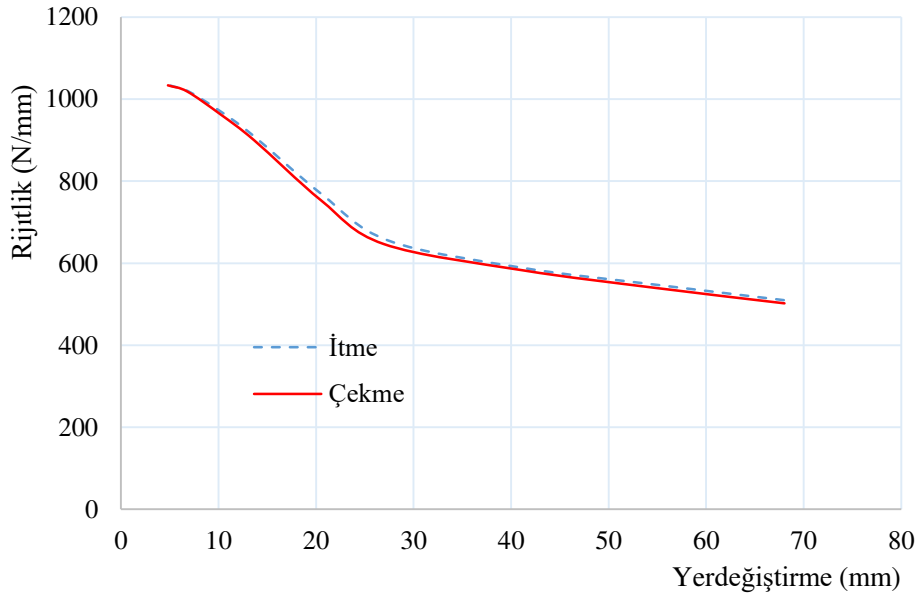
SFCYD-5 modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 9.6 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 14.8 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 18.3 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 22.3 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 26 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 29.7 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 32.5 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 9 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.6) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 8.9 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.



Şekil 161. SFCYD-5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-5 için, bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak, yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 9.7 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 15.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 19.1 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 23.7 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 28 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 31.8 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 35.4 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip5 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCYD-5 metalik sönümleyicili çelik çerçeve için, çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 162’ da verilmiştir.

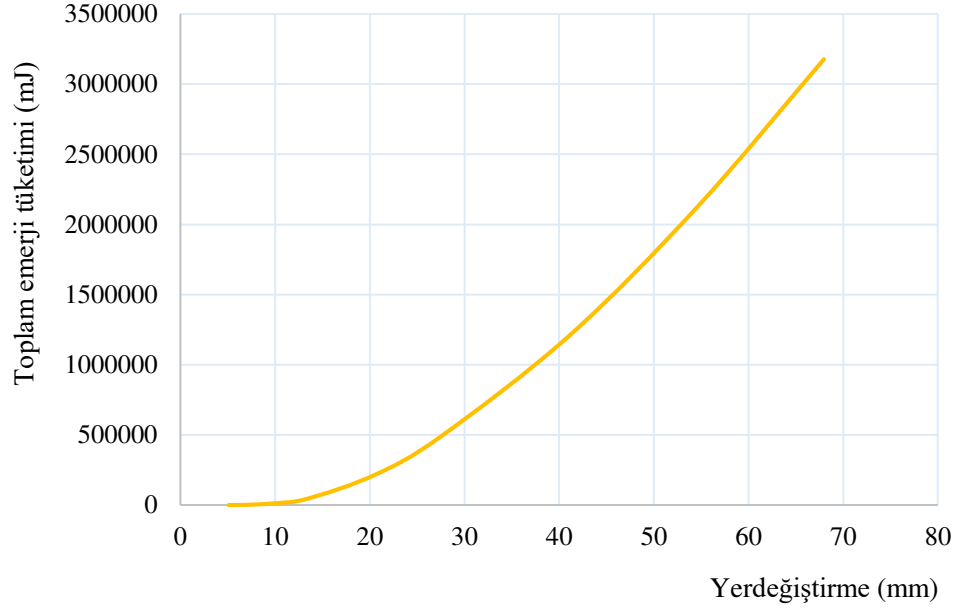


Şekil 162. SFCYD-5 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

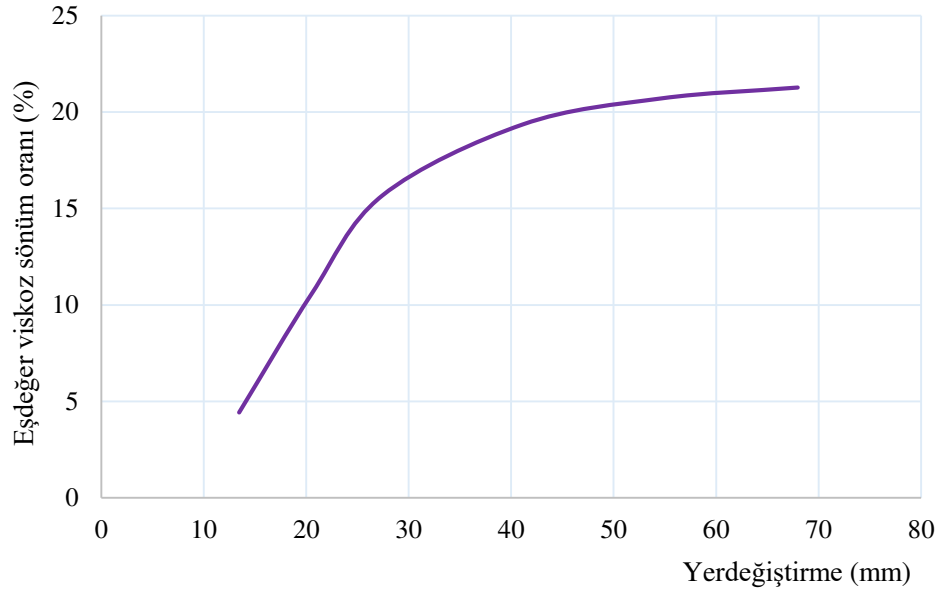
SFCYD-5 modelinde, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %6 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %24, 30 mm yerdeğiştirmede %38, 40 mm yerdeğiştirmede %42 ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %51 oranında gerçekteşmiştir.

SFCYD-5 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 163’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCYD-5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekteştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından

sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 164’ de verilmiştir.



Şekil 163. SFCYD-5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



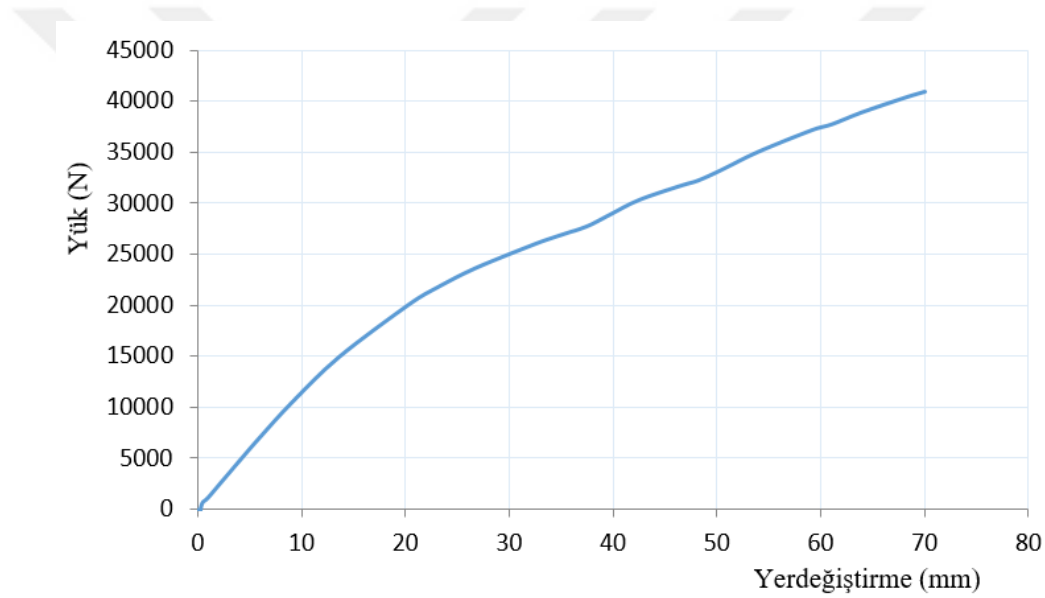
Şekil 164. SFCYD-5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, SFCYD-5 çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 27 mm yatay

yerdeşistirmeye karşılık gelen çevrimden (%1.7) yerdeşistirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmaktadır.

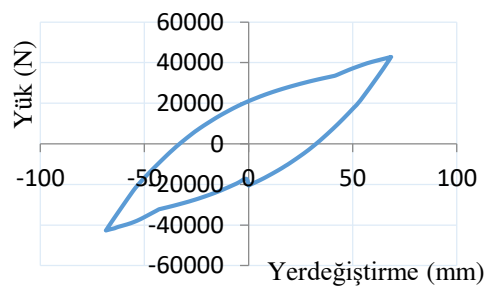
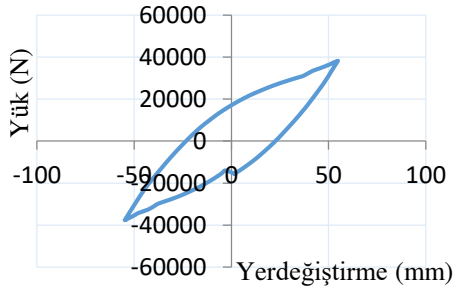
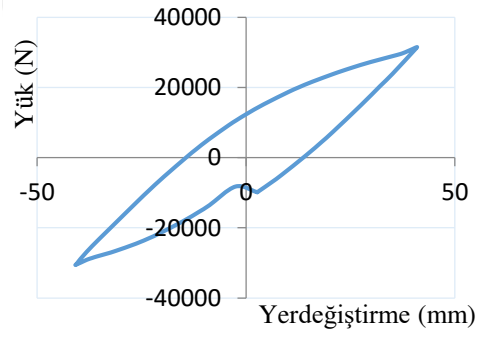
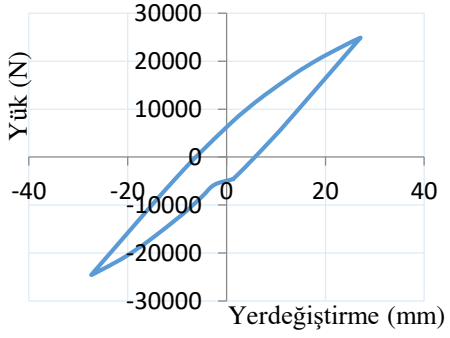
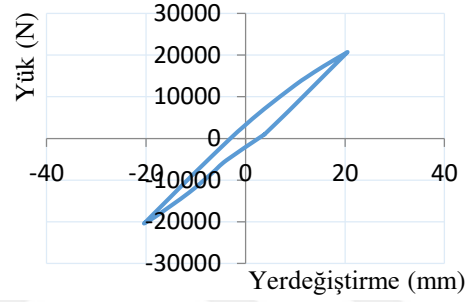
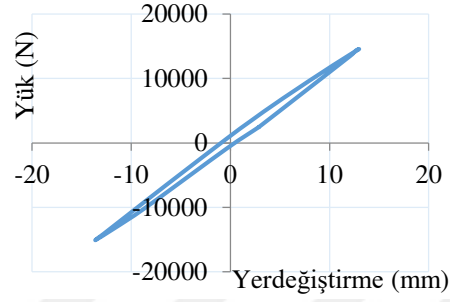
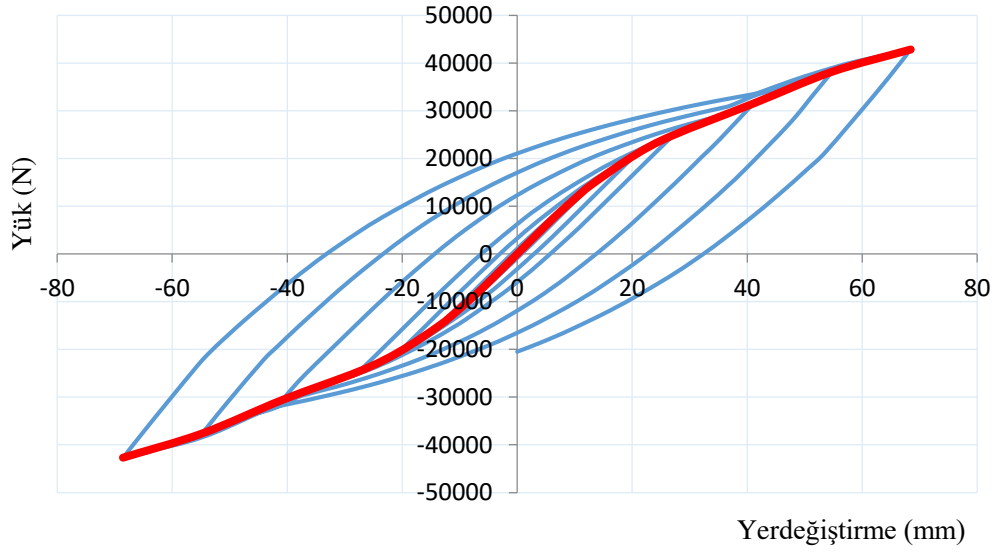
3.3.5.6. SFCYD-6 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli metalik sönümleyicili 6.tip ereve modelleri için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeşistirme eğrisi, şekil 165, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeşistirme eğrisi, şekil 166’ de verilmiştir.



şekil 165. SFCYD-6 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeşistirme eğrisi

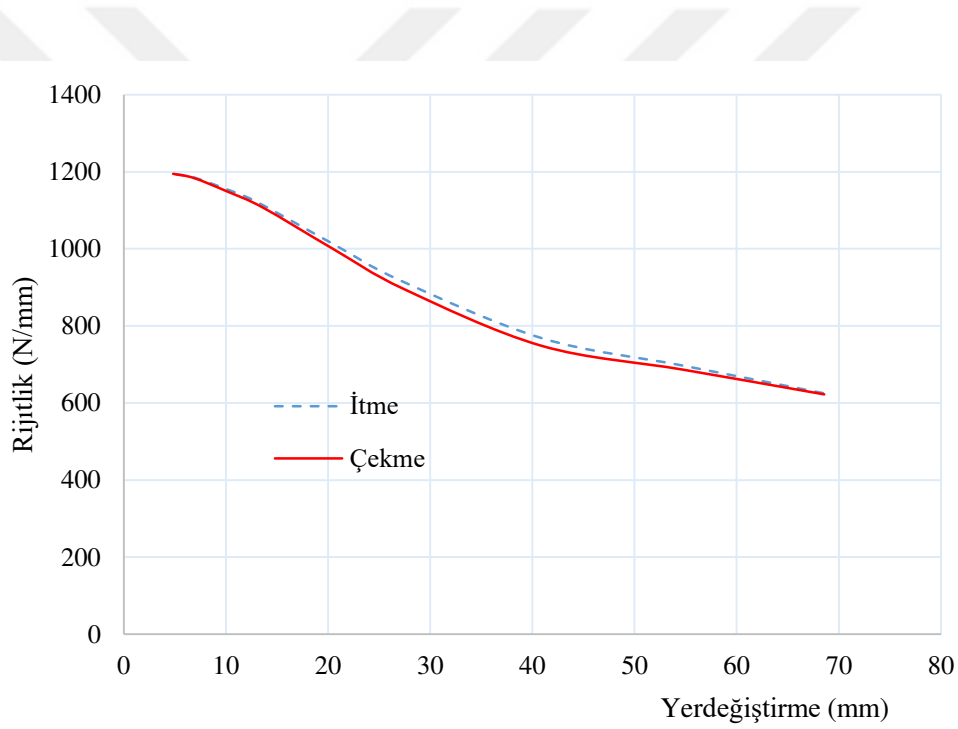
SFCYD-6 modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeşistirmede 11.4 kN, 20 mm yerdeşistirmede 19.9 kN, 30 mm yerdeşistirmede 25 kN, 40 mm yerdeşistirmede 29 kN, 50 mm yerdeşistirmede 33 kN, 60 mm yerdeşistirmede 37.4 kN ve 70 mm yerdeşistirmede ise 40.9 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. elik çerçevenin 13 mm yerdeşistirmeye karşılık gelen yerdeşistirme değerinde (yerdeşistirme oranı %0.8) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 15 kN düzeyinde olduğu grlmştir



Şekil 166. SFCYD-6 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-6 modeli için, bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak, yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 11.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 20.3 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 26.3 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 31 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 35.9 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 40 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 43.4 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip6 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

(SFCYD-6 metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemekten elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCYD-Tip6 için Şekil 167’ da verilmiştir.

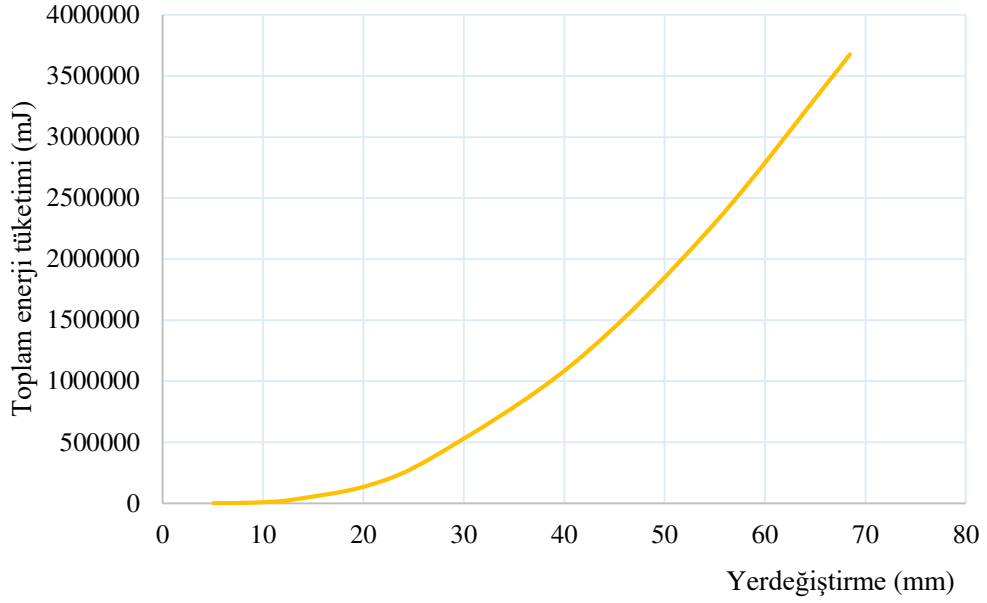


Şekil 167. SFCYD- 6 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

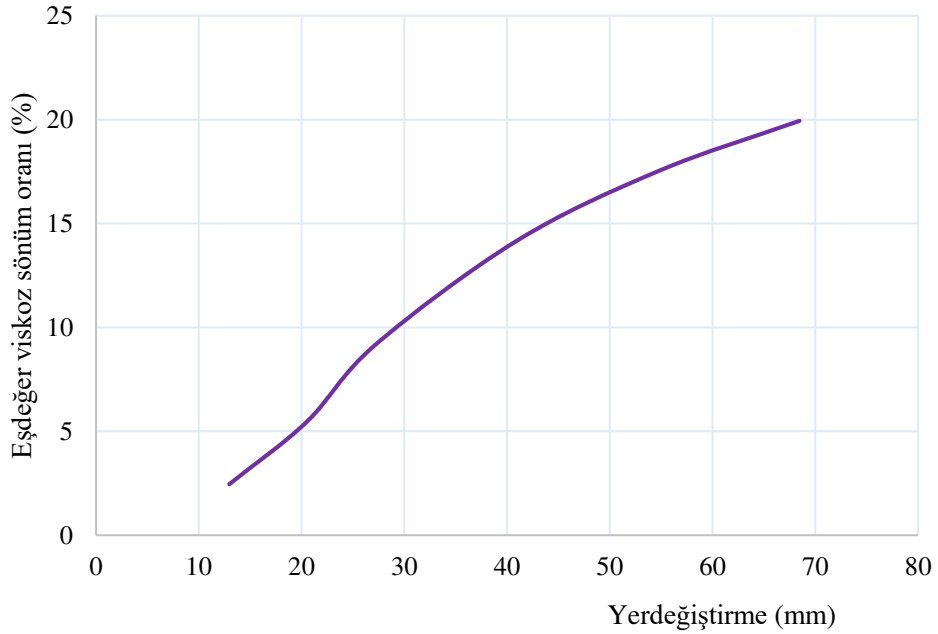
Bu şekilden, SFCYD-6 için, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %3 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %15 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %26 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %35 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %48 oranında olduğu görülmüştür.

SFCYD-6 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 168’de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında

analizi yapılan SFCYD-Tip6 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 169’ de verilmiştir.



Şekil 168. SFCYD-6 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

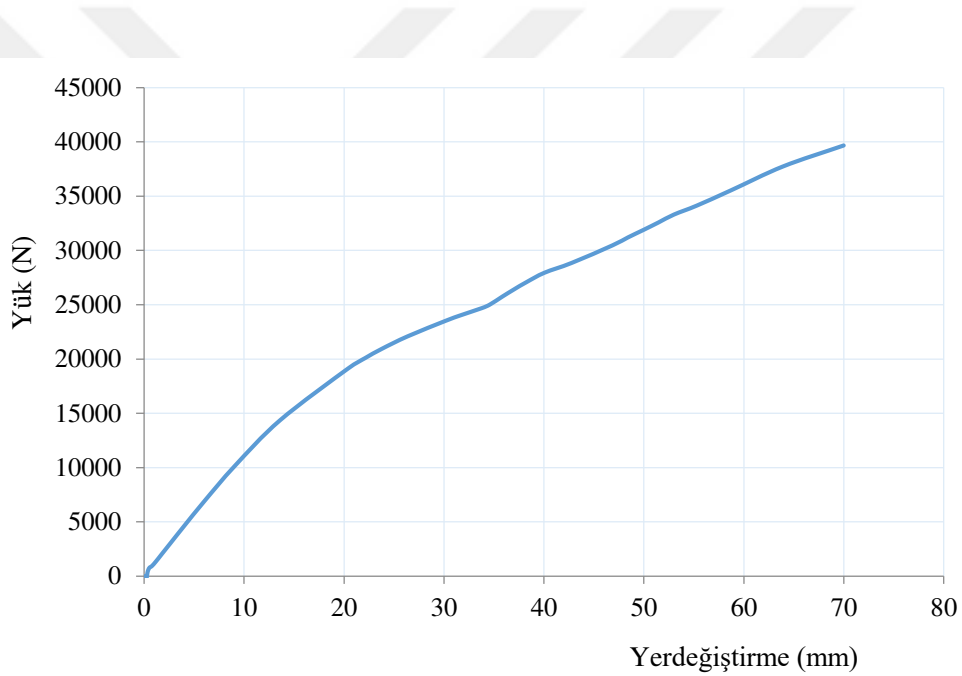


Şekil 169. SFCYD-6 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı 6.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır.

3.3.5.7. SFCYD-7 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

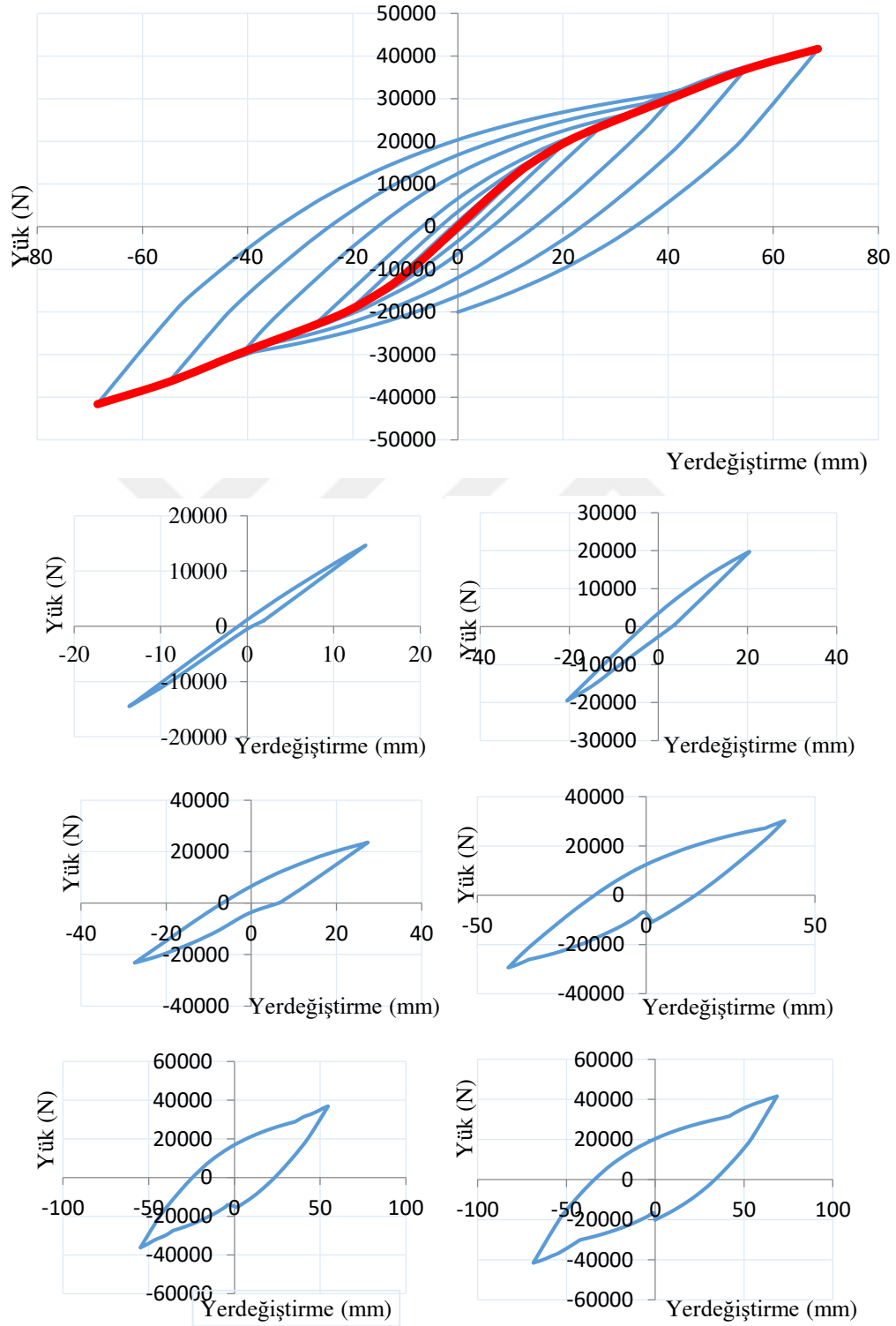
Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili 7.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 170, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 171’ de verilmiştir.



Şekil 170. SFCYD-7 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

Eğrisel şekilli akma levhalı 7.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 11.0 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 18.9 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 23.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 28 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 31.9 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 36.1 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 39.7 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 10 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme

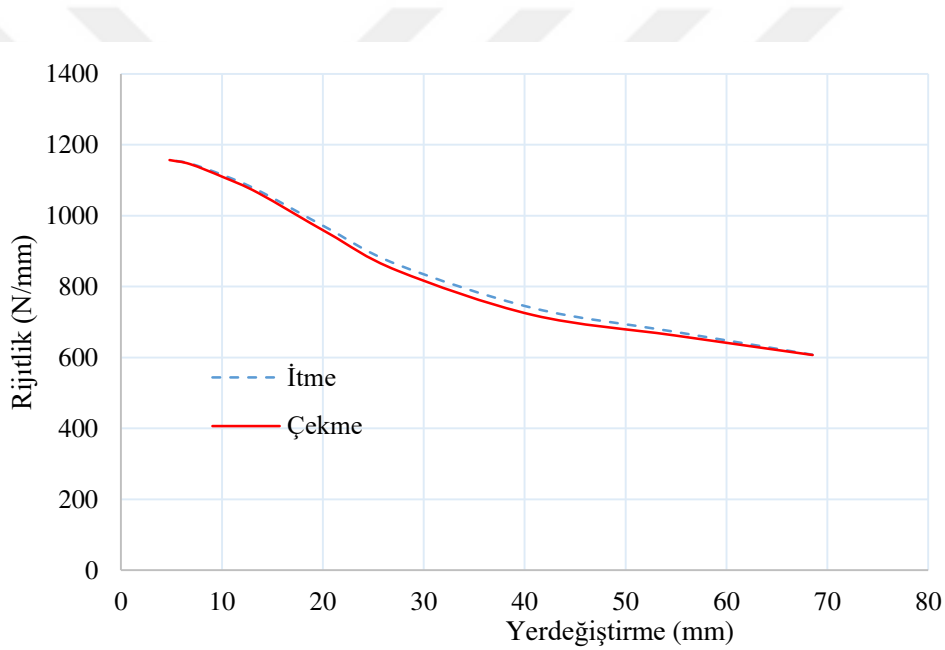
oranı %0.6) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 11 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.



Şekil 171. SFCYD-7 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-7 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 11.1 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 19.4 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 24.9 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 29.8 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 34.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 38.7 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 42.2 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-Tip7 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCYD-7 tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi SFCYD-Tip7 için Şekil 172’ da verilmiştir.

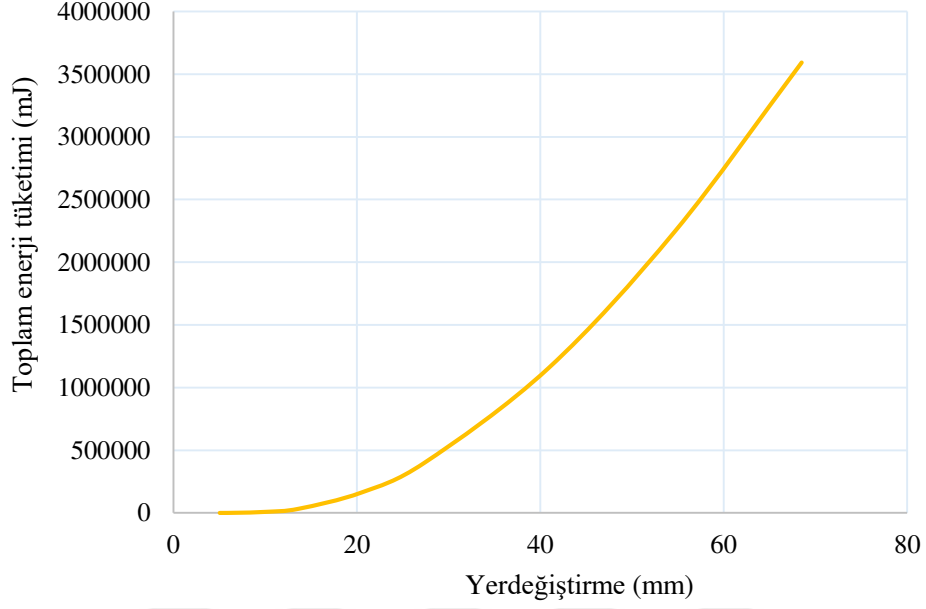


Şekil 172. SFCYD-7 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

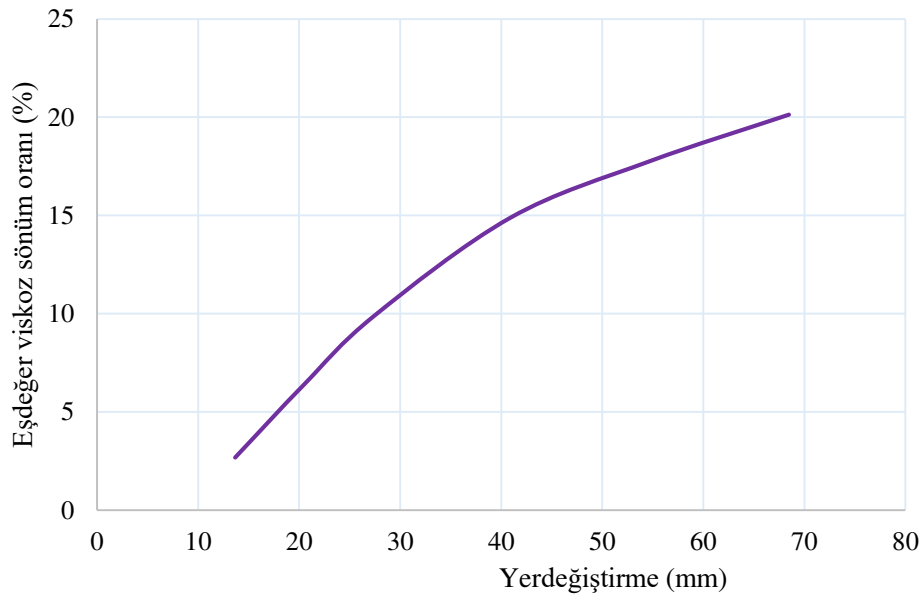
SFCYD-7 modeli için, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlik azalmanın %4 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %16 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %27 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %35 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %47oranında olduğu görülmüştür.

SFCYD-7 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 173’ de verilmiştir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel

yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 174' de verilmiştir.



Şekil 173. SFCYD-7 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



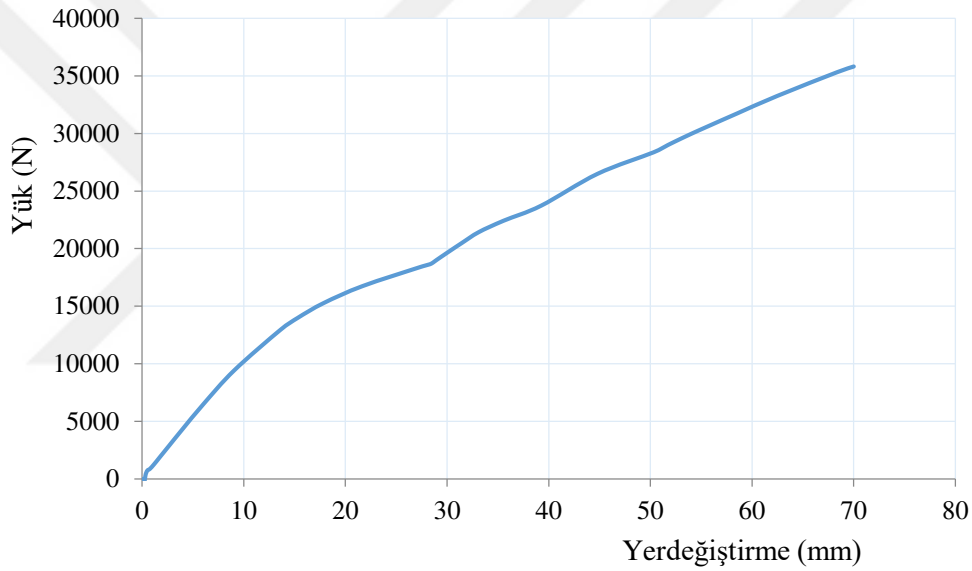
Şekil 174. SFCYD-7 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, SFCYD-7 tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı

artmaktadır. Ancak 40 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%2.5 yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmaktadır.

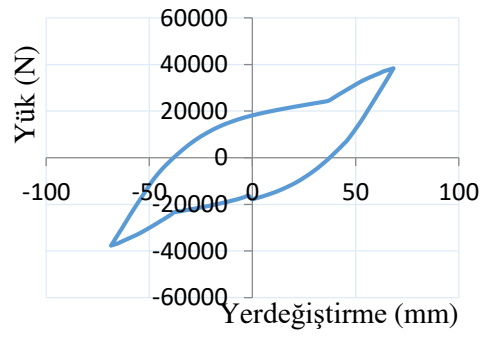
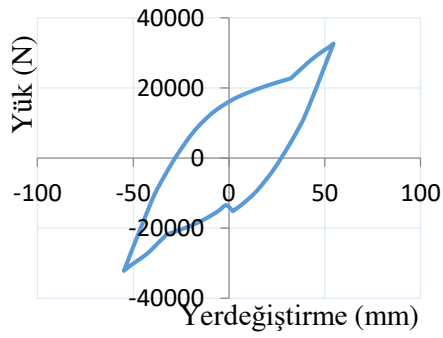
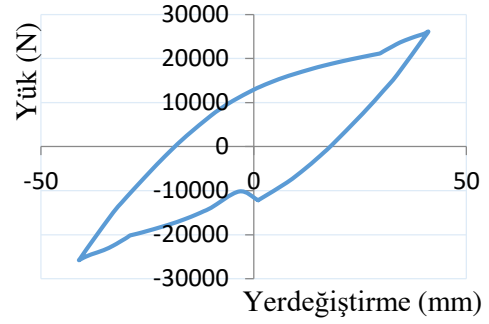
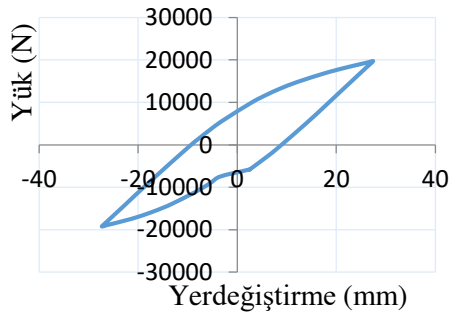
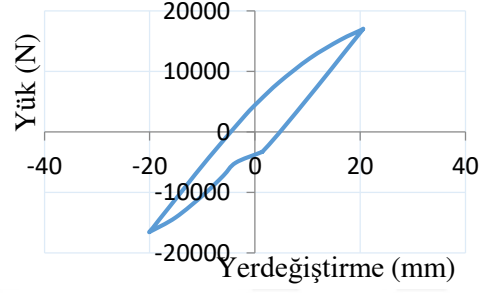
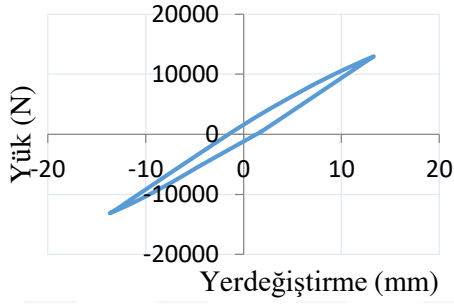
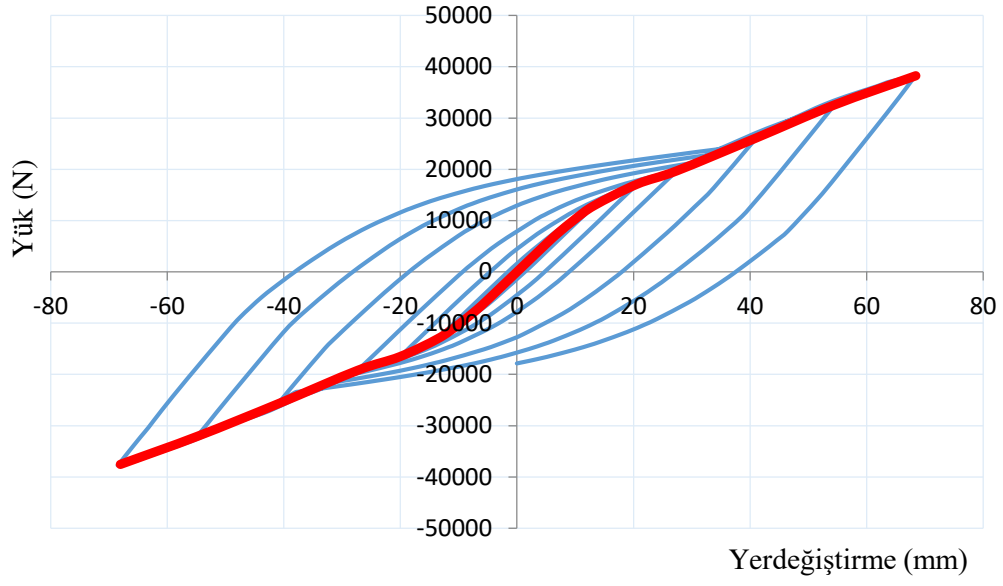
3.3.5.8. SFCYD-8 için Elde Edilen Bulgular ve İrdellemeler

Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili 8.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 175, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 176’ da verilmiştir.



Şekil 175. SFCYD-8 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

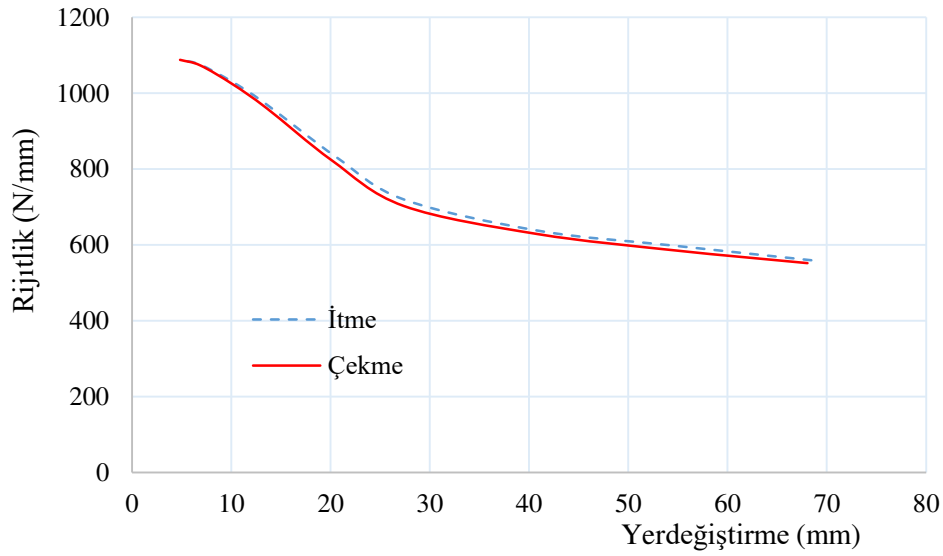
Bu şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.2 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.1 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 19.6 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 24.1 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 28.3 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 32.3 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 35.8 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 9 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.6) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 9.4 kN düzeyinde olduğı görülmüştür.



Şekil 176. SFCYD-8 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-8 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 10.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.8 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20.9 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 25.6 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 30.4 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 34.8 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 38.9 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-8 için de statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

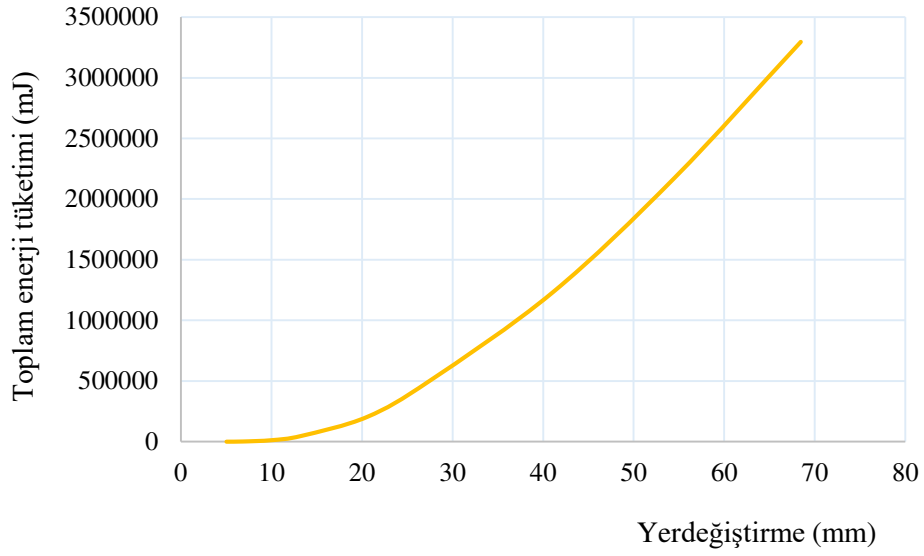
SFCYD-8 tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 177’ da verilmiştir.



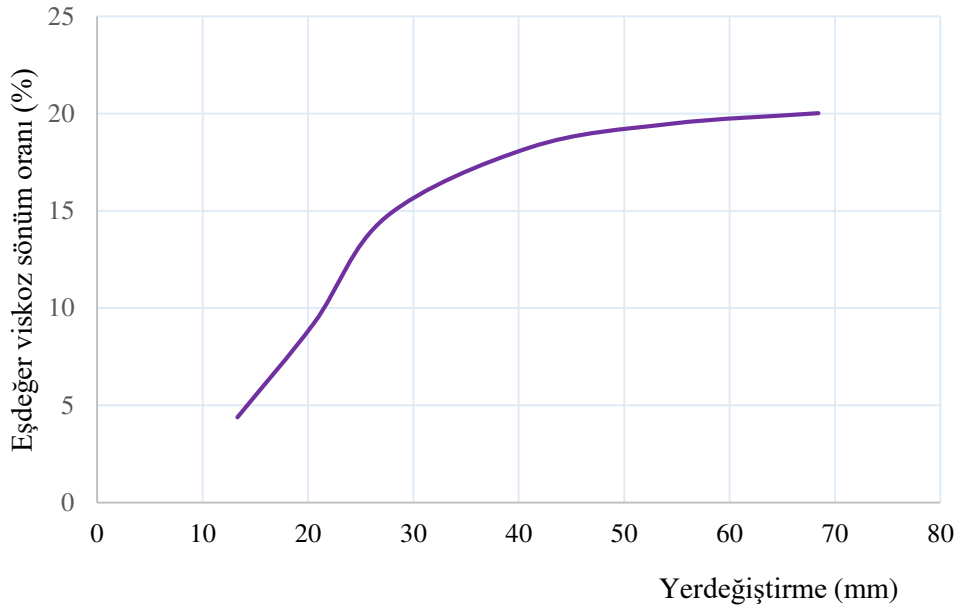
Şekil 177. SFCYD-8 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

Bu şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlikte %5 oranında 20 mm yerdeğiştirmede %22 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %35 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %41 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlikte ise yaklaşık %49 oranında azalma meydana gelmiştir.

SFCYD-8 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 178’ de verilmiştir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekteleğiğ i her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 179’ de verilmiştir.



Şekil 178. SFCYD-8 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

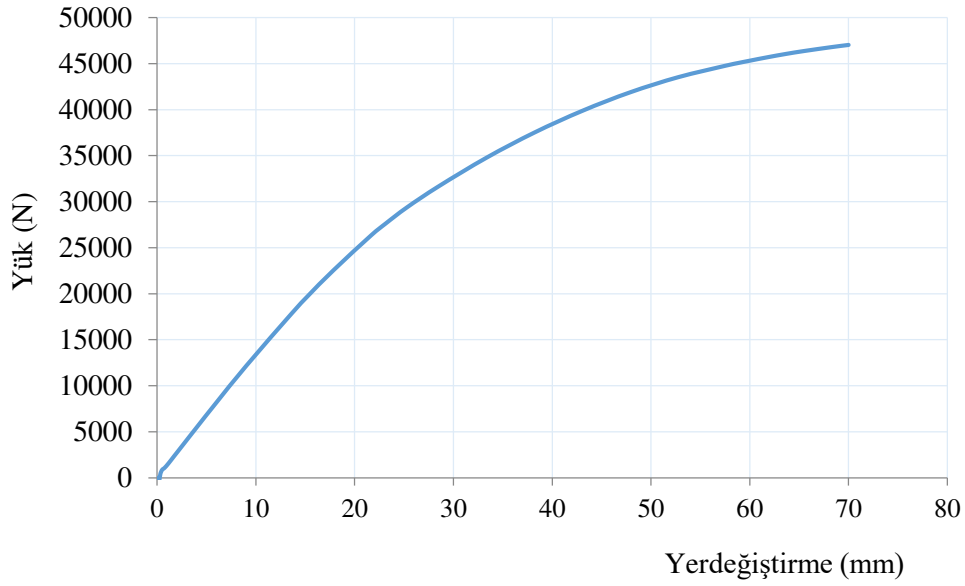


Şekil 179. SFCYD-8 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı 8.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır. Ancak 27 mm yatay yerdeğiştirmeye karşılık gelen çevrimden (%1.7 yerdeğiştirme oranından) sonra viskoz sönüm oranındaki artış, azalmakta ve 50 mm den sonra ise önemli bir artış gözlenmemektedir.

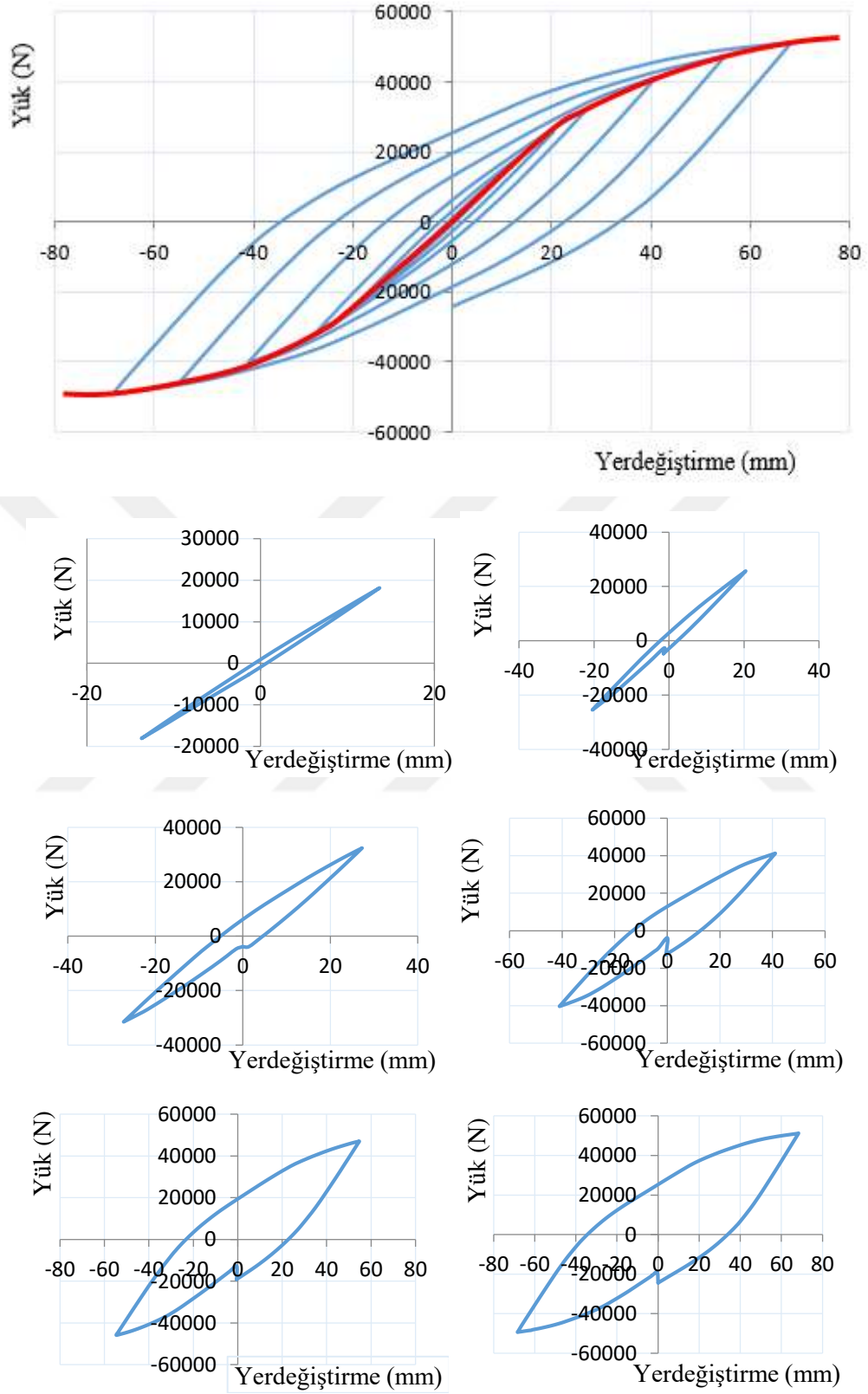
3.3.5.9. SFCYD-9 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili 9.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 180, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 181’ de verilmiştir.



Şekil 180. SFCYD-9 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

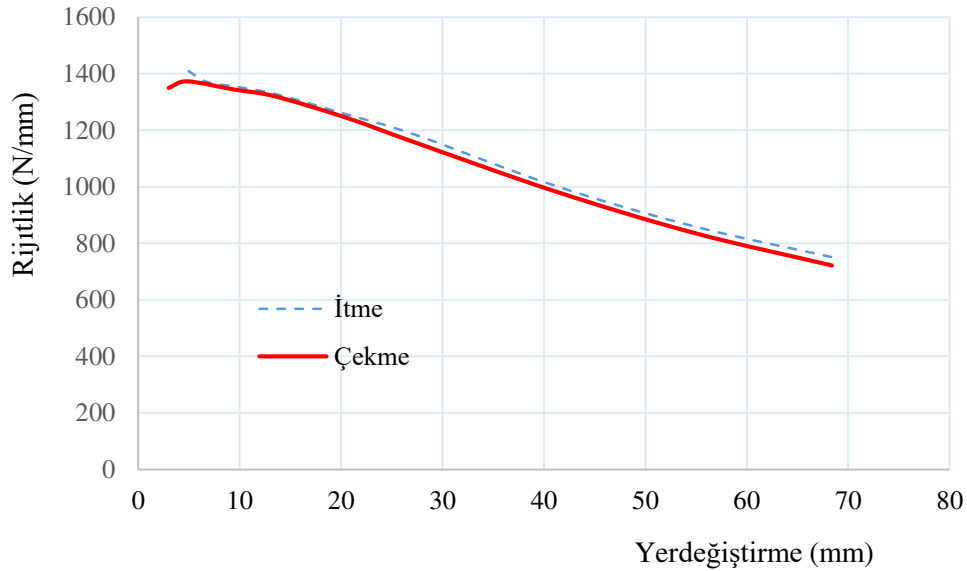
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 13.4kN, 20 mm yerdeğiştirmede 24.7 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 32.6 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 38.4 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 42.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 45.3 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 47 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 15 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %1.0) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 20 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 50 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %3) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.



Şekil 181. SFCYD-9 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-9 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 13.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 25.2 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 34 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 40.5 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 45 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 48.7 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 51.8 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-9 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Eğrisel şekilli akma levhalı 9.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi ise şekil 182’ de verilmiştir.

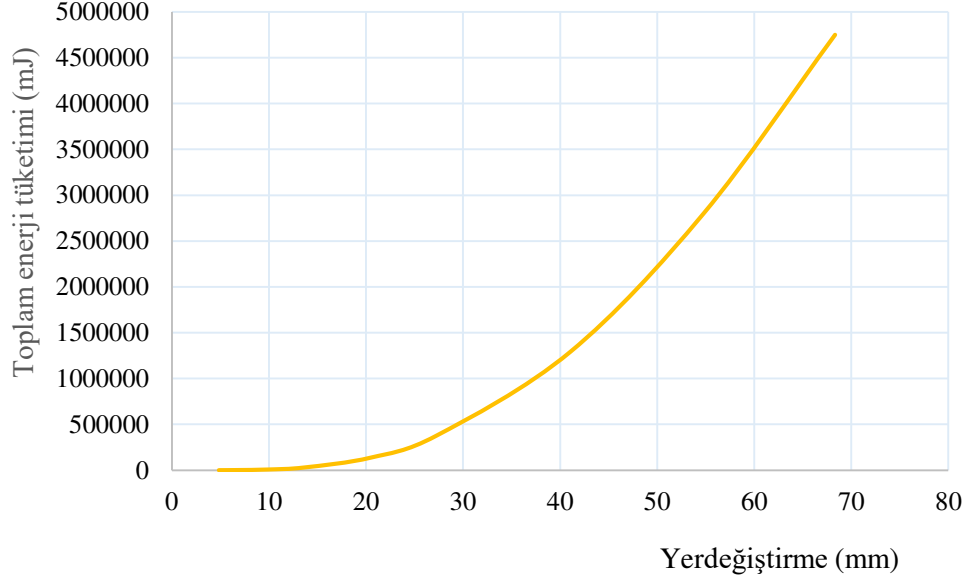


Şekil 182. SFCYD-9 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

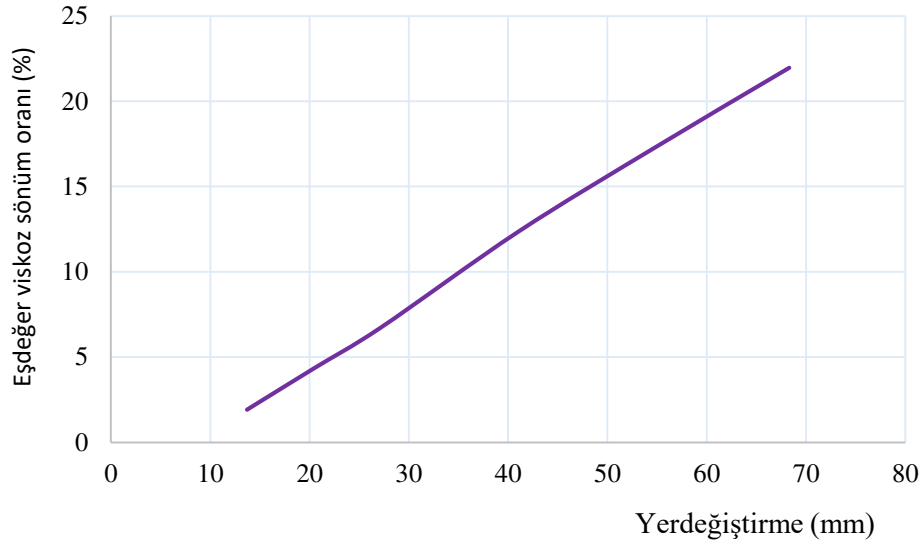
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlikte %4 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %11 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %19 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %28 oranında ve çevrim sonunda ise yaklaşık %47 oranında azalma olmuştur.

SFCYD-9 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 183’ de verilmiştir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekteşiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel

yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 184' de verilmiştir.



Şekil 183. SFCYD-9 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

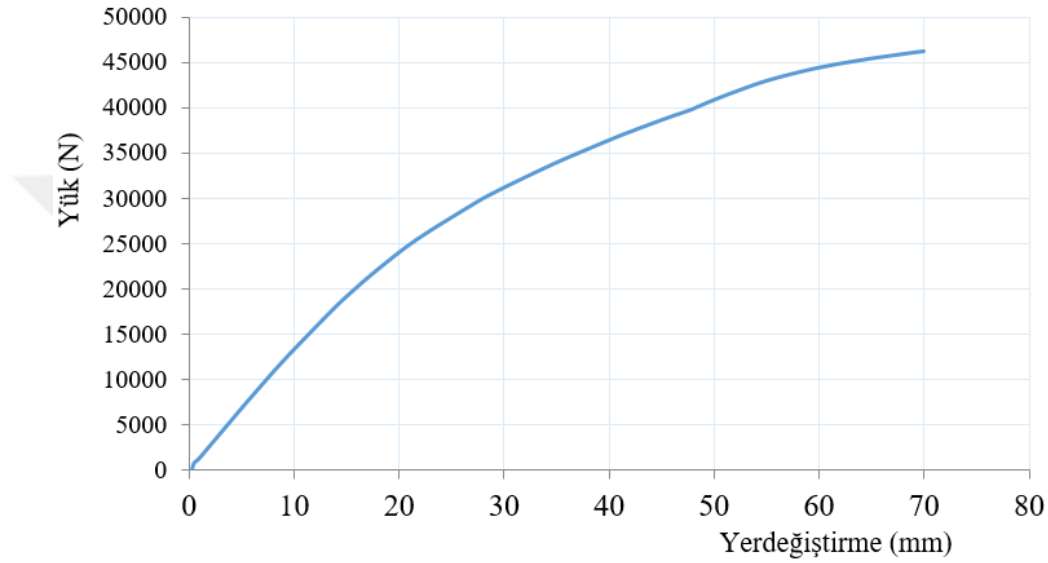


Şekil 184. SFCYD-9 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, SFCYD-9 tipi çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm artmaktadır.

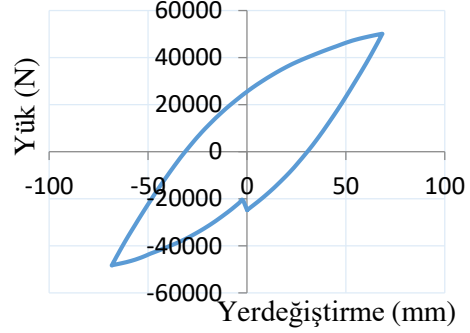
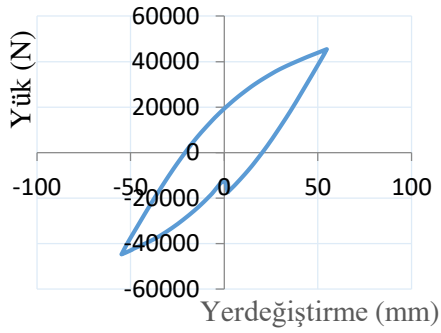
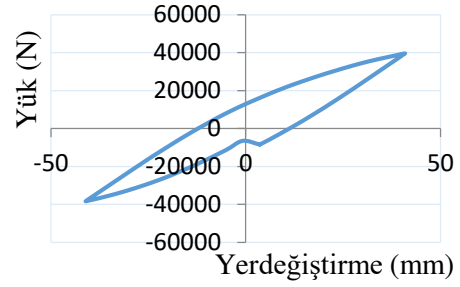
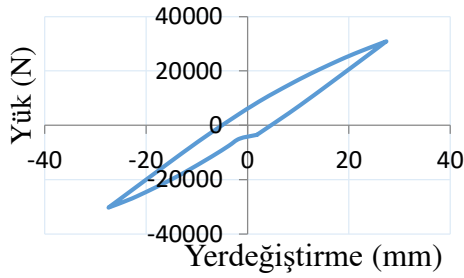
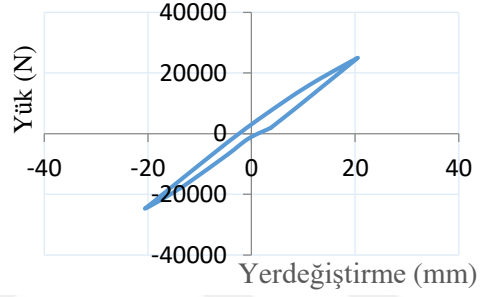
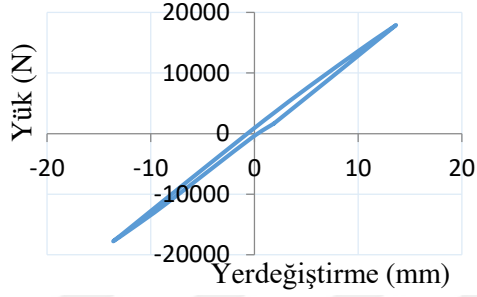
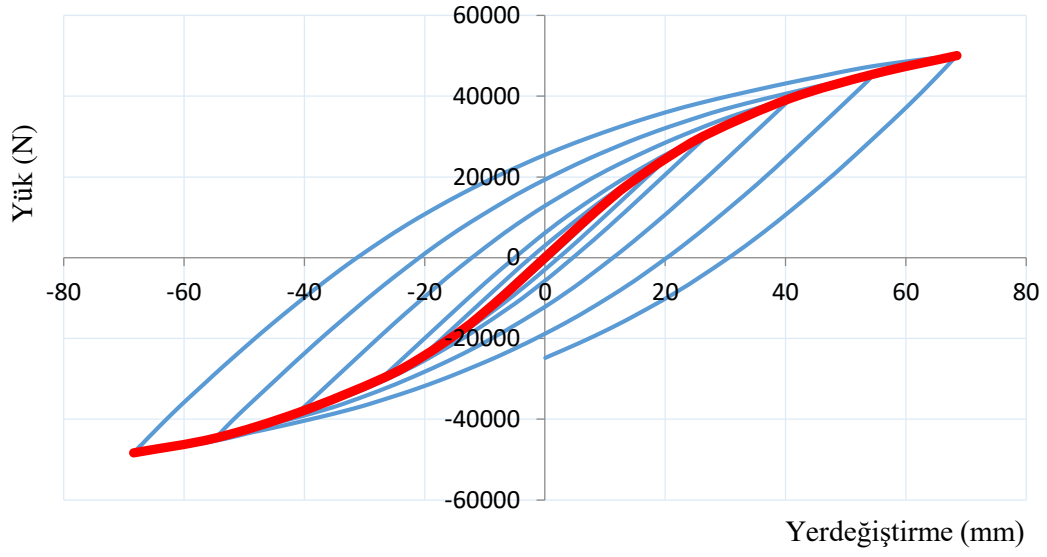
3.3.5.10. SFCYD-10 için Elde Edilen Bulgular ve İrdellemeler

Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyicili 10.tip çerçeve modeli için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 185, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 186’ de verilmiştir.



Şekil 185. SFCYD-10 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

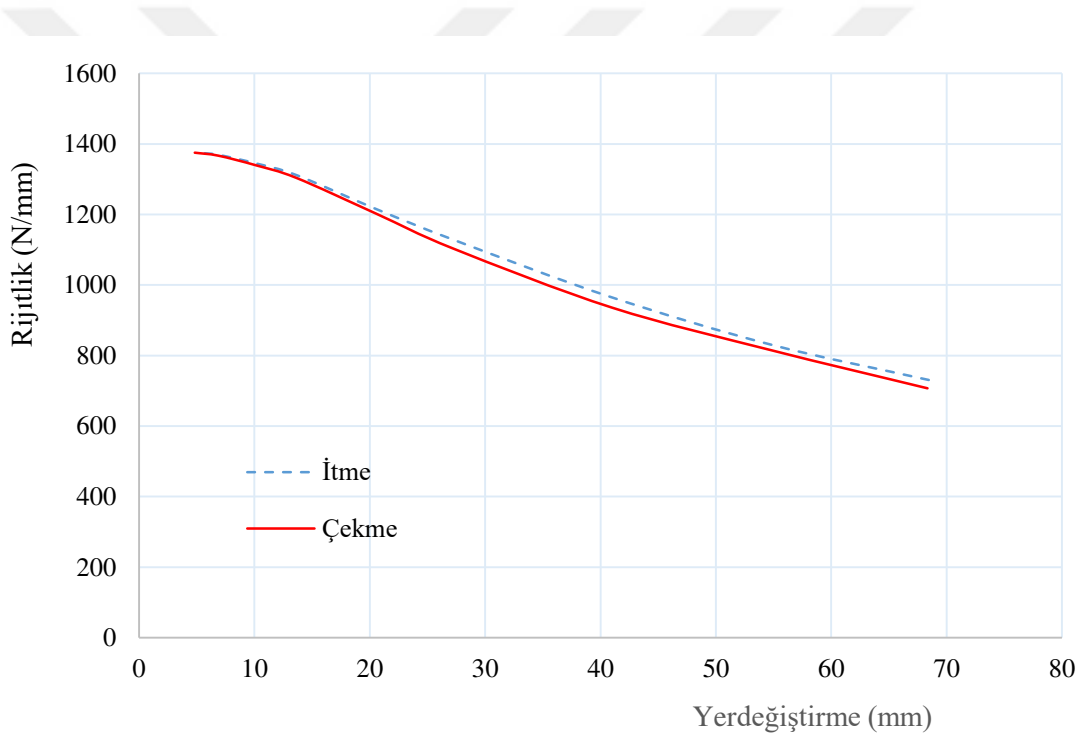
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 13.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 23.9 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 31.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 36.4 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 40.8 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 44.4 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 46.2 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 10 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.6) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin 12.5 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 60 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %4) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.



Şekil 186. SFCYD-10 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

SFCYD-10 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 13.46 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 24.4 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 32.5 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 38.9 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 43.4 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 47.2 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 50.5 kN olarak elde edilmiştir. SFCYD-10 için de diğeri modellerde olduğu gibi, statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Eğrisel şekilli akma levhalı 10.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme şekil 187’ da verilmiştir.

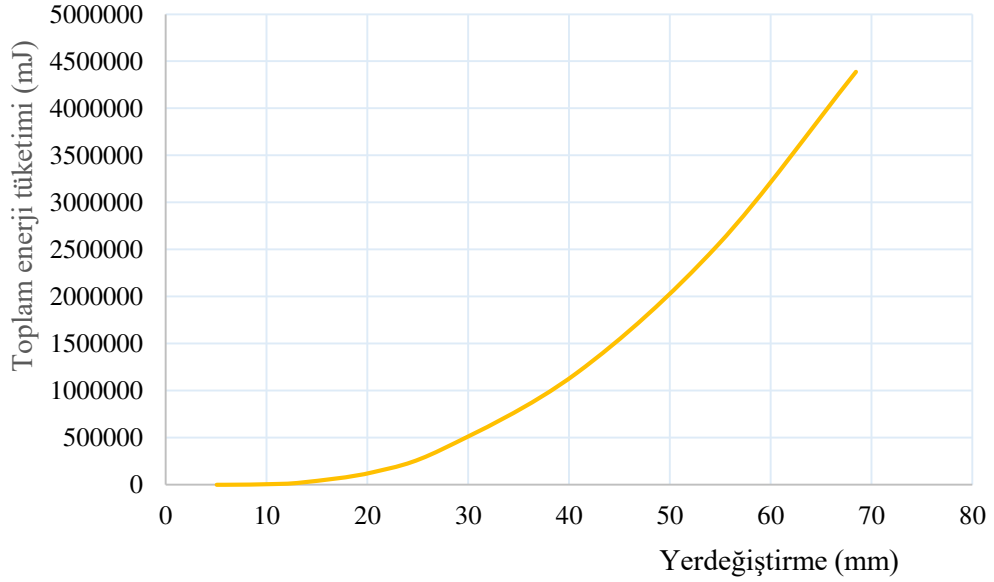


Şekil 187. SFCYD-10 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

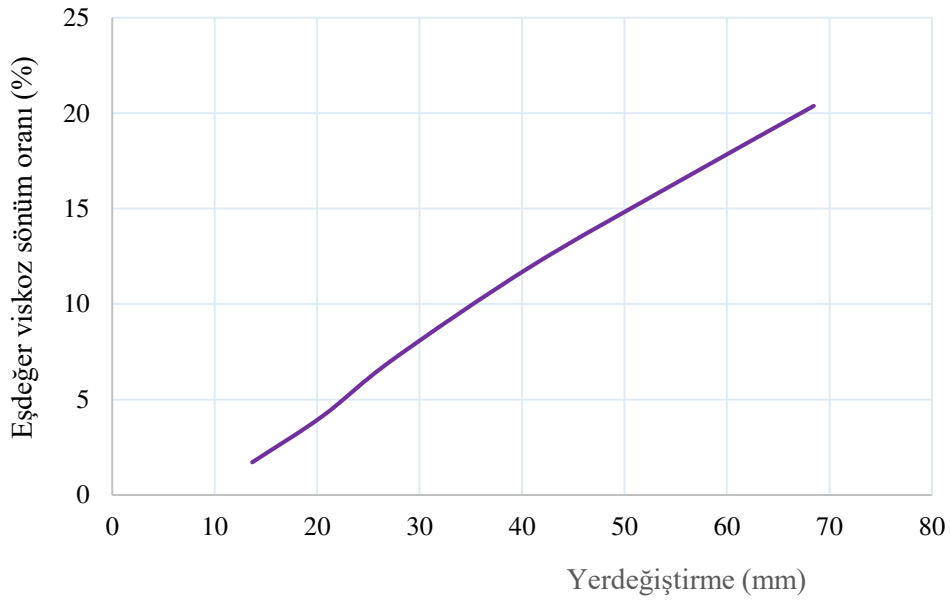
Şekilden görüldüğü gibi, 10 mm yerdeğiştirmede (%0.6 yerdeğiştirme oranı) rijitlikte %2 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %11 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %20 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %29 oranında ve çevrim sonunda ise yaklaşık %47 oranında azalma olmuştur.

SFCYD-10 için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 188’ de verilmiştir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik

olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi şekil 189’ de verilmiştir.



şekil 188. SFCYD-10 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi

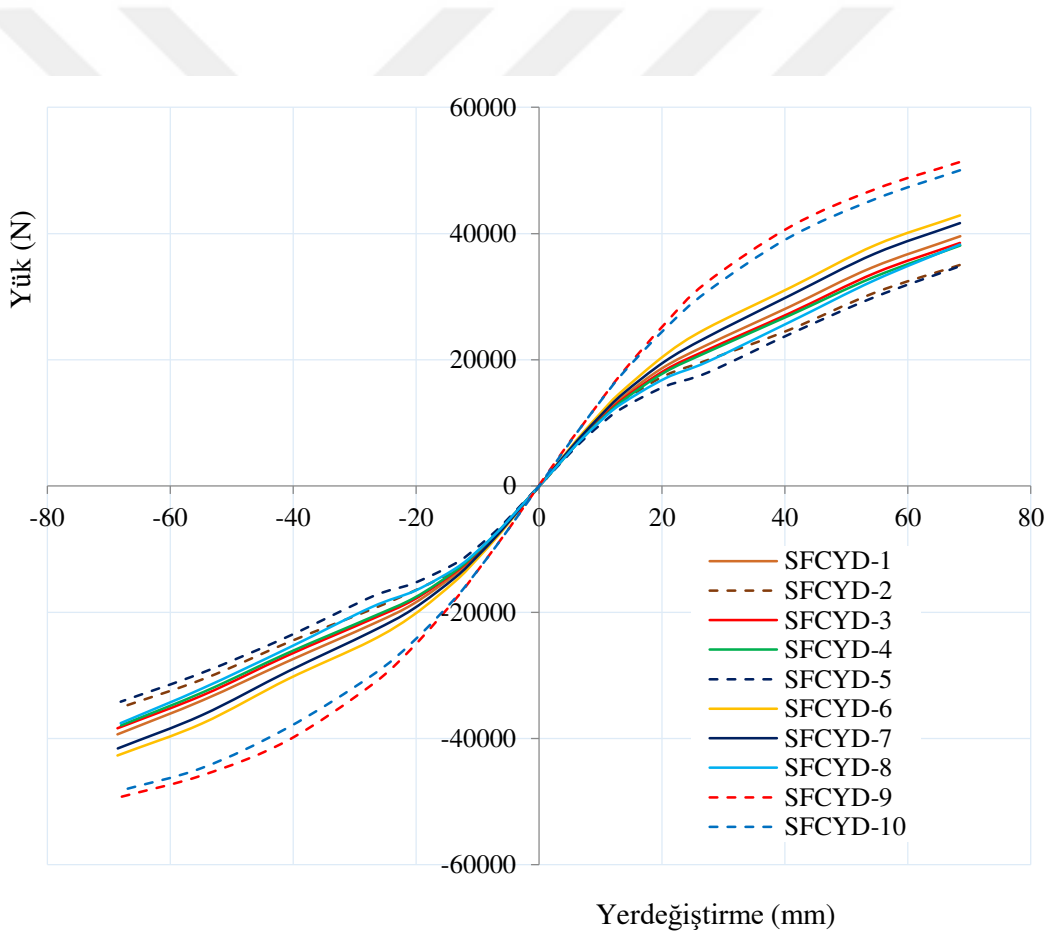


şekil 189. SFCYD-10 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

Şekillerden de görüldüğü gibi, eğrisel şekilli akma levhalı 10.tip metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelinde, her bir çevrimde toplam enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönüm oranı artmaktadır.

3.3.5.11. SFCYD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli akma levhalı metalik sönümleyici olarak, tez kapsamında sönümleyici levhalarının geometrileri farklı alınarak on ayrı tip oluşturulmuştur. Bu çalışmada farklı tip sönümleme levhalarının etkinlikleri araştırılmıştır. SFCYD modelleri için çevrimsel yükleme analizinden elde edilen zarf eğrileri Şekil 190’ da verilmiştir.

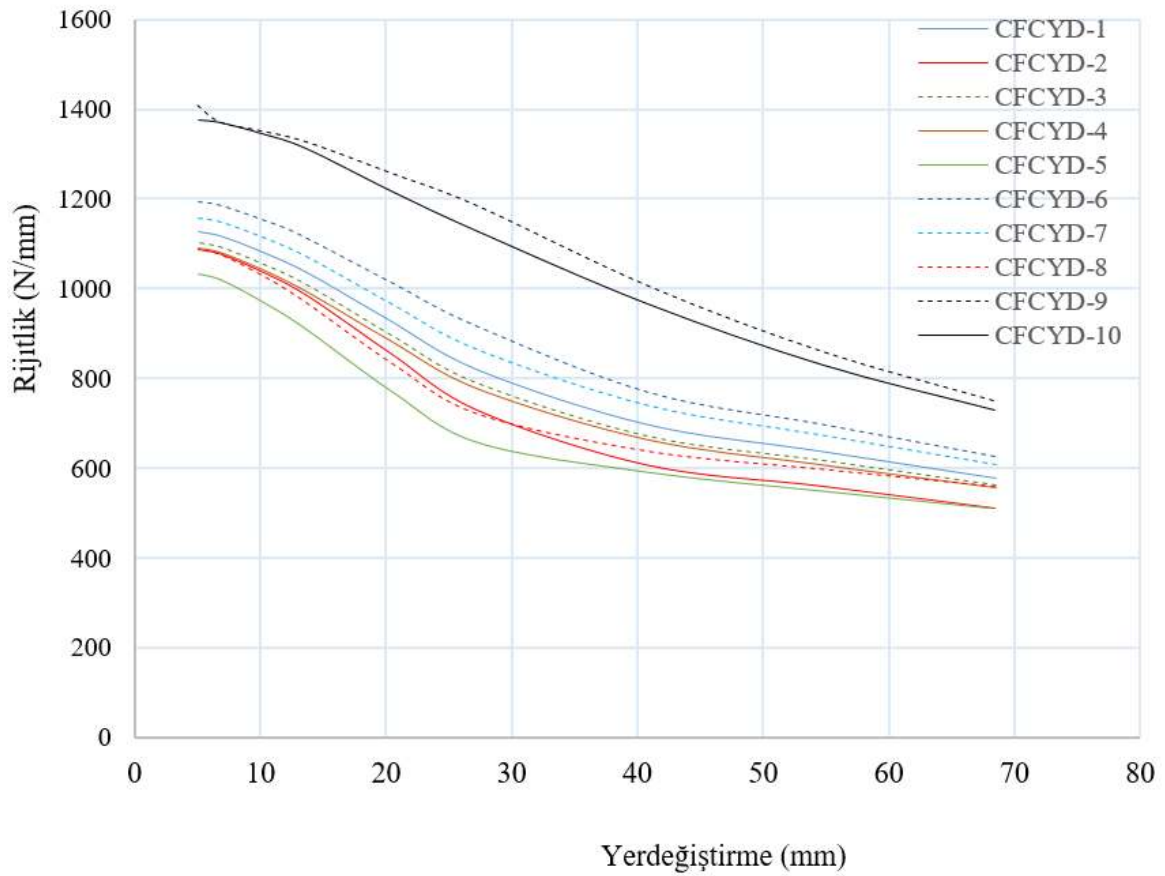


Şekil 190. SFCYD modelleri için çevrimsel yüklemeden elde edilen zarf eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, sönümleyici olarak kullanılan akma levhası uzunluğu (L) arttıkça yük taşıma kapasitesi azalmaktadır. Aynı sönümleme levhası uzunluğunda olup ve orta kesitinin (B) azalmasıyla da yine yük taşıma kapasitesi azalmaktadır. Yük taşıma

kapasitesi, sönümlenme levhasının yüksekliği ve uzunluğu aynı olan (dikdörtgen levha), SFCYD-9 modelinde elde edilmiştir. SFCYD-9 için sönümlenme levhalarında akma, 16 mm yatay yerdeğiştirmede (yatay yerdeğiştirme oranı %1) başlamıştır. Bu yükleme adımı SFCYD-9 modelinin yatay yük taşıma kapasitesi 20 kN olarak elde edilmiştir.

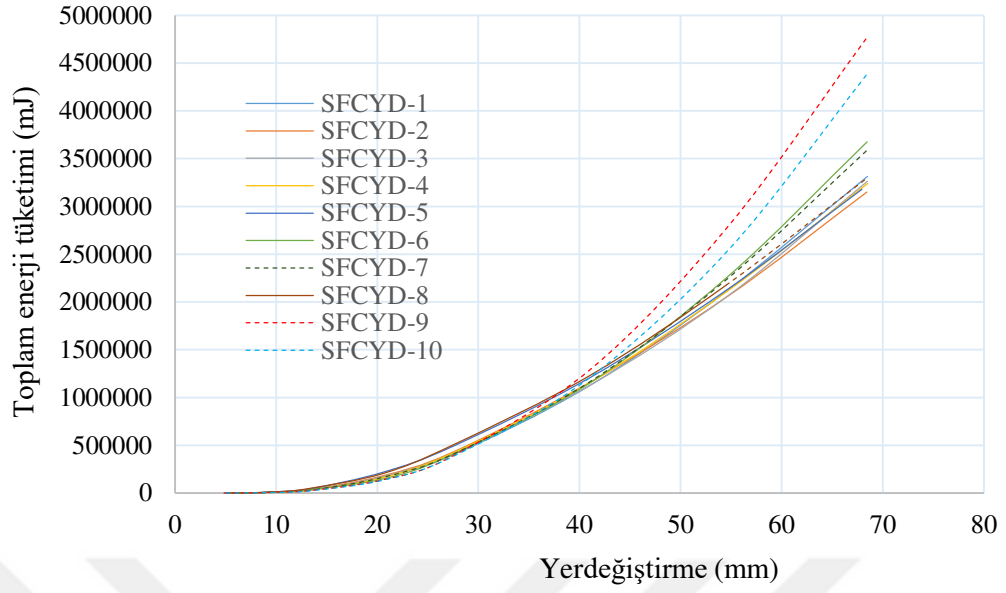
Eğrisel şekilli akma levhali metalik sönümleyicili faklı akma levha geometrisine sahip modeller için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 191’ de verilmiştir.



Şekil 191. SFCYD modelleri için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden de görüldüğü gibi, en büyük rijitlik, SFCYD-9 ve SFCYD-10 ipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinden elde edilmiştir. Her iki modelde de diğerlerinden farklı olarak rijitlik azalması yaklaşık doğrusal olmuştur.

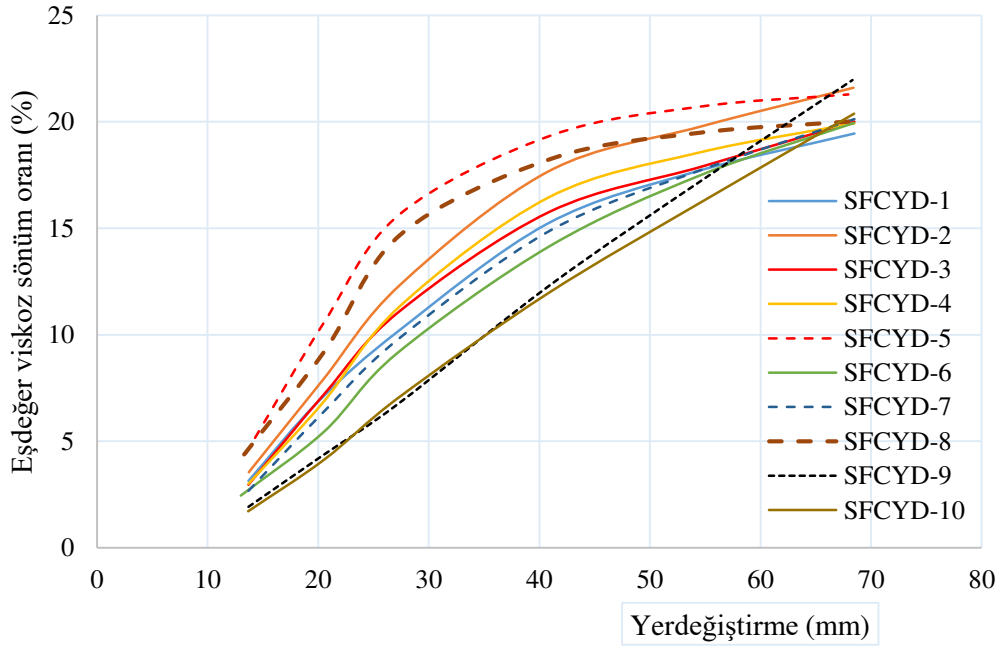
SFCYD modelleri için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 192’ de verilmiştir.



Şekil 192. SFCYD modelleri için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, SFCYD tipi modellerden tümü 40 mm yerdeğiştirmeye (yerdeğiştirme oranı %2.5) kadar aynı oranda enerji tüketimine sahipken, SFCYD-9 ve SFCYD-10 tipi modellerin toplam enerji tüketimi daha büyük olmuştur.

SFCYD modelleri için viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 193' de verilmiştir.



Şekil 193. SFCYD modelleri için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri

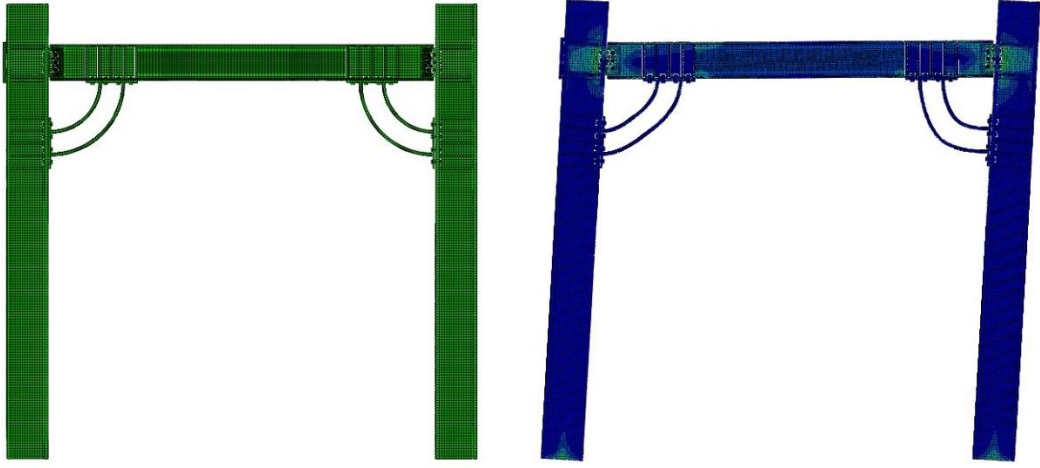
Bu şekilden görüldüğü gibi, SFCYD-5 (akma levhası uzunluğu $L=33$ mm ve orta kesit yüksekliği $B=10$ mm) ve SFCYD-8 (akma levhası uzunluğu $L=23$ mm ve $B=10$) modellerinde, eğdeğer viskoz sönüm oranları diğerlerine göre oldukça fazla elde edilmiştir. SFCYD-5 tipi modelin viskoz sönüm oranı, enerji tüketimi fazla olan SFCYD-9 tipine göre, 20 mm yatay yerdeğiştirmede %150 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %133 oranında ve 40 mm yerdeğiştirmede ise %58 oranında daha fazladır. Buradan sönümleme levhası uzunluğu arttıkça sistemin sünekliği de önemli oranda artmakta, yatay yük taşıma kapasitesinde de önemli oranda azalma gözlenmektedir.

SFCYD tipi sönümleyicilerden rijitliği ve enerji tüketme kapasitesi daha fazla olan SFCYD-9 modelinde, yerdeğiştirme oranı %1.8' e karşılık gelen 31.6 kN' luk yük değerinde akma meydana gelmiştir. SFCYD-5 tipi modelde kırıšte akma meydana gelmemiştir. Ancak aynı yerdeğiştirme oranında yük taşıma kapasitesi 17.3 kN olarak elde edilmiştir. Buna göre rijitliğin önemli olduğu yapı sistemlerinde (yatay yerdeğiştirme oranı %1.8' e kadar) SFCYD-9 ve SFCYD-10 tipleri, daha sünek davranış için ise SFCYD-5 ve SFCYD-8 tipleri sönümleyicilerin kullanılması uygun olmaktadır.

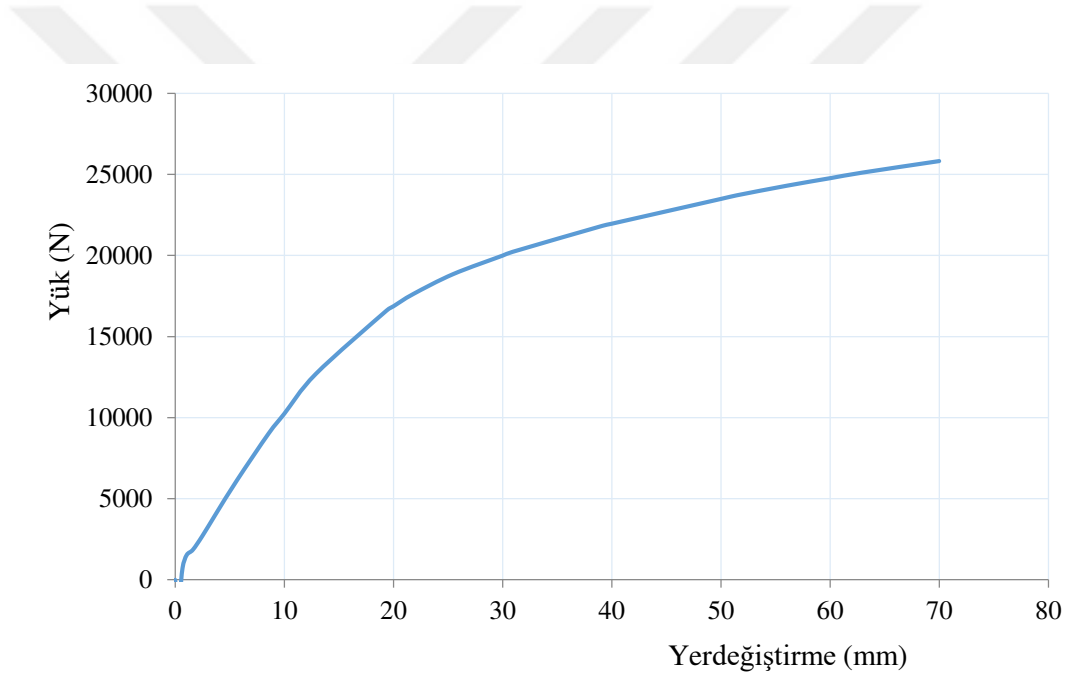
3.3.6. Eğrisel Şekilli Paralel Levhalı Metalik Sönümleyicili Çelik Çerçeve Modelinden (SFCPD) Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

3.3.6.1. SFCPD-1 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Çelik çerçeve kolon-kiriş birleşim bölgesine yerleştirilmek üzere tasarlanan eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modelleri levha kalınlığı 6 mm olmak üzere, 5 farklı levha düzenemesi yapılarak oluşturulmuştur. Paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve model tipleri (SFCPD-1) için, statik itme analizi ve yükleme protokolüne uygun olarak çevrimsel yükleme analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 194). Bu model üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 195'de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 196' da verilmiştir.

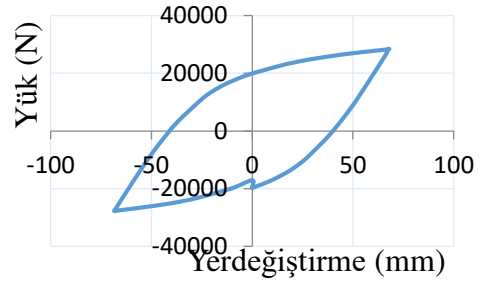
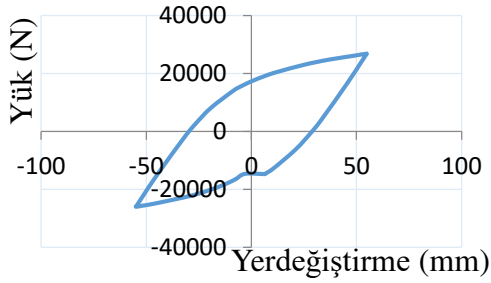
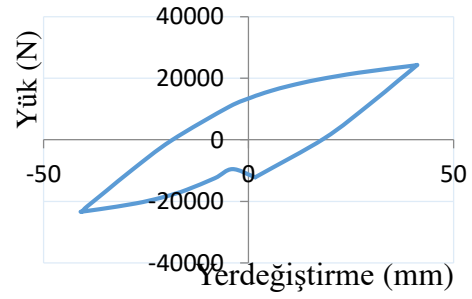
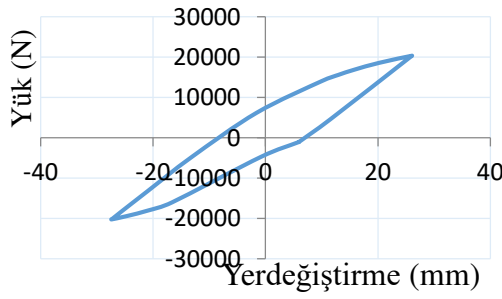
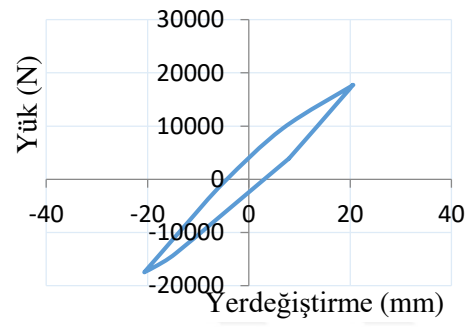
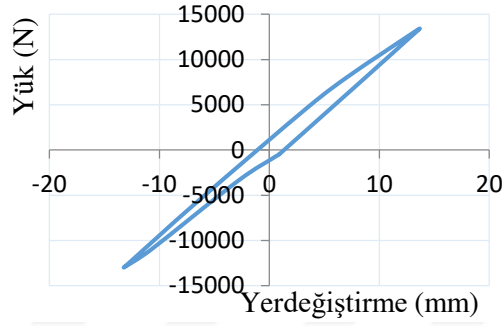
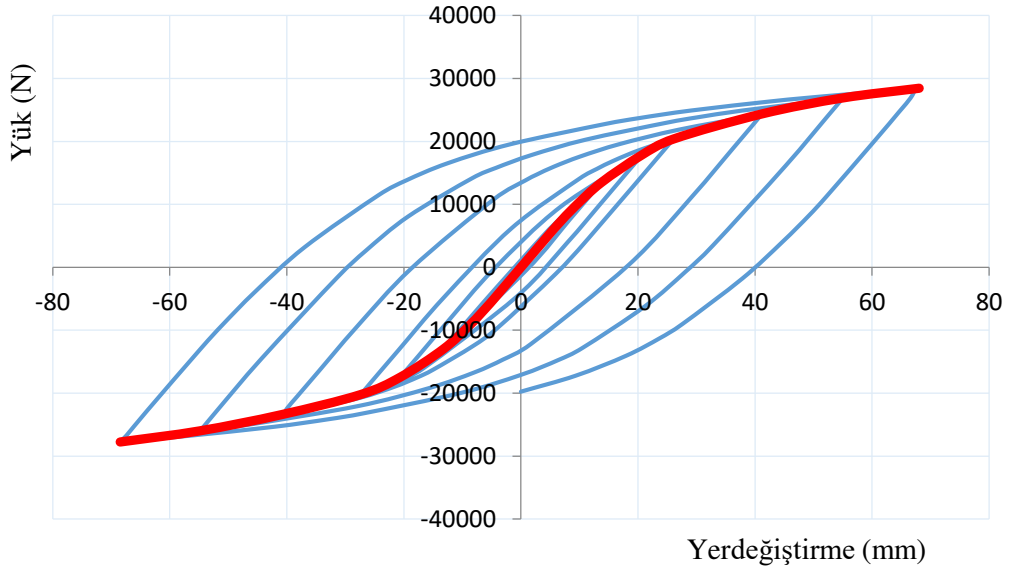


Şekil 194. SFCPD için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri



Şekil 195. SFCPD-1 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

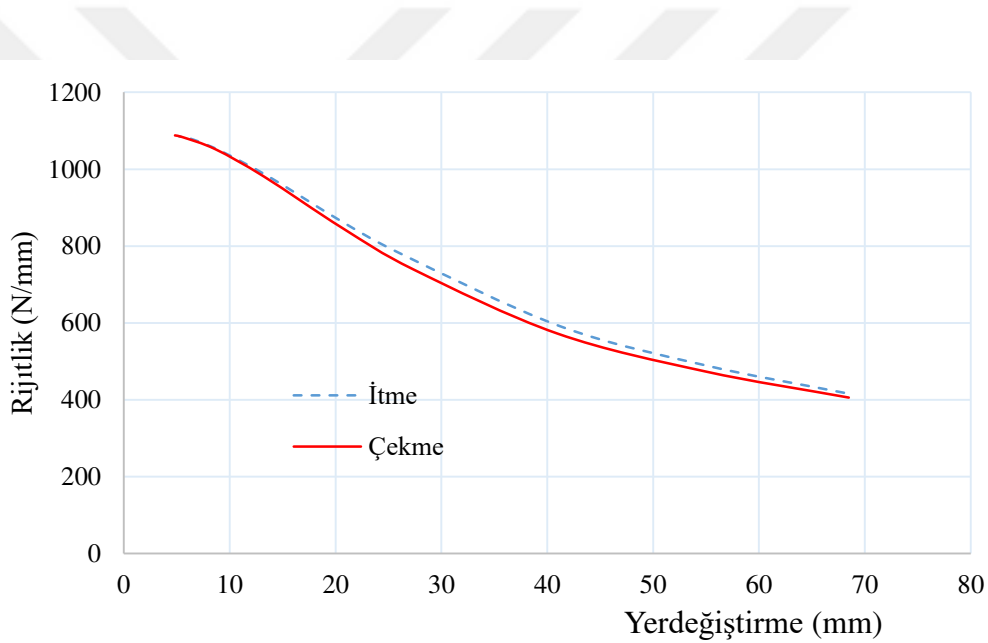
SFCPD-1 modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.2 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 16.9 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 22 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 23.5 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 24.6 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 25.8 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 12 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı %0.8) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 12 kN düzeyinde olduğu görülmüştür.



Şekil 196. SFCFD-1 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

Eğrisel şekilli paralel levhalı, metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-1) için 10 mm yerdeğiştirmede 10.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.4 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 21.4 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 24 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 26 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 27.5 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 28.6 kN olarak elde edilmiştir. SFCPD-1 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Yatay yerdeğiştirme oranı %1' den sonra (yaklaşık 20 mm yerdeğiştire adımı) taşıma kapasitesinde artış oranı azalmıştır.

SFCPD-1 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 197' de verilmiştir.

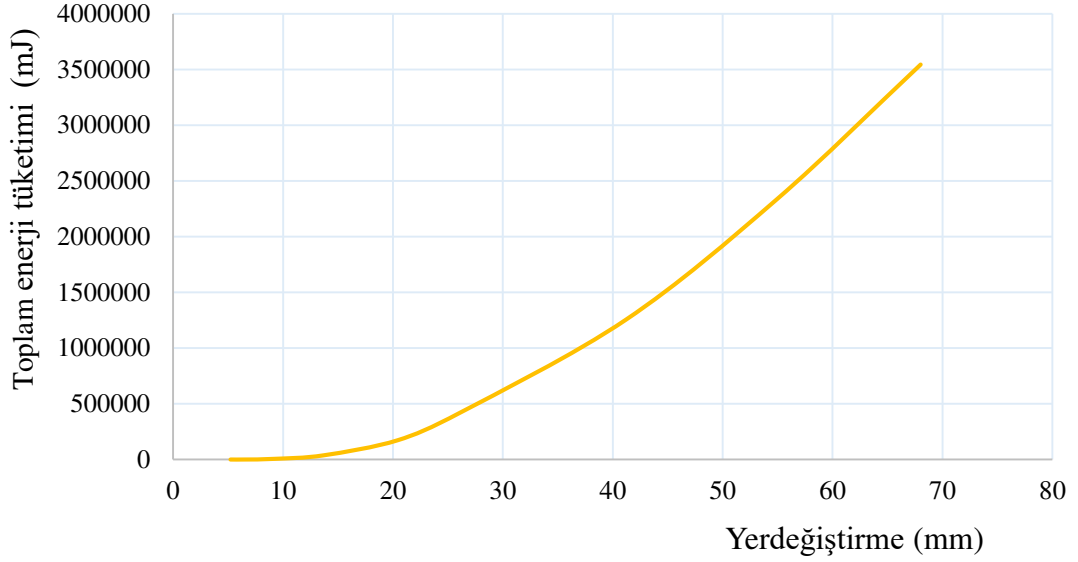


Şekil 197. SFCPD-1 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

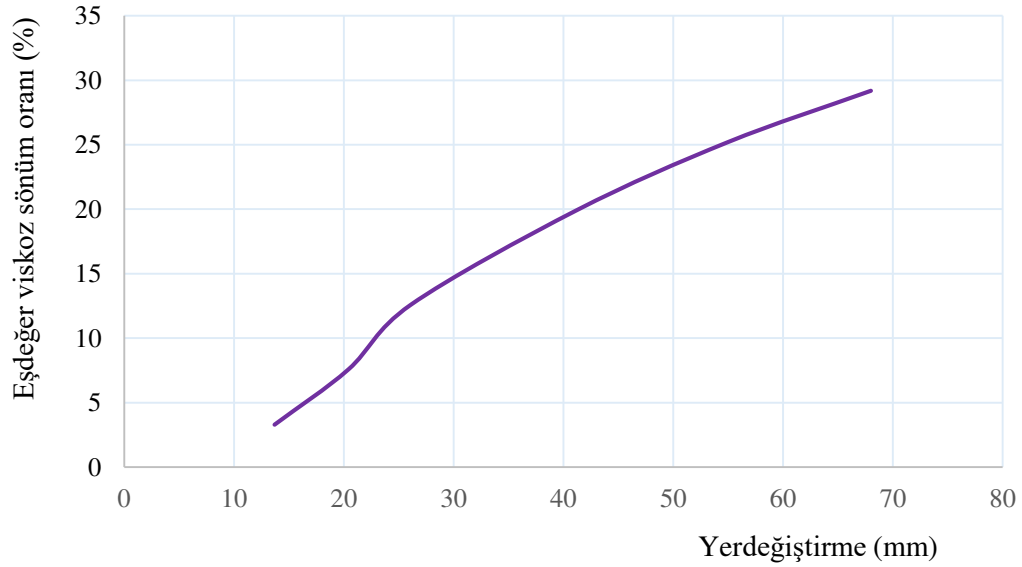
Bu şekilden görüldüğü gibi, 20 mm yerdeğiştirmede %20 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %33 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %42 oranında, 50 mm yerdeğiştirmede %52 oranında, 60 mm yerdeğiştirmede %57 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %62 düzeyinde elde edilmiştir. SFCPD-1 modelinde 50 mm yerdeğiştirme değerinden sonra rijitlik düşüşünde önemli oranda azalma gözlemlenmiştir.

SFCPD-1 metalik sönümleyicili çerçeve modeli için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 198' de

verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCPD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 199’ da verilmiştir.



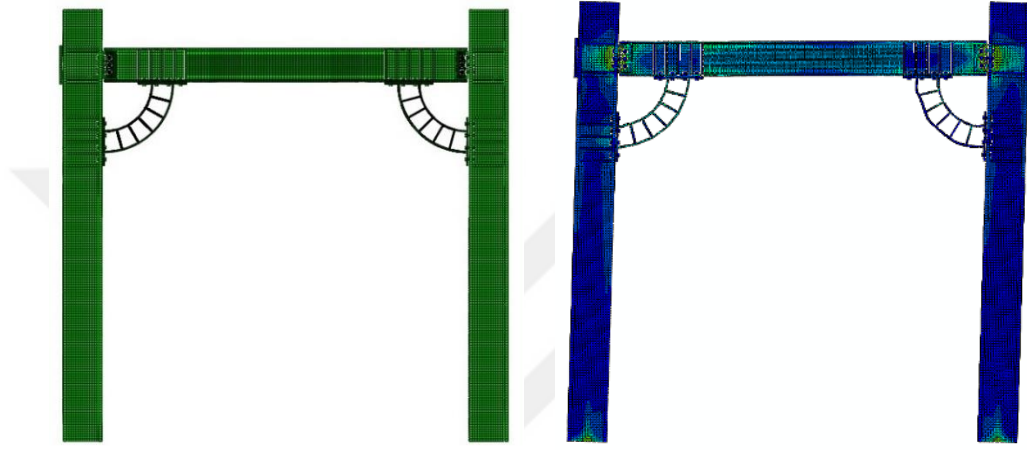
Şekil 198. SFCFD-1 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



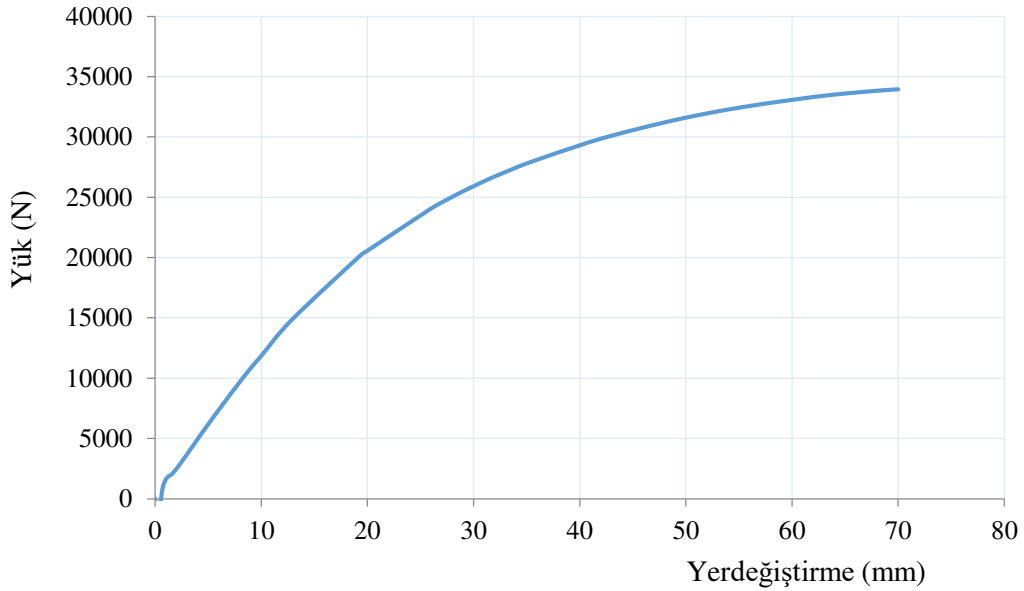
Şekil 199. SFCPD-1 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

3.3.6.2. SFCPD-2 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli paralel levhalı SFCPD-2 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modeli Şekil 200’de verilmiştir. Bu model üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 201’de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 202’de verilmiştir.



Şekil 200. SFCPD-2 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri

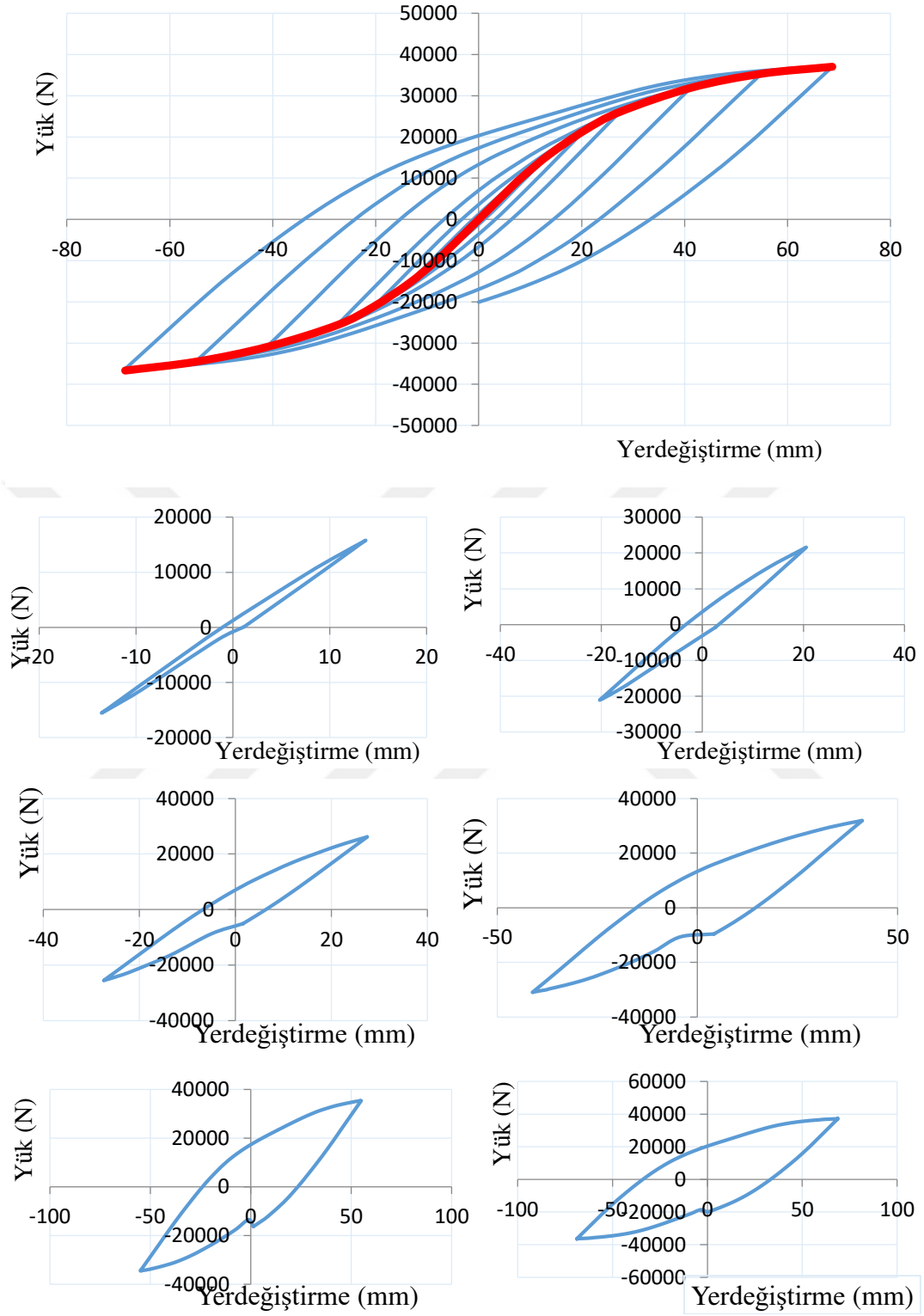


Şekil 201. SFCFD-2 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

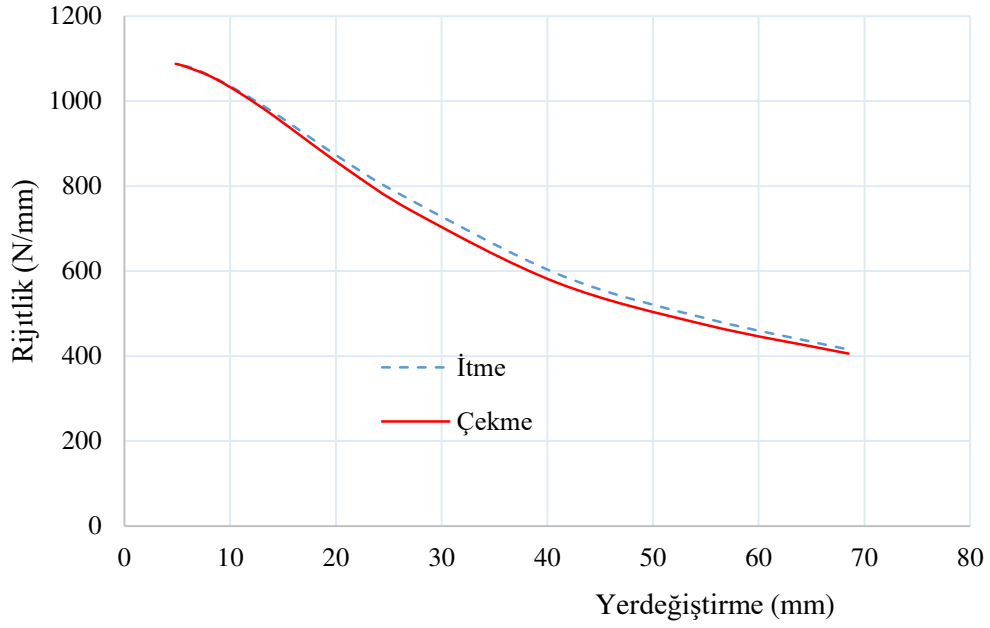
SFCPD-2 modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 11.9 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 20.6 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 25.9 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 29.3 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 31.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 33.1 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 34 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 12 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %0.8) eğrinin eğiminin değıştiğı, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 14 kN düzeyinde olduğı görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değeri artmasıyla azaldığı ve 40 mm yerdeğiştirme değeri (yerdeğiştirme oranı %2.5) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.

Eğrisel şekilli paralel levhalı SFCPD-2 için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda (Şekil 202), 10 mm yerdeğiştirmede 11.9 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 21.1 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 27.2 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 31.4 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 34.1 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 36 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 37.2 kN olarak elde edilmiştir. SFCPD-2 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCPD-2 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük- yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 203’ de verilmiştir.



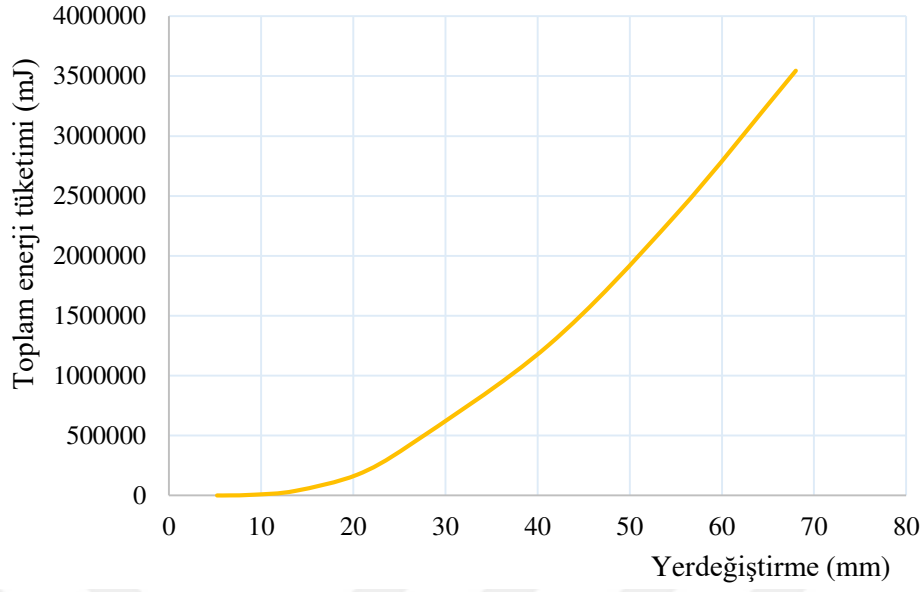
Şekil 202. SFCFD-2 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri



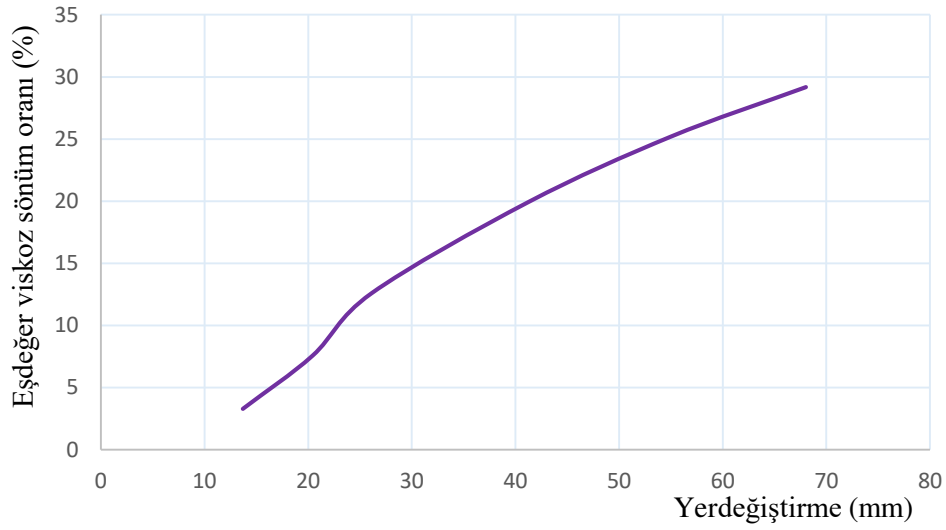
Şekil 203. SFCPD-2 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi

Şekilden görüldüğü gibi, SFCPD-2 modelinde, 20 mm yerdeğiştirmede SFCPD- %14 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %25 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %36 oranında, 50 mm yerdeğiştirmede %44 oranında, 60 mm yerdeğiştirme adımında %51 oranında ve çevrim sonunda toplam rijitlik azalması ise yaklaşık %56 oranında elde edilmiştir.

Eğrisel şekilli paralel levhalı (SFCPD-2) metalik sönümleyicili çerçeve modeli için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 204’ de verilmiştir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 205’ de verilmiştir.



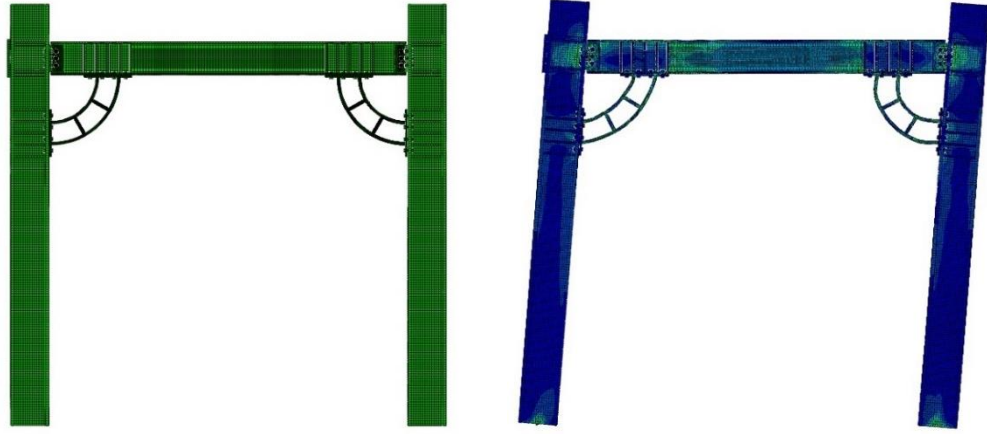
Şekil 204. SFCFD-2 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



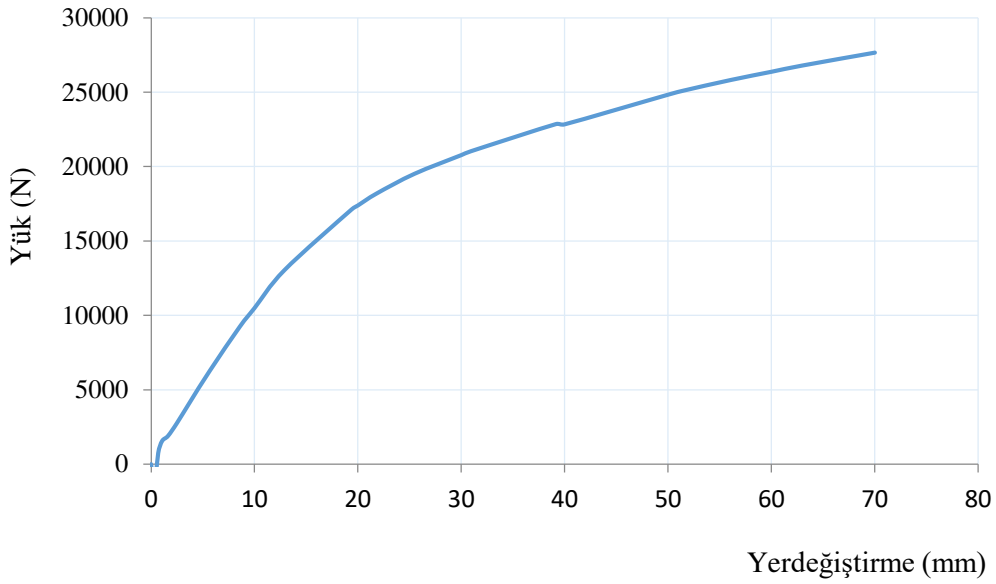
Şekil 205. SFCPD-2 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

3.3.6.3. SFCPD-3 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli paralel levhali metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-3) Şekil 206' da verilmiştir. SFCPD-3 için statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 207'de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 208' de verilmiştir.



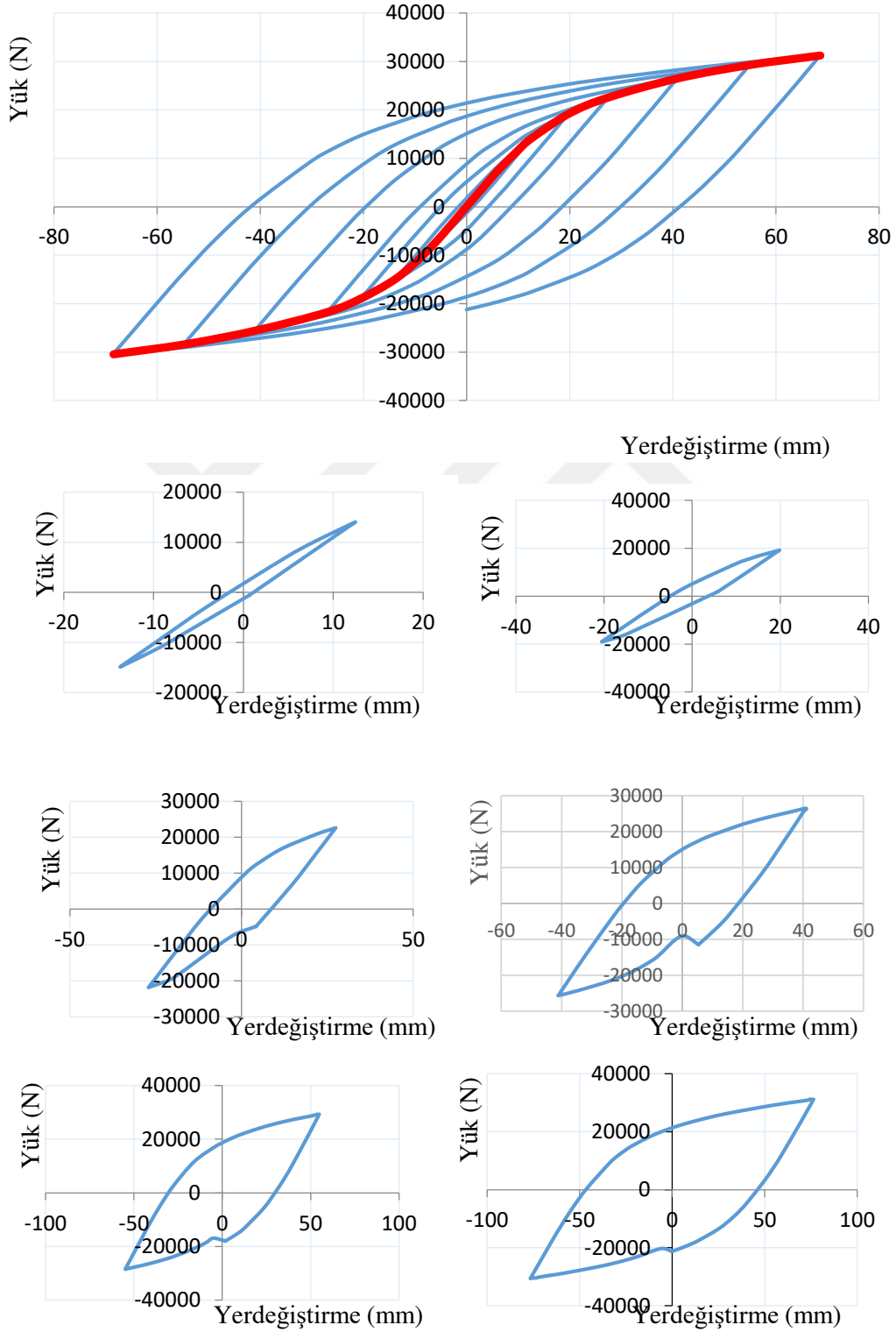
Şekil 206. SFCPD-3 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri



Şekil 207. SFCPD-3 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

SFCPD-3) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 10.5 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 17.4 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 20.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 22.8 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 24.8 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 26.4 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 27.7 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 13 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı % 0.8) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 13 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük

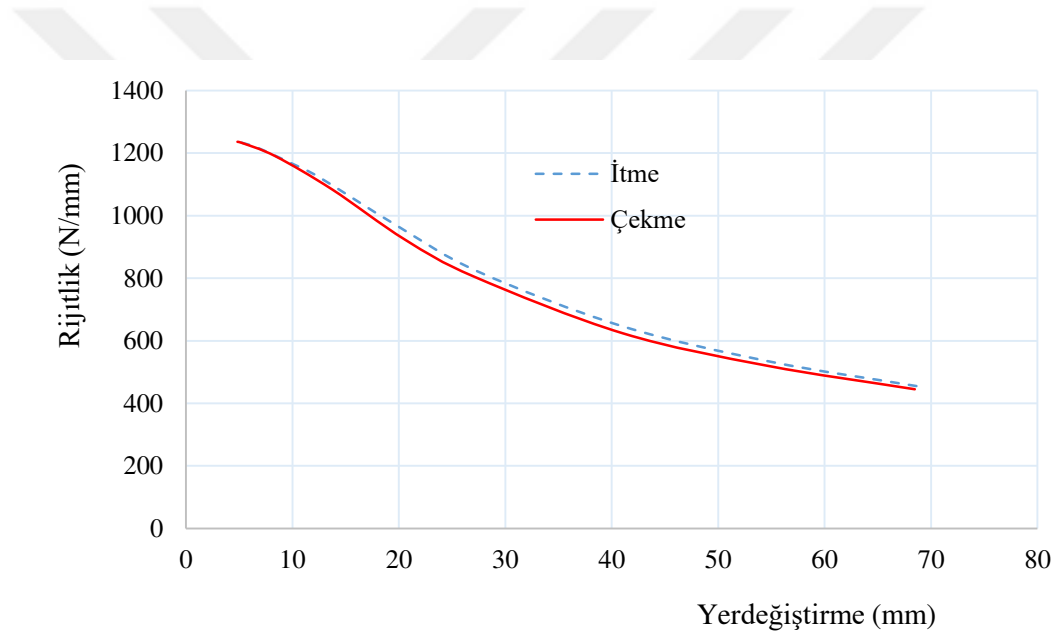
taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 30 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.



Şekil 208. SFCFD-3 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-3) için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 11.6 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 19.3 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 23.3 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 26.2 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 28.3 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 30 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 31.4 kN olarak elde edilmiştir. SFCPD-3 için statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCPD-3 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 209’ da verilmiştir.

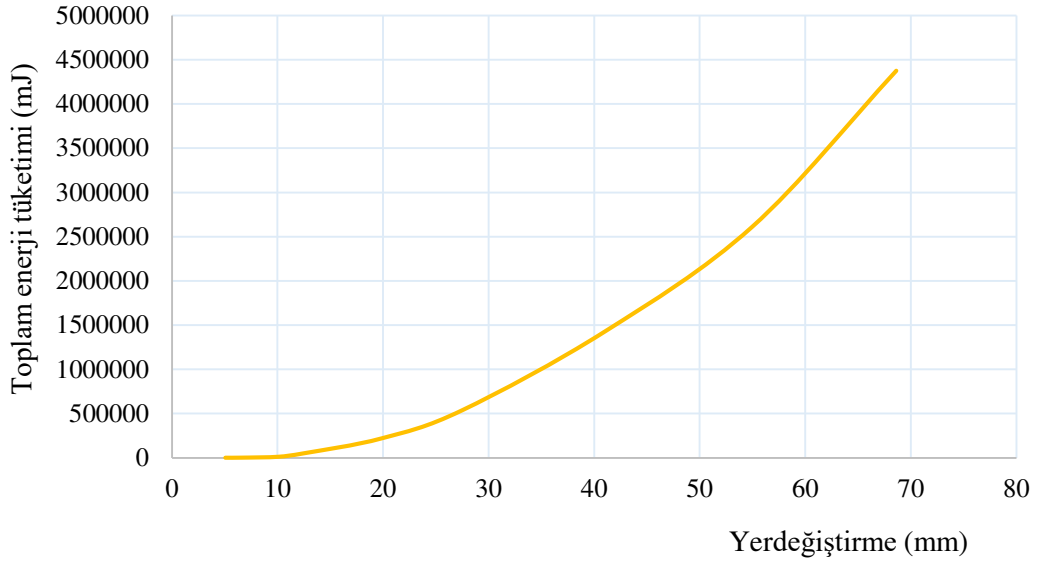


Şekil 209. SFCPD-3 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi

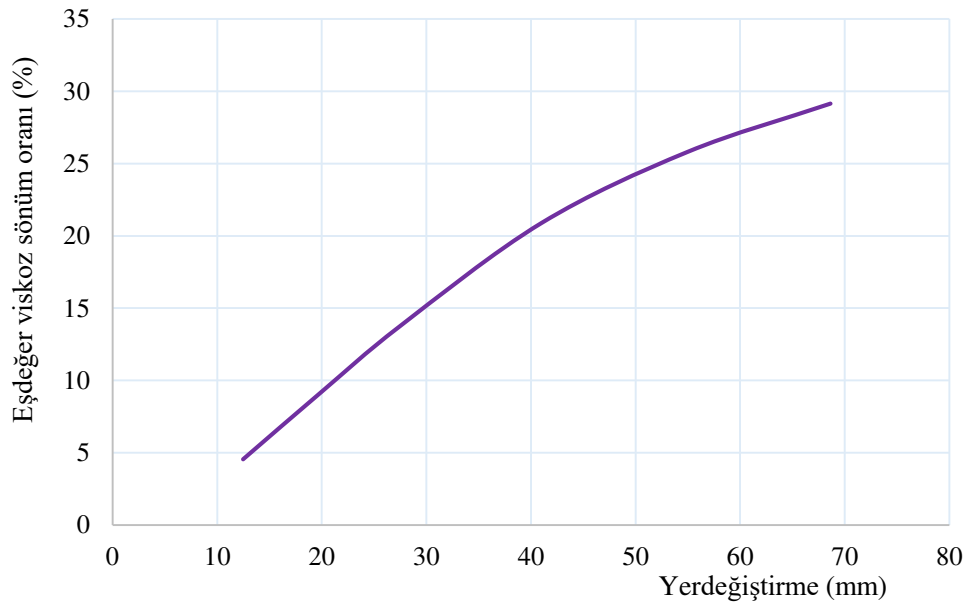
SFCPD-3 modelinde, 10 mm yerdeğiştirmede (yerdeğiştirme oranı, %0.6) rijitlik yaklaşık %6 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %22 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %36 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %47 oranında, 50 mm yerdeğiştirmede %54 oranında, 60 mm yerdeğiştirme adımında %59 oranında ve çevrim sonunda %63 oranında rijitlik azalması meydana gelmiştir.

SFCPD-3 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modellerin için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 210’ da verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCPD-3 için eşdeğer viskoz

sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi, şekil 211’ de verilmiştir.



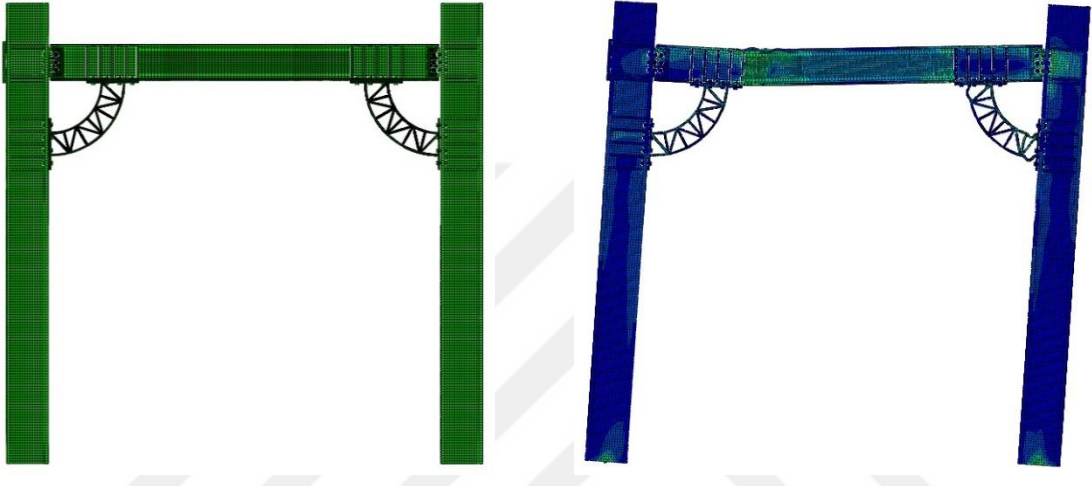
şekil 210. SFCFD-3 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



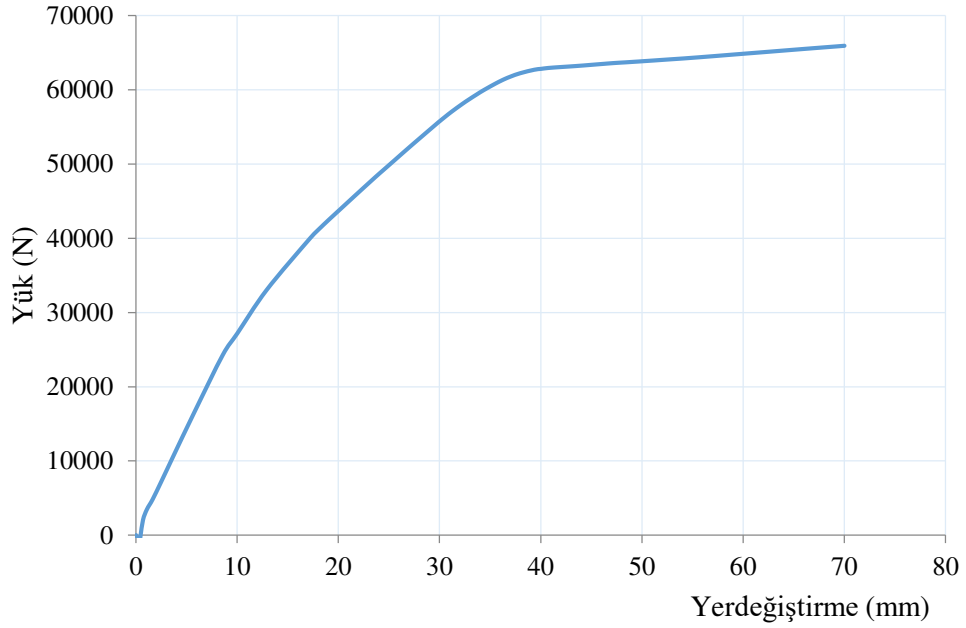
şekil 211. SFCPD-3 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

3.3.6.4. SFCPD-4 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

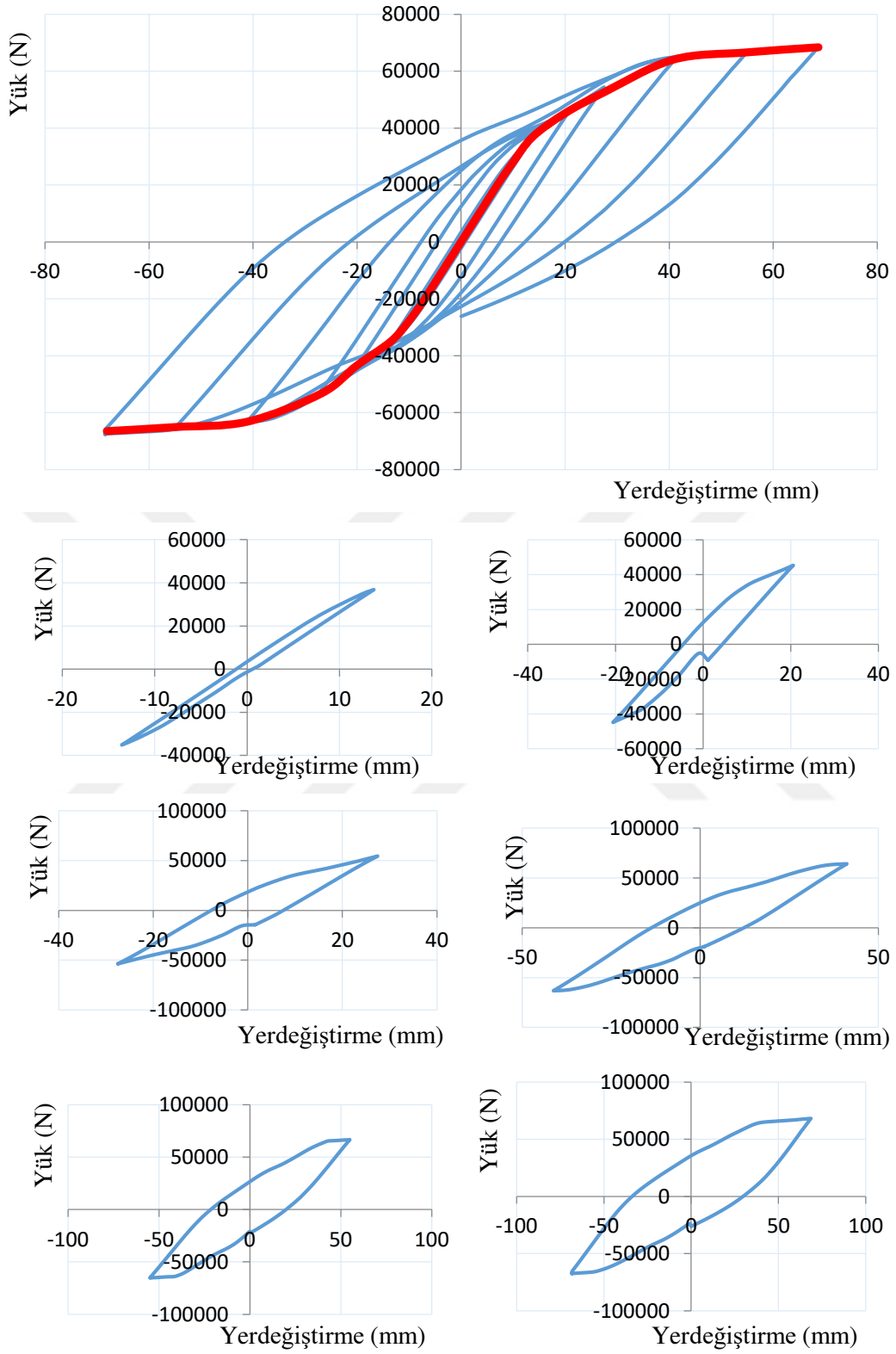
Eğrisel şekilli paralel levhali metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-4) Şekil 212’ de verilmiştir. Bu model üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 213’ de, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 214’ de verilmiştir.



Şekil 212. SFCPD-4 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri



Şekil 213. SFCPD-4 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

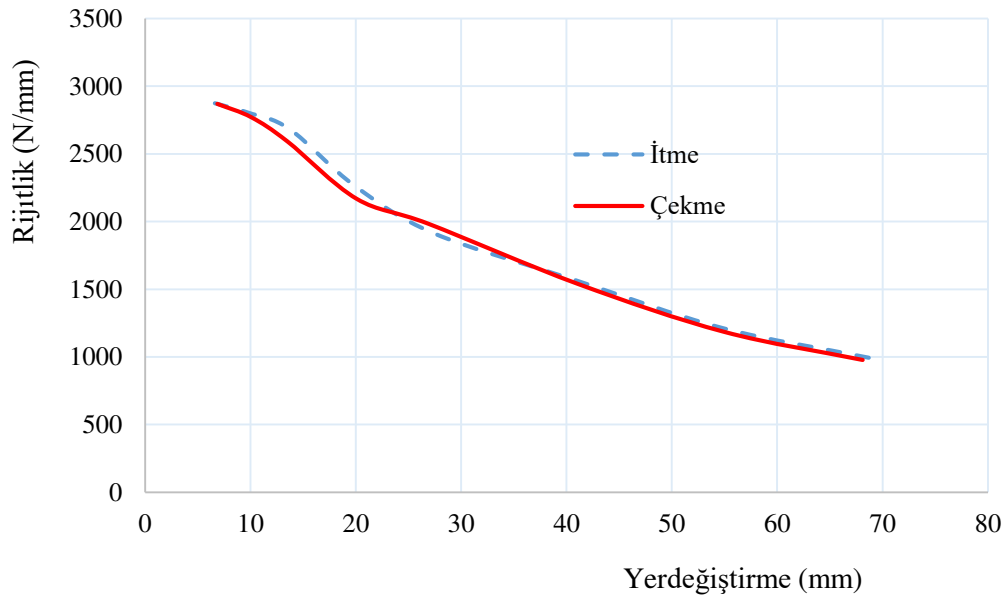


Şekil 214. SFCFD-4 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

Şekil 213'ten görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 27.1 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 43.7 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 55.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 62.8 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 63.8 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 64.8 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 65.9 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 9 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı % 0.6) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 25.5 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 36 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2.2) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.

Şekil 214'den görüldüğü gibi, eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFPCPD-4) için bu çalışma kapsamında tanımlanmış olan çevrimsel yük protokolü uygulanarak yapılan analiz sonucunda, 10 mm yerdeğiştirmede 28 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 45.2 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 54.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 63 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 65.7 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 67.2 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 68.5 kN olarak elde edilmiştir.

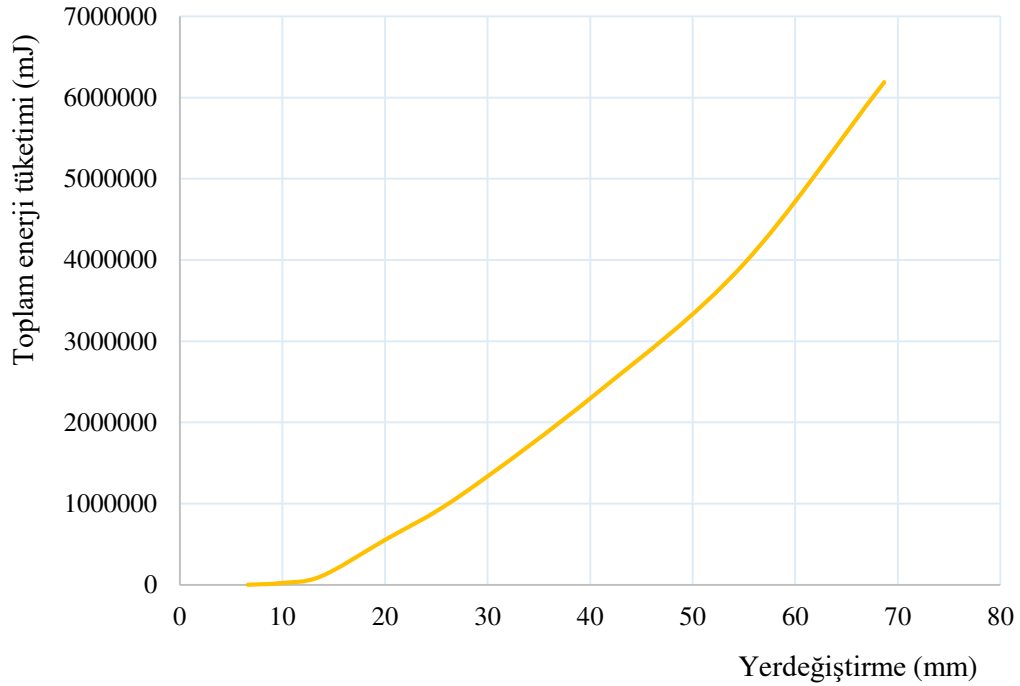
SFPCPD-4 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 215' de verilmiştir.



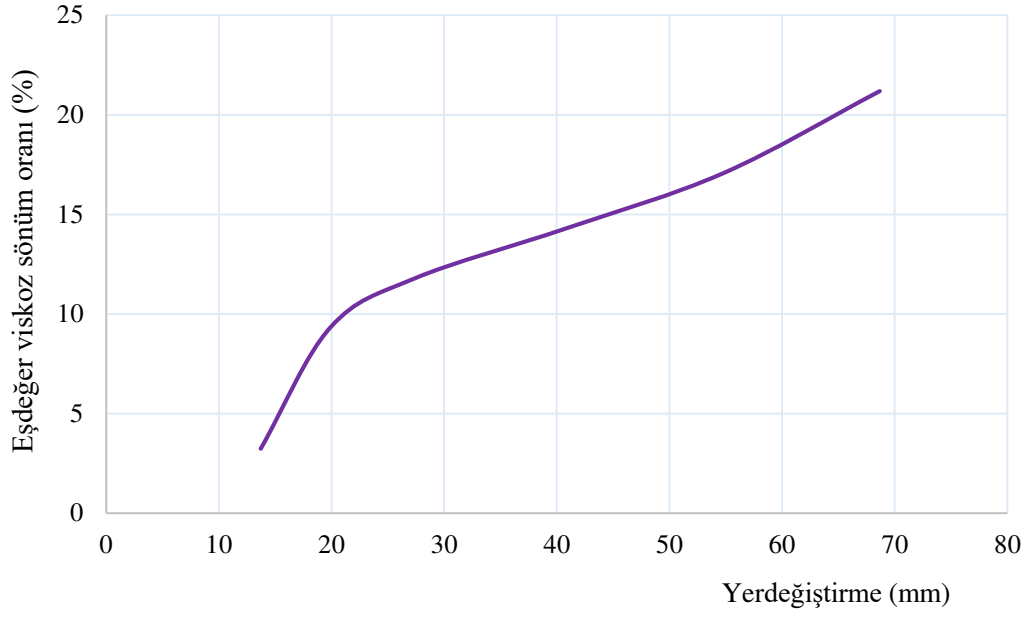
Şekil 215. SFPCPD-4 için rijitlik-yerdeğiştirme eğrisi

SFCPD-4 modelinde, 10 mm yerdeşistirmede yaklaşık %4 oranında, 20 mm yerdeşistirmede %21 oranında, 30 mm yerdeşistirmede %36 oranında, 40 mm yerdeşistirmede %45 oranında, 50 mm yerdeşistirmede %54 oranında, 60 mm yerdeşistirme adımında %61 oranında ve çevrim sonunda toplam ise %65 oranında rijitlik azalması meydana gelmiştir.

SFCPD-4 metalik sönümleyicili çerçeve modellerin için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeşistirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeşistirme eğrisi, Şekil 216’ da verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCPD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı, elastik olmayan yerdeşistirmenin gerçekleştiğı her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeşistirme eğrisi ise Şekil 217’ de verilmiştir.



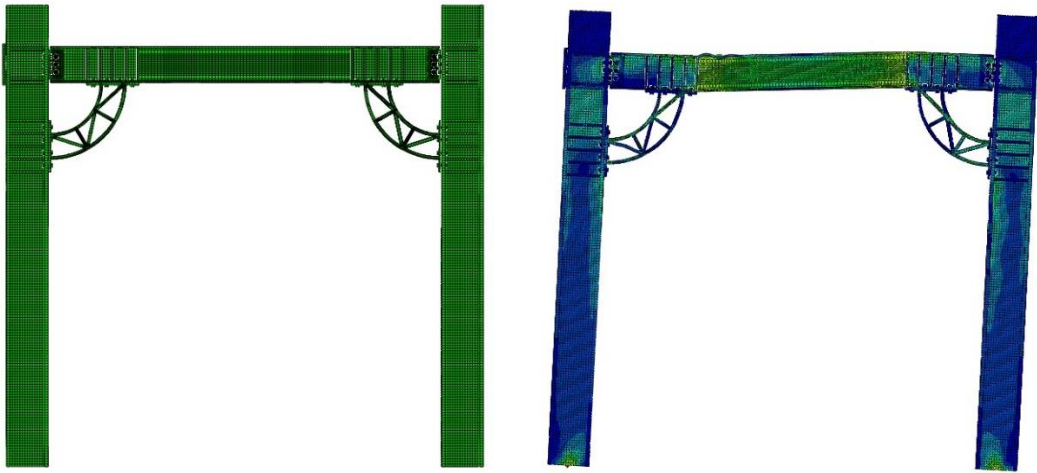
Şekil 216. SFCFD-B için toplam enerji tüketimi-yerdeşistirme eğrisi



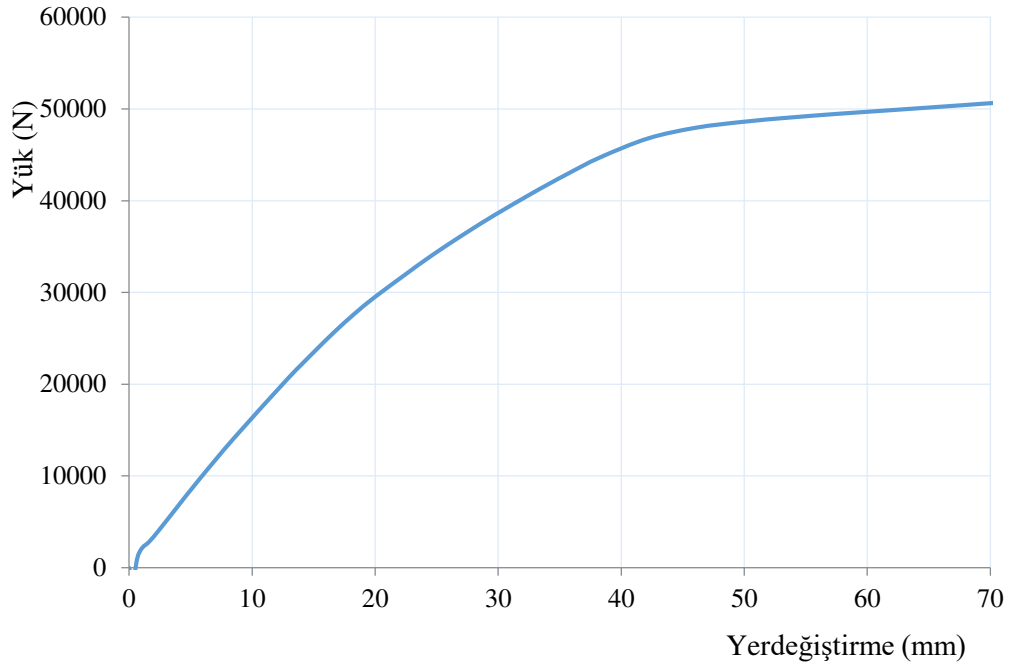
Şekil 217. SFCPD-4 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

3.3.6.5. SFCPD-5 için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-5) Şekil 218’ de görülmektedir. SFCPD-5 modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 219’ da, çevrimsel yükleme altında yapılan analizlerden elde edilen çevrimsel yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi ise Şekil 220’ de verilmiştir.

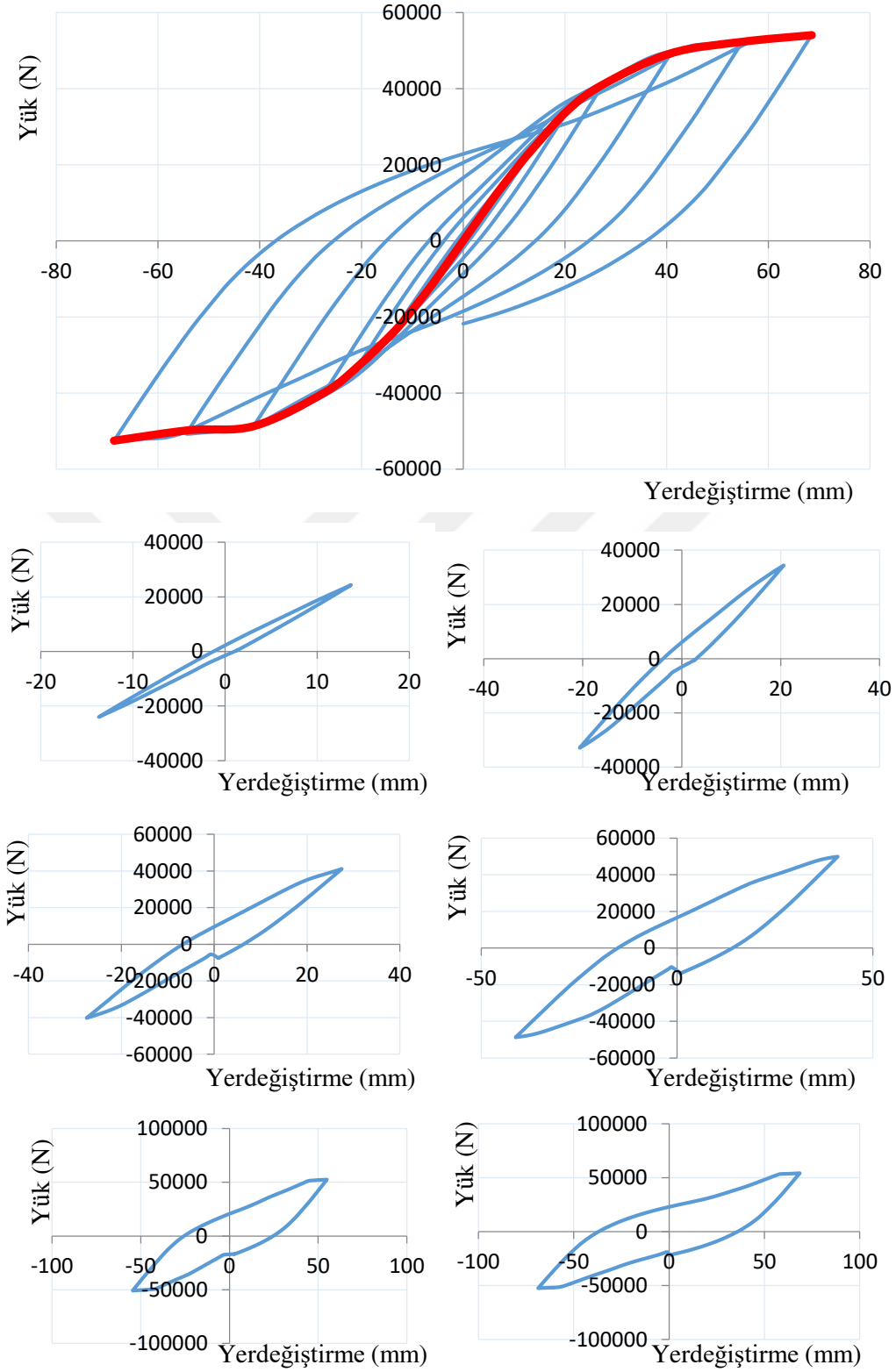


Şekil 218. SFCPD-5 için sonlu elemanlar modelleri ve yerdeğiştirmiş halleri



Şekil 219. SFCFD-5 için statik itme analizinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrisi

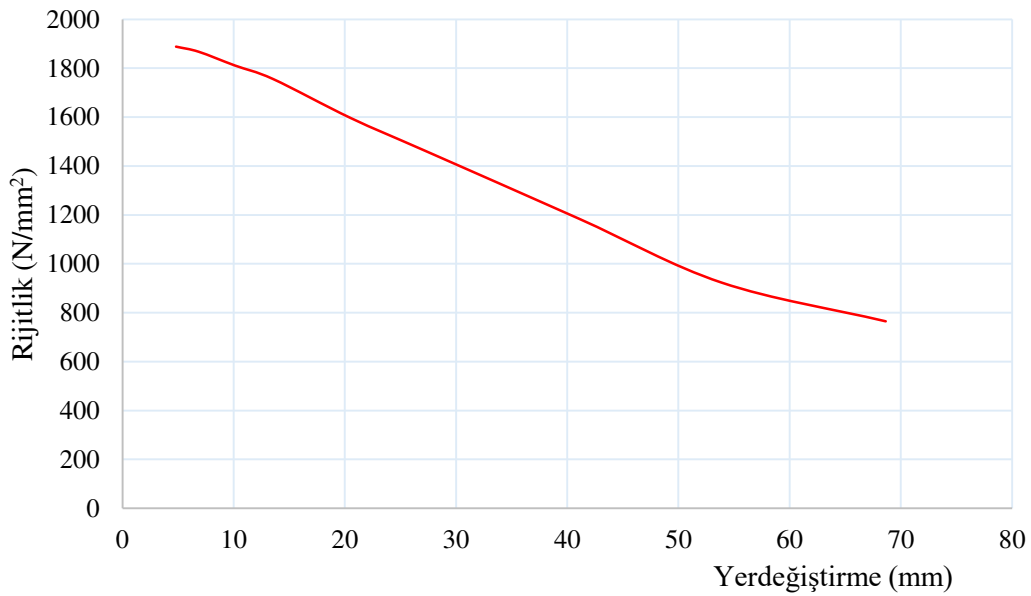
Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-5) modeli üzerinde yapılan statik itme analizinden elde edilen eğriden de görüldüğü gibi, 10 mm yatay yerdeğiştirmede 16.3 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 29.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 38.7 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 45.6 kN, 50 mm yerdeğiştirmede 48.6 kN, 60 mm yerdeğiştirmede 49.7 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede ise 50.6 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Çelik çerçevenin 17 mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen yerdeğiştirme değerinde (yerdeğiştirme oranı % 1.1) eğrinin eğiminin değiştiği, bu aşamadaki yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 25.9 kN düzeyinde olduğu görülmüştür. Yük taşıma kapasitesinin yatay yerdeğiştirme değerinin artmasıyla azaldığı ve 40 mm yerdeğiştirme değerinden (yerdeğiştirme oranı %2.5) sonra yük taşıma kapasitesindeki artış oranının önemli oranda azaldığı görülmektedir.



Şekil 220. SFCFD-5 için çevrimsel yüklemeden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri

Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modeli (SFCPD-5) için, 10 mm yerdeğiştirmede 18.2 kN, 20 mm yerdeğiştirmede 33.5 kN, 30 mm yerdeğiştirmede 42.6 kN, 40 mm yerdeğiştirmede 48.8 kN, 50 mm yerdeğiştirmede ise 51.3 kN, 60 mm yerdeğiştirmede ise 53 kN ve 70 mm yerdeğiştirmede 54.3 kN olarak elde edilmiştir. Bu modelde de diğerlerinde olduğu gibi, statik itme analizi ile çevrimsel yükleme arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

SFCPD-5 için çevrimsel yüklemekten elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, ileri ve geri yükleme durumu için, rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi Şekil 221’ de verilmiştir.

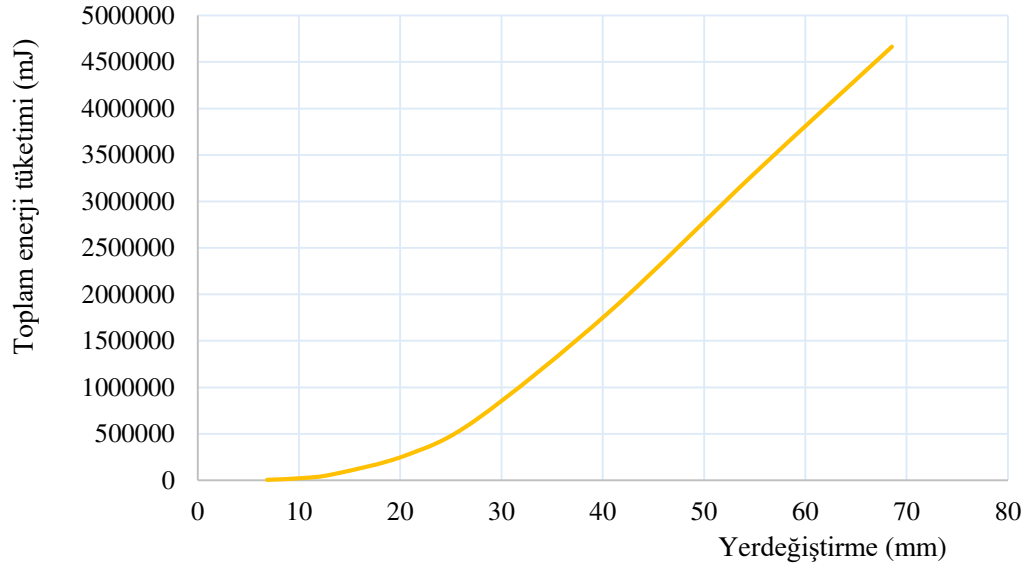


Şekil 221. SFCPD-5 için rijitlik -yerdeğiştirme eğrisi

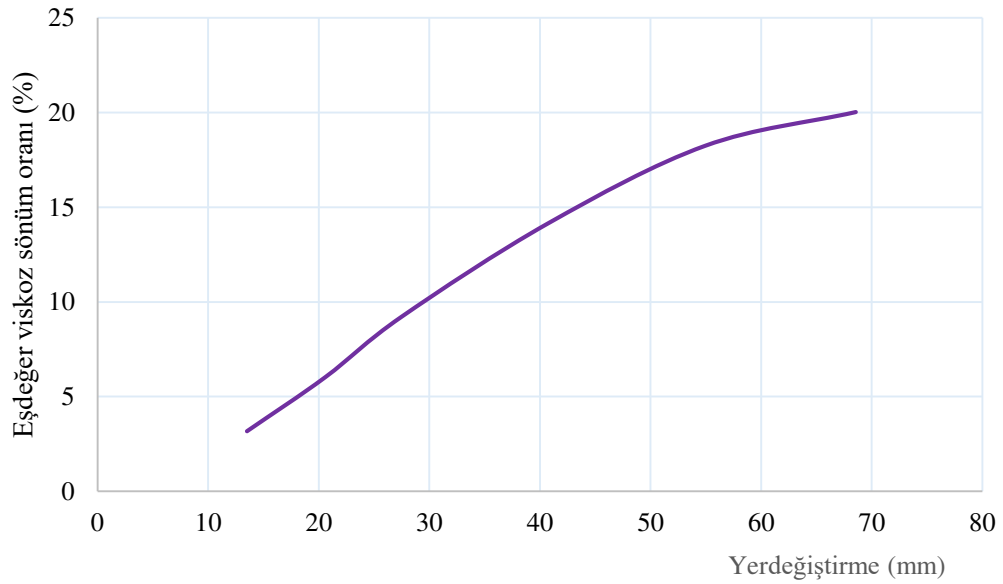
Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik sönümleyicili çerçeve modelinde (SFCPD-5), 10 mm yerdeğiştirmede (yerdeğiştirme oranı %0.6) %3 oranında, 20 mm yerdeğiştirmede %11 oranında, 30 mm yerdeğiştirmede %24 oranında, 40 mm yerdeğiştirmede %36 oranında, 50 mm yerdeğiştirmede %47 oranında, 60 mm yerdeğiştirme adımında %53 oranında ve çevrim sonunda ise %60 oranında rijitlik azalması meydana gelmiştir. Yerdeğiştirme oranı %2 olduğu durumda ise rijitlik azalması %26 düzeyindedir.

SFCPD-5 tipi metalik sönümleyicili çerçeve modellerin için, yapılan analiz sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinden, her bir çevrim için hesaplanan enerji miktarları toplanmış ve elde edilen toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi, Şekil 222’ de verilmiştir. Çevrimsel yatay yükleme altında analizi yapılan SFCPD-5 için eşdeğer viskoz

sönüm oranı, elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımı için, hesaplanmıştır. Çevrimsel yüklemenin üçüncü adımından sonraki adımlar için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi Şekil 223’ de verilmiştir.



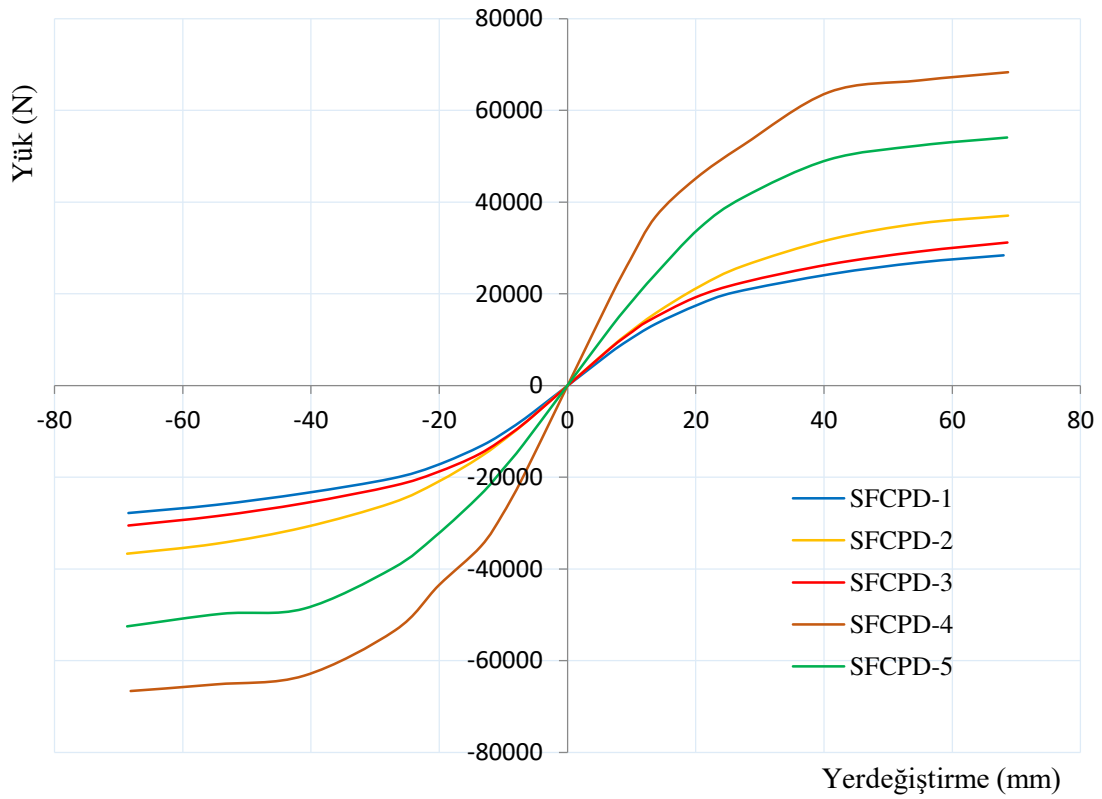
Şekil 222. SFCFD-5 için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 223. SFCPD-5 için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrisi

3.3.7. SFCPD için Elde Edilen Bulgular ve İrdelemeler

Eğrisel şekilli paralel levhali metalik sönümleyici olarak, tez kapsamında sönümleyici sönümleyici olarak kullanılan paralel levhalarının arasının boş ve farklı örgü levhaları kullanarak yapılan beş ayrı tip oluşturulmuştur. Bu çalışmada farklı örgü tipine sahip sönümleme levhalarının etkinlikleri araştırılmıştır. SFCPD modelleri için çevrimsel yükleme analizinden elde edilen zarf eğrileri Şekil 224’te verilmiştir.

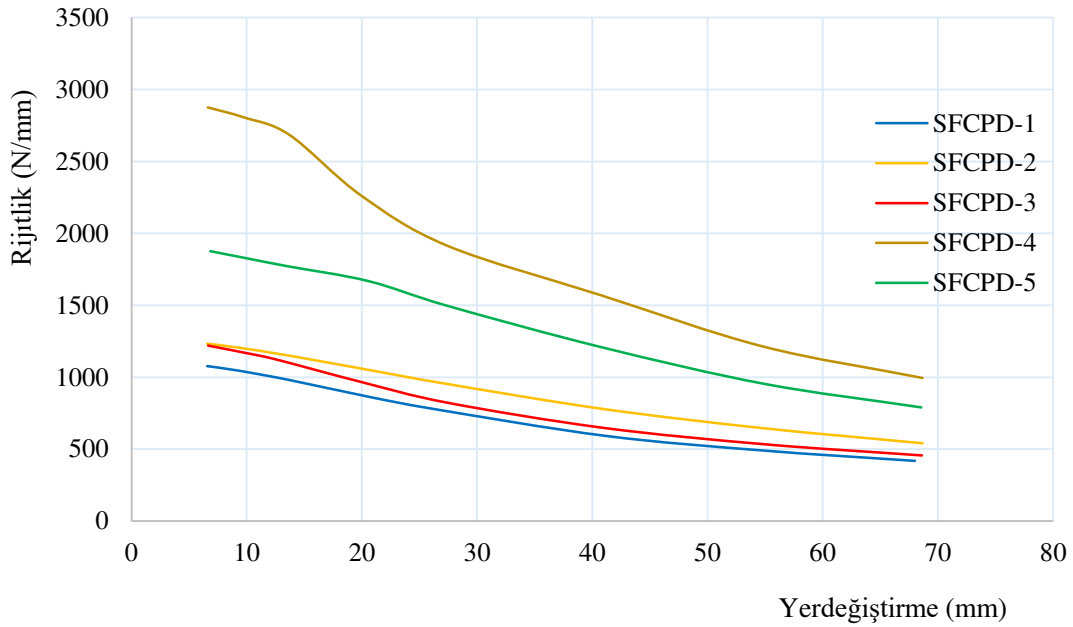


Şekil 224. SFCPD modelleri için çevrimsel yüklemeden elde edilen zarf eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, sönümleyici olarak kullanılan paralel levhalar arasına yerleştirilen örgü levhalarının sayısı arttıkça yük taşıma kapasiteleri artmaktadır. Yük taşıma kapasitesi en fazla SFCPD-4 modeli olmuştur. Bu modelde çerçeve kirişinde, yatay yerdeğiştirme oranı %0.9 olduğunda akma başlamış ve yatay yerdeğiştirme oranı %2’ de ise kirişte basınçbaşığında burkulma gerçekleşmiştir. Bu modelde sönümleyici olarak kullanılan paralel ve örgü levhalarında herhangi bir akma olmamıştır. Yük taşıma kapasitesi yeni fazla olan SFCPD-5 ‘ de de sönümleyici levhalarda herhangi bir akma gözlenmezken

yerdeğiştirme oranı yine %2 olması durumunda kirişte akma alamaktadır. Y¼k taşıma kapasitesi SFCPD-4 ve SFCPD-5' ye g¼ra daha d¼ř¼k olan SFCPD-2 modelinde ise yerdeğiştirme oranı %1.0 ' de s¼n¼mleyici levhalarında akma başlamış, y¼kleme sonuna kadar kirişte herhangi bir akma g¼zlenmemiřtir. Y¼k taşıma kapastesi diğelerine g¼re daha az olan SFCPD-3 ve SFCPD-1 modellerinde ise yerdeğiştirme oranı yaklaşık %1 olduğunda s¼n¼mleme levhalarında akma başlamakta, kirişte ise herhangi bir akma olmamaktadır.

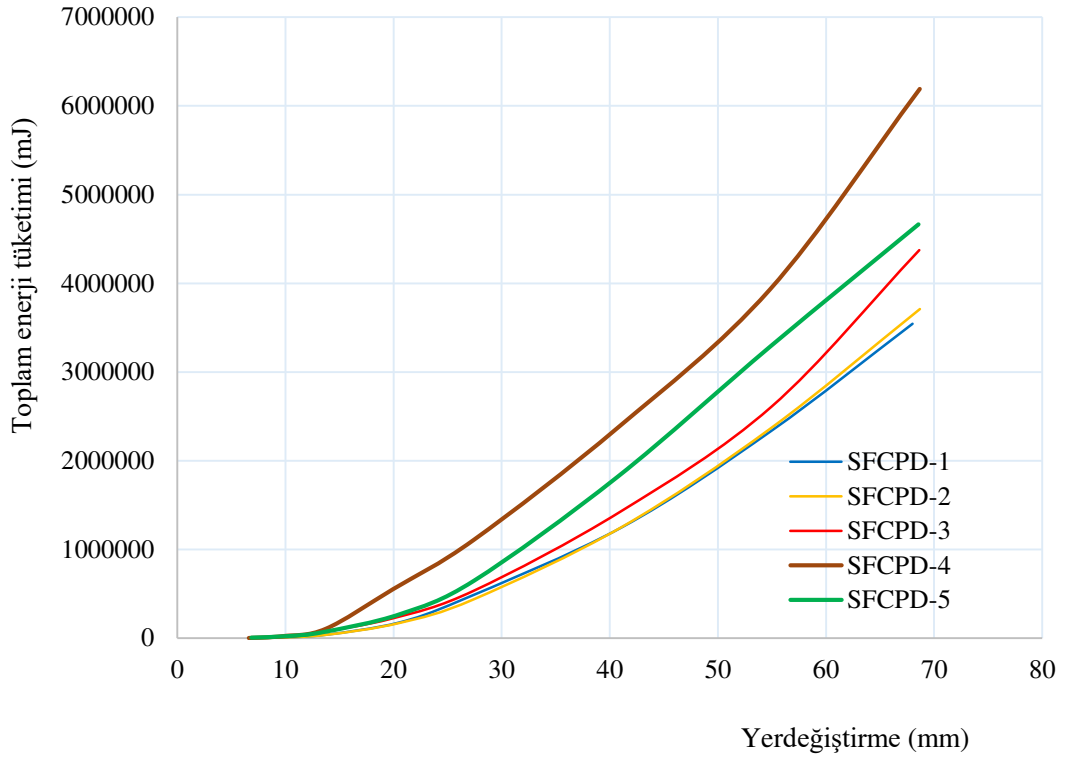
Eğrisel şekilli paralel levhalı metalik s¼n¼mleyicili faklı örg¼ tiplerine sahip modeller için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri şekil 225'te verilmiştir.



şekil 225. SFCPD modelleri için rijitlik-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden de g¼r¼ld¼ė¼ gibi, en b¼y¼k rijitlik, SFCPD-4 ve SFC5D-5 tipi metalik s¼n¼mleyicili çelik çerçeve modellerinden elde edilmiştir. Ancak bu modellerde s¼n¼mleme levhaları akma dayanımına ulaşmadan çerçeve kirişinde akma ve burkulma olmuştur. Bu modeller dışındakilerde ise rijitlikleri yaklaşı olarak birbirlerine yakın elde edilmiştir.

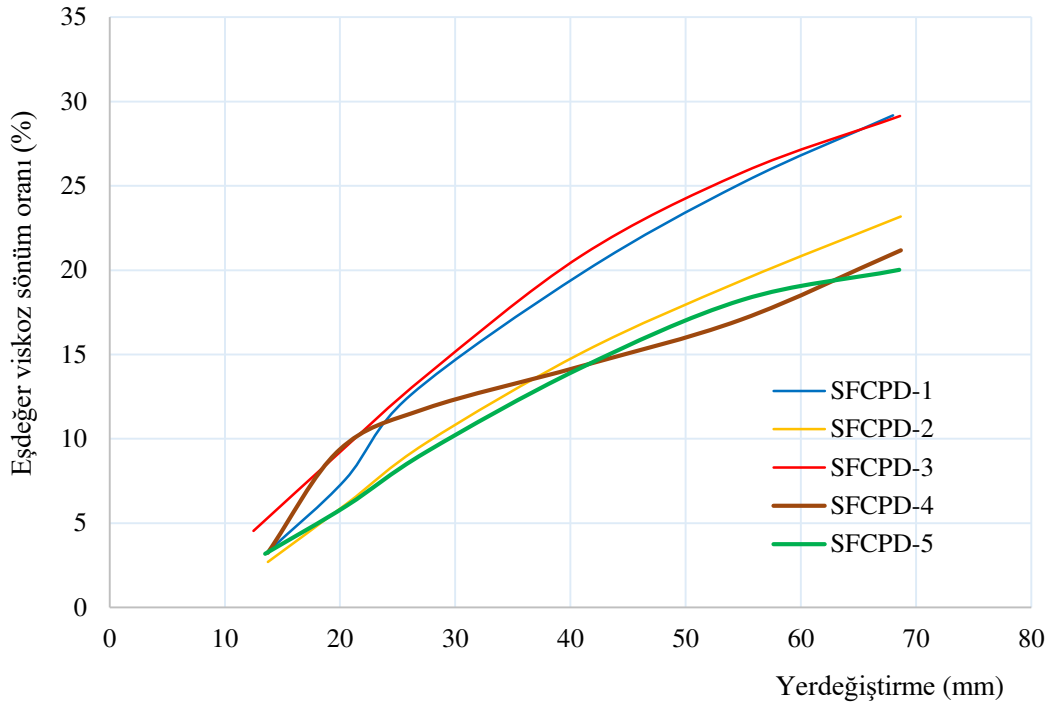
SFCPD modelleri için toplam enerji t¼ketimi-yerdeğiştirme eğrileri şekil 226' da verilmiştir.



Şekil 226. SFCPD modelleri için toplam enerji tüketimi-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekillerden görüldüğü gibi, SFCPD tipi modellerden tümü 13 mm yerdeğiştirmeye (yerdeğiştirme oranı %0.8) kadar aynı oranda enerji tüketimine sahipken, SFCPD-40tipi modelinde toplam enerji tüketimi daha büyük olmuştur.

SFCPD modelleri için viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 227' de verilmiştir.



Şekil 227. SFCPD modelleri için eşdeğer viskoz sönüm oranı-yerdeğiştirme eğrileri

Bu şekilden görüldüğü gibi, en fazla viskoz sönüm oranına sahip modeller SFCPD-3 ve SFCPD-1 olmuştur. SFCPD-4 modelinde ise sönümleme levhalarının rijitliği nedeniyle kırışte akma ve burkulma olması nedeniyle, bu yükleme adımından sonra viskozsönüm oranında artış daha az olmuştur.

SFCPD tipi sönümleyicilerden rijitliği ve enerji tüketme kapasitesi ve viskoz sönümoranları dikkate alındığında, SFCPD-2 ve SFCD-3 tipi sönümleme tiplerinin kullanılmasının daha uygun olduğu, SFCPD-4 ve SFCPD-5 tipi sönümleyicilerin ise yerdeğiştirme oranı %1' den daha az olan sistemlerde, sistem rijitliğini daha da artırmak için kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

3.4. Eğrisel Şekilli Metalik Sismik Sönümleyici Modellerinden Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi

Çelik yapılarda çerçeve birleşimlerinde kullanılabilecek eğrisel şekilli metalik sismik sönümleyicilerin geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında yapılan analizler sonunda elde edilen bulgular verilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılarda kullanılan sönümleyicilerin amacı, izin verilen görel kat

ötelenmesi oranında, yapı elemanlarında hasar oluşmadan, yapının daha sünek davranmasını, diğer bir deyişle yapı elemanları akma gerilmesine ulaşmadan, sönümleyicilerin akma dayanımının ulaşması hedeflenmektedir. ATC-13’ de görel kat ötelenmesi oranlarına göre yapı performans seviyeleri tanımlanmıştır (ATC-13, 1985). Tanımlanan performans seviyeleri Tablo 6’ da verilmiştir.

Tablo 6. Kat ötelenme oranlarına bağlı yapı performans seviyeleri (ATC-13, 1985)

Performans seviyesi	Görel kat ötelenme oranı (%)	Hasar durumu
I	$\delta < 0.2$	Hasarsız
II	$0.2 < \delta < 0.5$	Çok hafif hasarlı
III	$0.5 < \delta < 0.7$	Hafif hasarlı
IV	$0.7 < \delta < 1.5$	Orta hasarlı
V	$1.5 < \delta < 2.5$	Ağır hasarlı
VI	$2.5 < \delta < 5$	Çok ağır hasarlı
VII	$5 > \delta$	Göçme

Bu tablodan görüldüğü gibi, görel kat ötelenme oranı %0.7’ den daha fazla olduğunda yapıda orta düzeyde hasar olduğu, %1.5’ den sonra ise ağır hasarlı olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışma kapsamında ABAQUS yazılımı ile analizi yapılan eğrisel şekilli metalik sismik sönümleyicilerden elde edilen yatay yük, rijitlik, toplam enerji tüketimi ve çevrimsel vizkoz sönüm oranı, yerdeğiştirme oranı %1 ve %2 alınarak referans numunelerle birlikte Tablo 7 da verilmiştir.

Tablo 7. Eğrisel şekilli metalik sismik sönümleyicilerden elde edilen bulgular

Model	No	Yatay Yük (kN)		Rijitlik (N/mm)		Enerji Tüketimi (kJ)		Eşdeğer Viskoz Sönüm (%)		Durum
		δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	
Ref. 1	SFRM	12.2	15.7	843	593	0.12	0.75	8	20	$\delta=0.1$ 'de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
Ref. 2	IVSFM	55	86.7	3400	2750	1.6	4.2	30	25	$\delta=2$ ' de çelik çaprazda burkulma olmuştur.
S-Tipi	SFSTD	26.7	33.3	1500	1100	0.10	0.80	6.5	15.7	$\delta=1$ sönümleyicide, 2 ' de giriş birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
Sürtünme levhalı (SFCFD)	SFCFD-A	13.8	17.5	870	600	0.12	0.74	8	21	$\delta=0.15$ 'de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-A0.1	14.8	19.0	850	610	0.24	0.90	13.5	23.5	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-A0.3	17.2	22.0	1165	790	0.32	1.1	17.5	25.1	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-A0.5	22.4	27.8	1210	890	0.48	1.12	20.5	25.8	$\delta=2$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-A0.7	20.1	28.0	1380	985	0.58	1.72	23.5	27.4	$\delta=2$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-A1.0	25.8	33.6	1620	1290	0.76	2.0	25.1	29.0	$\delta=2$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B	12.5	16.2	785	597	0.12	0.62	7.5	18	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B0.1	13.8	19.7	825	610	0.24	0.79	13.2	21.6	$\delta=2$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B0.3	17.5	22.8	1100	785	0.29	1.04	15.1	24	$\delta=2$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B0.5	20.5	25.1	1300	850	0.49	1.12	14.8	24.2	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B0.7	24.9	30.0	1515	1000	0.49	1.47	12.5	23.7	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCFD-B1.0	27.2	33.7	1710	1185	0.38	1.72	8.9	23.2	$\delta=1$ ' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.

Tablo 7'nin devamı

Model	No	Yatay Yük (kN)		Rijitlik (N/mm)		Enerji Tüketimi (kJ)		Viskoz Eşdeğer Sönüm (%)		Durum
		δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	δ (%1)	δ (%2)	
Akma levhalı (SFCYD)	SFCYD-1	15.0	22.7	990	785	0.14	0.52	5.0	12.3	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCYD-2	14.9	20.0	930	740	0.13	0.53	5.0	13.8	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır..
	SFCYD-3	15.1	21.7	960	765	0.14	0.53	5.0	13.0	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
	SFCYD-4	14.9	21.3	910	720	0.11	0.55	5.0	13.0	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCYD-5	14.0	19.1	880	615	0.10	0.64	7.5	14.2	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır.
	SFCYD-6	16.0	25.2	1070	875	0.12	0.53	3.8	11.0	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
	SFCYD-7	16.3	24.0	1100	800	0.10	0.51	3.2	12.2	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
	SFCYD-8	14.8	20.0	900	690	0.22	0.65	6.6	16.1	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
	SFCYD-9	20.1	34.3	1290	1140	0.13	0.55	3.5	7.4	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
	SFCYD-10	20.0	32.2	1250	1140	0.10	0.52	2.8	8.6	δ =%1' de sönümleme levhalarında, %2' de birleşim bölgesinde akma başlamıştır
Paralel levhalı (SFCPD)	SFCPD-1	14.80	20.1	910	712	0.2	0.61	5.1	15.1	δ =%2' de sönümleme levhalarında akma başlamıştır.
	SFCPD-2	17.6	25.7	920	705	0.1	0.62	5.0	15.0	δ =%2' de sönümleme levhalarında akma başlamıştır.
	SFCPD-3	15.0	21.6	1050	790	0.18	0.72	6.5	15.2	δ =%2' de sönümleme levhalarında akma başlamıştır.
	SFCPD-4	38.5	58.6	2360	1830	0.45	1.4	6.6	13.2	δ =%2' de kırıta akma gözlenmiş, son adımda kırış basınç başlığı burkulmuştur.
	SFCPD-5	25.7	40.0	1690	1390	0.27	1.0	4.1	11.0	δ =%2' de sönümleme levhasında akma gözlenmiş, son adımda kırış basınç başlığı burkulmuştur

Bu tablodan görüldüğü gibi, çelik çerçeve referans modelinde, %1 yerdeğiştirme oranında 12.2 kN yatay yük taşırken, SFCFD-A, SFCFD-A0.1, SFCFD-B ve SFCFD-B0.1 modelleri dışındaki sönümleyici modelleri daha fazla yatay yük taşımaktadır. % 2 yerdeğiştirme oranında ise tüm sönümleyici modellerinde daha fazla yatay yük taşınmıştır. Yapılan çalışmalarda, ters V çaprazlı model ile SFCPD-4 ve SFCPD-5 modellerinde %2 yatay yerdeğiştirme oranında en büyük yatay yük elde edilmiştir. Ancak ters V çaprazlı çelik çerçeve modelinde %2' lik yatay yerdeğiştirme oranında çelik çaprazda burkulma gözlenmiştir.

Çelik çerçeve kolon kiriş birleşim bölgesine yerleştirilen S-tipi metalik sönümleyici, çerçeve modeline göre, %1 yatay yerdeğiştirmede %54 oranında, %2' lik yerdeğiştirmede ise %53 oranında daha fazla yatay yük taşımaktadır. S-tipi sönümleyicili sistemde, çerçeveya göre rijitlik yaklaşık iki katı artmış, enerji tüketimi ve viskoz sönüm oranları da yaklaşık olarak benzer olmuştur. SFSTD modelinde yatay yerdeğiştirme oranı %1 olduğunda akma sönümleyicide başlamış, %2' lik yatay yerdeğiştirme oranında ise kırış birleşim bölgesinde olmuştur.

Sürtünme levhali(SFCFD) metalik sönümleyicili sistemlerde, öngerme uygulanmamış olan büyük levhali (SFCFD-A) ve küçük levhali (SFCFD-B) olanlar, çelik çerçeve referans (SFRM) modeline benzer davranış göstermişlerdir. Ancak SFCFD-B' de yatay yerdeğiştirme oranı %1 'e ulaşınca birleşim bölgesinde akma başlamıştır. SFCFD sönümleme modellerinde verilen öngerilme arttıkça yatay yük taşıma kapasitesi ve sistem rijitliği, enerji tüketimi ve viskoz sönüm oranları da artmaktadır. SFCFD-A0.5, SFCFD-A0.7 ve SFCFD-1.0' da yatay yerdeğiştirme oranı %2 seviyesinde birleşim bölgesinde akma başlamış, SFCFD-B0.1 ve SFCFD-B0.3' de %2' lik yerdeğiştirme oranında birleşim bölgesinde akma başlamıştır. Küçük levhali sistemde (SFCFD-B) önerilme 0.5, 0.7 ve 1.0 ' de %1' lik yatay yedeğiştirme oranlarında birleşim bölgesinde akma gözlenmiştir.

Akma levhali metalik sönümleyicili (SFCYD) çerçeve modellerinde yapılam analiz sonunda, tüm akma levhalısönümleyicilerin, önce %1 yatay yerdeğiştirme oranında sönümleme levhalarında, daha sonra %2' lik yatay yedeğiştirme oranında birleşim bölgelerinde akma olduğu gözlemlenmiştir. Bu sönümleyicilerden en büyük yatay yük, %1 ve %2 yatay yerdeğiştirme oranlarında SFCYD-9 tipinden elde edilmiştir. Bu sönümleyicilerden SFCYD-7, SFCYD-9 ve SFCYD-10 tiplerinin rijitlikleri fazla olmakla birlikte, enerji tüketimi ve viskoz sönümleme oranlarında önemli oranda bir farklılık olmamıştır.

Paralel levhalı metalik sönümleyicili (SFCPD),çelik çerçeve modelinde, SFCPD-1 tipi, çelik çerçeve referans modeline (SFRM) göre, %1 ve %2 yatay yerdeğiştirme oranlarında, %18 ve %22 oranlarında daha fazla yatay yük taşımasına rağmenbenzer davranış göstermektedir. Ancak SFCPD-1, SFCPD-2 ve SFCPD-3’ de akma önce %2’ lik yerdeğiştirme oranında sönümleme levhalarında başlamış, nihai yükleme adımında ise birleşim bölgesinde akma olmuştur. Rijitlik ve yük taşıma kapasitesi en yüksek olan SFCPD-4 ve SFCPD-5 modellerinde ise, %2 yatay yerdeğiştirme düzeyinde kirişte akma gözlenmiş, son yükleme adımında kiriş basınç başlığı burkularak göçme olmuştur. Bu modellerde, enerji tüketme oranı diğer paralel levhalı modellere göre yüksek olsa da, viskoz sönüm oranlarında bir miktar azlama gözlenmiştir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde çok katlı çelik yapılar yaygın olarak inşa edilmektedir. Yapıların yüksekliği arttıkça taşıma gücü yanında yatay yüklere karşı stabilitelerinin de sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde ve Dünyada çelik yapılarda en çok tercih edilen yatay yük taşıyıcı sistemler, farklı şekillerde inşa edilen, çelik çaprazlardır. Ancak bu elemanlarda burkulma problemi, yapıların enerji sönümleme kapasitesini azaltmakta, kararsız çevrimsel davranışa neden olmakta ve gerekli faydayı istenilen düzeyde göstermemektedir. Bununla birlikte, söz konusu çelik çaprazlar çerçeve açıklığını böldüğünden, pencere vb. boşlukların bırakılması gereken yerlerde geçirilmesi bazen büyük olumsuzluklar da yaratmaktadır. Bu nedenle, çerçeve birleşimlerinde kullanılabilecek eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması gerekli olmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde mevcut olan metalik sönümleyiciler yerine yapılarda çerçeve boşluklarının efektif olarak kullanılmasını sağlayacak eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin geliştirilmesi amaçlanmış, geliştirilen farklı tiplerde, eğrisel şekilli metalik sönümleyicilerin sayısal modelleri oluşturularak etkinlikleri araştırılmıştır. Bununla birlikte bu tez kapsamında tasarlanan eğrisel şekilli metalik sönümleyiciler, çerçeve ve çelik çapraz kullanılmış sistemin performansları ile de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve bazı öneriler aşağıda verilmiştir.

- Nihai çevrim sonunda, çelik çerçeve sistemin yatay yük taşıma kapasitesi 20 kN, Ters V çaprazlı çelik çerçevenin ise 91 kN olmuştur. Çerçeve boşluğuna ters V çapraz yerleştirmenin yatay yük taşıma kapasitende oldukça önemli bir artış sağlamaktadır.
- Çelik çerçevenin kolon-kiriş birleşim bölgesine, çerçeve açıklığını kapatmayacak şekilde yerleştiren eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çerçeve sisteminde nihai yerdeğiştirme adımıyla yatay yük taşıma kapasitesi 41 kN olarak elde edilmiştir. Bu tip sönümleyici çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini %100 artırmıştır.
- Eğrisel şekilli sürtünme levhali metalik sönümleyicilerden büyük levhali olan (SFCFD-A) önerilme uygulanmamış metalik sönümleyiciler, çelik çerçeve ile aynı yatay yük düzeyinde kalmıştır. Ancak sürtünme levhalarına verilen önerilme

ile yatay yüke taşıma kapasitesi artmış ve nihai öngerilme değerinde 50 kN yük taşıma kapasitesine ulaşmıştır.

- Eğrisel şekilli sürtünme levhalı sönümleyicilerden küçük levhalı olan (SFCFD-B) öngerilme uygulanmamış metalik sönümleyiciler, çelik çerçevenin taşıdığı yatay yük değerinden %50 daha fazladır. Nihai öngerilme değerinde ise taşıma kapasitesi çerçeveye göre %100 artmıştır.
- Eğrisel şekilli sürtünme levhalı metalik sönümleyicilerden öngerilme uygulanmaması halinde küçük levhalıların, öngerilme uygulanması durumunda da büyük levhalıların etkinliği daha fazladır.
- Çelik çerçeve modelinde 50 mm yerdeğiştirme için rijitlik azalması %53 elde edilmiştir. Bu değer aynı yerdeğiştirme adımı için ters V çaprazlı sistemde %60, eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili sistemde %46, eğrisel şekilli sürtünme levhalı olan sistemlerde ise %64 olmuştur.
- Tez kapsamında analizleri yapılan çelik çerçeve modeli, ters V çaprazlı çelik çerçeve modeli, eğrisel şekilli S-tipi metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli, eğrisel şekilli sürtünme levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli, akma levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modeli ve paralel levhalı metalik sönümleyicili çelik çerçeve modellerinden en büyük enerji tüketme kapasitesine sahip olan, %2 yerdeğiştirme oranında, 1.0 mm cıvata sıkma adımı ile öngerilme uygulanmış büyük ve küçük sönümleyici modellerinde meydana gelmiştir.
- Çalışma kapsamında geliştirilen ve anaşzleri yapılan sönümleyiciler, çelik çerçeve referans modeline göre, yatay yük etkisinde daha iyi performans göstermişlerdir.
- Sürtünme levhalı metalik sönümleyicilerden, SFCFD-A, yatay yerdeğiştirme oranı %0.15 olduğunda, birleşim bölgesinde akma, SFCFD-A0.1, SFCFD-A0.3, SFCFD-B, SFCFD-B0.5, SFCFD-B0.7 ve SFCFD-B1.02 de yatay yerdeğiştirme oranı %1' de birleşim bölgesinde akma gerçekleşmiştir. Dolayısıyla da bu tür metalik sönümleyicilerin %1' lik yatay yerdeğiştirme oranının altında olan sistemlerde, sönümleyici performansına bağlı olarak, kullanılması daha uygun olmaktadır.
- Sürtünme levhalı metalik sönümleyicilerden SFCFD-A0.5, SFCFD-A0.7, SFCFD-A1.0 ile SFCFD-B0.1 ve SFCFD-B0.3 olan metalik sönümleyicilerde %2' lik yatay yerdeğiştirme oranında birleşim bölgesine akma meydana gelmiştir. Bu tür sönümleyicilerinde, yapı yerdeğiştirme talebi %2' lik yatay yerdeğiştirme oranının altında olması durumunda kullanılması uygundur.
- Akma levhalı metalik sönümleyicili (SFCYD) tüm modellerinde, %1' lik yereğiştirme oranında, akma sönümleme lehasında, %2' lik yerdeğiştirme oranında

ise birleşim bölgesinde akma başlamıştır. Bu tür metalik sönümleyiciler, yapı performans ve yereğiştirme talebine göre, yatay yerdeğiştirme oranı %2' nin altında olan sistemlerde kullanılması uygundur.

- Paralel levhalı metalik sönümleyicilerden, SFCPD-1, SFCPD-2 SFCPD-3, %2' lik yatay yerdeğiştirme oranında, sönümleme levhalarında akma başlamıştır. Nihai yüklenme adımımda ise birleşim bölgeisnd akma olmuştur. Bu tür metalik sönümleyiciler, daha sünek davranış istenen sistemlerde kullanılması uygundur.
- Paralel levhalı SFCPD-4 ve SFCPD-5 tipi metalik sönümleyiciler, %2' lik yatay yerdeğiştirme oranında kirişte akma gözlenmiş ve son yükleme adımımda kiriş basınç başlığı burkularak taşıma gücünü kaybetmiştir. Bu tip paralel levhalı sönümleyiciler de rijtlikleri nedeniyle Ancak yerdeğiştiretalebi %1' in altında olan rijit sitekler için uygulanabilir.
- Tez kapsamında geliştirilen ve sayısal analizleri yapılan metalik sönümleyicilerin en iyi performans gösterenlerin deneysel olarak da incelenerek performansları araştırılabilir.
- Çelik yapılar için, çerçeve boşluklarını kapatmayacak başka tip metalik sönümleyicilerin etkinlikleri araştırılabilir.
- Burada çalışılan sönümleyicilerde sönümleme levhalarının kalınlık değıştirilerek ve daha sünek faklı malzemeler kullanılarak çalııma yapılabilir.
- Tez kapsamında geliştirilen metalik sönümleyicilerin, çok katlı çelik yapılarda kullanımının deprem yüklerine karşı etkinliğı araştırılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Aiken, I. D., Nims, D. K., Whittaker, A. S. ve Kelly, J. M. 1993. Testing of Passive Energy Dissipation Systems. *Earthquake Spectra*, 9, 3, 335-370.
- Ateş, Ş., 1999. Viskoelastik taban İzolasyonlu Binaların Lineer Olmayan Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Azevedo, J. ve Calado, L. 1994. Hysteretic Behaviour of Steel Members: Analytical Models and Experimental Tests. *Journal of Construction Steel Research*, 29, 71-94.
- Bannantine, J.A., Comer, J.J. ve Handrock, J.L. 1990. Fundamental of Metal Fatigue Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Black, C., Makris, N. ve Aiken, I., D. 2004. Component Testing, Seismic Evaluation and Characterization of Buckling Restrained Braces. Pacific Earthquake Engineering Research Center. *J Struct Eng* 130, 880-894.
- Bradley, C.R., Fahnestock, L.A., Hines, E.M., ve Sizemore, J.G., 2017. Full-Scale Cyclic Testing of Low-Ductility Concentrically Braced Frames, *Journal of Structural Engineering*, 143,6,1-14.
- Chan, R.W. ve Albermani, F., 2008. Experimental Study of Steel Slit Damper for Passive Energy Dissipation, *Engineering Structures*, 30,4,1058-1066.
- Chopra, A.K., 2007. Dynamics of Structure: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, Pearson/Prentice Hall.
- Christopoulos, C. ve Filiatrault, A., 2006. Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation, IUSS Press, Pavia, Italy.
- Cristion, P. ve Septimiu, L., 2005. Structural Control Systems Implemented in Civil Engineering. Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Constructions. Architecture section.
- Coşgun, S.İ., 2019. Çelik Yapı Sistemlerinde Ters V Çaprazlı Bağlantılarda Kullanılabilecek Metalik Sönümleyici Geliştirilmesi ve Etkinliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Constantinou, M., C., Soong, T., T. ve Dargush, G., F., 1998. Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit, Monograph Bo.1, Multidisciplinary Center for Earthquake Research, Buffalo, NY.

- Demir, S., 2018. Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarımı ve Çevrimsel Yük Etkisindeki Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Demir, S., ve Husem, M., 2018. Saw Type Seismic Energy Dissipaters: Development and Cyclic Loading Test, Journal of Constructional Steel Research 150, 264–276
- Garivani, S., Aghakouchak, A.A. ve Shahbeyk, S., 2016. Numerical and Experimental Study of Comb-Teeth Methallic Yielding Dampers, International Journal of Steel Structures, 16,1,177-196.
- Ghaedi, K., Ibrahim, Z., Javanmadi, A. ve Rupakhety, R., 2018. Experimental Study of a New Bar damper Device for Vibration Control of Structures Subjected to Eartquake Loads. Journal of Earthquake Engineering, 25,2,300-318.
- Hsu, H.,L. ve Halim, H., 2017. Improving Seismic Performance of Framed Structures with Steel Curveddampers. Engineering Structures, 130, 99-111.
- Javanmardi, A., Ibrahim, Z., Ghaedi, K., Ghadim, H., B. ve Hanif, M.U., 2020. State-of-the-Art of Metallic Dampers: Testing, Development and Implementation. Archives of Computational Methods in Engineering, 27, 455-478.
- Jouneghani, H.G., A. Haghollahi, A., Moghaddam, H. ve Moghadam, A.S., 2019. Assessing Seismic Performance of the Elliptic Braced Moment Resisting Frame through Pushover Method, Journal of Rehabilitation in Civil Engineering, 7-2, 68-85.
- Kelly, J., M., 1986. Aseismic Base Isolation: Review and Bibliography, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 5, 3, 202-216.
- Lee, C., H., Lho, S., H., Kim, D., H., Oh, J. ve Ju, Y., K. 2016. Hourglass-Shaped Strip Damper Subjected to Monotonic and Cyclic Loadings, Engineering Structures, 119,122-134.
- Lee, M., Lee, J., ve Kim, J., 2017. Seismic Retrofit of Structures using Steel Hobeycomb Dampers, International Journal of Steel Structures, 17,1,215-229.
- Maleki, S. ve Mahjoubi, S. 2013. Dual-Pipe Damper, Journal of Constructional Steel Research, 85, 81-91.
- Mehdizadeh, M., B., 2010. Çelik Çerçeve Sistemlerde, Prefabrik Elemanlarla Burkulması Sınırlandırılmış Çaprazların Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mohammadi, R.K., Nasri, A. ve Ghaffary, A., 2017. TADAS Dampers in Very LArge Deformations, International Journal of Steel Structures, 17,2,515-524.

- Naeem, F. ve Kelly, J.M., ve Kim, J., 2015. Steel Honeycomb Dampers for Seismic Retrofit of Structures, International Conference on Environment and Civil Engineering (ICEACE'2015), April, Pattaya, Thailand.
- Naimi, S., ve Waheb, M., H., 2019. Deprem Etkisindeki Yapıların Sismik Taban İzolasyonu ve Çoklu Ayarlı Kütle Sönümleyici Sistemleri ile Karma Korunması, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12,1,499-516.
- Oh, S.H., Kim, Y.J., ve Ryu, H.S. 2009. Seismic Performance of Steel Structures with Slit Dampers. Engineering Structures, 31, 9, 1997-2008.
- Roeder, C. W. ve Popov, E. P. 1977. Inelastic Behavior of Eccentrically Braced Steel Frames under Cyclic Loadings, California University.
- Sakamoto, M., ve Kobori, T. 1993. Development and Practical Application of Structural Responce Control, Research, US/JAPAN Workshop on Smart and High Performance Materials and Systems, Tsukuba, Japan.
- Skinner, R., I., Tyler, R., G., Heine, A., J. ve Robinson, W., H.,1980. Hystretic Dampers for the Protection of Structures from Earthquakes, Bulletin of New Zealand National Society for Earhquake Engineering, 13,1,22-36.
- Skinner, R. I., Kelly, J. M. ve Heine, A. J. (1974). Hysteretic dampers for earthquake-resistant structures. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 3, 3, 287–296.
- Soong, T., T. ve Constantinou, M., C., 1994. Passive and Active Structural Vibration Control in Civil Engineering, CISM Courses and Lectures, NO.345, Springer-Verlag, Wein, Newyork.
- Soong, T., T. ve Spencer, B., F., 2002. Supplemental Energy Dissipation; State-of-the-Art and State-of-the-Practice. Engineering Structures, 24,3,243-259.
- Su, H., Rakheja, S., ve Sankar, T. S., 1989. Vibration and Shock Isolation Performance of a Pressure-Limited Hydraulic Damper. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 3, 1, 71–86.
- Takeda, Y., Kimura, K., Yoshioka, N., Furuya, Y. ve Takemoto, Y., 1976. An Experimental Study on Braces Encased in Steel Tube and Mortar. In: Annual Meeting architectural Institute of Japan, pp 1041–1042.
- Tsai, K., C., Chen, H., W., Hong, C.,P. ve Su, Y., F. 1993. Design of Steel Triangular Plate Energy Absorbers for Seismic-Resistant Construction, Earthquake Spectra, 9,3,505-528.
- Tyler, R.,G., 1985. Further Notes on a Steel Energy-Absorbing Element for Braced Frameworks, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 18, 3, 270-279.

- Wada, A., Saeki, E., Takeuchi, T. ve Watanabe, A., 1989. Development of Unbonded Brace, Column, Nippon Steel Publication, 115.
- Whittaker, A., Bertero, V., Thompson, C. ve Alonso, J., 1991. Seismic Testing of Steel Plate Energy Dissipation Devices, Earthquake Spectra, 7, 563-604.
- Xia, C. 1990. A Study of ADAS Element Parameters and Their Influence on Earthquake Response of Building Structures, Thesis Ph.D., The University of Michigan.
- Xie, Q. 2005. State-of-the-Art of Buckling Restrained Braces in Asia., Journal of Constructional Steel Research, 61,6,727-748.
- Xia, C. ve Hanson, R. 1992. Influence of ADAS Elements Parameters on Building Seismic Response, ASCE Journal, 18, 6, 1903-1918.
- Yozgat, E., 2004. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Kullanılabilen Sismik Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yozgat, E. ve Hüsem, M., 2005. Depreme Dayanıklı Yapı tasarımında Kullanılabilen Yapı Kontrol Sistemleri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, 20, 22-27.
- Zhao, J., Wu, B. ve Ou, J. 2011. A Novel Type of Angle Steel Buckling Restrained Brace: Cyclic Behavior and Failure Mechanism. Earthq Eng Struct Dyn 40:1083–1102.

ÖZGEÇMİŞ

İRAN ulusal üniversite giriş sınavında üstün başarı ile İslamik Azad Üniversitesi, mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendislik Bölümünü Kazandı. İRAN ulusal üniversite giriş sınavında üstün başarı ile İslamik Azad Üniversitesi, mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendislik Bölümünü Yüksek lisansını Deprem Mühendislik anabilim dalı Kazandı. 2014 yılında TÜRKİYE cumhuriyetine geldi, 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversite, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde Doktora eğitim Programını başladı.

